

国家电投大连市花园口 I 海上风电项目

# 环境影响报告书

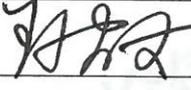
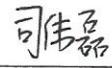
建设单位：长海东方新能源发电有限公司

评价单位：大连中环卓信环境保护有限公司

二零二四年一月



## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	wiw55k		
建设项目名称	国家电投大连市花园口 I 海上风电项目		
建设项目类别	54--151海洋能源开发利用类工程		
环境影响评价文件类型	报告书		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	长海东方新能源发电有限公司		
统一社会信用代码	91210224MA0YRNKT26		
法定代表人 (签章)	王庆文		
主要负责人 (签字)	王庆文 		
直接负责的主管人员 (签字)	韩东 		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	大连中环卓信环境保护有限公司		
统一社会信用代码	91210204MA0YJYGB6N		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
司伟磊	2015035210352014211501000502	BH001106	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
司伟磊	概述、总则、建设项目工程分析、环境影响预测与评价、环境保护措施及其可行性论证、评价结论	BH001106	
谷燕	环境现状调查与评价、环境影响经济损益分析、环境管理与环境监测计划	BH001224	

# 目 录

<b>1 概述</b> .....	<b>- 1 -</b>
1.1 项目由来 .....	- 1 -
1.2 项目特点 .....	- 6 -
1.3 环境影响评价工作过程 .....	- 6 -
1.4 分析判定相关情况 .....	- 8 -
1.5 关注的主要环境问题及环境影响 .....	- 10 -
1.6 环境影响评价结论 .....	- 10 -
<b>2 总则</b> .....	<b>- 11 -</b>
2.1 编制依据 .....	- 11 -
2.2 环境影响因素识别与评价因子筛选 .....	- 16 -
2.3 环境功能区划与评价标准 .....	- 18 -
2.4 评价工作等级和评价范围 .....	- 25 -
2.5 评价时段及评价重点 .....	- 32 -
2.6 项目建设环境合理性和可行性 .....	- 32 -
2.7 环境保护目标 .....	- 74 -
<b>3 建设项目工程分析</b> .....	<b>- 78 -</b>
3.1 建设项目概况 .....	- 78 -
3.2 工程分析 .....	- 111 -
<b>4 环境现状调查与评价</b> .....	<b>- 128 -</b>
4.1 自然环境现状调查 .....	- 128 -
4.2 海域开发利用现状 .....	- 163 -
4.3 环境质量现状调查与评价 .....	- 167 -
<b>5 环境影响预测与评价</b> .....	<b>- 398 -</b>
5.1 水文动力环境影响预测与评价 .....	- 398 -

5.2 地形地貌与冲淤环境预测与评价 .....	- 416 -
5.3 海水水质环境影响预测与评价 .....	- 422 -
5.4 海洋沉积物环境影响预测与评价 .....	- 429 -
5.5 海洋生态和渔业资源环境影响预测与评价 .....	- 431 -
5.6 对鸟类及其生境影响预测与评价 .....	- 442 -
5.7 电磁环境影响预测与评价 .....	- 450 -
5.8 海上工程声环境影响预测与评价 .....	- 455 -
5.9 环境风险评价 .....	- 467 -
5.10 对海洋环境敏感目标及功能区等影响分析 .....	- 506 -
<b>6 环境保护措施及其可行性论证 .....</b>	<b>- 524 -</b>
6.1 海域污染防治措施 .....	- 524 -
6.2 陆域污染防治措施 .....	- 527 -
6.2 海洋生态保护措施 .....	- 530 -
6.3 鸟类保护措施 .....	- 534 -
6.4 工程主要环保措施汇总 .....	- 538 -
6.5 环保投资 .....	- 541 -
<b>7 环境影响经济损益分析 .....</b>	<b>- 542 -</b>
7.1 经济效益分析 .....	- 542 -
7.2 环境效益 .....	- 542 -
7.3 环境经济损益综合分析 .....	- 543 -
<b>8 环境管理与环境监测计划 .....</b>	<b>- 544 -</b>
8.1 环境管理 .....	- 544 -
8.2 污染物排放清单 .....	- 545 -
8.3 污染物排放总量控制 .....	- 547 -
8.4 环境监测 .....	- 547 -
8.5 竣工环保“三同时”验收计划 .....	- 550 -
<b>9 评价结论 .....</b>	<b>- 553 -</b>

9.1 工程概况 .....	- 553 -
9.2 政策、规划的符合性分析 .....	- 553 -
9.3 环境现状评价结论 .....	- 554 -
9.4 环境影响预测与评价结论 .....	- 558 -
9.5 污染防治措施 .....	- 562 -
9.6 公众意见情况 .....	- 563 -
9.7 环境影响评价综合结论 .....	- 564 -
9.8 建议 .....	- 564 -

**附表：**

- 1、建设项目环境影响报告书审批基础信息表；
- 2、地表水环境影响评价自查表；
- 3、声环境影响评价自查表；
- 4、建设项目环境风险简单分析内容表；

**附件：**

- 1、《国家能源局关于大连市海上风电工程规划的复函》（国能新能[2013]262号）；
- 2、《关于同意大连市花园口海上风电场项目按照I、II场址开展前期工作的函》（大发改能源函[2019]265号）；
- 3、《关于同意大连市花园口I海上风电项目开展前期工作的函》（长海县发展和改革委员会 2023年10月7日）；
- 4、《国家电投大连市花园口I海上风电项目用海预审意见》（长海县海洋发展局 2023年11月3日）；
- 5、《国家电投大连市花园口 I 海风电项目通航安全影响分析报告》专家意见；
- 6、《国家电投大连市花园口 I 海风电项目长海县社会稳定风险评估备案表》
- 7、监测报告；
- 8、营业执照；
- 9、环评委托书。

# 1 概述

## 1.1 项目由来

随着经济和社会的不断发展，我国能源需求将持续增长。增加能源供应、保障能源安全、保护生态环境、促进经济和社会可持续发展，是我国经济和社会发展的项重大战略任务。为减少对一次能源的依赖，保护人类的生存环境，我国政府已承诺走可持续发展的道路，明确经济的发展不以牺牲后代生存环境、资源为代价，并研究、制定和开始执行经济、社会和资源相互协调的可持续发展战略。

国家印发的《国民经济和社会发展“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》，明确了“十四五”期间有序发展海上风电的政策方向，将建设海上风电纳入了规划纲要，为推动辽宁省海上风电基地开发建设、服务海洋强省战略实施奠定了坚实基础。

辽宁省是我国沿海经济发达地区，经济实力雄厚，能源需求巨大。当地水能资源贫乏，煤炭和油气资源比较丰富，目前省内能源供应以煤电为主，电力行业环保压力大。开发利用沿海丰富的风能资源，既是满足巨大能源需求的有效途径之一，也是减轻环保压力，促进地区经济发展的重要手段，符合国家鼓励清洁能源开发建设的政策导向。

2013 年 7 月，国家能源局印发《国家能源局关于大连市海上风电场工程规划的复函》（国能新能[2013]262 号），同意大连市海上风电场规划总装机容量 190 万千瓦，包括花园口 2 个场区共 40 万千瓦，庄河 6 个场区共 150 万千瓦，其中花园口（400MW）海上风电场项目以长海和庄河海域管理分界线为依据，分为大连市花园口I海上风电项目和大连市花园口II海上风电项目。

2019 年 11 月 7 日，大连市发展和改革委员会下发《关于同意大连市花园口海上风电场项目按照I、II场址开展前期工作的函》（大发改能源函[2019]265 号），综合考虑支持地方经济发展和促进项目按属地推动前期工作等原因，同意本项目按

照大连市花园口I（220MW）海上风电项目和大连市花园口II（180MW）海上风电项目分别开展前期工作。

2019年12月4日，大连市发展和改革委员会发布《关于发布大连市花园口海上风电场项目竞争配置评审结果的公告》。公布了按照《大连市发展改革委关于印发〈大连市海上风电项目竞争配置管理暂行办法〉的通知》（大发改能源字[2019]826号）的要求，大连市发展和改革委员会于2019年11月19日发布了《关于发布大连市花园口海上风电场项目竞争配置工作方案的公告》（大发改[2019]1430号），经过评审，最终评分第一名为国家电力投资集团有限公司，确定为大连市花园口海上风电场项目业主单位。

2019年12月13日，国家电投集团东方新能源股份有限公司出具《关于对大连市花园口海上风电场项目核准建设的授权书》，根据国家电投集团（国家电投发展[2019]595号文）与大连市发改委（大发改能源函[2019]265号文），授权由下属子公司长海东方新能源发电有限公司核准建设大连市花园口I（220MW）海上风电项目，授权由下属子公司庄河东方新能源发电有限公司核准建设大连市花园口II（180MW）海上风电项目。

在项目前期工作开展中，项目场址范围与《辽宁省人民政府办公厅转发省海洋渔业厅关于在黄海实施海洋生态红线制度意见的通知》（辽政办发〔2016〕161号）中确定的海洋生态红线限制开发区存在重叠问题，项目风电场场址位于“长山群岛重要渔业水域”海洋生态红线限制开发区内。为论证项目建设对划定的海洋生态红线区域生态影响分析，项目业主开展了《国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目对周边渔业水域影响专题报告》，分施工期与运营期论证项目建设对周边渔业资源的影响，针对性提出相应的措施和建议以减缓工程对渔业资源的影响。同时开展国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目对海洋生态红线区生态影响专题研究工作，根据国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目对海洋生态红线区生态影响专题报告咨询会专家意见，报告书认为：在落实优化用海布局、合理安排施工进度、优化施工工艺、严格污染物排放控制、采取生态补偿和修复等措施后，项目建设对生态红线区影响是可接受的。专家意见：专题报告收集的资料较翔实，评价技术路线合理，评价内容较全面，采用的评价方法适宜，评价结论基本可信。

2019年12月，大连市自然资源局出具《国家电投大连市花园口I（220MW）海上风电场项目用海预审意见》（大自然资发[2019]180号）和《国家电投大连市花园口II（180MW）海上风电场项目用海预审意见》（大自然资发[2019]184号），“该项目用海报批前，须落实生态红线调整”。

2019年7月，为解决项目与生态红线冲突问题，按照自然资源部文件要求，大连市自然资源局牵头开展海洋生态红线调整工作。直至2022年11月1日，根据《自然资源部办公厅关于辽宁等省启动“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，辽宁省完成了“三区三线”划定工作。至此，项目用海与生态红线限制区重叠问题得以解决，因生态红线调整批复时间较长，导致了项目在原核准文件要求时间内无法开工建设。

项目业主积极争取继续主导项目的开发，并协调各部门尽快在国土空间规划中落实生态红线调整成果，在新修订的《大连市国土空间规划（2021-2035年）》草案中，项目位于花园口海上风电场，空间分布符合国土空间规划。项目不处于生态红线范围内，项目建设符合辽宁省“三区三线”海洋生态红线管控要求。目前该项目已具备继续开展相关前期工作条件。

2023年10月7日，长海县改革和发展局出具了《关于同意大连市花园口I海上风电项目开展前期工作的函》，同意国家电力投资集团有限公司子公司长海东方新能源发电有限公司开展大连市花园口I海上风电项目前期工作。2023年11月3日长海县海洋发展局出具《国家电投大连市花园口I海上风电项目用海预审意见》。

国家电投大连市花园口I海上风电项目和国家电投大连市花园口II海上风电项目建设单位均为国家电力投资集团有限公司下属子公司，两个项目按照统筹设计、统筹建设、统筹运营管理的原则进行实施，以发挥规模效益。

国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目位于花园口南侧海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，由I（220MW）场址和II（180MW）场址两块场址组成。风电场走向与岸线基本平行，北界及西北界基本沿10m等深线，西北界距离已规划的工业与城镇用海区10km，西南侧距长山列岛6km。风电场横向跨度约5.0km~9.5km，纵深约19.1km，水深约12~17.5m，中心点距离岸线约17km、距离海洋功能区划中工业与城镇用海区约13km。

本项目是国家电投大连市花园口I海上风电项目，规划装机规模为220MW，位

## 1 概述

于长海海域，由长海东方新能源发电有限公司投资建设。

大连市花园口 I 海上风电项目位于长海海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，水深约 11~16.5m，中心点离岸距离约 17km。拟安装 21 台单机容量为 10.5MW 等级风电机组，开发建设容量为 220MW。用海总面积 80.4643 公顷，其中风机用海面积 23.3835 公顷，海底电缆用海面积 57.0808 公顷。

花园口 I 和花园口 II 海上风电共用海上升压站、220kV 海底电缆、电缆转换井、220kV 陆上线路、陆上集控中心及 220kV 送出线路，共用系统所在区域属于庄河市，共用系统工程属于国家电投大连市花园口 II 海上风电项目范围，不包含在本次评价范围内。

国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目场址规划边界经纬度坐标如表 1.1-1 所示，国家电投大连市花园口 I 海上风电项目场址规划边界经纬度坐标如表 1.1-2 所示，国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目拟开发边界坐标如表 1.1-3 所示，国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目规划边界位置图见图 1.1-1、。

表 1.1-1 国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目规划边界坐标

A	122°39'6.00"	39°22'18.00"
B	122°42'0.00"	39°23'12.00"
C	122°44'12.00"	39°23'36.00"
D	122°46'30.00"	39°24'48.00"
E	122°47'48.00"	39°26'18.00"
F	122°49'24.00"	39°26'54.00"
G	122°52'48.00"	39°26'36.00"
H	122°43'42.00"	39°18'48.00"

表 1.1-2 国家电投大连市花园口 I 海上风电项目规划边界经纬度坐标

拐点	经度	纬度
1	122°39'6.00"	39°22'18.00"
2	122°42'0.00"	39°23'12.00"
3	122°44'12.00"	39°23'36.00"
4	122°45'18.00"	39°24'12.00"
5	122°49'12.00"	39°23'30.00"
6	122°43'42.00"	39°18'48.00"

表 1.1-2 国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场拟开发边界坐标

经度	纬度
122°40'19.4131"	39°22'40.7949"
122°42'00.0000"	39°23'12.0000"
122°44'12.0001"	39°23'36.0000"
122°46'30.0000"	39°24'48.0000"
122°47'17.9327"	39°25'43.3161"
122°48'59.9725"	39°26'32.4390"
122°51'12.0981"	39°26'44.4746"
122°51'27.0019"	39°26'38.1560"
122°49'49.6150"	39°24'03.3683"
122°46'50.6619"	39°21'29.9877"



图 1.1-1 国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目规划边界位置图

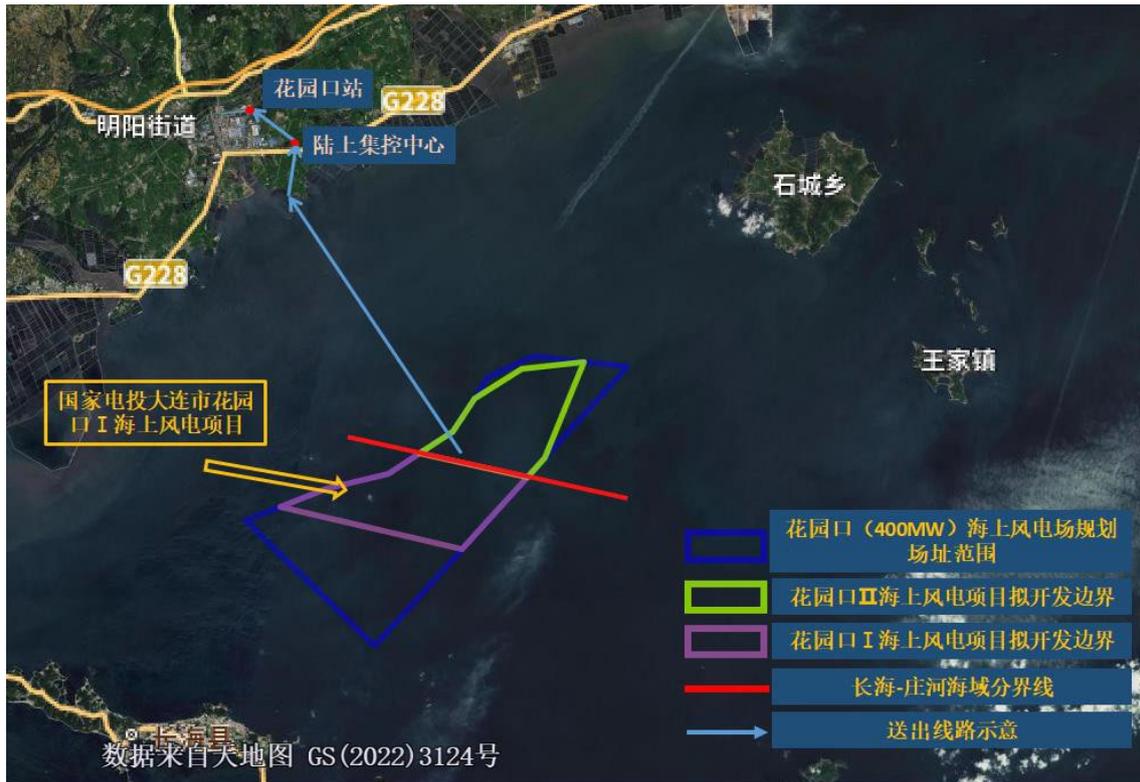


图 1.1-2 风电场规划场址位置示意图见图

## 1.2 项目特点

本项目为电力工业用海项目，其主要特点如下：

- (1) 建设特点：电力工业用海项目
- (2) 建设项目类型：海上风电项目
- (3) 环境影响特点：施工期主要环境影响为海域水质和沉积物、海洋生态和渔业资源、鸟类、声环境、固体废弃物、环境空气、通航环境影响等。

运行期主要环境影响为水文动力、冲淤环境、海域水质、沉积物、海洋生态和渔业资源影响、鸟类、声环境、电磁环境、固体废弃物影响等。

## 1.3 环境影响评价工作过程

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等法律法规，本项目需进行环境影响评价。项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》

(2021年版)(生态环境部部令第16号)中“五十四、海洋工程”“150海洋能源开发利用类工程”“装机容量在20兆瓦及以上的潮汐发电、波浪发电、温差发电、海洋生物质能等海洋能源开发利用、输送设施及网络工程；**总装机容量5万千瓦及以上的海上风电工程及其输送设施及网络工程；**涉及环境敏感区的”，应编制环境影响报告书。2023年11月项目建设单位**长海东方新能源发电有限公司**委托大连中环卓信环境保护有限公司承担本项目环境影响评价工作(环评委托书见附件6)。本评价包括项目施工期及运行期的环境影响评价，本项目设计运行期25年，退役期环境影响应在拆除施工前另行编制环境影响评价文件。

评价单位在接受委托后，进行了调查研究，搜集和分析了有关资料，对本项目进行初步的工程分析，同时开展初步的环境状况调查，识别本项目的环境影响因素，筛选主要的环境影响评价因子，明确评价重点和环境保护目标，确定环境影响评价的范围、工作等级和评价标准，最后制订了评价工作方案。根据工作方案，开展进一步的工程分析，环境现状调查、监测并进行环境影响预测及评价，提出减少环境影响的环境管理措施和工程措施，从环境保护的角度确定项目建设的可行性，给出评价结论和提出进一步减缓环境影响的措施，并最终编制完成了《国家电投大连市花园口I海上风电项目环境影响报告书》。

根据《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ2.1-2016)等相关技术规范的要求，本项目环评影响评价工作程序见图1.3-1。

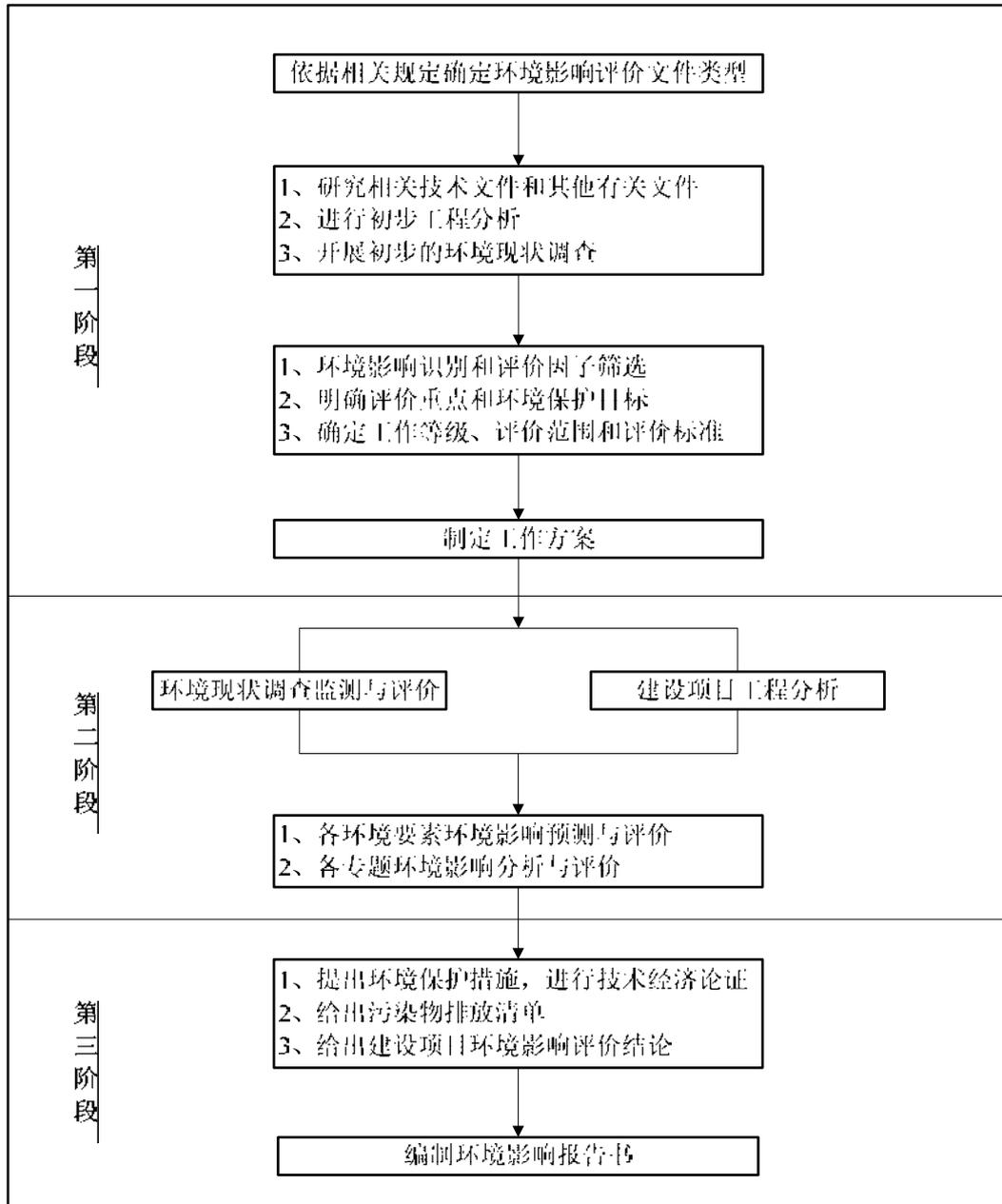


图 1.3-1 环境影响评价工作程序

## 1.4 分析判定相关情况

### (1) “三线一单”符合性

根据《国家电投大连市花园口I海上风电项目“三线一单”检测分析报告》（大连市生态环境事务服务中心二零二三年十一月），项目场所处海洋生态环境管控单元为长山群岛重要渔业水域、管控分类为 3-一般管控，管控单元编码为 HY21020030024。

本工程建设未占用和穿越海洋生态红线区、海洋保护区，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。

项目符合大连市“三线一单”生态环境分区管控要求。

### （2）海洋功能区划及环保规划符合性

本工程用海符合“长山群岛农渔业区（B1-01）”的相关功能区划管理要求，与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》相符，与《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》相符。

本工程为《大连市海上风电场工程规划报告》中的花园口风电场，项目建设符合《辽宁省海洋主体功能区规划》、《辽宁省“十四五”海洋生态环境保护规划（2022-2027年）》规定的相关要求，可为海洋产业及辽宁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。

### （3）相关政策、规划符合性

本项目为海上风电项目，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，属于“鼓励类”项目：“五、新能源”中的“1. 风力发电技术与应用：15MW等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”，本项目建设符合国家产业政策的要求。

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》、《辽宁沿海经济带发展规划》《辽宁沿海经济带大连区域用海规划（2008-2020年）》等国家产业政策。

本项目为《大连市海上风电场工程规划报告》中的花园口场址，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。

### （4）工程选址及布局合理性

风电项目位于《大连市海上风电场工程规划报告》中划定的花园口场址，与规划的装机容量等级相符，用海位置、面积与规划保持一致。其建设符合海洋功能区划，场址所处海域避开了港口、锚地、航道、通航密集区以及主管机关公布的航路，避开了通信、电力、油气等海底管线及其保护范围，由于海上风电的风机布置为点源用海，且运营期无海域污染物产生，从综合开发利用海洋的角度出

发，项目建设与海洋功能区划及相关规划相适宜。

## 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包括：桩基础建设对周边海域水文动力、地形冲淤环境的影响；桩基础建设、海缆施工对海域水质、沉积物、海洋生态和渔业资源的影响；风机基础打桩和风机运转产生的水下噪声对海洋生物的影响、项目建设对鸟类及其生境的影响；项目建设对周边保护区和农渔业区等环境敏感区的影响；陆上集控中心建设对声环境、电磁环境等的影响；施工船舶可能产生的溢油风险等。

## 1.6 环境影响评价结论

国家电投大连市花园口I海上风电项目位于辽宁省大连长海海域，申请用海总面积为 80.4643 公顷，其中，风机基础透水构筑物用海面积为 23.3835 公顷，66kV 场区海缆面积 57.0808 公顷。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位于“长山群岛农渔业区”（代码（B1-01））内，符合辽宁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《辽宁省海洋主体功能区划》、《辽宁省海洋生态环境保护规划（2016-2020 年）》、《海上风电开发建设管理办法》、《辽宁沿海经济带发展规划》、《辽宁沿海经济带大连区域用海规划（2008-2020 年）》、《大连市循环经济发展规划》、《大连市海上风电场工程规划报告》、《大连市能源发展“十四五”规划》、海岸线保护与利用管理办法等要求。

项目施工悬浮泥沙入海会对周围海域造成短期不利影响，存在施工船舶碰撞溢油事故环境风险，并造成海洋底栖生物和渔业资源一定的损失，导致局部海域水文动力、泥沙冲淤一定程度的变化。运营期对水文水动力、地形地貌冲淤产生一定的影响，但在采取生态保护、污染防治和环境风险防范措施、应急对策以及相应的经济和生态补偿措施后，项目建设造成的海洋资源损失和环境影响在可接受范围之内。

因此，从环境影响角度分析，项目建设是可行的。

---

## 2 总则

### 2.1 编制依据

#### 2.1.1 法律法规、依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订，2015.1.1施行）；
- (2) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023年10月24日修订）；
- (3) 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002年1月施行）
- (4) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018.12.29修订通过）；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10.26修订）；
- (6) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017.6.27修订通过，2018.1.1施行）；
- (7) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022年6月5日施行）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年4月29日修订，2020年9月1日起施行）；
- (9) 《中华人民共和国节约能源法》（2018年10月26日修正）；
- (10) 《中华人民共和国清洁生产促进法》（2012年7月1日起施行）；
- (11) 《中华人民共和国循环经济促进法》（2018年10月26日修订）；
- (12) 《中华人民共和国渔业法》（2013年12月修正）；
- (13) 《中华人民共和国海上交通安全法》，2021年4月29日修正；
- (14) 《中华人民共和国野生动物保护法》，2022年12月30日修订；
- (15) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2013年12月修订；
- (16) 《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017年10月修正）；
- (17) 《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修正）；

- (18) 《中华人民共和国海洋倾废管理条例》(2017 修订), 2017 年 3 月实施;
- (19) 《防治船舶污染海洋环境管理条例》(2017 年 3 月修订), 2018 年 3 月实施;
- (20) 《中国水生生物资源养护行动纲要》, 2006 年 2 月;
- (21) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》, 2018 年 4 月修正;
- (22) 《海洋工程环境影响评价管理规定》, 2017 年 4 月实施;
- (23) 《中华人民共和国船舶污染海洋环境应急防备和应急处置管理规定》(2019 修正), 2019 年 11 月实施;
- (24) 《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》, 2017 年 5 月修正;
- (25) 《海底电缆管道保护规定》, 2004 年 3 月 1 日施行;
- (26) 《海洋功能区划管理规定》, 2007 年 8 月施行;
- (27) 《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》, 2007 年 5 月实施;
- (28) 《水生生物增殖放流管理规定》, 2009 年 5 月施行;
- (29) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》, 2024 年 2 月 1 日施行;
- (30) 《环境影响评价公众参与办法》, 2019 年 1 月 1 日施行;
- (31) 《海岸线保护与利用管理办法》, 2017 年 3 月施行;
- (32) 《水产种质资源保护区管理暂行办法》, 2016 年 5 月 30 日修正;
- (33) 《海上风电开发建设管理办法》, 2016 年 12 月施行;
- (34) 《近岸海域环境功能区管理办法》, 原国家环境保护总局令第 8 号, 1999 年 12 月施行;
- (35) 《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;
- (36) 《国务院关于加强海洋管理工作若干问题的通知》, 国发[2004]24 号;
- (37) 《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》, 环发〔2013〕86 号;
- (38) 《关于加强自然保护区管理有关问题的通知》, 环办[2004]101 号;

- (39) 《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；
- (40) 《铺设海底电缆管道管理规定》，1989 年 3 月施行；
- (41) 《铺设海底电缆管道管理规定实施办法》，1992 年 8 月施行；
- (42) 《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；
- (43) 《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；
- (44) 《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》（国发[2015]17 号）；
- (45) 《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发[2016]31 号）；
- (46) 《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》（2021 年 11 月 2 日）；
- (47) 《关于印发<“十四五”噪声污染防治行动计划>的通知（环大气[2023]1 号）》；
- (48) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77 号）；
- (49) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017.7.16 发布、2017.10.1 施行）；
- (50) 《排污许可证管理暂行规定》（环水体[2016]186 号）；
- (51) 《排污许可管理条例》（国令第 736 号）；
- (52) 《2030 年前碳达峰行动方案》（国发[2021]23 号）；
- (53) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（生态环境部令第 16 号）；
- (54) 《辽宁省海洋环境保护办法》，2018 年 7 月修改；
- (55) 《辽宁省环境保护条例》（2022 年 4 月 21 日修正）；
- (56) 《辽宁省大气污染防治条例》（2022 年 4 月 21 日修正）；
- (57) 《辽宁省水污染防治条例》（2022 年 4 月 21 日修正）；
- (58) 《辽宁省固体废物污染环境防治办法》（2017 年 11 月 29 日第四次修正）；

(59) 《中共辽宁省委 辽宁省人民政府关于印发<辽宁省深入打好污染防治攻坚战实施方案>的通知》(辽委发[2022]8号);

(60) 《辽宁省人民政府关于印发辽宁省水污染防治工作方案的通知》(辽政发[2015]79号, 2015.12.31);

(61) 《辽宁省人民政府关于印发辽宁省土壤污染防治工作方案的通知》(辽政发[2016]58号, 2016.8.24);

(62) 《辽宁省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》(辽政发[2021]6号);

(63) 《关于印发<辽宁省深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战新突破三年行动方案>的通知》(辽环发[2023]30号);

(64) 《辽宁省“十四五”节能减排综合工作方案》(辽政发[2022]16号);

(65) 《关于贯彻落实<中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见>的工作方案》(中共大连市委 大连市人民政府 2022年4月13日印发);

(66) 《大连市海洋环境保护条例》(2020年5月16日大连市第十六届人民代表大会第三次会议通过, 2020年8月5日辽宁省第十三届人民代表大会常务委员会第二十次会议批准);

(67) 《大连市人民政府办公室关于大连市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》(大政办[2021]13号);

(68) 《大连市人民政府关于印发大连市打赢蓝天保卫战三年行动方案(2018-2020年)的通知》(大政发[2018]41号);

(69) 《中共大连市委 大连市人民政府关于印发<大连市深入打好污染防治攻坚战实施方案>的通知》(2022年9月4号);

(70) 《大连市环境保护条例》(2019.06.01实施);

(71) 《大连市人民政府关于印发大连市水污染防治工作方案的通知》(大连市人民政府, 大政发[2016]29号, 2016.2.29)。

### 2.1.2 环境影响评价技术指导文件

- (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》(HJ2.4-2021);
- (8) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2021);
- (9) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018);
- (10) 《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ 24-2020);
- (11) 《海洋调查规范》(GB12763-2007);
- (12) 《海洋监测规范》(GB17387-2007);
- (13) 《近岸海域环境监测规范》(HJ442-2008);
- (14) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，2002年4月;
- (15) 《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);
- (16) 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》(第二分册);
- (17) 《生物多样性观测技术导则 鸟类》(HJ 710.4-2014);
- (18) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)。

### 2.1.3 相关规划资料

- (1) 《全国海洋主体功能区规划》，2015年8月1日实施;
- (2) 《辽宁省海洋主体功能区划》，2017年8月实施;
- (3) 《辽宁省海洋功能区划(2011-2020)》，2011年4月实施;
- (4) 《辽宁省黄海海域海洋生态红线区划》，2016年12月实施;
- (5) 《辽宁省海洋生态环境保护规划(2016-2020年)》，2015年10月实施;
- (6) 《辽宁省“十四五”海洋生态环境保护规划(2022-2027年)》;

- (7) 《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》，2016年2月实施；
- (8) 《大连市近岸海域环境功能区划》，2018年6月调整；
- (9) 《辽宁省海岛保护规划（2012-2020年）》；
- (10) 《大连市海上风电场工程规划报告》（国能新能[2013]262号）。

#### 2.1.4 相关文件

- (1) 《国家电投大连市花园口 I 海上风电项目可行性研究报告》，山东电力工程咨询院有限公司；
- (2) 《国家电投大连市花园口 I 海上风电项目海域使用论证报告》，国家海洋环境监测中心；
- (3) 《国家电投大连市花园口 I 海风电项目通航安全影响分析报告》，大连港口设计研究院有限公司；
- (4) 《国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目鸟类影响评价专题报告》，国家海洋环境监测中心；
- (5) 《国家电投大连市花园口 I 海风电项目长海县社会稳定风险评估备案表》；
- (6) 环评委托书；
- (7) 建设单位提供其他资料。

## 2.2 环境影响因素识别与评价因子筛选

项目施工期和运行期环境影响因素及影响因子列表分别见表2.2-1和表2.2-2。

表2.2-1 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
自然环境	海洋水质	施工悬浮物等对工程海域环境影响	可逆较小	风机及海底电缆沿线周边海域	悬浮物	-3
	沉积物环境	打桩和铺电缆、风机基础阳极保护	可逆较小		悬浮物、锌	-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	施工营地地附近	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
	环境风险	施工船舶碰撞溢油事故	中等	风电场附近海域	油类	-2
	环境空气	施工船舶和施工机械、车辆排放的尾气等	可逆较小	陆上、海上工程施工区域	TSP、PM <sub>10</sub> 、NO <sub>2</sub> 、CO、SO <sub>2</sub>	-1
声环境	打桩、船舶航行、施工机械和运输车辆产生的噪声	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	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, 进行简要的影响分析;
- 2: 表示环境要素所受综合影响程度为中等, 进行影响预测分析;
- 3: 环境要素所受影响程度为较大或较为敏感, 进行全面的影响预测与评价。

表2.2-2 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	
自然环境	海洋水文动力	风机基础占海改变工程海域水文动力条件	不可逆, 较小	风机附近海域	潮汐、潮流	-3
	海洋地形地貌与冲淤环境	风机基础占海改变工程海域的地形地貌和冲淤环境	不可逆, 较小	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	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	-1
	声环境	风机运转产生噪声	较小	风机区域	Leq (A)	-1
	电磁环境	海缆输电及电器设备运行将产生电磁场	较小	输电线路沿线	电、磁场强度	-1
社会环境	社会经济	促进地区社会经济发展	较小	大连市	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	-2

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，进行简要的影响分析；
- 2: 表示环境要素所受综合影响程度为中等，进行影响预测分析；
- 3: 环境要素所受影响程度为较大或较为敏感，进行全面的影响预测与评价。

## 2.3 环境功能区划与评价标准

### 2.3.1 环境功能区划

#### 2.3.1.1 海洋功能区

项目位于大连黄海海域，长山列岛与石城岛之间。根据《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目占用的海洋功能区为长山群岛农渔业区（B1-01）（图2.3-1），区域水质执行不低于二类海水水质标准，沉积物质量和海洋生物质量不低于一类标准。

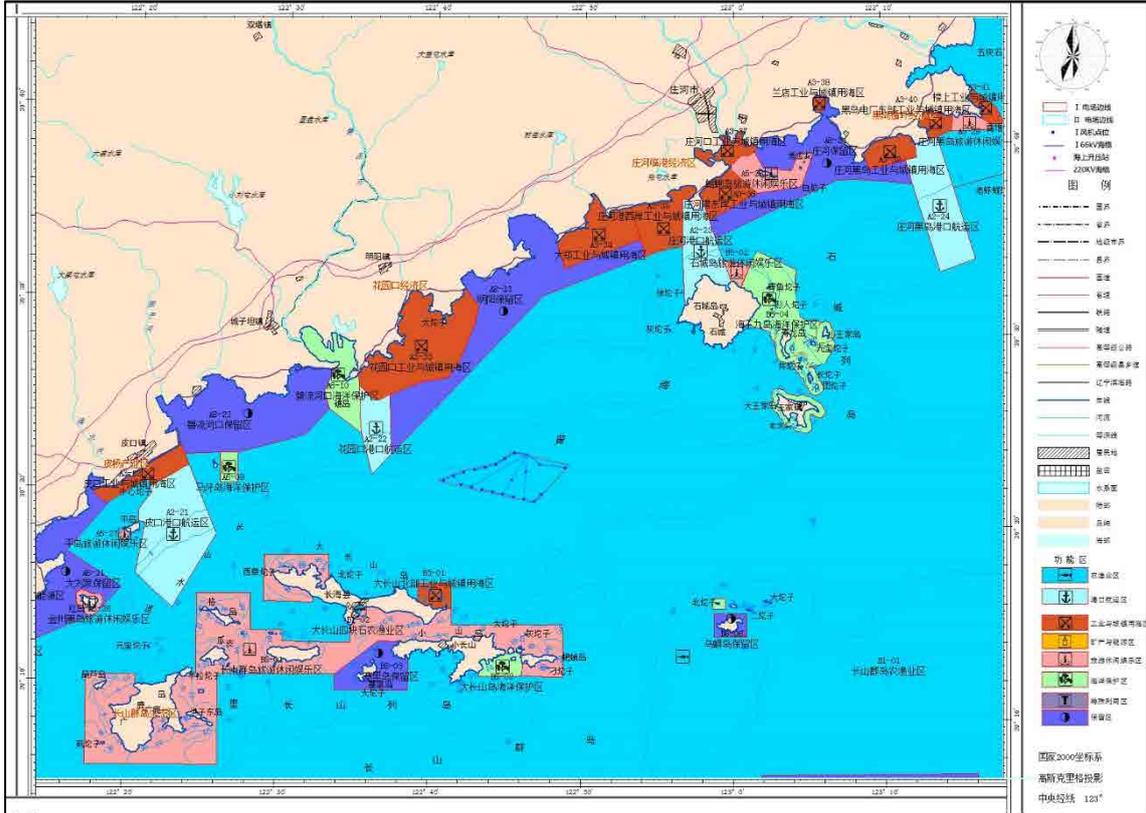


图2.3-1 辽宁省海洋功能区划图

### 2.3.1.2 近岸海域

根据《辽宁省近岸海域环境功能区划》，本项目在二类环境功能区内（图2.3-2）。

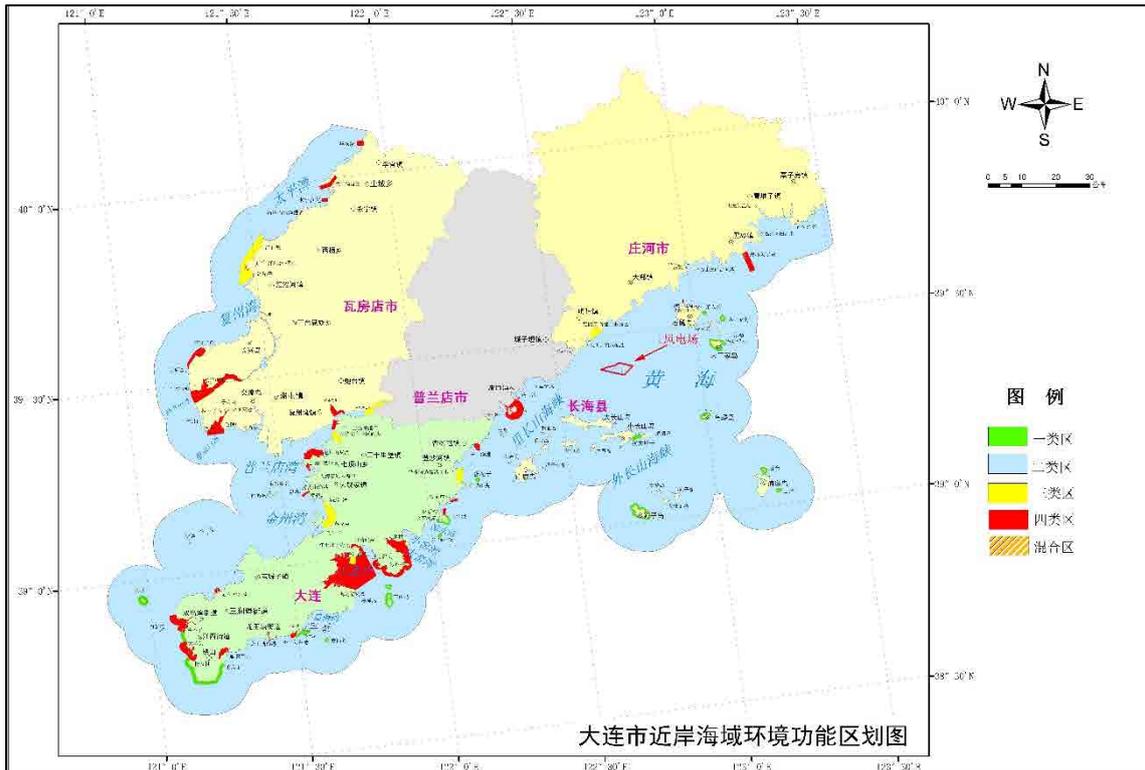


图2.3-2 辽宁省近岸海域环境功能区划图

### 2.3.1.3 环境空气

本项目风电区及海底电缆位于长海县东北部海域。

根据《大连市人民政府办公厅关于调整大连市环境空气质量功能区区划的通知》（大政办发[2005]42号），项目陆上临时施工营地所在区域属于二类环境空气质量功能区。

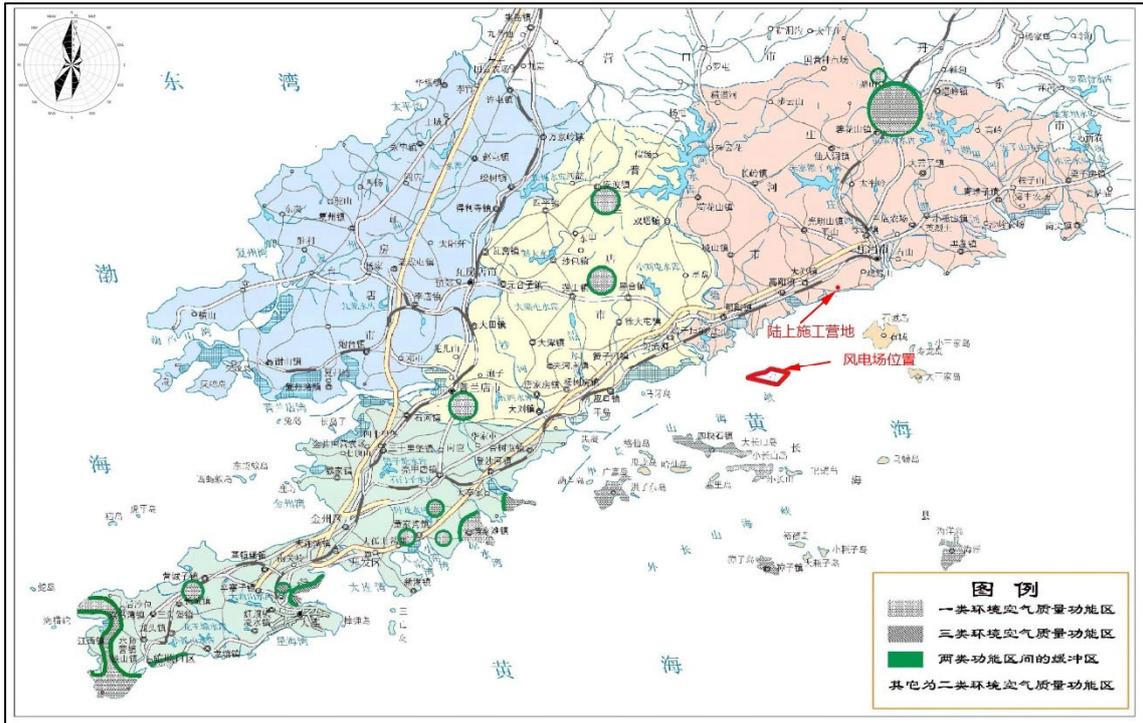


图2.3-3 大连市环境空气质量功能区图

### 2.3.1.4 噪声

本项目风机及海底电缆位于长海县东北部海域。

## 2.3.2 评价标准

### 2.3.2.1 环境质量标准

#### 2.3.2.1.1 海洋环境质量标准

根据《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》，工程所在区域在“长山群岛农渔业区”内，长山群岛农渔业区的海洋环境保护要求为区域水质执行不低于二类海水水质标准，沉积物质量和海洋生物质量不低于一类标准。

本次海洋环境质量标准同时参照《辽宁省近岸海域环境功能区划》、《辽宁省海洋功能区划》（2011-2020年），按照从严原则执行，具体按如下标准执行。

#### （1）海水水质

海洋水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中第二类标准，具体见下表。

表2.3-1 《海水水质标准》(GB3097-1997)

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围 围0.2pH单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围 围0.5pH单位	
化学需氧量≤(mg/L)	2	3	4	5
溶解氧>(mg/L)	6	5	4	3
活性磷酸≤(以P计)(mg/L)	0.015	0.030		0.045
生化需氧量≤(BOD <sub>5</sub> )(mg/L)	1	3	4	5
铜≤(mg/L)	0.005	0.010	0.050	
铅≤(mg/L)	0.001	0.005	0.010	0.050
锌≤(mg/L)	0.020	0.050	0.10	0.50
镉≤(mg/L)	0.001	0.005	0.010	
总铬≤(mg/L)	0.05	0.10	0.20	0.50
汞≤(mg/L)	0.00005	0.0002		0.0005
砷≤(mg/L)	0.020	0.030	0.050	
硒≤(mg/L)	0.010	0.020		0.050
挥发性酚≤(mg/L)	0.005		0.010	0.050
硫化物≤(以S计)(mg/L)	0.02	0.05	0.10	0.25
无机氮(以N计)(mg/L)	0.20	0.30	0.40	0.50
石油类≤(mg/L)	0.05		0.30	0.50
氰化物≤(mg/L)	0.005		0.10	0.20
苯并(a)芘≤(μg/L)	0.0025			

## (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,具体见下表。

表2.3-2 海洋沉积物质量标准(第一类)

项目	铜	铅	锌	镉	铬	总汞	砷	油类	硫化物	有机碳
标准值	35.0	60.0	150.0	0.50	80.0	0.20	20.0	500.0	300.0	2.0

注: Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、As、oil、S单位为( $\times 10^{-6}$ ), OC单位为(%)。

## (3) 生物质量

根据不同的海洋动物,分别采用不同的生物质量标准进行评价。对于双壳类贝类采用《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类标准进行评价;鱼类和甲壳类(除As、石油烃外)采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(第九篇环境质量调查)中的标准进行评价,鱼类和甲壳类生物体内的石油烃采用《第二次全

国海洋污染基线调查规程》(第二分册)中的标准进行评价。具体见下表。

表2.3-3 海洋生物质量标准 (GB18421-2001) 单位:  $10^{-6}$

名称 \ 成分	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	Hg	石油烃
贝类(双壳类)	10	0.1	20	0.2	1.0	0.5	0.05	15
鱼类	20	2.0	40	0.6	1.5	20	0.3	20
甲壳类	100	2.0	150	2.0	1.5	1.0	0.2	20

### 2.3.2.1.2 环境空气

环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及修改单中二级标准,具体见下表。

表2.3-4 环境空气质量标准

污染物名称	平均时间	浓度限值	单位	标准来源
SO <sub>2</sub>	年平均	60	μg/m <sup>3</sup>	《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准
	24小时平均	150		
	1小时平均	500		
NO <sub>2</sub>	年平均	40		
	24小时平均	80		
	1小时平均	200		
PM <sub>10</sub>	年平均	70		
	24小时平均	150		
PM <sub>2.5</sub>	年平均	35		
	24小时平均	75		
O <sub>3</sub>	日最大8小时平均	160		
	1小时平均	200		
CO	24小时平均	4	mg/m <sup>3</sup>	
	1小时平均	10		

### 2.3.2.1.3 声环境

项目为海上风电项目,位于海上,项目周边无声环境功能区,本报告主要评价内容为噪声对海洋生态环境影响。

### 2.3.2.1.4 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。

### 2.3.2.2 污染物排放标准

#### 2.3.2.2.1 船舶污染物排放标准

本项目施工期施工船舶产生的含油污水执行《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》（交海发[2007]165号），生活污水和船舶垃圾执行《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018），船舶废气执行《船舶大气污染物排放控制区实施方案》（交海发[2018]168号）的要求，相应标准限值见下表。

表2.3-5 船舶污染物排放标准

污染物	排放海域	船舶类型	排放控制要求
船舶含油污水	沿海海域	/	铅封管理，禁止向沿海海域排放
船舶生活污水	距最近陆地 3海里以内		采用下列方式之一进行处理，不得直接排海： a) 利用船载收集装置，排入接收设施； b) 利用船载生活污水处理装置处理，达到以下规定要求后在航行中排放： (1) 在 2012 年 1 月 1 日以前安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $BOD_5 \leq 50\text{mg/L}$ ， $SS \leq 150\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 $\leq 2500$ 个/L； (2) 在 2012 年 1 月 1 日以后安装（含更换）生活污水处理装置的船舶， $BOD_5 \leq 25\text{mg/L}$ ， $SS \leq 35\text{mg/L}$ ，耐热大肠菌群 $\leq 1000$ 个/L， $COD_{Cr} \leq 125\text{mg/L}$ ， $pH 6-8.5$ ，总氯（总余氯） $< 0.5\text{mg/L}$ 。 污染物排放监控位置：生活污水处理装置出水口。
	3海里<与最近陆地间距离 $\leq 12$ 海里的海域		同时满足下列条件： (1) 使用设备打碎固形物和消毒后排放； (2) 船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。
	与最近陆地间距离 $> 12$ 海里的海域		船速不低于 4 节，且生活污水排放速率不超过相应船速下的最大允许排放速率。
船舶垃圾	海域		应将塑料废弃物、废弃食用油、生活废弃物、焚烧炉灰渣、废弃渔用和电子垃圾收集并排放接收设施。 食品废弃物：在距最近陆地 3 海里以内（含）的海域，应收集运回陆地处理；在距最近陆地 3 海里至 12 海里（含）的海域，粉碎至直径不大于 25mm 后方可排放；在距最近陆地 12 海里以外的海域可排放。

船舶大气 污染物	大气污染物排放 控制区	使用硫含量不大于 0.5% $m/m$ 的船用燃油； 2015年3月1日及以后建造或进行船用柴油发动机重大改装的施工船舶，所使用的单台发动机输出功率超过 130千瓦的，应满足《国际防止船舶造成污染公约》第二阶段氮氧化物排放限值要求： 1. 当 $n$ 小于 130rpm 时，14.4g/kWh； 2. 当 $n$ 等于或大于 130rpm，但小于 2000rpm 时， $44n(-0.23)g/kWh$ ； 3. 当 $n$ 等于或大于 2000rpm 时，7.7g/kWh。
-------------	----------------	--

### 2.3.2.2.2 噪声

项目施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），即昼间 70dB(A)、夜间 55dB(A)的排放限值。

### 2.3.2.2.3 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

### 2.3.2.2.4 固体废物

固体废弃物执行《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修正版）》的要求；危险废物暂存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求，危险废物统一委托有资质单位接收处置。

## 2.4 评价工作等级和评价范围

### 2.4.1 评价工作等级

#### 2.4.1.1 海洋环境

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

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19458-2014）和《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014年）中评价等级判定标准，根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》（2014年）中海洋生态环境敏感区的注释“主要包括自然保护区，珍稀濒危海洋生物的天然集中分布区，海湾、河口海域，……重要的渔业水域（鱼虾蟹贝的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道以及鱼、虾、蟹、贝、藻类及其他水生动植物的增殖水域），重要的鸟类迁徙通道、繁殖、栖息地，海洋自然历史遗迹和自然景观”。

项目用海的风电主体工程位于《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》的“长山群岛农渔业区，本次评价将工程所在区域界定为生态环境敏感区。本工程总规模220MW，66kV海缆总长度约36.22km。

以《海洋工程环境影响评价技术导则》为评级依据，本工程水文动力环境评价等级为1级，水质环境评价等级为1级，沉积物环境评价等级为2级，生态环境评价等级为1级，单项海洋环境影响评价等级判据见下表。

表2.4-1 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
海洋风力发电	大型（≥100MW）	生态环境敏感区	1	1	2	1
海上和海底电（光）缆等工程	长度100km~20km		2	1	2	1
综合确定的本工程评价工作等级			1	1	2	1

#### 2.4.1.2 海洋地形地貌与冲淤环境评价等级

本工程申请用海总面积80.4643hm<sup>2</sup>，其中风机用海面积为23.3835hm<sup>2</sup>，海底电缆管道用海57.0808hm<sup>2</sup>。

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50×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>以上的或严重改变海岸线、滩涂、海床自然性状和产生较严重冲刷、淤积的工程项目，评价等级为1级。

表2.4-2 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 $50 \times 10^4 \text{m}^2$ 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。

### 2.4.1.3 电磁环境

本工程场址中心距离岸线 17km，本项目不单设海上升压站，与花园口 II 海上风电项目共用一座海上升压站，海上升压站设置在花园口 II 风电场内。

本工程场内集电线路电压等级为66kV，不进行电磁环境评价等级判定。

### 2.4.1.4 环境风险

本工程为海上风电工程，涉及的主要风险物质为主要涉及的危险物质为施工期船舶的燃料油、运营过程运维船只燃料油等油类物质。

本项目施工期最大环境风险为风机运输过程中船舶碰撞发生的溢油事故，风电场施工期采用的最大吨位施工船舶为 10000t 级的大型甲板驳船，经向相关船舶企业了解，在河口和近岸海域作业时考虑到燃油经济性，10000t 级运输驳油舱载油量约 100t 左右。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中“附录 C 中 C.1.1 可知，应计算所涉及的每种危险物质在厂界内的最大存在总量与其在导则中附录 B 中对应临界量的比值 Q。在不同厂区的同一种物质，按其在厂界内的最大存在总量计算。当只涉及一种危险物质时，计算该物质的总量与其临界量比值，即为 Q；当存在多种危险物质时，则按下式计算物质总量与其临界量比值(Q)：

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + \dots + \frac{q_n}{Q_n}$$

式中， $q_n$ ：每种危险物质的最大存在总量，t； $Q_n$ ：每种危险物质的临界量，t。

表2.4-3 本工程 Q 值确定表

序号	危险物质名称	时期	最大存在总量 (t)	临界量 (t)	该种危险物质 Q 值 ( $Q=qi/Qi$ )
1	燃料油	施工期	100	2500	0.04
项目 Q 值Σ					<1

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(H169-2018)，本工程危险物质数量与临界量比值  $Q < 1$ ，环境风险潜势为 I 级。

根据上表，本工程环境风险评价等级为简单分析。

依据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，本次海上风电项目环境风险评价主要内容为分析项目施工和营运期间可能发生的风险环节和潜在事故隐患，主要包括施工期和营运期海域内船舶碰撞溢油等风险的确定；预测分析海上风电项目潜在环境风险事故所造成的海洋环境影响途径、方式、范围、损害程度，分析事故后果，并提出合理可行的事故防范、应急与减缓措施，制定相应应急预案。

#### 2.4.1.5 其他要素环境影响评价等级

##### (1) 环境空气

本项目为海上风力发电与输变电工程，项目运营期无大气污染物排放。

本项目大气污染主要来自于施工期，陆上施工活动造成的地面扬尘，车辆、船舶等施工机械尾气。

因此本次评价不进行大气评价等级判定。

##### (2) 声环境

本项目与花园口 II 风电项目共用陆上集控中心（包含在花园口 II 海上风电项目）。

风电项目位于海上，因此不进行声环境影响评价等级判定。

依据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，本项目水下声环境影响评价工作不划定具体评价等级。

##### (3) 地表水环境

本项目为海上风电项目，营运期仅检修人员及维修船产生少量含油污水及生活污水，经统一收集后运至陆上交有资质单位处置，不直接排放，因此地表水评

价等级为三级B。

(4) 生态环境

依据《海上风电工程环境影响评价技术规范》，鸟类生态不划定具体评价等级。

(5) 地下水和土壤环境

依据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)和《环境影响评价技术导则土壤环境》(HJ964-2018)的要求，本项目属于IV类项目，可不开展土壤和地下水的环境影响评价。

## 2.4.2 评价范围

(1) 海洋水文动力评价范围

本工程水文动力环境评价等级为1级，根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19486-2014)，1级评价垂向距离一般不小于5km，纵向距离不小于一个潮周期内水质点可能到达的最大水平距离的两倍。

考虑本工程海域潮流特性，确定水文动力环境影响评价范围为风电场边界线向外扩展各15km。

(2) 海水水质、沉积物、生态环境评价范围

根据《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19486-2014)：

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

沉积物调查范围应覆盖影响海域，反映环境状况，满足预测要求；

生态环境调查评价范围根据导则要求，1级评价扩展距离在8~30km；

(3) 地形地貌与冲淤环境影响评价范围

地形地貌与冲淤环境评价等级为1级评价，评价范围应包括工程可能的影响范围，一般应不小于水文动力环境影响评价范围，同时应满足建设项目地貌与冲淤环境特征的要求。

(4) 水下声环境影响评价范围

## 2 总则

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。

花园口I海上风电和花园口II海上风电共用海上升压站、220kV海底电缆，其同时开工、同时，故本次海域评价范围综合考虑二者共同影响，最终确定本工程海域评价范围为：

花园口I海上风电和花园口II海上风电海上风电场外缘线为起点向外扩展15km，向北与自然岸线围起的约1726km<sup>2</sup>海域。

评价范围四至经纬度坐标见下表，评价范围图见下图。

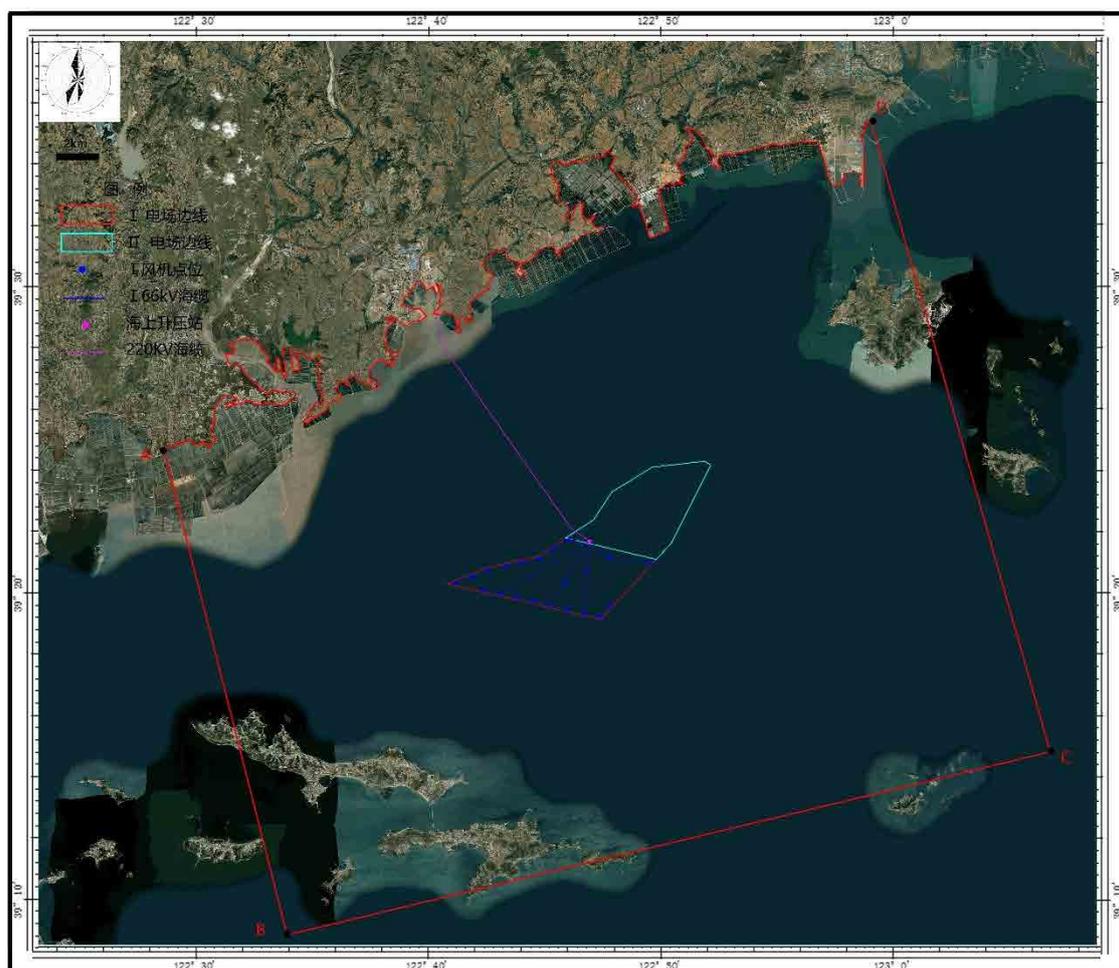


图2.4-1 海洋环境评价范围图

表2.4-4 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	A	122°28'6.80"	39°26'49.96"
	B	122°33'33.88"	39°10'51.94"
	C	123°05'19.91"	39°17'42.75"
	D	122°58'17.82"	39°37'54.18"

## (5) 鸟类调查评价范围

按照《海上风电工程环境影响评价技术规范》7.9.3 的要求，“鸟类现状调查评价范围至少涵盖工程边界向外扩展 8km 区域，并视受保护鸟类影响程度适当增加”的原则，根据现场鸟类分布情况和活动范围，本项目评价范围是从风电场工程边界向东侧和北侧扩展至 20km，以海岸的滩涂为评价边界。扩大评价范围的原因是在距离工程边界范围内的岛屿和滩涂，是世界濒危鸟类和国家一级保护鸟类黑脸琵鹭 (*Platalea minor*)、黄嘴白鹭 (*Egretta eulophotes*)、海鸬鹚 (*Phalacrocorax pelagicus*) 的繁殖地和取食地。敏感鸟类为区内分布的国家重点保护鸟类、优势种鸟类。

评价范围如图 2.4-2 所示。



图2.4-2 鸟类调查评价范围

## 2.5 评价时段及评价重点

### 2.5.1 评价时段

本工程环境影响评价时段包括施工期、运行期 2 个时段。

对服务期满后拆除工程环境影响则在拆除前另行编制环境影响报告书。

### 2.5.2 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：

根据本项目特点和周围海洋环境状况，本项目环境影响评价重点为：

(1) 与相关规划、政策、功能区划符合性分析、项目方案环境比选及环境合理性分析。

(2) 施工期：施工悬浮物对工程海域海水水质、海洋生态和渔业资源的影响评价；施工船舶碰撞溢油事故对工程海域海洋水质、海洋生态和渔业资源影响的环境风险评价。

(3) 运行期：风机基础等占海对工程海域水文动力、地形地貌及冲淤环境、渔业生产的影响评价；风机运转对鸟类的影响评价。

(4) 环境敏感区影响评价：工程施工悬浮物、施工船舶碰撞溢油事故对环境敏感区及环境保护目标的影响评价。

(5) 环保对策措施：海水水质、海洋生态及渔业资源保护及修复补偿措施。

## 2.6 项目建设环境合理性和可行性

### 2.6.1 与“三线一单”生态环境分区控制要求及“三区三线”海洋生态红线符合性分析

#### 2.6.1.1 与“三线一单”生态环境分区控制要求符合性分析

为推动大连市实现高质量绿色发展，落实大连市生态保护红线、环境质量底

线、资源利用上线，制定生态环境准入清单，实施生态环境分区管控，2021 年 9 月 29 日大连市人民政府办公室发布《大连市人民政府办公室关于大连市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（大政办[2021]13 号）。

根据《国家电投大连市花园口I海上风电项目“三线一单”检测分析报告》（大连市生态环境事务服务中心二零二三年十一月），项目所处海洋生态环境管控单元为长山群岛重要渔业水域、管控分类为 3 一般管控，管控单元编码为 HY21020030024，区域管控要求见下表。

项目与生态环境准入清单管控相符性见下表。

表2.6-1 海域空间生态环境准入清单

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类别	管控要求		符合情况
HY21020 030024	长山群岛重要渔业水域	3-一般管控	空间布局约束	严格控制重要水产种质资源产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道内各类用海活动，禁止建闸、筑坝以及妨碍鱼类洄游的其他活动。防治海水养殖污染，防范外来物种侵害，保持海洋生态系统结构与功能的稳定。规范和清理滩涂与近海海水养殖。根据海洋环境监测结果，在生态敏感脆弱区、赤潮灾害高发区、严重污染区等海域依法禁止投饵式海水养殖。	工程海域不为重要水产种质资源，工程不涉及建闸、筑坝，对鱼类洄游的活动影响较小，工程为海上风电建设，不涉及海水养殖，不会带来外来物种侵害，不会破坏海洋生态系统结构与功能的稳定。
			污染物排放管控	养殖区执行不低于第二类海水水质标准。增殖区执行不低于第二类海水水质标准。海洋捕捞区执行第一类海水水质标准。海水养殖单位和个人应当配备与养殖水体和生产能力相适应的水处理设施和相应的水质、水生生物检测等基础性仪器设备，使用符合国家或者本省有关规定和标准的海水养殖用药。鼓励海水养殖单位和个人使用无污染的饵料、渔药以及采用生物方法防治水产养殖病害，限制使用抗生素等化学药品，严格控制使用环境激素类化学品。海水养殖尾水直接排入海洋的，应当符合行业规范要求和本省规定的排放标准。禁止在海洋特别保护区、海洋自然保护区、海滨风景名胜區、海水浴场、盐场保护区、重要渔业水域和其他需要特别保护的区域新建排污口。前款所列区域已建成的排污口，应当逐步实现深海设置、离岸排放。	工程施工期的影响主要为桩基础施工和海缆敷设引起工程区域悬浮物浓度升高对海水水质的影响，但这种影响是短暂的，可恢复的，随着施工结束将逐渐恢复；海上施工人员的生活污水统一收集后运上岸处理，不外排。运行期风电项目本身不产生污染物，运维人员的生活污水、检修油污水由船舶收集后运上岸交由有资质的单位处理，不外排，不会对海水水质产生影响。工程不涉及在海洋特别保护区、海洋自然保护区、海滨风景名胜區、海水浴场、盐场保护区、重要渔业水域和其他需要特别保护的区域新建排污口。

由上表可知，项目符合《大连市人民政府办公室关于大连市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（大政办[2021]13号）中准入要求。

### 2.6.1.2 与“三区三线”海洋生态红线的符合性分析

根据辽宁省“三区三线”划定成果，风电场周边“三区三线”海域海洋生态红线区有三个，分别为城子坦滨海湿地、大连黑脸琵鹭省级自然保护区、辽宁大连长海海洋珍贵生物省级自然保护区，其中城子坦滨海湿地保护类型为“重要河口”，大连黑脸琵鹭省级自然保护区保护类型为“特别保护海岛”，辽宁大连长海海洋珍贵生物省级自然保护区保护类型为“重要滩涂及浅海水域”。

项目用海与“三区三线”海域海洋生态红线区距离较远，与城子坦滨海湿地最近距离为 4.4km，与大连黑脸琵鹭省级自然保护区最近距离为 20.5km，与辽宁大连长海海洋珍贵生物省级自然保护区最近距离为 14.9km。

从本项目环境影响分析可以看出，工程建设对邻近功能区的海洋环境影响很小，尤其是对海洋水质的影响暂时且可逆，施工结束后会迅速衰减背景浓度值，项目完工后海域水质、沉积物质量和海洋生物质量会恢复现状水平。另外，本项目还制定了详细的监测计划，以便在施工过程中定期观测项目建设对周边海洋环境和保护区鸟类的影响，将施工带来的环境影响降至最低。

风电项目实施不会对“三区三线”海洋生态红线保护目标产生影响。

因此，项目用海不会对周边生态红线区和海洋生态环境产生不利影响，符合辽宁省“三区三线”海洋生态红线管控要求。

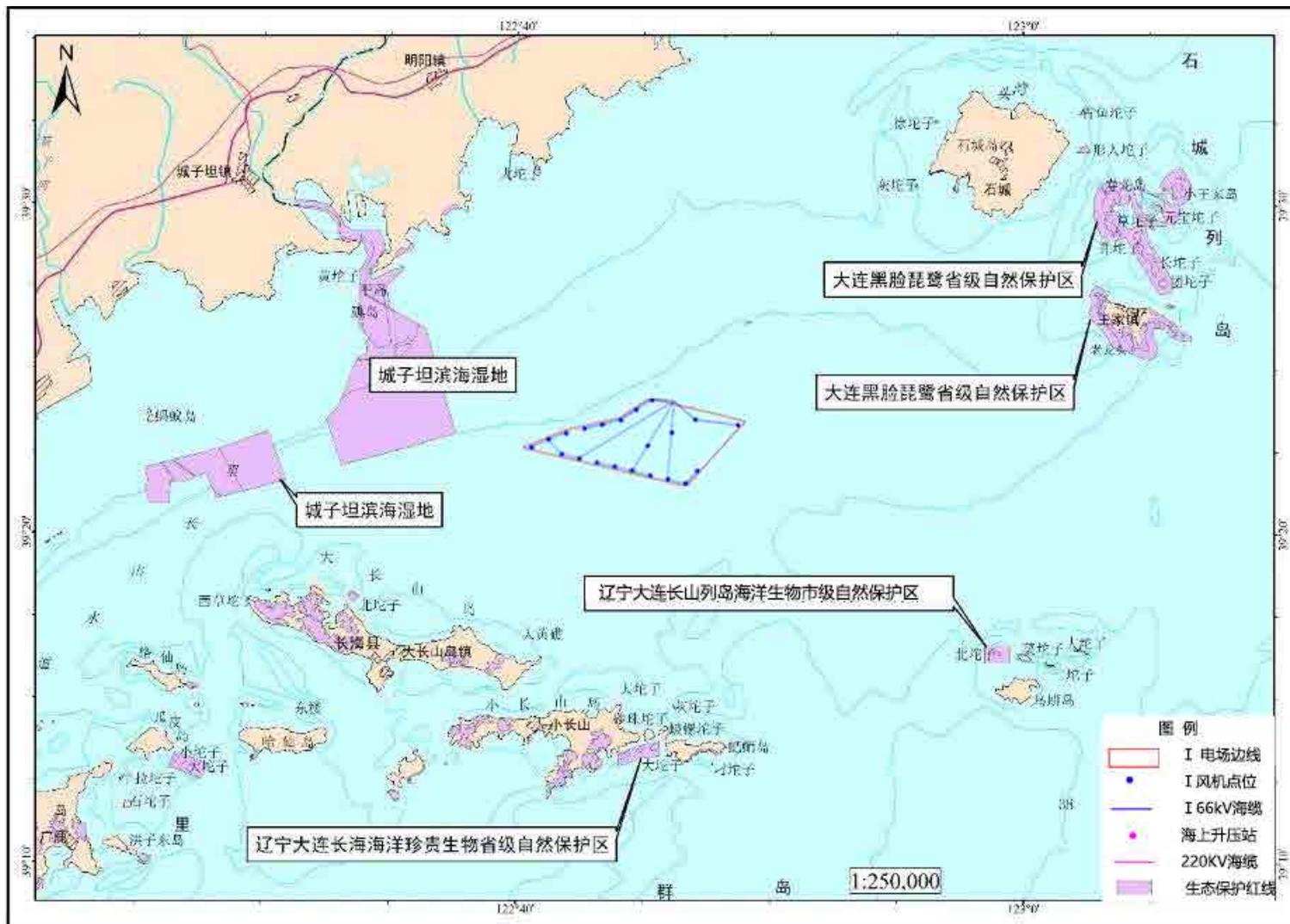


图2.6-1项目与海域海洋生态红线区划叠加图

## 2.6.2 与海洋功能区划和环境保护规划相符性分析

### 2.6.2.1 与《辽宁省海洋主体功能区规划》的相符性分析

为深入贯彻落实党中央国务院关于加快生态文明建设的总体要求，推进辽宁沿海经济带陆海统筹发展，实现主体功能区规划战略在我省国土空间的全覆盖，辽宁省发展和改革委员会、辽宁省海洋与渔业厅组织成立了跨部门、跨领域专家组成的规划编制组，开展了《辽宁省海洋主体功能区规划》的编制工作。2017年3月31日，国家发展改革委办公厅和国家海洋局办公室联合下文（发改办规划[2017]542号），原则同意《规划》，并要求抓紧呈送辽宁省人民政府履行报批程序，并尽快印发实施。

依据《省级海洋主体功能区分区技术规程（试行）》，主体功能区类型包括优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域等四类分区。考虑到我省近岸海域开发强度已经较高，资源环境承载能力减退，不宜将县区海域整体划定重点开发区域，因此《规划》中未划定重点开发区域。

《规划》共划定8个优化开发区域，分别为大连市庄河市、金州区、瓦房店市，营口市鲅鱼圈区，盘锦市大洼区，锦州市太和区，葫芦岛市龙港区、连山区等区域的海域，海域面积10789.5平方公里，占规划面积的26.12%。

《规划》指出优化开发区域应优化海洋产业结构。加强对海洋传统产业的技术改造和优化升级，提高涉海行业准入门槛，严禁国家产业政策限制类、淘汰类项目布局，在基础较好的区域试点建设海洋高技术产业基地，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变。积极发展现代海洋服务业，推动海洋新兴产业成为沿海地区新的经济增长点。

全省共划定14个限制开发区域，区域海域面积25847.79平方公里，占规划面积的62.59%。其中，海洋渔业保障区4个，分别为大连市长海县、锦州市凌海市、葫芦岛市兴城市、绥中县等区域的海域；重点海洋生态功能区10个，分别为大连市中山区、西岗区、沙河口区、甘井子区、旅顺口区、普兰店区，营口市老边区、盖州市，盘锦盘山县，锦州市凌海市等区域的海域。限制开发区域限制进行大规模高强度工业化城镇化开发的地区，不排斥为支持陆域主体功能发挥而依托陆域进行的点状开发。

国家电投大连市花园口 I 海上风电项目所处海洋主体功能区为限制开发区，名称为长海县海洋渔业保障区。工程位置与海洋主体功能区叠置图见图 2.6-1。

长海县海洋渔业保障区发展定位为：推进渔业产业调整和结构优化，大力发展生态养殖、休闲渔业，推进以海洋牧场建设为主要形式的区域综合开发。加快渔业科技创新，重点推广生态健康养殖技术，拓展深水养殖，修复养殖水域，扭转高密度养殖带来的病害频发和过度用药的问题。继续实行捕捞渔船数量和功率总量控制制度，严格执行伏季休渔制度，调整捕捞作业结构，促进渔业资源逐步恢复和合理利用；加强重要渔业资源保护，开展增殖放流，改善渔业资源结构。禁止在传统渔场、水产种质资源保护区等重要渔业水域，开发围填海及可能截断洄游通道等开发活动。在水产种质资源保护区实验区内从事港口建设等工程建设的，或者在水产种质资源保护区外从事可能损害保护区功能的工程建设活动的，应当按照国家有关规定编制建设项目对水产种质资源保护区的影响专题论证报告，并将其纳入环境影响评价报告书。

海上风电的建设是《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中明确指出的鼓励类项目，是推进节能环保的一条有效路径，同时其建设将带动风电产业链的发展，具有良好的社会效益和经济效益，对于改善电网的电源结构，推动辽宁省海上风电事业的发展，开发可再生能源有着积极的意义。

《辽宁省海洋主体功能区划》对大连市长海县海域发展定位中明确提出“离岸海域支持可再生能源开发与建设，因地制宜科学开发海上风电”。长海县海洋渔业保障区明确提出“不排斥为支持陆域主体功能发挥而依托陆域进行的点状开发”，风电场建成后可以结合海洋牧场“推进渔业产业调整和结构优化，大力发展生态养殖、休闲渔业，推进以海洋牧场建设为主要形式的区域综合开发”，符合《辽宁省海洋主体功能区划》对该海域定位发展要求。

因此，本项目的实施符合《辽宁省海洋主体功能区划》对该海域的功能定位。

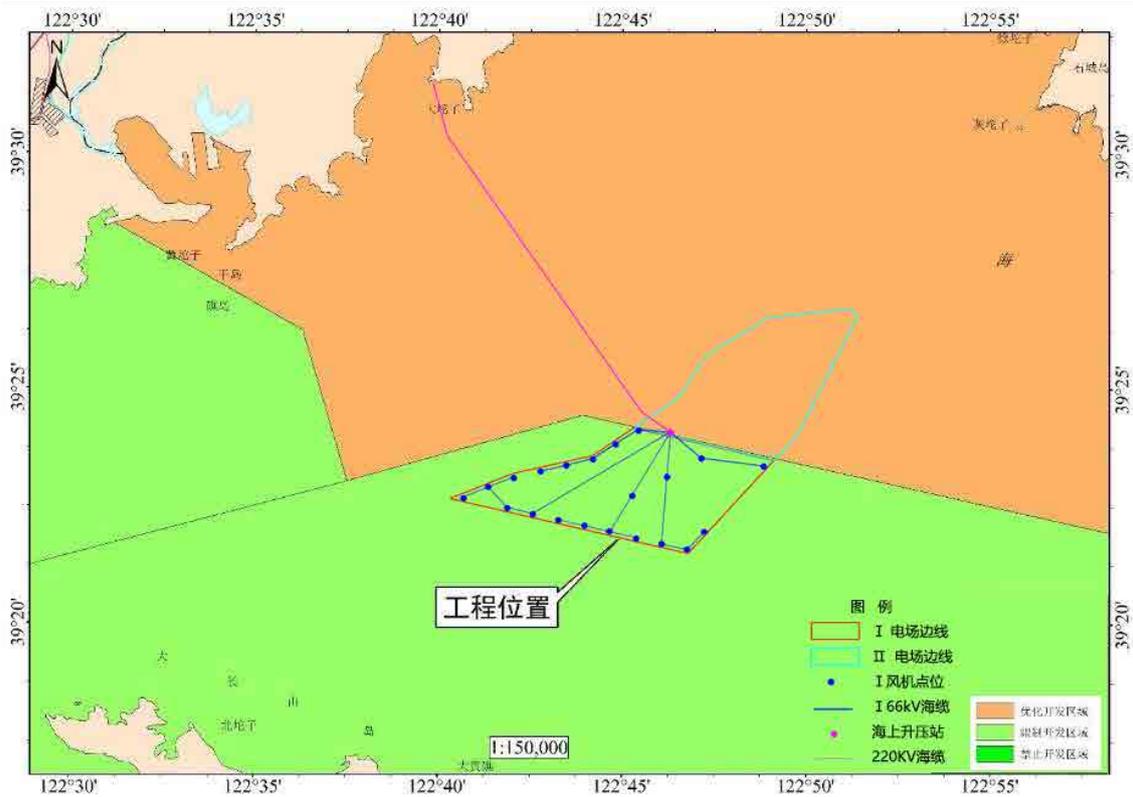


图2.6-2 项目与《辽宁省海洋主体功能区规划》叠加图

### 2.6.2.2 与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》的符合性分析

#### （1）项目所在海域海洋功能区划

本项目位于大连黄海海域，长山列岛与石城岛之间。根据《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》，项目占用的海洋功能区为长山群岛农渔业区（B1-01），详见图 2.6-3 和表 2.6-2。

#### （2）项目用海与海洋功能区划的符合性分析

本项目涉海工程包括风电机组和海底电缆。全部风电机组和海底电缆均位于长山群岛农渔业区（B1-01）。

根据《省级海洋功能区划修编技术要求》，“海底电缆不属于排他使用的用海项目，不再设专门的功能区”，因此，只要海底电缆符合所涉及功能区的海域使用管理和海洋环境保护要求，即可认为其符合海洋功能区划。“海上风电现阶段可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，故不对海上风电场划定专门的海洋基本功能区”。

本项目风机、海底电缆建设对占用功能区的影响主要表现在施工期引起的悬

浮物浓度增加对功能区水质和渔业资源的影响，以及工程建设对水文动力、地形地貌冲淤等环境的影响。根据后文章节分析，风电场建设对海域的潮流影响主要集中在桩基局部，并以流速减小为主，涨落急时迎流侧和背流侧的流速均有所减小，且背流侧变化幅值及范围更大，随涨落潮过程中的流向改变，其影响范围也发生改变。风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响较小，周边海域流速变化基本在 0.01m/s 以内。对花园口工业与城镇用海区（A3-33）、明阳保留区（A8-23）两个占用功能区基本没有影响。

由于风电场位于长山群岛农渔业区内，工程实施后冲淤变化对长山群岛农渔业区的影响较大，冲淤平衡后，工程实施后风电场区域以冲刷为主，最大年冲刷量约 0.25m/a，仅限桩基局部，冲刷幅值在 0.05m/a 的最大距离约 70m，淤积幅值在 0.02m/a 的最大距离约 150m；长山群岛农渔业区内，工程施工将导致其悬浮物增量，这一影响是暂时的，可逆的，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，总体影响是暂时且可逆的，运营期不会产生新的排海污染物，正常情况下，项目完工后海域水质、沉积物质量和海洋生物质量会恢复现状水平，符合各功能区的海洋环境保护要求，所以本项目用海基本不会损害所在功能区的海洋基本功能。

另外，《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》文本在“海洋开发与保护战略布局”中明确“开发花园口、庄河海域的海上风电资源”，同时，在“海洋功能分区和管理要求”中也再次提出开发海上风电。

并且在本工程占用海域无正在规划的大型工业与城镇建设项目和港口项目，海缆路由及风机基础群不穿越航道及其他电缆管线区域，工程周边无珍惜濒危海洋生物。

综上所述，本项目用海与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》不冲突。

### （3）项目用海对相邻功能区的影响分析

本项目周边相邻的功能区主要包括花园口港口航运区（A2-22）、大长山北部工业与城镇用海区（B3-01）、长山群岛旅游休闲娱乐区（B5-01）。

花园口港口航运区（A2-22）的海域使用管理要求为“（1）保持河口海湾水动力环境。（2）控制突堤与填海造地规模。（3）整理海域空间，确保河口行洪安全”，大长山北部工业与城镇用海区（B3-01）管理要求为“保障海岛基础设施建

设”，长山群岛旅游休闲娱乐区（B5-01）的海域使用管理要求为“（1）保持自然岸线形态，保护海岛资源和岛礁生态系统。（2）保障海岛基础设施建设。（3）修复海岛受损景观，改善和提高海岛生态系统价值。（4）保护各岛屿间航道、海底电缆等”。本项目建设不改变海域自然属性，因此，项目用海符合海洋功能区划海域使用管理要求。

风电工程与花园口港口航运区（A2-22）最近距离为 5.3km，与大长山北部工业与城镇用海区（B3-01）最近距离为 9.1 km，与长山群岛旅游休闲娱乐区（B5-01）最近距离为 11.9 km，距离相对较远。工程建设对邻近功能区的海洋环境影响很小，尤其是对海洋水质的影响暂时且可逆，施工结束后会迅速衰减背景浓度值，项目完工后海域水质、沉积物质量和海洋生物质量会恢复现状水平。另外，本项目还制定了详细的监测计划，以便在施工过程中定期观测项目建设对周边海洋环境和保护区鸟类的影响，将施工带来的环境影响降至最低。

综上，本项目的建设符合周边功能区的海洋环境保护要求，所以本项目用海基本不会损害相邻功能区的海洋基本功能。

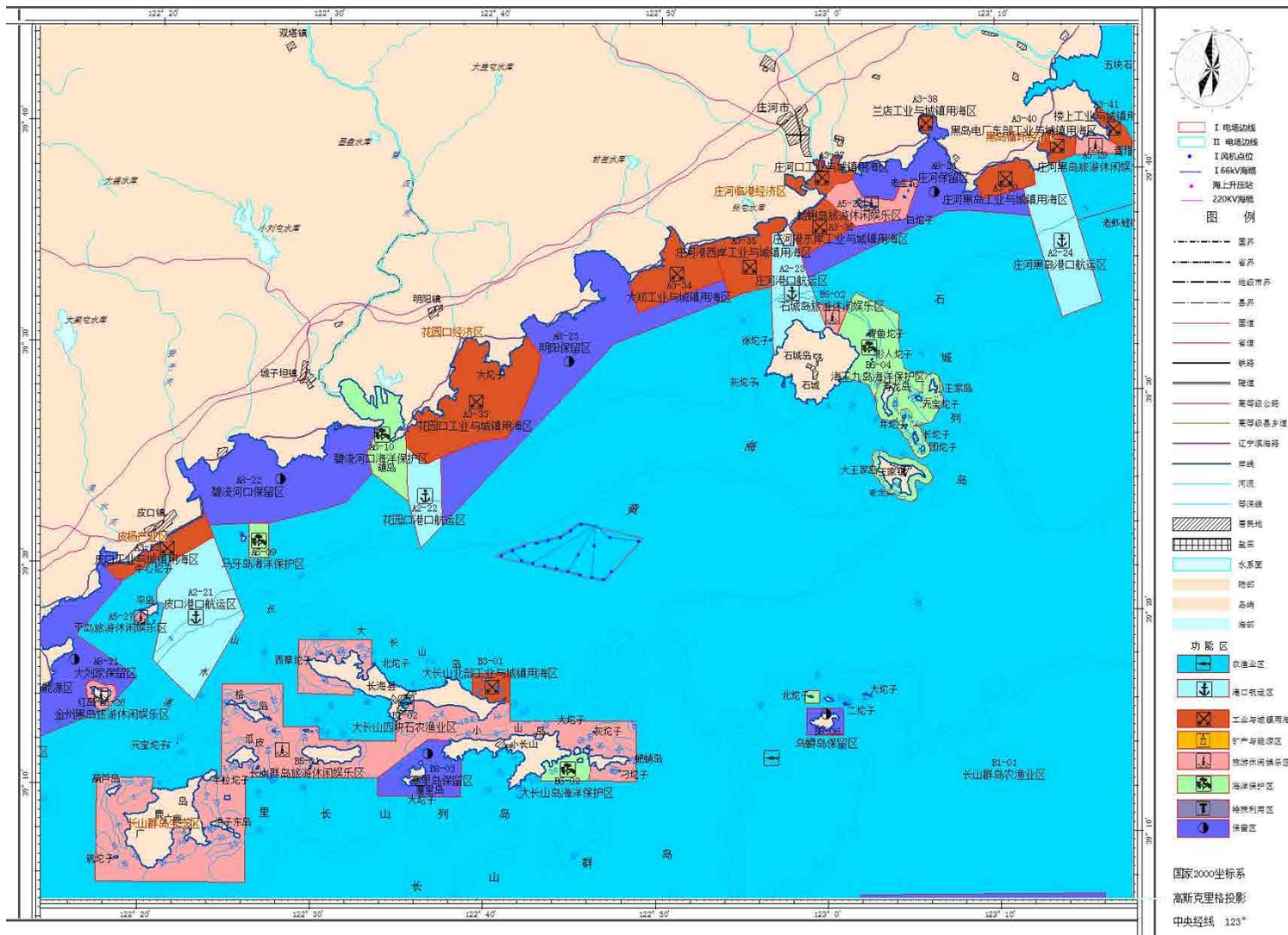


图2.6-3 本工程与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》叠加图

表2.6-2 项目用海周围海洋功能区分布

序号	代码	功能区名称	地区	地理范围	功能区类型	面积(km <sup>2</sup> )	陆域岸线长度	管理要求	
								海域使用管理	海洋环境保护
144	A3-33	花园口工业与城镇用海区	大连	花园口经济区海域	工业与城镇用海区	64.6	32	(1) 保护区域东侧自然岸线, 保护岛礁, 维护湿地生态环境。(2) 整理海域空间, 确保行洪安全。	严格新增项目用海环评与监督管理, 控制新增污染源与排污口。区域水质质量执行不低于二类海水水质标准, 沉积物质量和海洋生物质量执行一类标准。
145	A2-22	花园口港口航运区	大连	花园口经济区海域	港口航运区	17.8	0	(1) 保持河口海湾水动力环境。(2) 控制突堤与填海造地规模。(3) 整理海域空间, 确保河口行洪安全。	区域水质质量执行不低于二类海水水质标准, 沉积物质量和海洋生物质量执行一类标准。
146	A8-23	明阳保留区	大连	庄河市西部沿岸	保留区	103.8	27.6	保持海域自然属性, 维护滨海湿地生态环境。	区域水质、沉积物、生物质量标准不低于现状水平。
172	B1-01	长山群岛农渔业区	大连	长山群岛周边海域	农渔业区	6721.8	-	(1) 建设现代化规模化海洋牧场, 保护重要渔业水产种质资源。(2) 限制改变海域自然属性, 保持自然岸线形态, 保护岛礁资源和岛礁生态系统。(3) 合理安排和保障陆岛交通、岛屿间航道、管线等基础设施用海。(4) 整治修复海岛生物生态环境。(5) 保护各岛屿间航道、海底电缆等。	加强海洋生态系统健康监测评价, 防治渔业养殖污染, 控制养殖容量, 区域水质执行不低于二类海水水质标准, 沉积物质量和海洋生物质量不低于一类标准。
173	B5-01	长山群岛旅游休闲娱乐区	大连	长山群岛周边	旅游休闲娱乐区	216.4	-	(1) 保持自然岸线形态, 保护海岛资源和岛礁生态系统。(2) 保障海岛基础设施建设。(3) 修复海岛受损景观, 改善和提高海岛生态系统价值。(4) 保护各岛屿间航道、海底电缆等。	重点保护岛礁生态系统和水产种质资源, 区域水质执行不低于二类海水水质标准, 海洋沉积物质量和海洋生物质量不低于一类标准。

## 2 总则

175	B3-01	大长山北部工业与城镇用海区	大连	大长山岛北部	工业与城镇用海区	7.2	-	保障海岛基础设施建设。	区域水质、沉积物、生物质量标准不低于现状水平。
-----	-------	---------------	----	--------	----------	-----	---	-------------	-------------------------

### 2.6.2.3 与《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》的符合性分析

《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》将辽宁省海洋功能区划划定的一级类海洋基本功能区“长山群岛农渔业区”细化为二级类海洋基本功能区“长山群岛养殖区”，并对海域管理要求和海洋环境保护要求进行了细化，在用途管制中明确提出“本区域兼容矿产与能源功能，允许建设海上风电”。

由于风电场位于长山群岛农渔业区内，工程实施后冲淤变化对长山群岛农渔业区的影响较大，冲淤平衡后，工程实施后风电场区域以冲刷为主，最大年冲刷量约 0.25m/a，仅限桩基局部，冲刷幅值在 0.05m/a 的最大距离约 70m，淤积幅值在 0.02m/a 的最大距离约 150m；长山群岛农渔业区内，工程施工将导致其悬浮物增量，这一影响是暂时的，可逆的，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，总体影响是暂时且可逆的，运营期不会产生新的排海污染物，正常情况下，项目完工后海域水质、沉积物质量和海洋生物质量会恢复现状水平，符合各功能区的海洋环境保护要求，所以本项目用海基本不会损害所在功能区的海洋基本功能。

因此，本项目符合《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》。

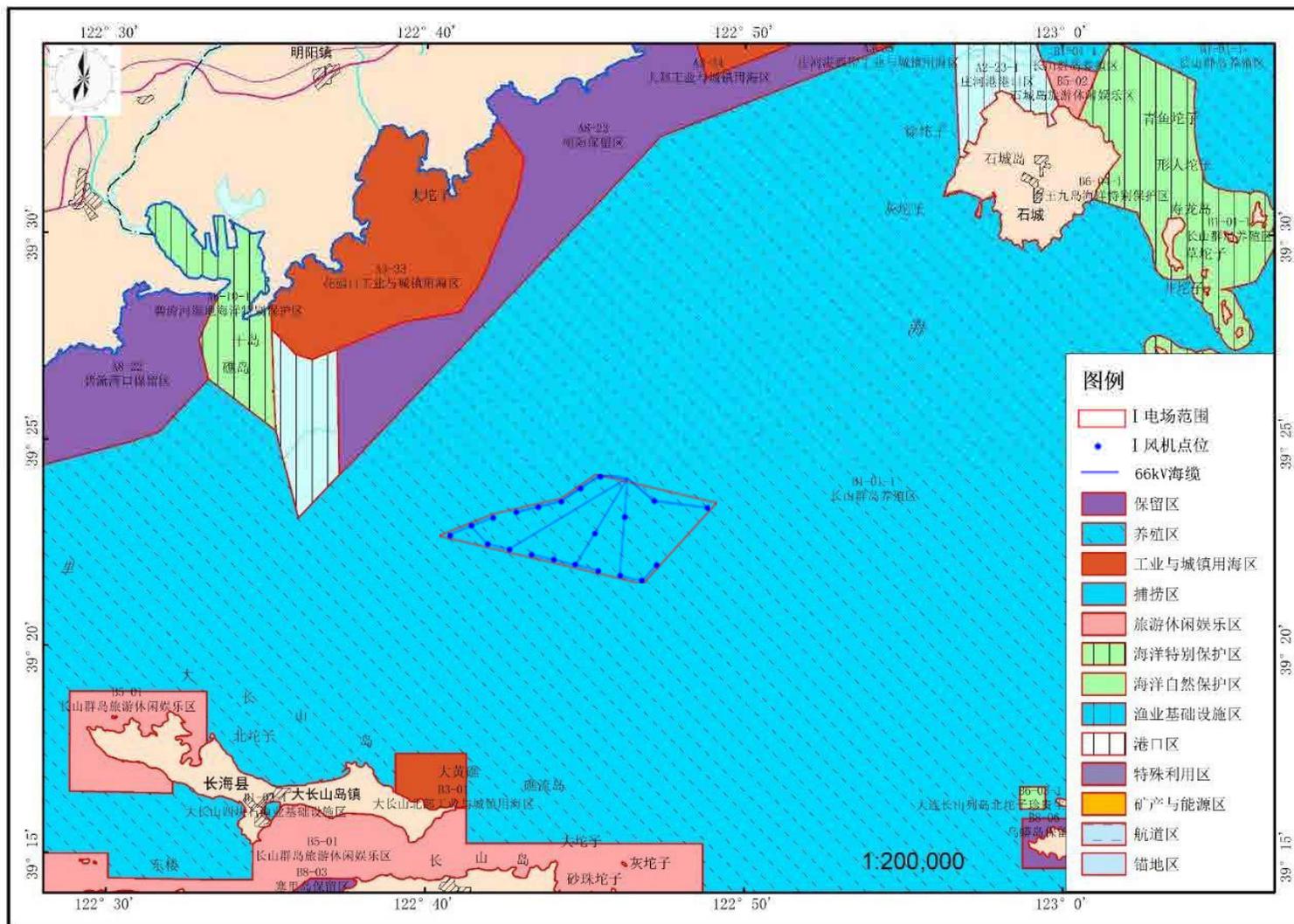
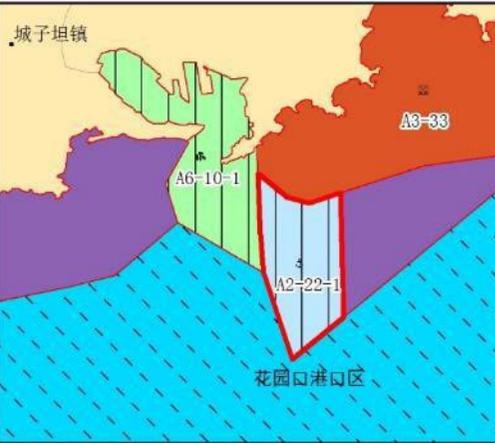


图2.6-4 本工程与《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》叠加图

表2.6-3 《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》登记表

功能区序号：[123]

功能区名称		花园口港口区			功能区位置图
功能区类型		港口区	功能区代码	A2-22-1	
所属一级类功能区名称		花园口港口航运区	一级类功能区代码	A2-22	
地理范围		尖山村南部外海海域 四至：122°35'06.92"-122°37'15.46"；39°23'06.34"-39°27'39.96"			
面积（公顷）		1782	岸线长度（米）	0	
开发利用现状		港口用海。			功能区范围图
海域管理要求	用途管制	本区域基本功能为港口航运功能。保障黑脸琵鹭栖息、觅食环境。保障河口行洪安全。严格控制突堤与填海造地规模。			
	用海方式控制	允许适度改变海域自然属性。港口内工程用海鼓励采用多突堤式透水构筑物方式。			
	整治修复	加强海岸景观整理、疏浚、清淤等整治修复工作。			
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	港口水深地形条件、海域水质质量，湿地生态系统，海湾水动力环境。			
	环境保护	防止港口环境污染，加强环境综合治理。港口建成前，维持海域现有水质、沉积物标准；港口建成后，港口区海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。			
其它管理要求		无。			



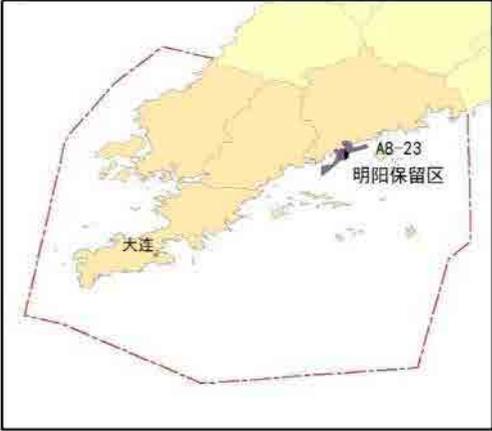
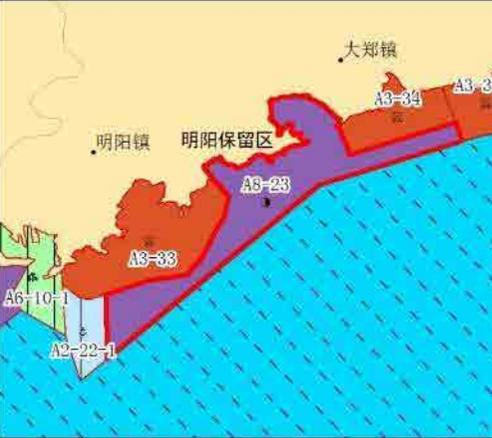
《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》登记表——续表

功能区序号：[124]

功能区名称		花园口工业与城镇用海区			功能区位置图	
功能区类型		工业与城镇用海区	功能区代码	A3-33		
所属一级类功能区名称		花园口工业与城镇用海区	一级类功能区代码	A3-33		
地理范围		尖山村东部近岸海域 四至：122°35'06.92"-122°43'03.11"；39°26'57.54"-39°32'38.73"				
面积（公顷）		6456	岸线长度（米）	32000	功能区范围图	
开发利用现状		围海养殖用海、城镇建设填海造地用海。				
海域管理要求	用途管制	本区域基本功能为工业与城镇用海功能，在基本功能未利用时允许兼容农渔业功能。严格控制围填海规模。保障河口行洪安全。				
	用海方式控制	允许适度改变海域自然属性，鼓励采用人工岛、多突堤、区块组团等用海方式。				
	整治修复	整理海域空间，优化围填海海岸景观设计。				
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	保护区域东侧自然岸线，保护岛礁，维护湿地生态环境。				
	环境保护	加强用海区环境治理及动态监测，严格执行新增项目用海环评与监督管理，控制新增污染源与排污口。开发利用期执行海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于一类标准。				
其它管理要求		无。				

《大连市海洋功能区划（2013-2020 年）》登记表——续表

功能区序号：[125]

功能区名称		明阳保留区			功能区位置图	
功能区类型		保留区	功能区代码	A8-23		
所属一级类功能区名称		明阳保留区	一级类功能区代码	A8-23		
地理范围		明阳镇东部外海海域 四至：122°37'15.46"-122°54'09.20"；39°24'09.22"-39°36'26.26"				
面积（公顷）		10376	岸线长度（米）	27600	功能区范围图	
开发利用现状		围海养殖用海、开放式养殖用海。				
海域管理要求	用途管制	本区域功能待定，为保留区。有待通过科学论证确定具体用途。对于防台防汛设施，经过科学论证后允许建设。				
	用海方式控制	严格限制改变海域自然属性，经严格论证后允许建设防台防汛等构筑物设施。				
	整治修复					
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	维护滨海湿地环境。				
	环境保护	保持现状。				
其它管理要求		无				

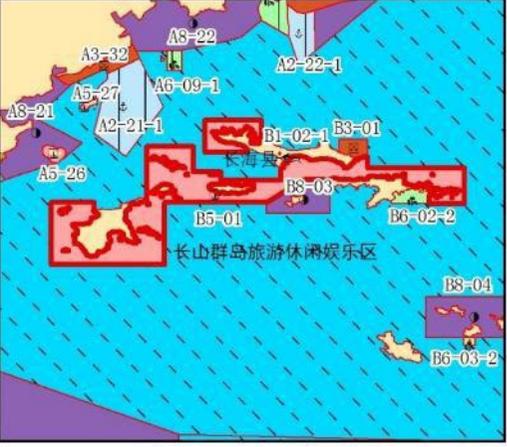
《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》登记表——续表

功能区序号：[159]

功能区名称		长山群岛养殖区			功能区位置图	
功能区类型		养殖区	功能区代码	B1-01-1		
所属一级类功能区名称		长山群岛农渔业区	一级类功能区代码	B1-01		
地理范围		长山列岛周围外海海域 四至：122°04'03.23"-123°32'16.12"；38°53'42.91"-39°40'52.66"				
面积（公顷）		663530	岸线长度（米）	0		
开发利用现状		开放式养殖用海、围海养殖用海、渔业基础设施用海、港口航道用海。			功能区范围图	
海域管理要求	用途管制	本区域基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐和港口航运等功能。在船舶习惯航路和依法设置的锚地、航道及两侧缓冲区水域禁止养殖。如要建设保护区可依法设置。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。允许人工鱼礁的建设。保护生物多样性。本区域兼容矿产与能源功能， <b>允许建设海上风电。</b>				
	用海方式控制	严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海。				
	整治修复	修复渔业水域资源环境。				
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	水产种质资源；传统渔业资源的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等。				
	环境保护	加强海洋环境质量监测。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。				
其它管理要求		无				

《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》登记表——续表

功能区序号：[148]

功能区名称		长山群岛旅游休闲娱乐			功能区位置图	
功能区类型		旅游休闲娱乐区	功能区代码	B5-01		
所属一级类功能区名称		长山群岛旅游休闲娱乐区	一级类功能区代码	B5-01		
地理范围		长山群岛近岸海域 四至：122°17'00.61"-122°48'42.24"；39°07'58.72"-39°18'54.08"				
面积（公顷）		21637	岸线长度（米）	0		
开发利用现状		开放式养殖用海、围海养殖用海、渔业基础建设用海、旅游基础设施用海			功能区范围图	
海域管理要求	用途管制	本区域基本功能为旅游休闲娱乐功能，兼容农渔业功能。允许建设旅游基础设施，严格控制岸线附近景区建设工程。保护自然岸线的形态、长度。不得破坏自然景观，严格控制占用岸线、沙滩和沿海防护林。				
	用海方式控制	严格限制改变海域自然属性；合理控制旅游开发强度，严格论证基础设施建设。				
	整治修复	保护自然岸线，严格限制改变岸线的自然形态，对侵蚀岸段进行合理整治，逐步恢复自然生态环境。				
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	自然景观、海岛岸线、海岛生态系统。				
	环境保护	治理和保护海域环境，加强水质监测。妥善处理生活垃圾，避免对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。				
其它管理要求		无				

《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》登记表——续表

功能区序号：[149]

功能区名称		大长山北部工业与城镇用海区			功能区位置图	
功能区类型		工业与城镇用海区	功能区代码	B3-01		
所属一级类功能区名称		大长山北部工业与城镇用海区	一级类功能区代码	B3-01		
地理范围		杨家村北部近岸海域 四至：122°39'03.52"-122°41'16.99"；39°16'06.88"-39°17'25.76"				
面积（公顷）		718	岸线长度（米）	0	功能区范围图	
开发利用现状		填海造地用海				
海域管理要求	用途管制	本区域基本功能为工业与城镇用海功能，在基本功能未利用时允许兼容农渔业功能。严格控制围填海规模。				
	用海方式控制	允许适度改变海域自然属性，鼓励采用人工岛、多突堤、区块组团等用海方式。				
	整治修复	优化围填海海岸景观设计。				
海洋环境保护要求	生态保护重点目标	近岸生态系统。				
	环境保护	加强用海区环境治理及动态监测，严格执行新增项目用海环评与监督管理，控制新增污染源与排污口。区域水质、沉积物、生物质量标准不低于现状水平。				
其它管理要求		无				

#### 2.6.2.4 与《辽宁省“十四五”海洋生态环境保护规划（2022-2027年）》的符合性分析

《辽宁省“十四五”海洋生态环境保护规划》（辽环发[2022]8号）总体布局是：“根据辽宁省沿海区域资源禀赋、海洋生态功能属性和海洋生态环境问题，统筹辽宁沿海经济带发展布局和黄渤海生物多样性优先区域，深入实施“辽东湾”综合治理，巩固提升治理成效；重点保护“辽西沿岸”砂质海岸线，提升亲海空间品质；重点保护“辽河口鸭绿江口”河口湿地，维护典型滨海湿地生境；重点强化“辽东半岛沿岸”海洋环境风险管控，着力提升应对海洋环境突发事件能力；重点养护“黄海北部”渔业资源，打造国家级海洋牧场示范区。”规划任务是“以“美丽海湾”建设为统领，深入推进近岸海域污染防治，实施海洋生态保护与修复，养护海洋渔业资源，改善亲海空间品质，完善海洋治理体系，创新海洋治理模式，提升海洋环境风险防控能力。”

本项目为清洁能源风力发电项目，用海方式为透水构筑物和海底电缆管道，项目的建设和运营不会对附近的海洋生态环境造成大的影响，项目符合《辽宁省“十四五”海洋生态环境保护规划》。

#### 2.6.2.5 项目用海与国土空间规划的符合性分析

##### （1）项目所在海洋发展区

本项目位于大连黄海海域，长山列岛与石城岛之间。风电项目与《长海县国土空间规划（2021-2035年）》（草案）分区叠加图，由图可知，项目用海所在海洋发展区为工矿通信用海区，周边海洋发展区为渔业用海区和交通运输用海区。

##### （2）项目用海与所在海洋发展区符合性分析

工矿通信用海区空间分布为“可开展海上风电、潮流能、波浪能等可再生能源利用的海域，主要分布在大长山岛东北侧、獐子岛西侧等海域。”管控要求为“重点保障海上风电场建设；在项目启动前，现状功能可保留，并严格控制新增与主导用途不兼容的功能，在规划项目启动建设时，其他功能须按要求退出（“渔风互补”项目可单独论证）。”本项目为风电建设项目，风机、海底电缆建设对占用功能区的影响主要表现在施工期引起的悬浮物浓度增加对功能区水质和

渔业资源的影响，以及工程建设对水文动力、地形地貌冲淤等环境的影响。根据数模计算结果，风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响甚小。

风电项目建设不会对所在海域环境产生大的影响，符合长海县国土空间规划工矿通信用海区管控要求。

### （3）项目用海与周边海洋发展区符合性分析

工程建设对邻近功能区的海洋环境影响很小，尤其是对海洋水质的影响暂时且可逆，施工结束后会迅速衰减背景浓度值，项目完工后海域水质、沉积物质量和海洋生物质量会恢复现状水平。另外，本项目还制定了详细的监测计划，以便在施工过程中定期观测项目建设对周边海洋环境和保护区鸟类的影响，将施工带来的环境影响降至最低。

综上，本项目的建设符合周边海洋发展区的管控要求，所以本项目用海基本不会损害相邻海洋发展区的海洋基本功能。

项目用海处于长海县国土空间规划的工矿通信用海区内，符合《长海县国土空间总体规划（2021—2035年）》（草案）。

表2.6-4 风电场所及在周边海洋发展区管控要求

类型	概念及空间分布	面积	管控要求
渔业用海区	以渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用为主要功能导向的海域。包括柳条湾、东獐子、塞里岛、棠梨沟和朱家圈等渔业港口分布区域及近海和南部远岸的增养殖和捕捞用海区域。	9375.53平方千米	重点保障渔业生产用海需求。本区域需切实保障国防、航运交通及海底管线等用海；在互不干扰前提下，可兼容游憩、科研教学等用海功能，鼓励发展“渔光互补”、“渔游互补”等新兴海洋经济业态项目。允许依据国家、省、市海上风电规划在本区域内新增海上风电用海区。本区域控制排污倾倒用海、船舶工业用海等功能。
交通运输用海区	以港口建设、路桥建设、航运等为主要功能导向的海域，面积包括鸳鸯港、金蟾港、多落母港、北小圈港、柳条湾港、庙底港、红石港、沙包港等港口区域以及长海机场建设海域。	30.18平方千米	重点保障陆岛长海大桥、长海机场、陆岛码头等用海需求；功能区可兼容工矿通信用海、排污倾倒用海和渔业基础设施用海。控制海水养殖与海洋捕捞用海等功能。在机场建设启动前，可兼容短期临时增养殖用海，在规划项目启动建设时，养殖活动须无条件退出。
工矿通信用海区	可开展海上风电、潮流能、波浪能等可再生能源利用的海域，主要分布在大长山岛东北侧、獐子岛西侧等海域。	157.67平方千米	重点保障海上风电场建设；在项目启动前，现状功能可保留，并严格控制新增与主导用途不兼容的功能，在规划项目启动建设时，其他功能须按要求退出（“渔风互补”项目可单独论证）。

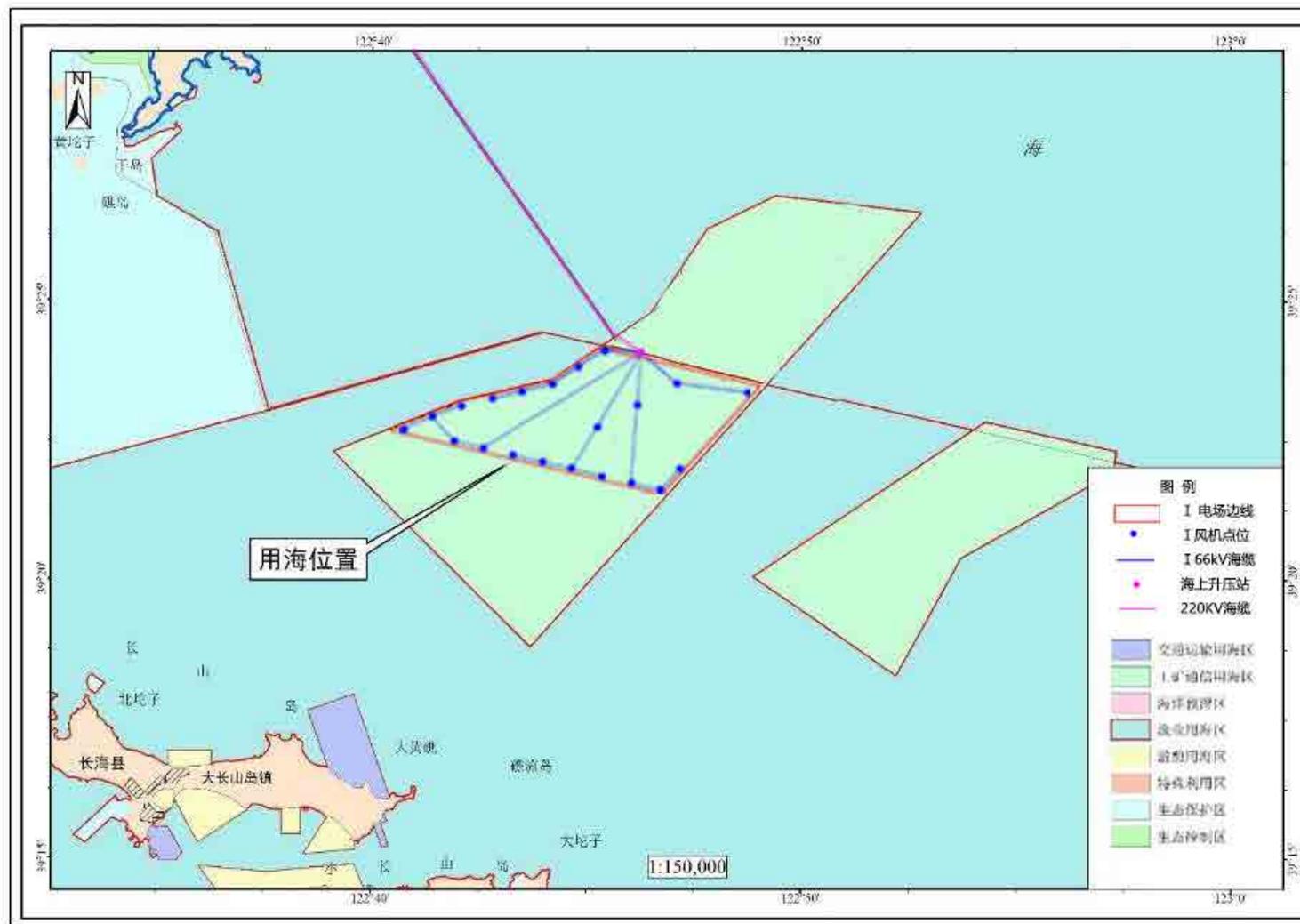


图2.6-5 项目用海与《长海县国土空间总体规划（2021-2035年）》叠加图

## 2.6.3 与相关政策、规划相符性分析

### 2.6.3.1 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目海上工程属于鼓励类中新能源的第 1 条“风力发电技术与应用：15MW 等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”，符合国家政策。海上风电是推进节能环保的一条有效路径，同时其建设将带动风电产业链的发展，具有良好的社会效益和经济效益，对于改善电网的电源结构，推动大连市海上风电事业的发展，开发可再生能源有着积极的意义。

因此，本项目符合《产业结构调整指导目录（2024 年本）》的要求。

### 2.6.3.2 与国家能源发展规划相符性分析

开发新能源是我国能源发展规划的重要组成部分，《国家计委、科技部关于进一步支持可再生能源发展有关问题的通知》（计基础[1999]44 号）和《中华人民共和国可再生能源法》都明确鼓励新能源发电和节能项目的发展。

国家发改委 2007 年 8 月发布了《可再生能源中长期发展规划》，规划中提出以规模化建设带动可再生能源技术发展的目标，在 2010 年~2020 年期间，建立起完备的可再生能源产业体系。风电建设的重点在东部沿海和“三北”地区。国家能源局于 2009 年 1 月 15 日在北京召开了“海上风电开发及沿海大型风电基地规划工作会议”。2009 年 4 月底，国家能源局印发了《海上风电场工程规划工作大纲》（国能新能[2009]130 号），大纲对海上风电场工程规划的工作内容和深度提出了明确要求。

国务院在 2013 年印发的《能源发展“十二五”规划》中，按照“十二五”规划纲要总体要求，综合考虑安全、资源、环境、技术、经济等因素给出了 2015 年能源发展主要目标。同时，规划还提出要坚持集中与分散开发利用并举，以风能、太阳能、生物质能利用为重点，大力发展可再生能源。优化风电开发布局，有序推进华北、东北和西北等资源丰富地区风电建设，加快风能资源的分散开发利用。

协调配套电网与风电开发建设，合理布局储能设施，建立保障风电并网运行的电力调度体系。

“十三五”能源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。

2020年10月，第十九届中央委员会第五次全体会议通过了《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》，其中，第十二条规定“发展战略性新兴产业。加快壮大新一代信息技术、生物技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等产业。推动互联网、大数据、人工智能等同各产业深度融合，推动先进制造业集群发展，构建一批各具特色、优势互补、结构合理的战略性新兴产业增长引擎，培育新技术、新产品、新业态、新模式。促进平台经济、共享经济健康发展。鼓励企业兼并重组，防止低水平重复建设。”

本工程建设内容为海上风力发电场，总装机容量为 220MW，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辽宁省可再生能源结构比重，推动海上风电的技术进步、海洋装备的改革创新，对可再生能源中长期发展规划及能源发展“十三五”规划、国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议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。

### 2.6.3.3 与国家海洋局关于进一步规范海上风电用海管理的意见相符性分析

2016年10月31日，自然资源部印发《关于进一步规范海上风电用海管理的意见》。该《意见》为促进海上风电产业的持续健康发展和海域空间资源的科学合理利用，维护健康的海洋生态环境，根据有关规定和要求，提出以下两条有关风电场建设的意见。

- 1、充分发挥海洋空间规划控制性作用，优化海上风电场选址

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；鼓励海上风电深远远岸布局，在当前和未来开发强度低的海域选址建设，原则上应在离岸距离不少于 10 公里、滩涂宽度超过 10 公里时海域水深不得少于 10 米的海域布局。

## 2、坚持集约节约用海，严格控制用海面积

海上风电的规划、开发和建设，应坚持集约节约的原则，提高海域资源利用效率。充分考虑地区差异，科学论证，单个海上风电场外缘边线包络海域面积原则上每 10 万千瓦控制在 16 平方公里左右，除因避让航道等情形以外，应当集中布置，不得随意分块。规划建设海上风电项目较多的地区，风电场应集中布局，统一规划海上送出工程输电电缆通道和登陆点，集约节约利用海域和海岸线资源。

根据前述分析，本工程用海符合海洋主体功能区规划和海洋功能区划。

本项目风电机组距大陆岸线的最近距离为 13.1km，而距大长山岛最近距离为 10.3km。风电机组西北侧沿 10m 等深线布设，符合《意见》中提出的“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”。

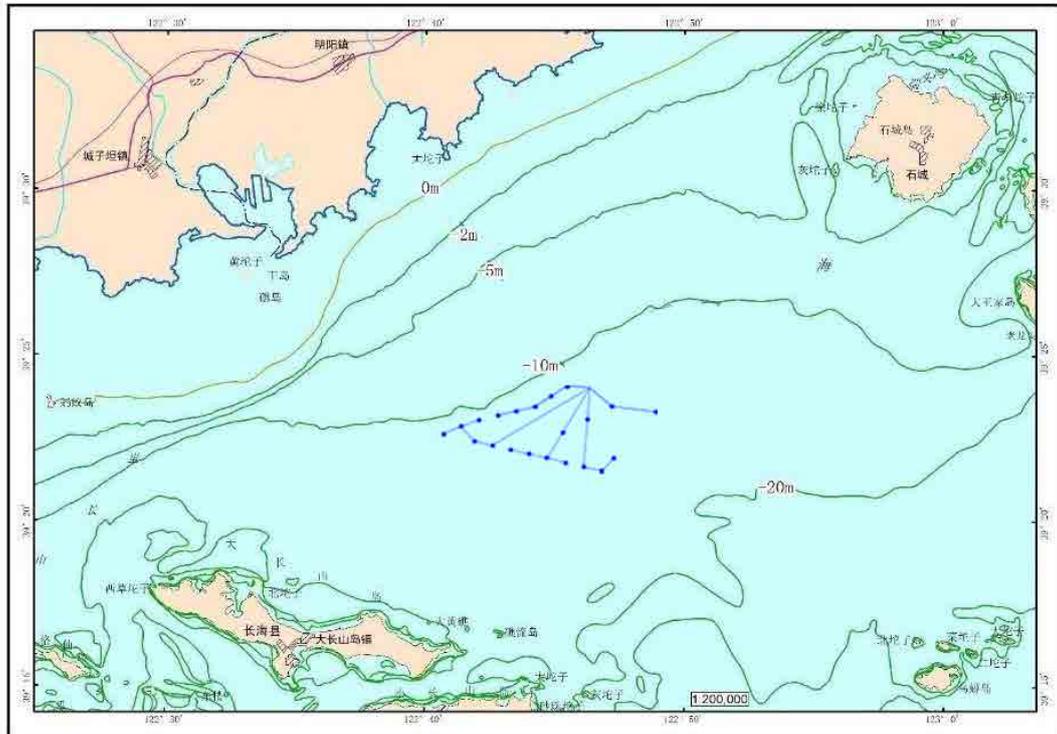


图2.6-6 风电场位置等深线图

从集约节约用海角度出发，本工程与项目东侧花园口 II 风电场共用同一海上升压站、220kV 海底输送电缆及陆上集控中心，符合《意见》中提出的“规划建设海上风电项目较多的地区，风电场应集中布局，统一规划海上送出工程输电电缆通道和登陆点，集约节约利用海域和海岸线资源”要求。

### 2.6.3.4 与《海上风电开发建设管理办法》的相符性分析

为进一步完善海上风电管理体系，规范海上风电开发建设秩序，促进海上风电产业持续健康发展，2016年12月29日，国家能源局和国家海洋局制定《海上风电开发建设管理办法》（国能新能[2016]394号）。

《海上风电开发建设管理办法》提出：

“海上风电发展规划包括全国海上风电发展规划、各省（自治区、直辖市）以及市县级海上风电发展规划。全国海上风电发展规划和各省（自治区、直辖市）海上风电发展规划应当与可再生能源发展规划、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。各省（自治区、直辖市）海上风电发展规划应符合全国海上风电发展规划。

海上风电场应当按照生态文明建设要求，统筹考虑开发强度和资源环境承载能力，原则上应在离岸距离不少于10公里、滩涂宽度超过10公里时海域水深不得少于10米的海域布局。在各种海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内不得规划布局海上风电场。

海上风电项目建设用海应遵循节约和集约利用海域和海岸线资源的原则，合理布局，统一规划海上送出工程输电电缆通道和登陆点，严格限制无居民海岛风电项目建设。

海上风电项目建设用海面积和范围按照风电设施实际占用海域面积和安全区占用海域面积界定。海上风电机组用海面积为所有风电机组塔架占用海域面积之和，单个风电机组塔架用海面积一般按塔架中心点至基础外缘线点再向外扩50m为半径的圆形区域计算；海底电缆用海面积按电缆外缘向两侧各外扩10m宽为界计算；其他永久设施用海面积按《海籍调查规范》的规定计算。各种用海面积不重复计算。”

花园口场址位于辽宁省大连市庄河与长海之间海域，为《大连市海上风电场工程规划报告》中的花园口I、II场址。该风电场位于花园口经济区东南侧约15km，石城岛西南侧约11km，大长山岛东北侧约12km。风电场走向与岸线基本平行，北界及西北界基本沿10m等深线。风电场东西宽度约20km，南北跨度约15km，水深约10m~15m。

根据前文分析，项目符合《辽宁省海洋主体功能区规划》《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》。

根据项目不处于海洋自然保护区、海洋特别保护区、自然历史遗迹保护区、重要渔业水域、河口、海湾、滨海湿地、鸟类迁徙通道、栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域，以及划定的生态红线区内。

花园口I、II场址遵循节约和集约利用海域和海岸线资源的原则，共用海上升压站、220kV海底电缆。

因此项目建设符合《海上风电开发建设管理办法》要求。

#### 2.6.3.5 与《辽宁沿海经济带发展规划》的相符性分析

《辽宁沿海经济带发展规划》（2009-2020年）明确提出：加强能源设施建设优化能源结构，增强能源供应能力，提高能源利用效率，鼓励清洁利用能源。加快发展清洁能源和可再生能源。加强电网改造和建设，完善电网结构和布局，实施城乡电网改造和建设工程，提高配电网供电能力和技术水平。

风能是一种可再生能源，也是清洁能源，本工程的建设将大力推进风电产业发展，符合该规划发展可再生能源和清洁能源的理念。工程总装机规模为220MW，工程建设能够提高新能源发电装机比重，增加可再生能源在电网中的份额，对改善电源结构有重要的意义。

因此，本工程用海符合《辽宁沿海经济带发展规划》。

#### 2.6.3.6 与《辽宁沿海经济带大连区域用海规划（2008-2020年）》的相符性分析

《辽宁沿海经济带大连区域用海规划（2008-2020年）》对庄河海域有如下要求，“以港口、临港工业、海洋渔业和生态保护为主要利用方向，保障临港工业区、黑岛循环经济园区以及滨海新城用海需求，为石城岛深水港及临港产业建

设预留空间，保护黑脸琵鹭栖息地，开发利用海洋风能、潮汐能，促进黑岛、蛤蜊岛等滨海旅游业发展。”

本工程的建设能够充分利用海域风能资源，对于促进整个大连地区优化能源结构、转变经济发展方式和维护良好生态环境具有重要作用。

本工程建设不会影响规划功能区的功能发挥，项目对所占海域的影响主要是施工期间会造成局部海域悬浮物含量增加，但随着施工结束影响将逐渐消失。

本工程选址避开了海洋保护区、港口航运区、特殊利用区等排他性较强的功能区，项目自身定位与海域使用也符合规划要求。

综上所述，本工程建设符合《辽宁沿海经济带大连区域用海规划（2008-2020年）》。

### 2.6.3.8 与《辽宁省海岛保护规划（2012-2020年）》相符性分析

《辽宁省海岛保护规划（2012-2020年）》提出：抓住区域合作和辽宁沿海经济带建设的战略机遇，建设海洋生态文明，海岛生态及其生物多样性得到有效保护和修复。规划期内（2012-2020年），海岛生态保护显著加强，在现有保护区的基础上，推动石城黑脸琵鹭自然保护区等升级。在有居民海岛支持和推动风能、太阳能和海洋能等可再生能源发电系统和海水取暖系统，探索建设边远海岛的可再生能源独立电力系统示范基地，逐步提高海岛可再生能源利用水平。

本项目为海上风电场的建设，与大长山岛最近距离为 10.3km，与其它海岛均超过 15km。项目建设不会对海岛生态建设产生直接不利影响，同时项目对风能的有效利用，有助于推进海岛可再生能源的利用，因此项目的建设符合《辽宁省海岛保护规划（2012-2020年）》。

### 2.6.3.9 与大连市海上风电发展规划的符合性分析

大连市发展和改革委员会牵头编制的《大连市海上风电场工程规划报告》在大连范围内选择了 2 个场址、7 个风电场，规划总装机容量为 220 万 kW。花园口场址位于辽宁省大连市庄河与长海之间海域，为《大连市海上风电场工程规划报告》中的花园口 I、II 场址。该风电场位于花园口经济区东南侧约 15km，石城岛西南侧约 11km，大长山岛东北侧约 12km。风电场走向与岸线基本平行，北界及

西北界基本沿 10m 等深线。风电场东西宽度约 20km，南北跨度约 15km，水深约 10m~15m。

2013 年 7 月 6 日国家能源局对《大连市海上风电场工程规划报告》做出了批复。“批复”鉴于大连市海上风能资源较丰富，具有良好的海上风电开发建设条件和电力市场消纳条件，为加快海上风电发展，增加清洁能源供应，促进能源结构调整和节能减排，同意大连市海上风电规划总装机容量 190 万千瓦，并按照规划布局 and 项目建设条件，有序推进海上风电项目建设。

整个花园口风电场址拟安装单机容量 38 台 WTG11 的风电机组，总装机容量 400MW。与规划的装机容量等级相符，用海位置、面积与规划保持一致。国家电投大连市花园口 I 海上风电项目位于长海县行政管辖海域，总装机容量为 220MW，拟安装 16 台单机容量 10.5MW 的风电机组和 5 台单机容量 10.4MW 的风电机组，建设单位为长海东方新能源发电有限公司，申请用海面积 80.4643 公顷。

工程的建设是对大连市能源消耗的有益补充，符合大连市海上风电场工程规划的要求。

#### 2.6.3.10 与《大连市能源发展“十四五”规划》的符合性分析

《大连市能源发展“十四五”规划》提出“十四五冷期间，继续紧抓全国海上风电资源开发的良好契机，大力推进我市海上风电项目。建成已获规划批复的 190 万千瓦海上风电项目，完成海上风电规划修编并启动项目实施。”

《大连市海上风电场工程规划报告》做出了批复。“批复”鉴于大连市海上风能资源较丰富，具有良好的海上风电开发建设条件和电力市场消纳条件，为加快海上风电发展，增加清洁能源供应，促进能源结构调整和节能减排，同意大连市海上风电规划总装机容量 190 万千瓦，并按照规划布局 and 项目建设条件，有序推进海上风电项目建设。

整个花园口风电场址拟安装单机容量 38 台 WTG11 的风电机组，总装机容量 400MW。与规划的装机容量等级相符，用海位置、面积与规划保持一致。国家电投大连市花园口 I 海上风电项目位于长海县行政管辖海域，总装机容量为 220MW，拟安装 16 台单机容量 10.5MW 的风电机组和 5 台单机容量 10.4MW 的风电机组，建设单位为长海东方新能源发电有限公司。

花园口 I 海上风电项目“十四五”清洁能源建设重点项目，项目建设符合《大连市能源发展“十四五”规划》。

### 2.6.3.11 与《大连市海洋经济发展“十四五”规划》的符合性分析

《大连市海洋经济发展“十四五”规划》提出，按照党中央“坚持陆海统筹，加快建设海洋强国治的战略部署，牢固树立新发展理念，主动融入以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局，围绕大连 2049 城市愿景目标，以建设海洋中心城市为统领，以推进海洋经济高质量发展为主题，以深化供给侧结构性改革为主线，以改革创新为根本动力，着力加强海洋科技创新，着力构建现代海洋产业体系，着力建设海洋生态文明，着力深化海洋经济对外开放，加快形成陆海统筹、人海和谐的海洋发展新格局，为大连乃至辽宁的全面振兴全方位振兴注入强劲动力。

促进黄海沿岸海洋经济协同联动发展。积极推进海上风电项目建设，发展海水淡化与综合利用业，推进以“风水电一体化”为主的海水淡化成套装备产业化进程，发展临港装备、船舶配套装备等产业，推动装备制造业向高端化、绿色发展……”

本工程的建设符合相关海洋功能区划和海洋生态红线规划，项目的建设有助于加快大连地区能源转型进程、有利于实现大连经济结构转型升级，助推海洋经济产业发展，与建设海洋经济强国、海洋经济强省、海洋经济强市的战略高度契合。

## 2.6.4 工程选址及布局合理性分析

### 2.6.4.1 工程选址合理性分析

根据《海上风电开发建设管理办法》（国能新能[2016]394号），海上风电场的选址除应与可再生能源发展规划相一致，还应符合海洋主体功能区划、海洋功能区划、海岛保护规划以及海洋经济发展规划。

#### （1）自然条件适宜性分析

##### ① 风力资源适宜性

项目所处海域属于季风区，风向季节变化较强。借鉴石城岛周边 4#、5#、6#

三个测风塔数据。根据风电场所在海域风能资源情况的分析，该区风速较高，4#测风塔 85m、90m、100m 高度年平均风速分别为 6.86m/s、6.88m/s 和 6.92m/s，对应的年平均风功率密度分别为 351.3W/m<sup>2</sup>、354.6W/m<sup>2</sup> 和 360.7W/m<sup>2</sup>；5#测风塔 85m、90m、100m 高度年平均风速分别为6.61m/s、6.64m/s 和6.67m/s，对应的年平均风功率密度分别为310.6W/m<sup>2</sup>、313.5W/m<sup>2</sup> 和 318.9W/m<sup>2</sup>；6#测风塔 85m、90m、100m 高度年平均风速分别为 7.20m/s、7.22m/s 和7.26m/s，对应的年平均风功率密度分别为422.0W/m<sup>2</sup>、425.9W/m<sup>2</sup> 和433.3W/m<sup>2</sup>。所以该区域风能资源较丰富，是可再生能源中长期发展规划提出的海上风电发展重点区域，具备开发建设风电场的风能资源条件。

#### ②水深条件适宜性

风电场布置于海图上10m等深线之外，机位位于海图上20m 等深线之内，即在理论最低潮面下大部分机位位于10~15m水深范围，场址中心距离岸线约 17km，符合《海上风电开发建设管理办法》（国能新能[2016]394号）所规定的“双十”原则，即海上风电场原则上离岸距离不小于10km、滩涂宽度超过10km 时海域水深不得小于10m的海域布局。

#### ③地形和水文条件适宜性

工程及附近海域地貌类型为黄海北部近海海域水下沉积平原，海底地形平缓，10m~15m等深线处坡度为0.69%；场址附近总体处于淤积状态，10米等深线处淤积相对较强；场区潮流最大可能表层流速为0.89m/s；固定冰边缘线大多在0m 等深线处，局部有可能达到 2m等深线，一般冰年浮冰可达20m等深线处，浮冰冰厚一般在 6cm 左右。场区地形和水文条件较为适宜。

#### ④工程地质适宜性

庄河以及附近海域属少震、弱震构造稳定区，工程区附近5km以内未发现活动断裂通过，也无5级以上地震活动记载，对本项目建设较为有利；拟建场地地基土属中软土~中硬土类型，工程区大部分建筑场地类别为II类，仅场地南端ZK13、ZK14、ZK15孔附近场地类别按III类考虑，建议按抗震一般地段考虑；场区海水对混凝土结构有中等腐蚀性，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，但根据工程耐久性要求采取相应的防腐措施后可进行工程建设。场区有较为适宜的工程地质条件。

可见，本项目所在海域可利用风能资源丰富，水深条件适宜，海底地形平缓，海流速度较小，泥砂活动弱，水动力环境稳定，具备建设项目的的基本条件。

### (2) 海洋功能区划及相关规划的适宜性

本项目风电场位于《大连市海上风电场工程规划报告》中划定的花园口场址，与规划的装机容量等级相符，用海位置、面积与规划保持一致。其建设符合海洋功能区划，场址所处海域避开了港口、锚地、航道、通航密集区以及主管机关公布的航路，避开了通信、电力、油气等海底管线及其保护范围，由于海上风电场的风机布置为点源用海，且运营期无海域污染物产生，从综合开发利用海洋的角度出发，项目建设与海洋功能区划及相关规划相适宜。

### (3) 生态系统适宜性

本工程选址距离海王九岛、石城岛、长山群岛均较远，不会对海岛生态建设产生不利影响，项目建设及营运均不会对其产生不利影响。

根据工程海域海洋生态环境的历史资料及现状监测资料，选址区域内无典型的海洋生态系统，非主要经济鱼类集中分布区、非重要经济鱼类的洄游路线、索饵场、产卵场或育幼场所等。

项目所在海域浮游植物、浮游动物的数量不多，多样性指数一般，底栖生物、潮间带生物和游泳生物的密度较低，生物多样性指数较为单一。本工程施工期悬浮泥沙将对海域浮游植物、浮游动物及底栖生物产生一定不利影响，该影响是暂时的，随着施工结束而消失。项目海缆敷设及水工构筑物建设对海洋生态环境的影响是永久性的，将造成大量底栖生物及渔业资源的损失，必须通过生态补偿方式缓解工程建设对海洋生态环境的影响。

因此，本工程建设会对选址海域生态环境产生一定不利影响，损失海洋生物均为常见物种，不会造成该海域海洋生态环境的恶化，选址海域的生态环境能够适应本工程用海。

### (4) 与周边其他用海活动的适宜性

#### ①与周边养殖活动的适宜性

本项目风机基础及海底电缆占用多宗开放式养殖用海，施工过程中会对海底电缆通过的养殖区产生影响，且施工期悬浮泥沙扩散会对场址周边部分开放式养殖区和围海养殖区的取排水产生一定影响。建设单位应与养殖业主就海底电缆施

工期对养殖池塘和开放式养殖活动产生的影响，海底电缆占用养殖塘池等问题进行协商，确定赔偿方案，签订协议。

### ②与周边通航活动的适宜性

根据《全国沿海船舶定线制总体规划》和《全国沿海船舶航路总体规划》，距风电场最近的规划航路为大连港—丹东航路，与本次风电场项目保持相对安全距离，风电场的建设不会影响《全国沿海船舶定线制总体规划》和《全国沿海船舶航路总体规划》的实施。

因项目海域水深条件及附近岸线各港口布置特点和相关码头的营运性质，花园口风电场址所在水域几乎没有大型船舶航行经过，绝大多数的大中型船舶与风电场水域保持一定距离航行，且主要位于大连港至丹东港航线上，只有极少数的小型船舶及附近一定数量的渔船航经风电场水域，船舶流量相对较小。因此，风电场所在海域为风电场区的建设及后期营运提供了相对较好的交通环境条件。

风电场总体上沿边界加密布置，风机行内间距为995m~1547m，行间距为1014~2053m；风电场运营期间的运行维护服务船舶，考虑选用200~500吨（DWT）的小型工作船舶，风机的间距满足这类小型工作船活动的安全要求。

### ③与周边港口活动的适宜性

本项目施工期风机设备等需通过庄河港将军石作业区进行运输，建设单位应与庄河港管理部门就施工期租用其103#码头运输风电设备的事宜进行协商，获得其同意并签订协议。

可见，项目选址与周边其他用海活动相适应。

综上所述，项目所在区域具有优越的地理位置和资源条件，社会经济条件良好，配套设施完备，能够满足项目建设的需要，且与周边用海活动可协调。因此，本项目选址是合理的。

## 2.6.4.2 方案比选

《国家电投大连市花园口I海上风电场项目可行性研究报告》中风力发电机组的选型从风电场自然资源环境、交通运输条件、吊装条件和设备供应市场情况，结合机型技术成熟度、机组效率和运维成本等方面，选择WTG1（8.5MW）、WTG2（8.5MW）、WTG3（9MW）、WTG4（10MW）、WTG5（10MW）、WTG6

(10.5MW)、WTG7 (12MW) 和WTG8 (12.5MW) 6种单机容量共8种机型作为比选机型。

从发电量、满发小时数、平均尾流影响系数、最大尾流影响系数、容量系数等经济技术方面进行综合比较，最终推荐采用WTG6为代表机型，并以此作为电气、土建工程、环境评价、项目投资概算和财务评价的依据。WTG6具有单机容量大、发电小时数高、运行温度低的优势。结合考虑其他因素，WTG6还具有运输距离短、安装条件较好、供货保证率高以及后期运行维护及时等多方面的优势。

风电机组选型确定后，可研中对风电机组布置方案进行了比选。并在在风力发电机组位置确定的情况下，集电线路系统主要考虑拓扑布局形式和开关配置方案。

本次环评不对风电机组选型进行环境比选，以可研推荐机组选型进行评价。重点针对可研中提供的风电机组布置方案进行环境比选。

### 2.6.4.2.1 风电机组布置方案

可研中方案比选以 WTG6 为代表机型，将单机最大尾流、项目涉海面积和风电场发电量作为主要比选因子，分析各方案变化趋势，其中方案 4~7为避开 A-1 区（强风化基岩顶面埋深即覆盖层厚度小于50m）的布置方案。

方案1：风机垂直于主风向布置，共布置3排风机，风机行内间距为803m~893m，行间距为2200m。

方案2：场址南侧沿南边界进行布置，场址中部垂直于主风向布置1排风机，风机行内间距为816m~874m，行间距为2108m。

方案3：场址沿东西边界进行布置，场址中部布置1排风机，风机行内间距为862m~1018m，行间距为2096~2424m。

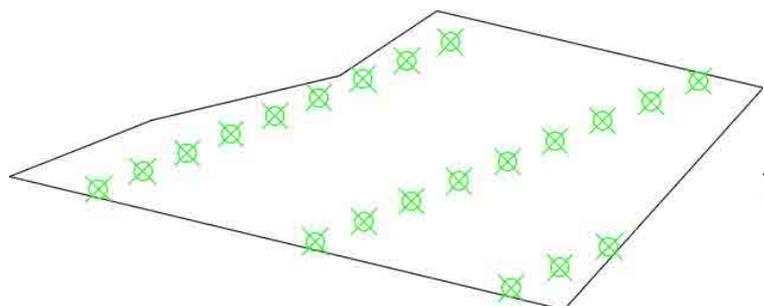
方案4：风机沿场址边界布置，风机行内间距为828m~1028m。

方案5：风机沿场址边界布置，花园口I风电场避开A-1区域，在中部布置2台风机，风机行内间距为916m~1686m，行间距为2390m~2471m。

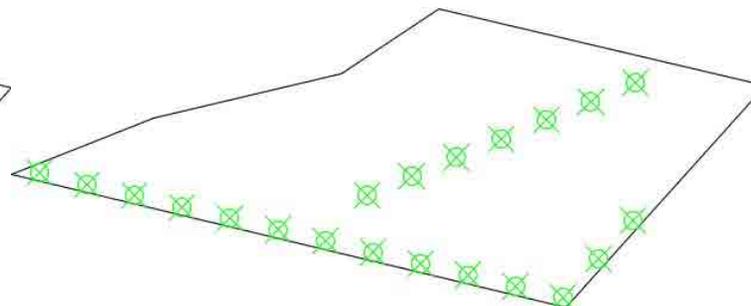
方案6：风机沿场址边界布置，花园口I风电场避开A-1区域，在中部布置3台风机，风机行内间距为925m~1370m，行间距为2177m~2636m。

方案7：风机沿场址边界布置，花园口I风电场避开 A-1区域，在中部布置 3 台风机，风机行内间距为 995m~1547m，行间距为 2053m~2595m。

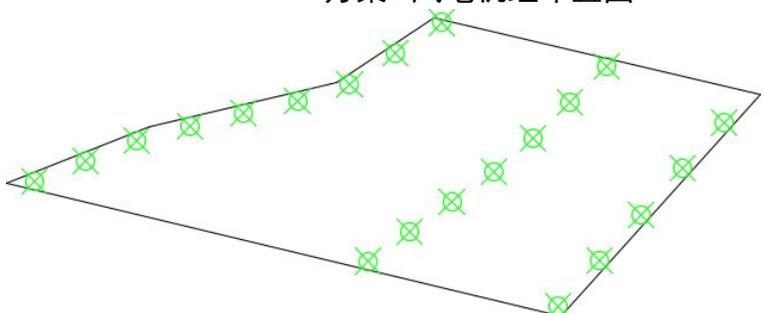
各布置方案图见图2.6-7。



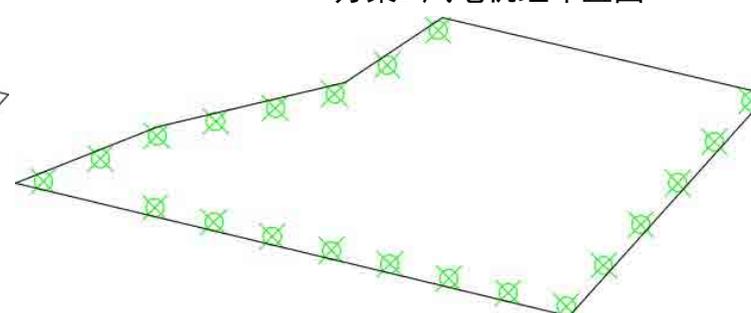
方案1 风电机组布置图



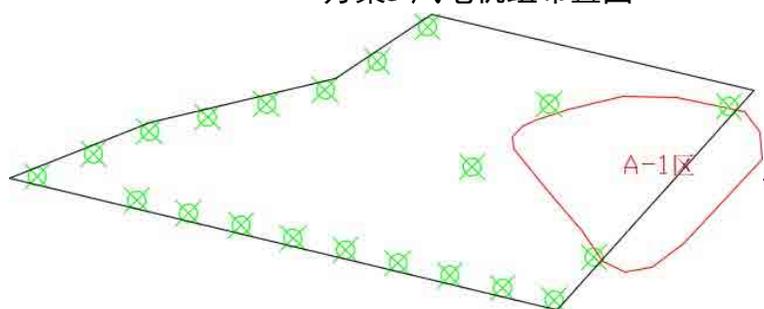
方案2 风电机组布置图



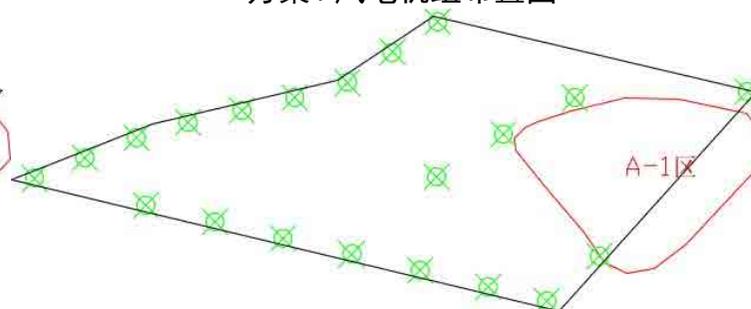
方案3 风电机组布置图



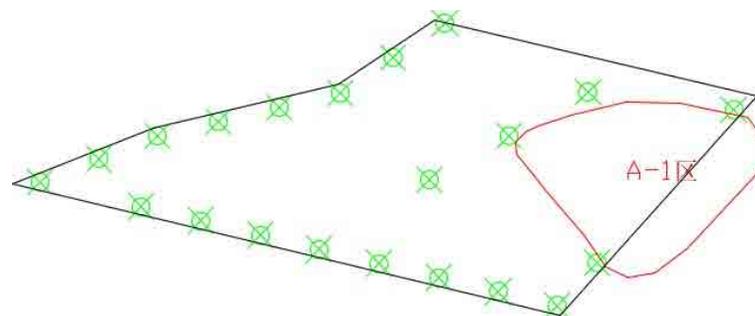
方案4 风电机组布置图



方案5 风电机组布置图



方案6 风电机组布置图



方案7 风电机组布置图  
图2.6-7 风机方案布置图

## 2.6.4.2.2 风电机组布置可研比选方案

各方案计算结果见表2.6-5。

表2.6-5 各方案计算结果表

项目	单位	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5	方案6	方案7
布置风机台数	台	21	21	21	21	21	21	21
总装机规模	MW	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5
布置方式	---	风机垂直于主风向布置, 共布置3排风机	场址南部沿南边界进行布置, 场址中部垂直于主风向布置1排风机	场址沿东西边界进行布置, 场址中部布置1排风机	风机沿场址边界布置	风机沿场址边界布置, I场址避开A-1区域, I场址在中部布置2台风机	风机沿场址边界布置, I场址避开A-1区域, I场址在中部布置3台风机	风机沿场址边界布置, I场址避开A-1区域, I场址在中部布置3台风机
风机间距	行内间距 (m)	803~893	816~874	862~1018	828~1028	916~1686	925~1370	995~1547
	行间距 (m)	2200	2108	2096~2424	—	2390~2471	2177~2636	2053~2595
涉海面积	km <sup>2</sup>	26.8	22	32.3	32.3	32.3	32.3	32.3
年理论发电量	万kWh	85421.8	85404.2	85431.3	85400.8	85385.2	85395.4	85397.2
年设计发电量	万kWh	75619.5	76511.0	76890.6	77664.7	77598.5	77772.2	77872.5
年上网电量	万kWh	60193.1	60902.8	61204.9	61821.1	61768.4	61906.7	61986.5
年等效满负荷小时数	h	2729.8	2762.0	2775.7	2803.7	2801.3	2807.6	2811.2
平均尾流影响系数	%	11.47	10.41	9.99	9.06	9.12	8.93	8.81
最大尾流影响系数	%	14.20	12.84	15.00	11.10	10.13	10.50	10.60
容量系数	—	0.312	0.315	0.317	0.320	0.320	0.320	0.321

从涉海面积角度分析，方案1涉海面积为26.8km<sup>2</sup>，方案2涉海面积为22km<sup>2</sup>，方案3~7涉海面积为32.3km<sup>2</sup>，七种布置方案均满足国家海洋局对海上风电用海面积的要求。

从尾流角度考虑，在方案1~7中，方案7平均尾流影响系数最低，为8.81%，其单台最大尾流影响系数为10.60%；其次为方案6，平均尾流和单台最大尾流影响系数分别为8.93%和10.50%；再次为方案4，平均尾流和单台最大尾流影响系数分别为9.06%和11.10%；总的来看，沿场址边界布置的方案尾流更优，其它方案较差，其中方案1平均尾流和单台最大尾流影响系数最大，分别为11.47%和14.20%。

从发电量角度考虑，在方案1~7中，方案7等效满负荷小时数为2811.2h，高于其它方案；方案6次之，等效满负荷小时数为2807.6h；再次为方案4，等效满负荷小时数为2903.7h；总的来看，沿场址边界布置的方案发电量更优，其它方案较差，其中方案1最低，等效满负荷小时数为2729.8h；方案2和方案3的等效满负荷小时数分别为2762.0h和2775.7h。

从经济性上来看，方案比选以推荐机组的发电量和投资收益作为主要比选因子，分析各优化方案的差异。由表可知，从发电效益的角度，方案7的发电量和满发小时数是最优的，其次是方案6、方案4；从经济收益的角度，方案7最优，其次是方案6、方案4。

综合考虑经济性、发电量和尾流影响，可研报告推荐相对较优的方案7作为布置方案，风机沿场址边界布置，I场址避开A-1区域，I场址在中部布置3台风机，风机行内间距为995m~1547m，行间距为2053m~2595m。

#### 2.6.4.2.3 风电机组布置方案环境比选

本次环境方案比选从环境制约因素、环境影响程度等角度分析。

##### (1) 环境制约因素

方案1~7的21台风机组均布置于大连市花园口海上风电场规划范围内，各方案所处海洋生态环境管控单元均为长山群岛重要渔业水域、管控分类为3-一般管控；均不涉及海洋特别保护区、海洋自然保护区、海滨风景名胜区等环境敏感区。

各方案均不涉及环境制约因素。

### (2) 环境影响程度

从用海角度，方案1涉海面积为26.8km<sup>2</sup>，方案2涉海面积为22km<sup>2</sup>，方案3~7涉海面积均为32.3km<sup>2</sup>，各方案风电机组基础用海面积均为23.3835hm<sup>2</sup>。从节约用海角度，方案2最优，其次为方案1。

从水文动力影响影响角度，由于各方案均为21台风机，单体风机对水文动力影响基本相同。各方案桩基之间间距均在600m以上，风电场对外海整体的潮流场影响均较小，但方案5、6、7的风机间距及行间距相对其他方案较大、风机布置密度相对较小，风电场对外海整体的潮流场影响相对较小，方案7的行内间距相对方案6较大。因此从水文动力影响影响角度，风机机组布置方案7最优、其次方案5、6。

海水水质从影响角度，单钢管柱施工时悬浮泥沙增加>10mg/L的范围一般为桩基100m半径范围内。各方案桩基之间间距较大不会形成较大范围影响远小于海底电缆施工影响，因此各方案海水水质影响程度基本相同。

从对鸟类影响角度，各方案机组均布置于大连市花园口海上风电场规划范围内，距离鸟类栖息地、取食地均在17km左右，位于空旷的海上。个别黑脸琵鹭、黄嘴白鹭迁徙活动会飞经项目区，由于风电场屏障作用，使其改变飞行高度和飞行路线。方案5、6、7的风机间距及行间距相对其他方案较大、风机布置密度相对较小，因此从鸟类迁徙路线影响角度，风机机组布置方案7最优、其次方案5、6。

综合考虑用海、水温动力海水水质及鸟类影响角度，本次环评推荐相对较优的方案7作为布置方案，与可研推荐布置方案一致。

## 2.7 环境保护目标

### 2.7.1 海洋环境功能区

根据海洋功能区划，本工程涉及的海洋环境功能区见表2.7-1及图2.3-1。

表2.7-1 本工程周边的海洋环境功能区

序号	类型	功能区名称	位置关系	概况	保护目标
1	农渔业区	长山群岛农渔业区	位于其中	长山群岛周边海域，面积为6721.8km <sup>2</sup>	海水水质、沉积物、生态环境、渔业资源
2		大长山四块石农渔业区	西侧14.1km	大长山四块石，面积为0.5km <sup>2</sup>	海水水质、沉积物、生态环境、渔业资源
3	海洋保护区	碧流河口海洋保护区	西北侧10.6km	位于碧流河口，面积为25.8km <sup>2</sup>	河口海域生物多样性和生物栖息环境， 区域水质、沉积物质量和海洋生物
4		大长山岛海洋保护区	西侧14.2km	位于大长山岛海域，面积为7.6km <sup>2</sup>	岛礁生态系统和水产种质资源，区域水质、 沉积物质量和海洋生物质量
5		海王九岛海洋保护区	东侧20.9km	大小王家岛周边海域，面积60.5km <sup>2</sup>	岛礁生态系统和水产种质资源，区域水质、 沉积物质量和海洋生物质量
6	旅游休闲娱乐区	长山群岛旅游休闲娱乐区	西侧11.2km	长山群岛周边，面积为216.4km <sup>2</sup>	岛礁生态系统和水产种质资源，区域水质、 沉积物质量和海洋生物质量
7	港口航运区	花园口航运区	北侧10.1km	花园口经济区海域，面积为17.8km <sup>2</sup>	水文动力、地形冲淤环境
8	工业与城镇 用海区	花园口工业与城镇用海区	西北侧11.5km	花园口经济区海域，面积为64.6km <sup>2</sup>	海湾、岸线形态、景观、区域水质、沉积 物、生物质量
9		大郑工业与城镇用海区	东北侧18.9km	大郑海域，面积为64.6km <sup>2</sup>	
10		庄河港西岸工业与城镇用海区	东北侧25.3km	庄河港区海域，面积为22.9km <sup>2</sup>	
11		大长山北部工业与城镇用海区	西南侧9.9km	大长山岛北部，面积为7.2km <sup>2</sup>	
12	保留区	碧流河口保留区	西北侧11.1km	碧流河口西，面积为84.1km <sup>2</sup>	重点保护岛礁生态系统和水产种质资 源，区域水质、沉积物、生物质量
13		明阳保留区	北侧10.1km	庄河市西部沿岸，面积为103.8km <sup>2</sup>	
14		塞里岛保留区	东南侧16.6km	塞里岛，面积为23km <sup>2</sup>	
15		乌蟒岛保留区	南侧20.8km	乌蟒岛海域，面积为4.9km <sup>2</sup>	

## 2.7.2 环境保护目标

本工程评价范围内涉及的环境保护目标见表2.7-2及图2.7-1。

表2.7-2 本工程涉及的环境保护目标

序号	名称	位置关系方位/ 最近距离	概况	保护目标
1	大连石城乡黑脸琵鹭自然保护区	东侧20.5km	位于大连市庄河市石城乡，总面积1284公顷，是以黑脸琵鹭、黄嘴白鹭等珍稀鸟类及其生境为主要保护对象的野生动物类型自然保护区，是全国唯一的黑脸琵鹭自然保护区。	保护对象为黑脸琵鹭、黄嘴白鹭等珍稀鸟类及其生境
2	辽宁大连长海海珍珍贵生物省级自然保护区	西南侧14.9km	位于大连市长海县小长山乡东南海域，由核大坨子、二坨子、三坨子及其周围海域组成。保护区总面积为247公顷。	刺参、皱纹盘鲍等海珍品及温带岩礁生物群落
3	辽宁大连长山列岛海洋生物市级自然保护区	南侧18.9km	保护区总面积为462公顷。	皱纹盘鲍、刺参、光棘球海胆
4	长山群岛重要渔业水域	其中	长山群岛周边海域，面积为6721.8km <sup>2</sup> 。	渔业资源、水质、沉积物、生态环境等
5	长山群岛及周围海域	西南侧9.9km	位于长海县，大、小长山岛、乌蟒岛及周边海域	自然岸线形态，岛礁景观资源和生态系统、水产种质资源等
6	海王九岛及周围海域	东侧20.9km	位于庄河市，保护岛礁生态系统与黑脸琵鹭等珍稀物种。重点保护岛礁生态系统	自然岸线形态，岛礁景观资源和生态系统
7	滨海湿地	西北侧4.4km	城子坦南侧、碧流河口滨海湿地。	重要滨海湿地
8	周边养殖区	-	-	-

大连獐子岛海域国家级水产种质资源保护区位于辽宁省长海县獐子岛西北部海域，距离本项目场址最近距离约33.75km，海洋岛国家级水产种质资源保护区保护区位于大连市长海县海洋岛海域，距离本项目风电场场址最近距离约44.02km，二者不在本项目评价范围内。

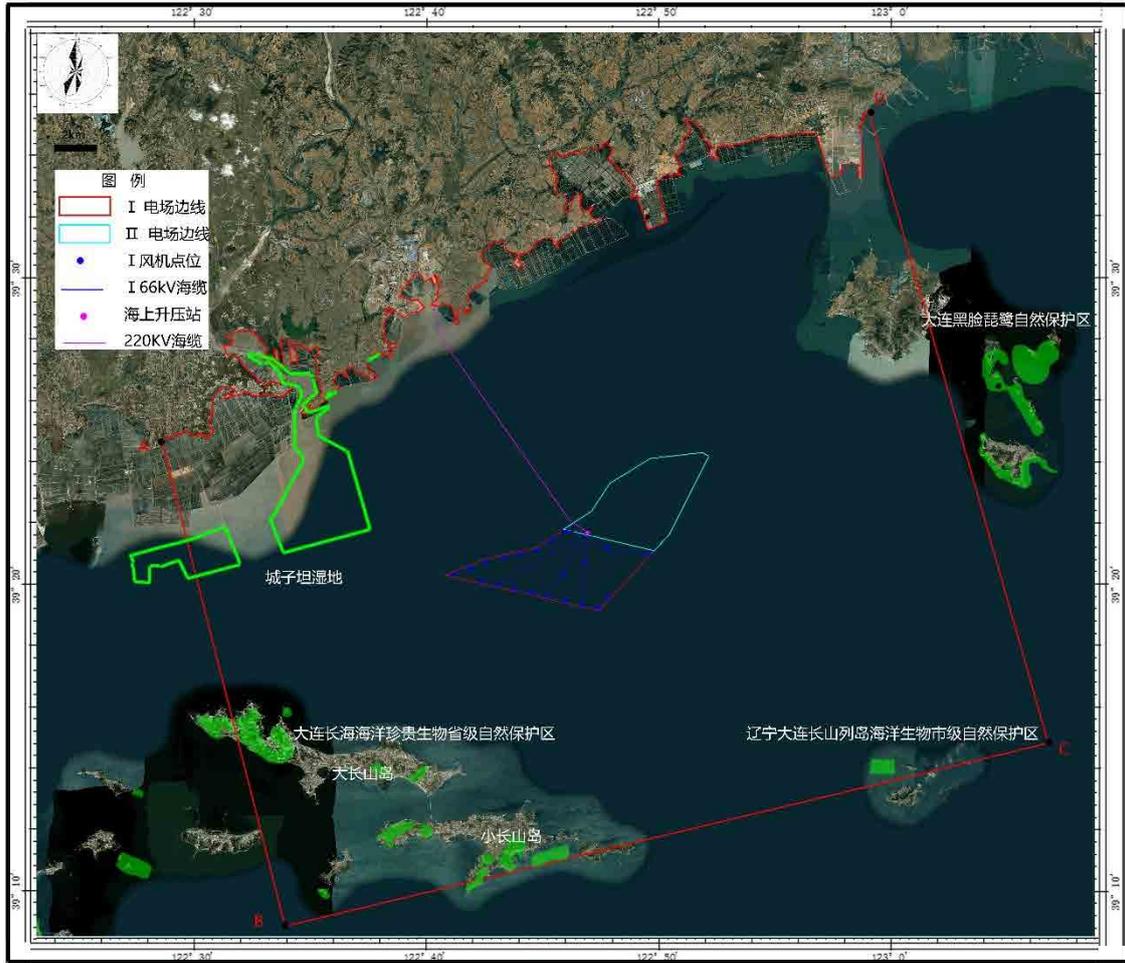


图2.7-1 环境保护目标分布图

## 3 建设项目工程分析

### 3.1 建设项目概况

#### 3.1.1 项目基本情况

**项目名称：**国家电投大连市花园口I海上风电项目

**项目性质：**新建

**建设单位：**长海东方新能源发电有限公司

**地理位置：**工程位于辽宁省大连市长海海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，水深约 11~16.5m，中心点离岸距离约 17km，涉海面积约 32.3km<sup>2</sup>，用海总面积 80.4643hm<sup>2</sup>，其中风机用海面积 23.3835hm<sup>2</sup>，海底电缆用海面积 57.0808hm<sup>2</sup>。

场区地理范围为东经 122°39'6"~122°49'12"，北纬 39°18'48"~39°24'12"。

**工程规模和内容：**工程拟 21 台单机容量 10.5MW 等级风电机组，装机容量为 220MW。采用 WTG6 风电机组，叶轮直径 252m，轮毂高度 142m。风机行内间距为 995m~1547m，行间距为 1014~2053m。

国家电投大连市花园口I和花园口II海上风电共用海上升压站、220kV 海底电缆、电缆转换井、220kV 陆上线路、陆上集控中心、40MW/160MWh 储能设施及 220kV 送出线路，共用系统所在区域属于庄河市，共用系统工程属于国家电投大连市花园口II海上风电项目范围。

本工程风电机组所发电量通过 4 回 66kV 集电海底电缆接入 220kV 海上升压站，升压后以 2 回 220kV 海缆登陆，转陆缆采用电力排管方式接入陆上集控中心，最终经一回 220kV 架空线路接入花园口 220kV 变电站。

风电场理论年发电量为 85397.2 万 kW·h，设计年发电量 77872.5 万 kW·h，平均尾流影响折减系数为 8.81% 年上网电量 61986.5 万 kW·h，年等效满负荷小时数为 2811.2h，平均容量系数 0.321。

工程总投资及工期：工程总投资 201155 万元，施工期 12 个月。

大连市地图



图号：辽 B S (2018) 20 号

辽宁省测绘地理信息局监制 辽宁省基础地理信息中心编制 2018年12月

图3.1-1 国家电投花园口I海上风电项目地理位置图

### 3.1.2 项目工程组成

本项目工程组成情况见表。

表3.1-1 项目工程内容一览表

项目名称	工程内容		
主体工程	风电机组	21 台 10.5MW 等级的风电机组，建设开发机容量为 220MW。	
	66kV 集电海底电缆	工程电缆主要是连接风机与风机之间、风机与海上升压平台之间，共 4 回 66kV 海缆，总长度约 36.22km。	
共用工程	海上升压站工程	位于花园口II海上风电场内西南角。	与花园口II 风电场共用
	220kV 海底电缆	2 回海底电缆（2×17.8km）。	
	陆上集控中心	位于花园口后花线西侧、玫瑰街南侧预留用地区域。	
辅助工程	风机保护设备及安装工程	防腐蚀、防冲刷、靠船和防撞等。	
临时工程	施工基地	设置在庄河港码头基地后方场区内，主要设施有综合仓库、综合加工厂、风机设备堆场、风机部件组装场、钢结构临时堆场、电缆及工器具专用仓库、临时生活办公用房等。临时占地面积约 59000m <sup>2</sup> 。	与花园口II 风电场共用
环保工程	废水	设置隔油沉淀池，施工基地含油废水经收集后采用隔油沉淀池处理，产生的污泥由有资质的单位处理；施工区生活污水统一收集经化粪池处理；施工船舶均设置船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水运至岸上处理。	
	固废	生活垃圾集中收集环卫处置；施工基地建筑垃圾及时清运。	
	噪声	车辆和施工设备的维护保养，打桩施工采用软启动方式，即首桩采用小幅度的冲击，而后强度逐渐增强。	
	海洋	优化施工方案，加强科学管理；优化施工方案，加强科学管理。渔业生态补偿，加强渔业资源和生态监测。	
	鸟类	鸟类救护站建设及监测。	
	溢油环境风险	强化管理，配备应急物资及应急预案。	

### 3.1.3 工程建设方案概述

#### 3.1.3.1 平面布置

##### (1) 总平面布置

大连市花园口（400MW）海上风电场项目位于花园口南侧海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，由I（220MW）场址和II（180MW）场址两块场址组成。风电场走向与岸线基本平行，北界及西北界基本沿 10m 等深线，西北界距离已规划的工业与城镇用海区 10km，西南侧距长山列岛 6km。风电场横向跨度约 5.0km~9.5km，纵深约 19.1km，水深约 12~17.5m，中心点距离岸线约 17km、距离海洋功能区划中工业与城镇用海区约 13km。

大连市花园口（400MW）海上风电场项目为大连市海上风电场工程规划的花园口I、II场址，拟安装 38 台 WTG610.5MW 等级风电机组。所发电能通过 8 回 66kV 海缆连接后汇集至海上升压变电站，经主变升压至 220kV 以 2 回海底电缆（2×17.8km）登陆后敷设至陆上集控中心，然后经 220kV 架空线路接入花园口变电站 220kV。

风电场总平面布置图见图 3.1-2。

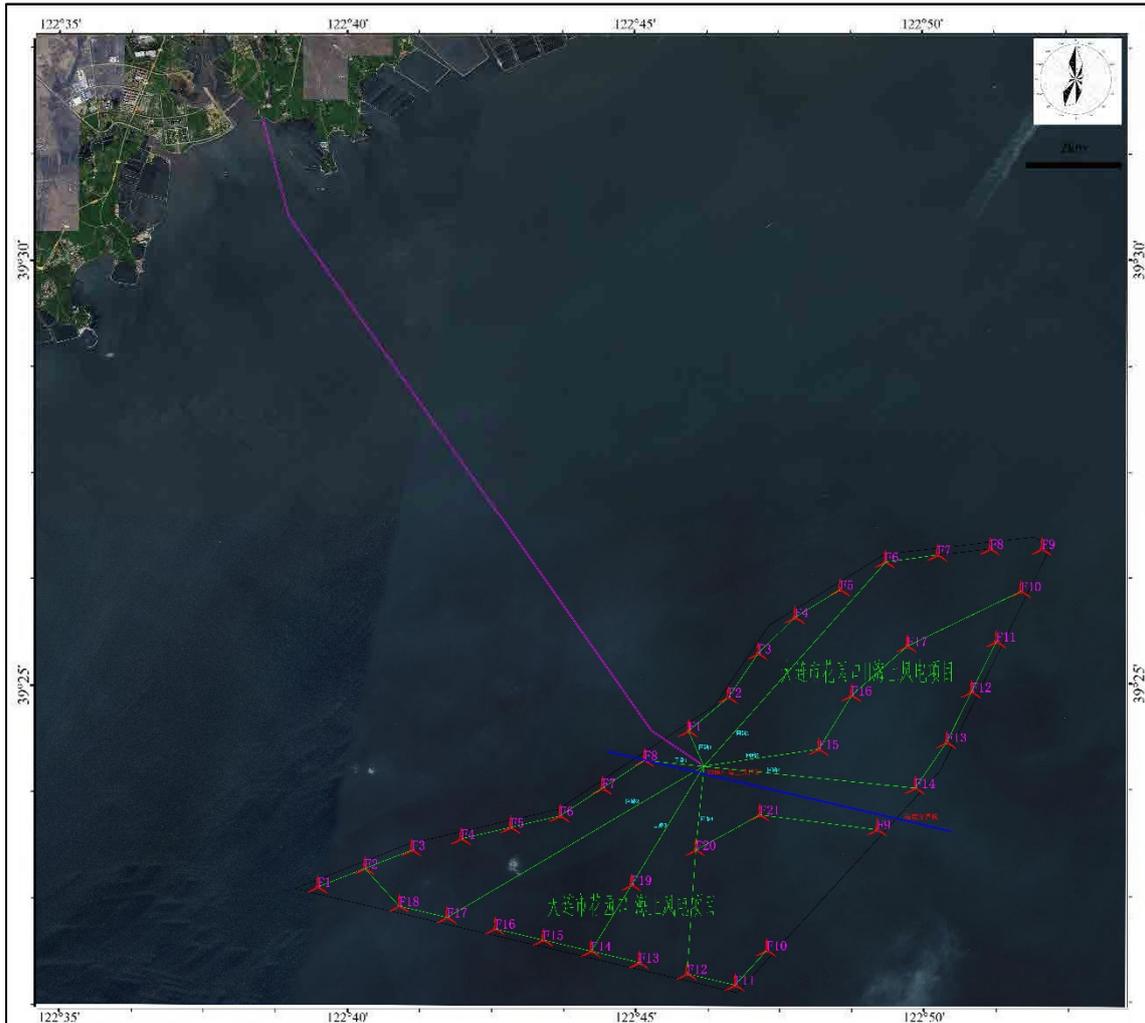


图3.1-2 花园口 I、II风电场总平面布置图

## (2) 风电机组平面布置

花园口 I 场址拟安装 21 台 10.5MW 等级风电机组。风机沿场址边界布置 18 台，在中部布置 3 台风机，风机行内间距为 995m~1547m，行间距为 2053m~2595m。

花园口 I 场址平面布置图见图 3.1-3。

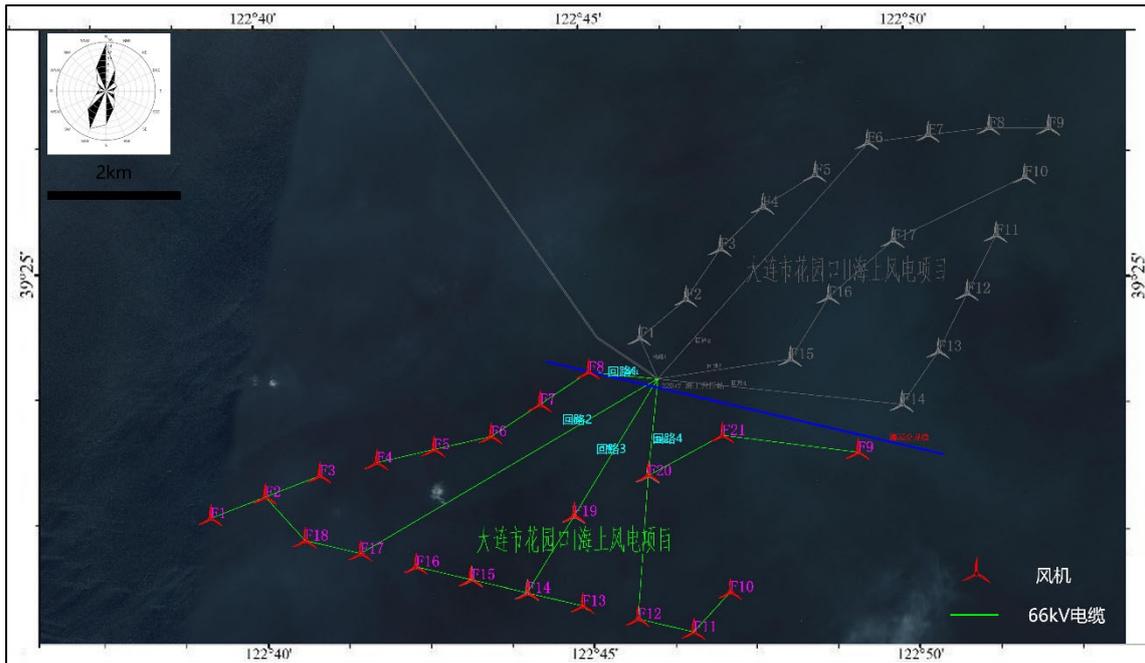


图3.1-3 花园口 I 风机平面布置图

### 3.1.3.2 风电机组布置及发电量

本阶段推荐 WTG6 风电机组，叶轮直径 252m，轮毂高度 142m。

花园口 I 场址拟安装 21 台 10.5MW 等级风电机组，装机容量为 220MW。

风机机组主要参数见表 3.1-2。

表3.1-2 风机机组主要参数表

项目		单位	WTG4
概况	单机容量	kW	10500
	IEC 等级	—	IECS
	运行温度	—	-20℃~+40℃
转轮	转轮直径	m	252
	叶片长度	m	123.2
	轮毂高度	m	142
	切入风速	m/s	3
	切出风速	m/s	25
	额定风速	m/s	11
齿轮箱		—	三级传动
发电机	型式	—	双馈异步发电机
	容量	kW	11400
	电压	V	1140
	频率	Hz	50
	防护	—	IP54

重量	机舱叶轮	t	605
	塔筒	t	693.13

经计算，风电场理论年发电量为 85397.2 万 kW·h，设计年发电量 77872.5 万 kW·h，平均尾流影响折减系数为 8.81%，年上网电量 61986.5 万 kW·h，年等效满负荷小时数为 2811.2h，平均容量系数 0.321。

风电场各风电机组发电量计算见表 3.1-3。

表3.1-3 风电场各风电机组发电量计算表

风机编号	X	Y	轮毂高度 (m)	风速 (m/s)	最近机位点距离 (m)	年理论发电量 (万 kW·h)	年计发电量 (万 kW·h)	年上网发电量 (万 kW·h)	年等效满负荷小时数 (h)	容量系数	尾流影响折减系数 (%)
F1	472222.5	4360555	142	6.60	1071	4057.1	3884.8	3092.3	2945.0	0.336	4.25
F2	473219	4360950	142	6.61	1071	4061.3	3762.4	2994.9	2852.3	0.326	7.36
F3	474216.4	4361341	142	6.61	1071	4063.9	3707.1	2950.9	2810.3	0.321	8.78
F4	475260.7	4361582	142	6.61	1071	4064.3	3681.3	2930.3	2790.8	0.319	9.42
F5	476304.9	4361824	142	6.61	1071	4065.2	3676.2	2926.3	2786.9	0.318	9.57
F6	477349.1	4362065	142	6.62	1071	4066.2	3672.2	2923.1	2783.9	0.318	9.69
F7	478243.6	4362652	142	6.62	1071	4068.4	3687.2	2935.0	2795.2	0.319	9.37
F8	479134.5	4363248	142	6.62	1071	4069.6	3686.1	2934.1	2794.4	0.319	9.42
F9	484060.1	4361775	142	6.62	2502	4074.4	3753.8	2988.0	2845.7	0.325	7.87
F10	481722.7	4359205	142	6.62	995	4072.2	3727.6	2967.2	2825.9	0.323	8.46
F11	481053	4358468	142	6.62	995	4071.7	3762.0	2994.6	2852.0	0.326	7.61
F12	480037.9	4358708	142	6.62	1043	4069.5	3703.6	2948.1	2807.7	0.321	8.99
F13	479022.9	4358948	142	6.62	1043	4067.6	3705.4	2949.5	2809.0	0.321	8.91
F14	478007.9	4359188	142	6.61	1043	4065.9	3696.8	2942.7	2802.5	0.320	9.08
F15	476992.9	4359428	142	6.61	1043	4064.7	3682.6	2931.3	2791.8	0.319	9.4
F16	475977.9	4359668	142	6.61	1043	4063.1	3684.9	2933.2	2793.5	0.319	9.31
F17	474962.9	4359908	142	6.61	1043	4060.8	3682.9	2931.6	2792.0	0.319	9.31
F18	473947.8	4360148	142	6.61	1043	4059.8	3724.7	2964.9	2823.7	0.322	8.25
F19	478863.2	4360596	142	6.62	1547	4068.4	3637.4	2895.4	2757.5	0.315	10.6
F20	480220.3	4361341	142	6.62	1547	4070.7	3666.5	2918.5	2779.6	0.317	9.93
F21	481577.4	4362086	142	6.62	1547	4072.4	3687.0	2934.9	2795.1	0.319	9.46
总计	-	-	-	-	-	85397.2	77872.5	61986.5			
平均	-	-	-	-	-	-	-	-	2811.2	0.321	8.81

#### 3.1.3.3 电气

##### 3.1.3.3.1 电气一次

###### (1) 接入电力系统方案

本工程规划容量 220MW，拟安装 21 台 10.5MW 等级风电机组，根据接入系统报告，考虑通过 66kV 集电海底电缆直接接入花园口 II 号海上风电场 220kV 海上升压站

###### (2) 电气主接线

###### ① 风电场电气主接线

国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目规模为 400MW，共设置 1 座海上升压站+1 座陆上集控中心。国家电投大连市花园口 I 海上风电项目规划装机容量为 220MW，其主要建设内容：拟安装 21 台单机容量 10.5MW 等级风电机组，以及连接上述 21 台风电机组的 66kV 海底电缆。

###### A. 风电机组升压

项目风电机组出口电压为 1140V，风电机组厂家配套提供升压设备将出口电压升压至 66kV。风电机组需配套设置一套升压设备，拟在塔筒内部单独设置一层设备平台，升压设备布置在该专用平台上，变压器可将风电机出口电压升高至 66kV。升压变压器采用体积紧凑，耐湿度、耐盐雾的干式变压器（变压器满足 2 级能效要求）；高压侧选用 SF6 绝缘断路器柜体。升压变压器的容量为 11550kVA，电压比为  $69 \pm 2 \times 2.5\% / 1.14kV$ 。变压器高压侧均采用并联接线方式与主集电线路联接。风电机组-升压变拟采用“1 机 1 变”单元接线方式。

机组高压侧拟采用 5~6 台风力发电机组为一个联合单元接线方式，项目共规划 66kV 集电线路 4 回汇集至国家电投大连市花园口 II 海上风电项目海上升压站，升压后经由两回 220kV 海缆线路转陆上线路，接入陆上集控中心后再接入系统。

###### B. 66kV 集电线路方案

本项目 21 台风机共分成 4 组，每组串接 5~6 台风机，每组容量为 52.5~63MW，线路路径总长度 36.22km。

电缆布置具体见下表。

表3.1-4 电缆布置方案表

回路	连接风机	台数	容量 (MW)	路径长度 (km)
21 台风机				
1-4	F4-F8	5	52.5	11.02
1-5	F1-F2, F17-F18	5	52.5	8.21
1-6	F13-F16, F19	5	52.5	11.17
1-7	F10-F12, F20-21, F9	6	63	5.82

本项目 66kV 集电线路共规划 4 回，每回串接 5~6 台风机，线路路径总长度 36.22km。

每回 66kV 集电海底电缆线路连接 4-5 台风机，66kV 海缆敷设主要可以分为 4 段，分别是：空气中、管道中（J 型管）、海床中以及海上升压站桥架中。66kV 海缆埋深原则上不小于 2m。每段海缆截面均需满足载流量、最小热稳定截面、每个回路压降均小于 5% 等的要求，初步拟选集电海底电缆截面如下：

连接 1~2 台风机，最大输送容量为 21MVA，拟选电缆为 HYJQF41-F-38/66-3×95mm<sup>2</sup>。连接 3 台风机，最大输送容量为 31.5MVA，拟选电缆为 HYJQF41-F-38/66-3×120mm<sup>2</sup>。连接 4 台风机，最大输送容量为 42MVA，拟选电缆为 HYJQF41-F-38/66-3×185mm<sup>2</sup>。连接 5 台风机，最大输送容量为 52.5MVA，拟选电缆为 HYJQF41-F-48/66-3×300mm<sup>2</sup>。连接 6 台风机，最大输送容量为 63MVA，拟选电缆为 HYJQF41-F-48/66-3×400mm<sup>2</sup>。

### 3.1.3.3.2 电气二次

电气二次主要包括监控系统、继电保护系统、调度自动化、图像监控、火灾报警系统及空调自控系统。

## 3.1.4 土建结构

### 3.1.4.1 工程规模、等别与标准

本工程工程规模为大型，风电机组地基基础设计级别为甲级，风机基础结构安全等级为一级，设计基准期为 50 年，设计使用年限 25 年。

### 3.1.4.2 风电机组基础设计

单桩基础作为本项目风电机组基础方案。

本项目风机基础设计使用年限为 25 年，推荐采用无过渡段单桩基础作为本项目风电机组基础。钢管桩直径 8.5m~9.1m，壁厚 70mm~85mm，钢管桩平均桩长约 77m，平均入土深度约 52m，桩端进入第 ④<sub>3</sub> 中砂层等作为持力层。钢管桩外侧设置靠船构件、爬梯，桩顶部设置钢平台。桩顶高程的确定考虑 50 年一遇潮水位和波浪以及气隙高度等的影响，桩顶高程取 10m。

单桩基础结构相对偏柔，泥面冲刷对结构整体刚度影响较大，对泥面转角和变形的控制不利，因此对单桩基础需要采取防冲刷措施，本阶段在单桩基础周边一定范围内采用固化土的方案进行防冲刷加固处理，确保单桩基础的稳定性，同时结构设计中考虑预留 2m 冲刷深度。

### 3.1.4.3 防腐设计

根据国内外海洋工程、港口工程防腐蚀设计经验，结合本项目风电场场址区域水环境特点，本项目钢结构外露部分均采用物理防护与电化学保护的联合保护方式，同时留有一定的腐蚀裕量，预留腐蚀裕量根据钢结构的设计使用年限和单面平均腐蚀速度计算，钢的单面平均腐蚀速度见下表。

表3.1-5 钢的单面平均腐蚀速度 单位：mm/a

区域		平均腐蚀速度
大气区		0.05~0.10
浪溅区		0.40~0.50
全浸区	水下	0.12
	泥下	0.05
内部区		0.01~0.10

采用涂层或阴极保护时，钢结构不同部位的预留腐蚀裕量有所减少。根据《海上风电场工程防腐蚀设计规范》进行计算，同时参考相关防腐蚀设计经验，并考虑建造加工的实际情况，风机基础大气区的钢结构单面腐蚀裕量为 1mm，浪溅区（包含了水位变动区）的钢结构单面腐蚀裕量为 5mm，全浸区的钢结构单面腐蚀裕量为 2mm，泥下区的钢结构单面腐蚀裕量为 1mm。

具体的涂层防腐蚀保护方案见下表。

表3.1-6 防腐蚀措施方案

防腐区域	防腐涂层	漆膜厚度	电化学保护
大气区	环氧玻璃鳞片+聚氨酯面漆	1000+80 $\mu$ m	/
浪溅区	环氧玻璃鳞片+聚氨酯面漆	1000+80 $\mu$ m	/
水下区、内部区	环氧玻璃鳞片	600 $\mu$ m	外加电流保护

#### 3.1.4.4 防冲刷设计

工程由于地质表层主要是承载能力较差的地质，但深度较浅，所以基础对泥面的冲刷相对不是太敏感，刚度影响有效，所以设计时为节约工程投资，采用表面预留一定冲刷深度的方法。结合地质分布情况，考虑土层分布厚度变化较大，对桩周围泥面进行防冲刷保护，并在结构计算时考虑 2m 的泥面冲刷深度。根据以往已建成的海上风电场的建设经验，本阶段防冲刷方案推荐采用固化土进行防护，并且预留一定冲刷深度来保证在风机基础结构在运行中的结构安全。

固化土防护即在沉桩完成后，通过泵送拌制的固化土到桩基周围，形成具有一定刚性的防护壳保护桩周土体免于冲刷。淤泥、固化材料之间发生一系列的水解和水化反应，产生大量胶凝物质和结晶物质，胶结、包裹淤泥中土颗粒，并通过激发剂激发淤泥中次生矿物的活性，促进、稳定反应进程，使淤泥具备一定的结构强度等特性，且在较长时间内控制强度稳定的增长。当固化土的有效半径  $\geq 12\text{m}$ ，且固化土强度  $\geq 400\text{kpa}$ ，能够抵抗海底流速约 4.0m/s 的长久冲刷。

#### 3.1.4.5 靠船和防撞设计

风机基础的靠船防撞设计仅考虑海上风电场运行期间的运维服务船舶停靠工况，根据海上风电场在风机设备调试、运行和检修工作需要，本项目选择日常工作船按 500t 计，靠船构件按 500t 级工作船舶法向靠泊速度 0.50m/s 设计。

靠船和防撞设施的布置应综合考虑靠泊船舶的类型和尺度、靠泊方式、水位变幅和使用要要求等因素，保证船舶在各种水位和不同吃水深度条件下的安全靠泊。靠船防撞结构设置在设计高水位以上 3.0m 至设计低水位以下 1.0m 的区间。

### 3.1.4.6 抗冰设计

在满足风电机组安全运行的前提下，推荐采用不带冰锥的方案。风机基础主要通过增加基础强度满足风场的抗冰要求。

### 3.1.4.7 监测设计

项目安装 21 台风力发电机组，风机基础推荐采用单桩基础，风机基础监测设计的内容主要包括：基础的不均匀沉降和水平变形监测，钢管桩的应力应变监测，风机基础振动监测，桩身腐蚀监测，基础冲刷监测等。风机基础监测分为重点监测机位和普通监测机位，重点监测机位数量按照风机总量的 10% 选取，项目取 2 台单桩基础进行重点监测。

## 3.1.5 施工组织设计

### 3.1.5.1 施工条件

#### (1) 工程条件

场址位于黄海海域长山列岛和石城岛之间，水深约 11~16.5m，中心点距离岸线约 17km。

花园口 I 场址规划装机规模为 220MW，拟安装 21 单机容量为 10.5MW 等级风电机组。风电场集电线路采用 66kV 海底电缆。

风电场主要施工内容及工程量汇总详见表 3.1-7。

表3.1-7 风电场主要施工内容及工程量一览表

序号	项目	规格	单位	数量
一	风机基础工程（21 台）			
1.1	钢管桩	DH36（局部Z35 要求）	t	1418
1.2	附属构件套笼	Q355D	t	69
1.3	内平台	Q355D	t	17
1.4	外平台	钢格栅 G405/40/100W	t	11
1.5	栏杆及爬梯	Q235D（表面镀锌 150μm）	t	6
1.6	靠船构件	Q355D	t	19
1.7	吊耳及桩身牛腿	DH36	t	9
1.8	环锻法兰	Q355E-Z35	t	16
1.9	防坠落系统		套	2

1.10	钢结构防腐涂层	环氧玻璃鳞片重型防腐涂料+ 聚氨酯面漆， 1080 $\mu$ m	m <sup>2</sup>	2244
1.11	外加电流系统	电化学防腐	套	1
1.12	防冲刷保护	固化土	m <sup>3</sup>	1100
1.13	桩基高应变检测（初打）	沉桩过程中全程高应变监测	根	21
1.14	桩基高应变检测	沉桩后高应变复打检测承载力	根	2
1.16	基础建设期重点监测	监测基础沉降及水平变形、振动、倾角、应力应变、局部冲刷、腐蚀、阳极电位、海生物生长等	台	2
1.17	基础建设期普通监测	监测基础沉降及水平变形、振动	台	19
二	风机安装工程			
2.1	风电机组			
2.1.1	风力发电机组	10500kW	台	21
2.1.2	66kV 升压变	高压柜：72.5kV，630A，40kA（3s），SF6 升压变：12000kVA，69 $\pm$ 2 $\times$ 2.5%/1.14kV，D，yn11；低压柜：1140V，5000A，630kA	台	21
2.2	塔筒			
2.2.1	塔筒	693.13 吨	台	21
三	海缆埋设			
3.1	海（陆）缆埋设			
3.1.1	66kV 集电海缆	HYJQF41-38/66-3 $\times$ 95-F 2x36 芯光纤	km	15.66
3.1.2	66kV 集电海缆	HYJQF41-38/66-3 $\times$ 120-F 2x36 芯光纤	km	5.4
3.1.3	66kV 集电海缆	HYJQF41-38/66-3 $\times$ 185-F 2x36 芯光纤	km	4.32
3.1.4	66kV 集电海缆	HYJQF41-38/66-3 $\times$ 300-F 2x36 芯光纤	km	11.37
3.1.5	66kV 集电海缆	HYJQF41-38/66-3 $\times$ 400-F 2x36 芯光纤	km	2.07
3.2	弯曲限制器			
3.2.1	中心夹具和弯曲限制器	与海底光电复合缆配套，单套弯曲限制器长度约15m	套	42
3.3	海缆固定装置			
3.3.1	海缆锚固装置	与海底光电复合缆配套	套	42
3.4	海（陆）缆终端头			
3.4.1	海缆终端插头	与3 $\times$ 95 38/66kV 匹配，T型接头	套	22
3.4.2	海缆终端插头	与3 $\times$ 120 38/66kV 匹配，T型接头	套	6
3.4.3	海缆终端插头	与3 $\times$ 185 38/66kV 匹配，T型接头	套	6
3.4.4	海缆终端插头	与3 $\times$ 300 38/66kV 匹配，T型接头	套	3
3.4.5	海缆终端插头	与3 $\times$ 400 38/66kV 匹配，T型接头	套	1
3.5	光缆接续盒		只	35
3.6	无金属光缆	36 芯单模（34 芯 G.652D，2 芯 G.655D）	Km	1.5

#### (2) 自然条件

根据工程区及周边区域历年气象统计资料，由于受海上风、浪、潮、雾及冰冻期等的影响较大，本风电场区域海上施工时间年有效工作天数暂按 132 天计，而且为避开大风大浪天气，海上施工船只需要经常往返避风，也降低了施工作业效率，其中热带气旋多发季节前夕的风浪最小，有利于风电场施工。根据上述海上风机施工特点，采取在陆上完成部分风机拼装后再运输到风机安装点方案，以减少海上作业环节和作业时间。

#### (3) 施工供应条件

##### ①材料供应条件

本项目所用的钢材、油料、水泥、砂石骨料等施工原材料和风电机组安装所需的各类辅助材料可以从当地或周边地区直接采购。风机基础钢管桩需要材质要求较高的钢材，为保证钢材质量，可选择直接从大型钢厂进行采购。

##### ①建筑材料供应条件

大连市为沿海经济发达地区，建筑材料市场均具有较大规模。本工程所用的钢材、油料、水泥、砂石骨料等施工原材料和风电机组安装所需的各类辅助材料可以从当地或周边地区直接采购。陆上建筑所需零星混凝土直接从庄河市附近购买商品混凝土，海上施工区需配置混凝土搅拌船进行海上浇筑作业；风机基础钢管桩需要材质要求较高的钢材，为保证钢材质量，可选择直接从大型钢厂进行采购。

##### ②钢结构加工基地

大连市有多家钢结构加工企业具备本项目基础钢桩、导管架加工能力，如大连重工、大船重工、大连船务及大连金州重型机器集团公司等。这些企业均为大连本地企业，与工程场区交通运输条件便捷，因而选择大连本地钢结构企业作为基础钢结构加工基地。

##### ③施工机械设备来源

本项目施工机械设备主要为桩基施工的打桩船、大型起重船、驳船与拖轮等。大连港为知名港口，港口设有大型起重设备，周边地区大型的船舶加工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项目的施工。

#### ④水电供应条件

本项目的施工用水，包括生产用水和施工用水，工程区域附近港口码头的供水、系统完备，施工期间，陆上基地内水、电供应可由工程施工区附近的管网系统提供。作业船上人员生活用水由船直接载入提供。

施工用电为生产用电和生活用电，码头基地用电采用码头场区电网接入。船上的施工用电通过工程船舶自带的发电机提供。

### 3.1.5.2 施工交通运输条件

#### (1) 场外交通运输

大连市位于辽东半岛南端，地处黄渤海之滨，背依中国东北腹地，与山东半岛隔海相望。交通便利，地理位置优越。有着较发达、完善的公路、铁路、水运、航空等对外交通运输体系。是中国东部沿海重要的经济、贸易、港口、工业、旅游城市。本工程位于石城岛西南、花园口东南及长山岛以北海域。

#### ①陆上交通条件

大连市现有公路里程 8735km，其中二级占总里程 40.2%，公路密度每百平方公里 42.4km。辖区内共有国道 3 条，为 201 国道、202 国道和 305 国道，201 国道从大连经牡丹江到达黑龙江鹤岗，202 国道从大连境内的旅顺经沈阳、吉林、哈尔滨至黑河，305 国道从大连庄河市通往内蒙古巴林左旗。沈大高速公路可以从大连直达省会沈阳，鹤大高速可以通到鹤岗。2006 年实现所有行政村通油路，目前自然屯通油路比率达到 70%。

大连主要港区港口铁路总长达到 223.45 公里，通过能力达到 10420 万吨/年。庄盖高速、皮长高速、大连湾疏港高速的建设，实现了大窑湾、大连湾、旅顺新港、庄河、皮口和长兴岛等港区相互联通，临港高速总里程达 349.49km。

#### ②港口条件

目前大连市的港口航运区有 159 个，包括港口、航道和锚地 3 个类型，其中港口区 72 个、航道区 74 个、锚地区 13 个。

#### 港口资源

主要分布在长兴岛临港区域、旅顺港区域、大连湾到大窑湾海域、皮口港海域、庄河港海域和长山群岛海域。

周边码头概况如下：

大连港始建于 1899 年，是中国第三大港和最大的对外贸易口岸之一。港口有原油、成品油、煤炭、钢材、木材、粮食、集装箱和干杂货泊位 65 个，其中万吨级以上泊位 35 个，年吞吐能力 8000 多万 t。大连港同世界 150 多个国家和地区有贸易运输往来。大连港杂货码头拥有大连湾、大港、香炉礁、黑嘴子四个作业区。港内外交通四通八达，具有货物集疏运的良好内外部环境，是中国北方地区重要的贸易口岸。大连港及周边地区大型的船舶加工企业和钢构件加工企业很多，故导管架及基础桩可选择船厂或钢结构专业加工厂家进行制作。因此，大连港码头可以考虑作为钢结构出运码头。

将军石作业区——将军石作业区规划了 13 个泊位：

201#至 204#泊位作为中日韩循环经济示范基地的进口再生资源专用码头，位于港池北侧，岸线全长 675m。考虑泊位的通用，201#、202#泊位码头结构按 2 万吨级集装箱船型预留，岸线长度 450m，203#、204#岸线长度 227m），201#、202#泊位码头前沿停泊水域底标高-11.4m，203#、204#泊位码头前沿停泊水域底标高-9.6m，陆域南北向纵深 500m，东西向纵深 887m，陆域总面积约 45.2 万 m<sup>2</sup>。码头区主要布置门机轨道和前沿作业地带，码头前沿装卸船采用门机、集装箱装卸桥，近期共配置 1 台 40t 集装箱装卸桥、2 台 40t 门机和 1 台 16t 门机，远期随运量增加再配置 1 台 16t.33m 或 40t.38m。通道后方布置为堆场区。前方临时堆场宽 27.5m，前沿集疏运通道宽 15.0m。203#、204#泊位正后方的通用堆场南北纵深约 240m，东西宽约 306m，堆场面积约 5.4 万 m<sup>2</sup>。205#、206#两个泊位是进口食品冷链码头。

102#、103#、104#泊位是临港装备码头。通过这三个泊位建设，为临港的海上风电等产业的大件装备运输打开海上通道。

301#至 303#泊位为 2 个 3 万吨级和 1 个 5 千吨级泊位。

庄河港区将军石作业区现有航道标准为 10000 吨级。内航道长 695m，回旋水域直径 750m，外航道长 3292m，公共航道全长约 18656m，航道设计水深-7.8m，宽 100m。锚地面积 4.94 平方公里。

黑岛作业区——黑岛作业区有庄河发电厂煤码头 3.5 万吨级泊位 1 个，位于庄河港以东约 18 公里的黑岛镇黄圈，泊位长度 243m，于 2007 年 6 月竣工。该码

头主要用于发电厂生产用煤运输，年生产能力 360 万吨。该码头航道宽度 150m，底标高-9.0m，可满足 3.5 万吨级散货船乘潮进出港，锚地面积 2.7 平方公里。

本项目初步选择在庄河港条件成熟的庄河港 103#码头，102、201、202#码头可作为备选码头。

#### 航道资源

其中大部分位于长海县，其他航道位于普兰店~长海县区域、大连湾~大窑湾海域、旅顺口区和皮口港区。

#### ③航空条件

国家批准的大连周水子国际机场位于市区西北部，可起降波音 747 等大型客机。已开通航线 121 条，共有 27 家中外航空公司在大连运营。工程所处的大连市陆上道路完善、交通便利，可满足工程材料、构件设备陆上运输需要，工程施工过程中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。

#### ④场外运输方案

根据调查了解，大连、青岛具有多家大型钢结构加工制造类企业，例如大连华锐重工、大船重工、海工青岛基地等均满足本工程基础构件中的钢管桩等部件的生产供应强度、质量控制等方面的要求，从方案可行性、可靠性和经济性多方面考虑，方案一具有明显优势，因此风机基础的制造组装选择方案一，即利用沿海企业自有的钢结构加工能力，因此初步选择在大船重工进行风机基础钢管桩及升压平台导管架等构件的制造加工，在海工青岛基地进行海上升压平台的制造加工。基础钢管桩、导管架、升压平台等大型钢结构加工件出厂后通过海路运输在做好施工组织的前提下直接运至现场施工。

对于满足本工程要求的潜在的风机设备生产厂家，大部分位于东部沿海或内河区域，从目前在建或完建风电工程的大型尺寸设备运输情况来看，通过海路运输至风电工程附近的港口，然后转入施工基地进行预组装是目前常用的风机设备运输方式，参考类似工程，本工程风机大型尺寸设备部件的运输同样拟采用海路运输的方式进行。风机机舱、轮毂等小型尺寸设备可与大型设备一同通过水运运输至工程区域。

根据本阶段推荐选用的风机设备各组件潜在的生产基地与运输来向，对主要风机设备部件轮毂、塔筒、叶片分别进行交通运输方案的规划设计。

海上运输路线为：

主机：海阳港—黄海—庄河基地码头，海运距离约 257 海里。

叶片：如东港—黄海—庄河基地码头，海运距离约 455 海里。

塔筒：大连港—黄海—庄河基地码头，海运距离约 120 海里。

#### (2) 场内交通运输

根据前述对场内外交通运输分界点的定义，场外交通运输在工程现场选择的到岸港口作为场内交通的起点，场内交通即是指从选定的港口到工程现场各工区的交通运输。

##### ① 风电场工程施工现场到岸码头选择方案

本工程主体建筑物全部位于海上，施工物资与设备在到达工程现场后需要进行运输方式的转化与调整，以满足物资场内海上运输的要求，因此必须在工程现场附近选择合适的码头作为物资运输场内运输的起点，承担水陆运输方式的转化、设备物资临时堆存与调整的功能。

根据对风电场附近区域的港口资源调查成果，庄河港距离本工程最近，目前将军石作业区的 102#~104#泊位、201#~204#码头泊位前沿水深及泊位长度等条件都比较适合本项目大型船舶停靠。

101#~103#共 3 个泊位位于港池东侧，其中 101#泊位为 10000 吨级滚装泊位，102#泊位为 5 千级杂货泊位（已升级加固改造为 1 万吨级），103#泊位为 1 万级杂货泊位。杂货泊位岸线长 313m，年生产能力 180 万吨（散杂货 110 万吨，陆岛交通客滚 70 万吨），堆场面积 7 万 m<sup>2</sup>。码头最大靠泊吨位 1 万吨级。201#泊位现在正在作为大连庄河 III 场址海上风电的施工生产生活基地，十分繁忙，202#泊位还未交付使用，而 203#和 204#通用泊位码头，其结构为 1 万吨级，可以和码头公司协商使用，考虑作为备选方案。

经过以上分析，本工程初步选择在庄河港条件成熟的将军石作业区 103#码头，102#、203#、204#码头可作为备选码头。

##### ② 海域范围场内交通运输

本工程风机布置区属于近海的区域，场内交通主要为风机之间的船只及设备的海上运输。由此，根据当地的潮汐资料，风机布置区域水深条件可满足常规船只正常运行，与庄河港口之间可通过进出港航道相互联系，因此场内交通运输通过船只自航或拖轮牵引进行移位与航行。

### ③风机机组场内运输方案

风机机组起运地点在庄河港码头基地，运输路线为：庄河港码头—施工现场，水运距离约 34 公里。

航道状况：风机机组运输航线均为海事部门规定的现有航道，航道水深满足要求，无海上设施的影响，能够满足风机运输的要求。

风机运输在施工期的选择上尽可能避开冬季冰冻期，应安排在每年的 3 月份~11 月份进行。

### 3.1.5.2 风机基础施工

花园口 I 场址共 21 台风机，总装机容量为 220MW，本阶段推荐风机基础型式为 10.5MW 单桩基础，海上升压站基础型式为导管架。所有基础均不涉及嵌岩。

#### (1) 单桩基础类型

单桩基础为全钢管桩，共计 21 台。10.5MW 单桩桩长约 77m，直径为 8.5m~9.1m，壁厚 70~85mm，桩重量约 1414t，材质 DH36。

10.5MW 单桩风机基础结构如下图所示。

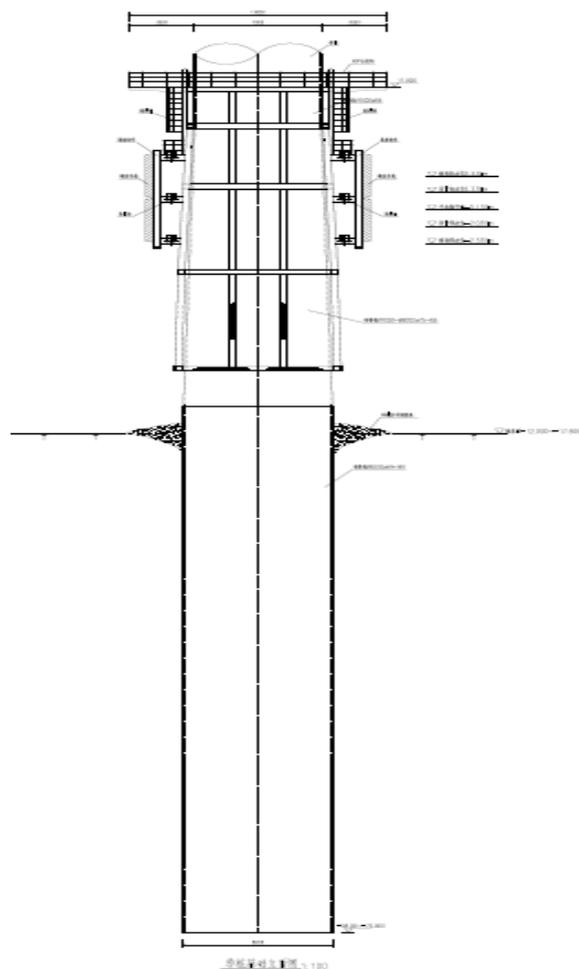


图3.1-4 10.5MW 单桩结构布置图

## (2) 单桩基础制作及运输

### ① 钢管桩制作

单桩基础共 21 个，共有超长超大直径钢管桩 21 根，考虑到钢管桩属于大型钢构件，若选择在工程现场进行加工，其加工质量难以满足要求，因此钢管桩考虑在工程场区附近的大型钢结构制造企业进行卷制、焊接，此类钢结构制造类企业为适应大型设备部件的长途运输工作，一般均自备有物资出运码头，可充分发挥港口航运的优势，通过海运至工作区码头。本工程钢管桩选在大连船舶重工生产制造。

### ✚ 钢管桩分节制作

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

钢板放样下料时，根据工艺要求预放切割、磨削刨边和焊接收缩等的加工余

量。钢板卷制前，清除坡口处有碍焊接的毛刺和氧化物；钢板放样下料用自动火焰切割机进行，并按图纸要求开好相应坡口，钢管节卷制在大型三辊卷板机卷制。

#### ✚ 钢管桩拼装

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

#### ②钢管桩运输

根据钢结构体运输尺寸与重量的要求与特点，本阶段选择灵活轻便型的近海船舶作为运输工具进行钢构件的运输，此类船舶因吃水较浅，抗风浪等级相对较弱，但考虑到从钢结构加工基地至工作区码头航程距离较短，风浪等海洋外界因素的影响相对较弱，因此通过合理的施工组织可以保证钢构件设备的运输工作。

根据对钢管桩运输要素的分析，管桩运输长度及工装尺寸是船舶选型的控制要素，按照管桩长度、直径及配套工装的运输要求，本阶段运输采用 5000-10000t 级别自航驳。

### (3) 单桩基础沉桩施工

#### ①沉桩施工方案

采用浮式起重船+辅助工艺定位导向架设施。方案采用的起重船，可选择固定把杆起重船，全回转起重，半潜式起重船。起重船在“浮态”或者“坐底”状态，立桩和安装打桩锤。导向架可用辅助起重船安装施工也可用主起重船施工。此方案是我国海上风单桩基础桩施工的主要方案，具有船机设备充裕、技术经验成熟的特点。

#### ②基础沉桩施工

本工程 10.5MW 风机单桩基础中钢管桩沉桩直径为 8.5m~9.1m，长度为 77m，桩重约为 1418t。为保证管桩的加工与施工质量，本阶段拟采用整根长管桩的沉桩施工方式，不考虑分段接桩焊接的处理。钢管桩海上沉桩系统包括打桩船、运桩船、附属沉桩设施与辅助工作船等，其中以浮式起重船配合液压打桩锤+辅助工艺导向架为主要施工设备。

#### ✚ 管桩起吊、立桩等前期工作施工设计与船机设备配套规划

大型起重船在本工程基础沉桩施工中将承担大量的工作，前期管桩的起吊、立桩等内容全部由其完成，因此起重船的选型以满足单管桩起吊、立桩要求为标准。按照单管桩最大的结构特征（长度为 77m，桩重为 1418t）并考虑一定的安全操作要求，起重船应具有弦外吊距 40m 以上的条件下，吊高 96m 以上（海平面上），起重量在 1800t 及以上的船舶起重性能要求。目前此种大型的起重船只主要以浮式起重船为主，因此对于本工程拟选用的 2400t 及以上起重船为单桩沉桩的起吊设备。

本工程单桩基础施工配置的大型浮式起重船宜以全回转浮式起重船为主推方案，固定扒杆式起重船为备选方案。

#### 沉桩施工精度控制措施与相应配套构件

浮式起重船在完成管桩的吊立与空中翻身后，需要送入沉桩用龙口设施进行后续的沉桩施工作业，按照本工程单桩基础沉桩 3‰的精度控制，对龙口设施的细微调整与打桩过程中的稳定性提出了很高的要求。

龙口设施是打桩过程中主要控制管桩垂直精度的设施，因此稳定的龙口设施是沉桩施工精度控制的关键，龙口设施应在复杂海洋环境条件下仍然可维持稳定的操作平台，避免对沉桩施工最为影响的浪、流等海洋环境的冲击影响，宜采取管桩类固定式基础作为龙口设施的支撑。

辅助工艺定位导向架设施是整个沉桩施工中，技术难点最多、实施工艺最为复杂的设施，也是保证沉桩施工精度控制的关键内容。目前国际上通行的沉桩精度控制设施（包括龙口设施）为自升式平台船只。自升式海上移动平台目前主要作为海上施工作业操作平台进行自然条件恶劣的外海工程，其船体通过升降系统将桩腿伸入海底，当桩腿到达海底时，能将船身升离水面一定距离以承载船体重量，船只依靠桩腿与土体之间的相互作用而稳定，可抵抗风浪等海洋环境对船只的冲击而不动，为海上作业提供一个类似陆域环境的平稳工作平台，基本不受风、浪、潮流的影响，通过调节支腿的下放长度可在高低不平的海床上保持平衡稳定，在船只的船艏或中部船舷位置设置液压抱桩器等设施，形成以大型船只为载体的稳定龙口设施平台，在国外众多的单桩基础沉桩施工中，此种以自升式船只基础的稳定龙口设施平台得到了广泛使用，可实现单桩基础沉桩 3‰的精度控制要求。

本工程共设置 1 个打桩定位导向架。根据打桩软件的估算，液压打桩锤的有效锤击能量应不小于 2600kJ，根据此标准并结合市场锤型数量选择面广因素，推荐选择 MHU-3500S 型液压打桩锤作为首选锤型。

具体沉桩过程中，管桩可在自身重量的作用下插入海床一定深度，桩顶的液压打桩锤放置后，锤重亦可使单桩基础下沉一定的量。在正式打桩前，应采用小功率轻打，并在打桩过程中，随时监测桩身的垂直度，再逐步加大功率至额定功率打桩。在靠自重、锤重自沉一定深度以及开始打桩的初期，垂直度控制相对容易，且初期的垂直度控制对于控制桩身最终垂直度的敏感性非常大。一旦发现倾斜超过允许值，应停止沉桩，上拔，通过抱桩扶正装置进行纠偏。

### ③单桩施工

本工程 10.5MW 风机单桩基础中钢管桩沉桩直径为 8.5m~9.1m，壁厚 70mm~85mm，长度为 77m，桩重约为 1418t。

施工流程如下：

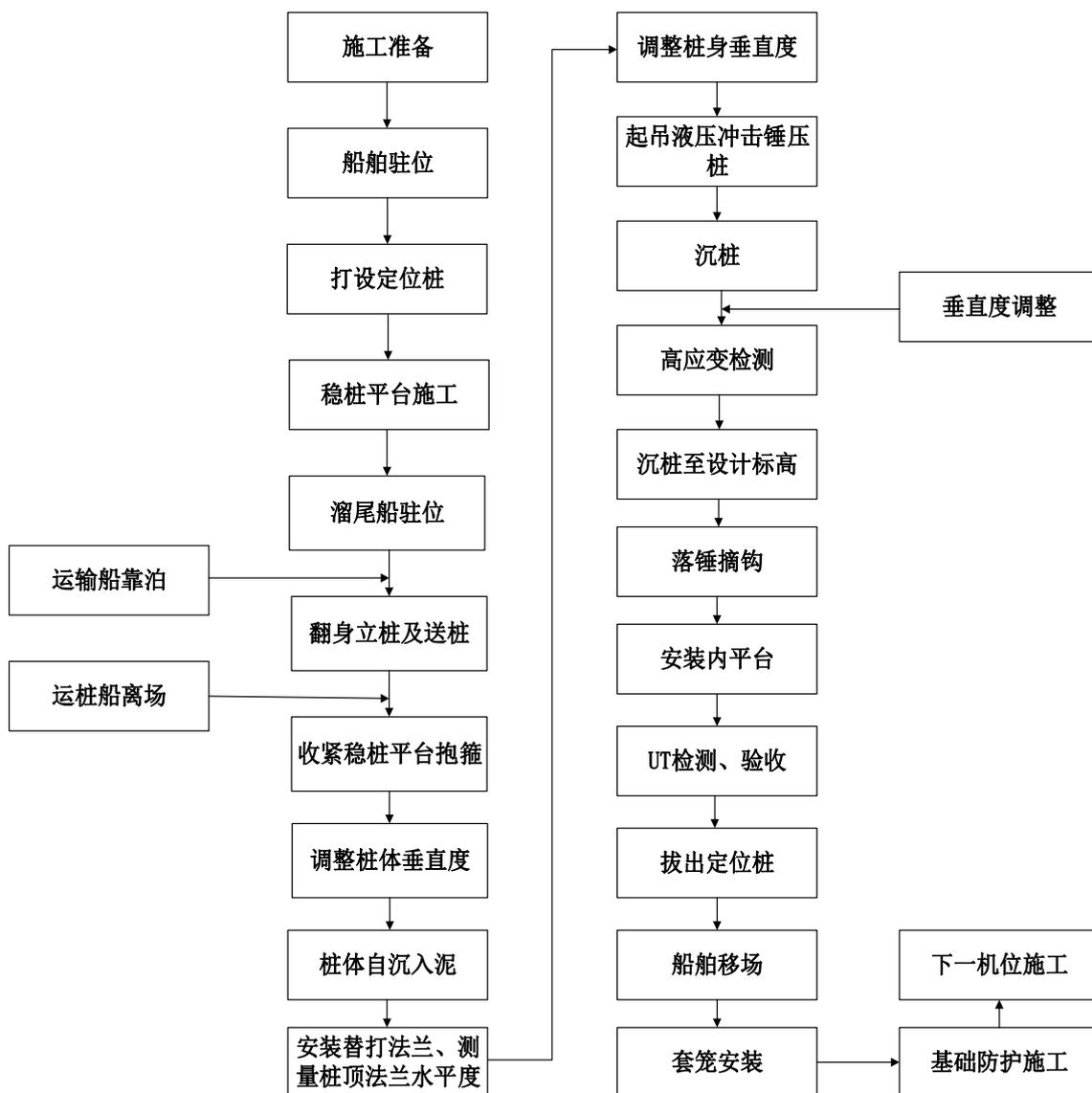


图3.1-5 单桩沉桩施工流程图

#### 船舶驻位

定位船船艏抛下八字锚，船艏抛下交叉锚，长度约为 500m。驻位完成后，主起重船与定位船一字驻位，船艏与船艏抛下八字锚，长度约为 500m。

溜尾船靠泊在定位船一侧，主起重船起吊振动锤进行打设定位桩工作，进行稳桩架提升、加固施工。

运输船进场时首先靠泊在溜尾船一侧，通过不断更换缆绳系挂系揽柱位置，将运输船缓缓靠泊至船尾碰触锚缆位置。

#### 抬桩

船舶进场驻位完成待现场人员检查确认无误后，主起重船通过绞收锚绳，将吊索具移至钢管桩主吊耳上方并松钩，双主钩通过平衡梁挂住桩顶位置环形吊耳，

溜尾船主钩悬挂管桩钳挂至桩底上。主吊船和辅助吊船同步起吊，当桩完全离开运桩船甲板大约 0.5m 时，暂停起吊，再次检查钢丝绳受力情况，无异常后继续起吊，当桩距离运桩船马鞍座 2m 时运桩船退出施工区域。

#### ✚ 立桩

运桩船退出后，两条起重船相互配合完成立桩。立桩完成后溜尾船继续下放吊钩，使钢丝绳不受力，溜尾卡钳从钢管桩上自动脱落。

#### ✚ 喂桩

主钩起吊钢管桩，通过绞锚移动将桩慢慢喂进抱桩器，桩进抱桩器的时机选择在水流平缓时进行。为避免钢管桩进入龙口后随涌浪晃动撞击千斤顶，造成千斤顶损伤和钢管桩自沉阶段垂直度偏差过大时方便起重船前后移船进行调整，喂桩时先顶进下层平台内侧两个千斤顶，待钢管桩入泥 1-2m，上部桩身趋于稳定后再将抱桩器合起顶进其它千斤顶。

#### ✚ 桩体自沉入泥

单桩入土后调整抱桩器上下两层的 8 个液压油缸，将钢管桩抱紧，组织测量人员采用 2 台经纬仪进行钢管桩垂直度控制，调整钢管桩的垂直度，使钢管桩垂直下沉。根据地勘静力触探图，通过理论公式计算钢管桩下沉至泥面以下深度，详细记录自沉入泥深度。

钢管桩进入龙口前，调节起重船缆绳使起重船轴线与稳桩平台轴线基本为一条线。同时起重船将钢桩缓缓喂入抱桩器，利用抱桩器平台上千斤顶位置及钢桩上预先设置的刻度线控制钢管桩的水平转角。

本阶段桩身垂直度主要观测上下层千斤顶段桩身垂直度。具体采用两台经纬仪同时观测，观测为切边观测，位置为直角方向的两个千斤顶位置对应的桩身。根据偏差量调整千斤顶，保证钢管桩垂直下沉。

#### ✚ 法兰水平度调整

钢管桩自沉稳定后，主起重船副钩起吊测量吊篮至桩顶，法兰盘水平度调整在自沉完毕后进行，主要目的是保证法兰水平度合格的情况下，测量出桩身偏差量，并作为后期沉桩观测基准。其调节主要分为桩顶法兰水平度调整和桩身初始偏差量的观测，桩顶法兰水平度调整是通过调整千斤顶减小桩顶法兰面高差。

#### ✚ 送桩器安装

钢管桩自沉稳定后，主起重船副钩起吊送桩器至桩顶进行安装，防止沉桩对法兰的伤害。

#### ✚ 吊锤沉桩

由主起重船主钩起吊液压冲击锤置于桩顶并进行套锤操作，溜尾船和克令吊全程辅助起吊液压冲击锤液压管路。

#### ✚ 钢管桩沉桩

压锤过程中，测量人员需实时观测桩身垂直度，发生异常立即起钩，停止压锤。调整完毕后，再进行压锤。

沉桩过程中应密切关注地质变化，当桩底标高接近软弱土层，必须减小锤击能量和频率，必要时采用单击或 2、3 连击，防止“溜桩”现象。

在沉桩过程中，当出现贯入度异常、桩身突然下降、过大倾斜、移位等不正常现象，应立即停止沉桩，并会同相关单位及时查明原因，以采取有效措施。在沉桩过程中配合桩基检测人员进行高应变检测，沉桩全过程记录并打印留存。

#### ✚ 内平台安装

沉桩结束后，起吊液压冲击锤吊离桩顶并放置在稳桩平台船液压冲击锤摆放专用工装上。将内平台吊放至支撑环板上，安装好各个部件，及时测定出法兰面水平度

#### ✚ 测量桩顶法兰水平度及 100%UT 无损检测

单桩沉桩完成后，及时测定出桩顶标高和桩身垂直度（法兰面水平度），对桩体顶法兰、顶法兰与桩体焊接区域进 100%UT 无损检验。拆除钢管桩顶部的替打法兰。

#### ✚ 拆除稳桩架

拆除稳桩平台前，在钢管桩上设置爆闪灯，防止船舶在恶劣天气下碰撞到钢管桩对其造成损坏。

#### ✚ 套笼制作及安装

套笼的制作场地设置在岸边，由于桩基的套笼较长，需在陆地分节加工，到现场拼装成完整的套笼，套笼制作完成后运输船运至现场，由浮吊安装套笼。

#### ④防冲刷施工

单桩基础冲刷坑修复、保护之前需进行地形扫测，扫测采用多波束双频测深仪扫测成图，为吹填修复工程量、现状地形、滩涂标高差、海缆路由图等提供精确数据。扫测时选择天气晴好、无风浪、无波浪的时段，并严格计算出潮高和潮时。

沉桩施工完成后，进行基础周边冲刷范围与深度的测量工作，出现冲刷坑时，根据实际情况先对冲坑进行填平，直至达到施工图纸规定的要求后才可以进行固化土吹填施工，经各方确认后才可以进行施工。

### 3.1.5.3 风机安装施工

#### (1) 风电机组安装方案

本工程采用海上支腿平台分体安装方案。

#### (2) 分体吊装方案

风机选择自升式平台船作为主要施工设备进行风机设备海上安装，自升式支腿平台船到达拟安装机位处后，完成桩腿预压、入泥下沉、顶升、平稳等工序后，船舶上升至海面以上形成稳定的操作平台，再进行风机各零散设备的组装工作。

##### ① 风机组件预拼装

为减少海上操作的时间，提高海上作业效率，风机设备可先在陆上进行部分部件的组装工作。本项目初步选择距离工程区域约 40km，场地为将军石作业区 103#码头基地作为预拼装基地。风机底节塔筒及内部电气设备在厂家出运码头预组装。首先，在码头布置底塔筒垂直预拼工装，先将下段塔筒起吊至塔筒下段的临时固定座上主吊与辅吊配合将塔筒竖起，拆卸辅助吊具，将塔筒吊至在临时固定座上，用螺栓固定牢靠。塔筒竖起之前确保塔筒表面完整、清洁；其次塔筒内部电控柜安装，底塔筒预拼完成后，加盖折叠式顶盖。确保塔筒预拼完成后存放、海上运输、现场吊装直至中塔覆盖之前，塔内电气始终处于防雨状态。基地预拼装和部件过驳采用 1000t 履带吊，200t 轮胎吊配合。

##### ② 风机部件场内运输

预拼装部件及其他散件采用 5000t 级别自航驳，海上运输距离约 22 海里。

##### ③ 风机安装

本工程风机设备采用分体安装，安装设备采用自升降式支腿平台船，配置有800t左右起重能力的全回转起重机。

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

风机吊装顺序是：底段塔筒→中下段塔筒→中上段塔筒→顶段塔筒→机舱→叶轮，其中叶轮组合体事先在平台船上拼装完成。如风机采用单叶片吊装，施工顺序是底段塔筒→中下段塔筒→中上段塔筒→顶段塔筒→机舱和轮毂组合体→单叶片吊装。

本工程 10.5MW 风机，最重的部件为机舱重约 340t，叶轮总重 265t，轮毂高度 142m（未计吊具吊绳等高度）；根据此吊装要求，选择额定起吊重量为 800t 左右，旋转中心变幅 40m，吊重 600t，吊高为甲板上 130m 以上工况的风机安装船，可满足 10.5MW 机舱的吊装要求。考虑到安装施工进度要求，本工程采用两艘自升式平台船。

风机安装流程图如下：

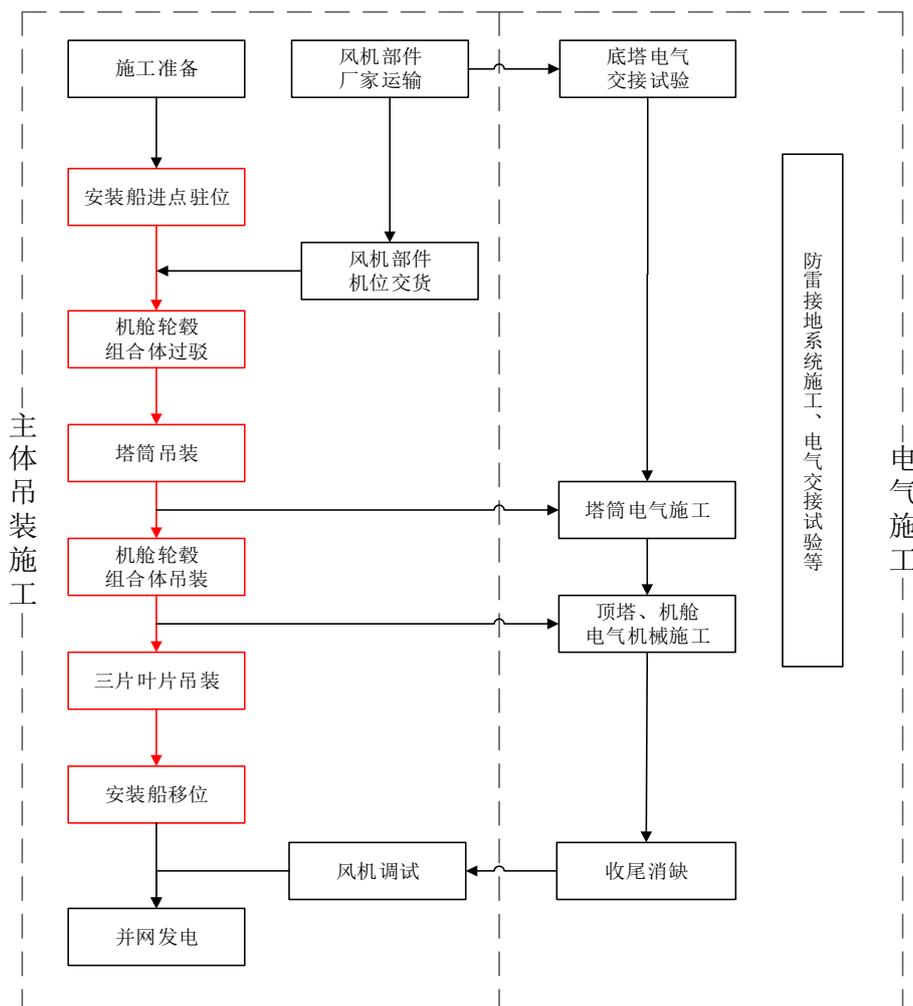


图3.1-6 风机安装施工流程图

在塔筒设备安装方面，应掌握安装期间工程区气象条件，以确保安装作业安全。安装时，先利用吊车提升下塔筒，慢慢将塔筒竖立，使塔筒的下端准确座落在基础的法兰钢管上，按设计要求连接法兰盘，做到牢固可靠。中塔筒、上塔筒的安装方法与下塔筒相同。风机上塔筒吊装完成后进行机舱吊装。

在风力发电机组安装方面，风速是影响风力发电机组安装的主要因素之一，当风速超过 $12\sim 14\text{m/s}$ 时，不允许安装风力发电机。在与当地气象部门密切联系的同时，现场设置风力观测站，以便现场施工人员作出可靠判断，确保风力发电机组安装顺利进行。机舱安装时，施工人员站在塔架平台上，利用吊机提升机舱，提起至安装高度后，再慢慢下落，机舱应完全座落在塔筒的法兰盘上，按设计要求连结法兰盘。所有安装作业完成并经验收合格后，移去施工设施，进行风力发电机组调试工作。

#### ④电气、警示系统安装

塔筒内的电缆、警示系统的电缆可在整个风机安装完毕后在塔筒内按设计要求路径敷设，在垂直方向每隔 1m 固定一次，同时做好首末两端、转弯电缆接点的固定。

#### 3.1.5.4 海缆敷设施工

##### (1) 海缆敷设

本项目电缆主要是连接风机与风机之间、风机与海上升压平台之间，计量点与陆上集控中心之间，66kV 海缆长度约 36.22km，由于海床为柔软的沉积淤泥层，根据锚重与投入淤泥层深度的关系，电缆埋深选择 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。往外海至-5m 等深线处，海缆正常施工，铺设速度控制在 1m/min；-5m 等深线以下，海底电缆铺设速度控制在 2m/min。

##### (2) 海缆施工船机设备

施工船组由海缆敷设船、拖轮、锚艇、工作艇组成。

##### (3) 敷设准备工作

敷设施工船在码头布置安装开沟犁系统，敷设施工船将开沟犁吊在船头扒杆上，连接管系及线路，放置泵系及抽水系统。

由起重船将电缆吊到施工船甲板上，固定电缆盘，并将电缆拉出，放妥于铺缆设备上。

施工船到达施工海域后，布置准备工场。

3.5m 埋设犁进行试验准备，其最大埋设深度可达到 3.5m，可埋设不同直径的通信电缆或电力电缆。

为确保施工作业过程中施工船舶、锚艇、拖轮以及水下埋设机和电缆的安全，需要在正式施工前对施工海域进行扫海作业。

扫海作业均为锚艇或拖轮，尾端系留专用扫海锚，宽度为 1.5m，在海缆施工路由上反复拖带，以清除海底障碍物。清除路由上特别是要求埋设段上，海床表层的废物及障碍，如与路由交越的钢缆或绳索，路由调查中提出的不明反应物，

以及其他有可能阻碍埋设施工的进行。扫海作业不包括已知的海底管线区域，防止造成意外损坏。

#### (4) 海底电缆敷设

66kV 海缆敷设区域主要为近海深水区域，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 20~40cm。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。

电缆敷设之后，在埋深少于 3m 处采用覆盖水泥压块或土工网装碎石的方式保护电缆。个别区域无法敷设或开沟深度浅时采用哈夫球铰减震型球墨铸铁海缆保护套管进行保护，海缆两端采用海缆铠装锚固装置对海缆钢丝铠装进行固定。

#### 3.1.5.4 施工机械设备

施工机械设备见下表。

表3.1-8 施工主要机械设备表

工序	序号	船机设备名称	单位	型号规格	数量	用途
单桩基础施工	1	起重船	艘	2400t 级	1	单桩起吊、就位、立桩
	2	起重船	艘	800t 级	1	辅助单桩起吊
	3	抱桩架	套	-	1	单桩沉桩用
	4	自航驳	艘	10000t 级	2	钢管桩运输
	5	液压锤	套	MHU-3500S	1	单桩沉桩用
	6	甲板驳	艘	10000t 级	1	升压站结构运输
	7	自航驳	艘	3000t 级	1	防冲刷物料运输
	8	振动锤	套	YZ-400B	1	辅助桩打拔桩
	9	主拖拖轮	艘	7000HP 及以上	1	拖运施工船舶、船只移位
	10	全回转拖轮	艘	4000HP 级	1	协助船舶移位
	11	抛锚艇	艘	4000HP	1	船舶抛锚
	12	补给船	艘	200t	1	淡水与生活、生产物资补给
	13	交通艇	艘	-	2	接送施工人员
风机安装施工	1	自升降式支腿平台船	艘	800t 及以上吊机	1	风机安装主作业船
	2	自航驳	艘	5000t-10000t	4	风机散件运输
	3	驳船	艘	10000t 载重量	1	风机安装老锚船

### 3 建设项目工程分析

	4	拖轮	艘	6000HP	1	主拖拖轮
	5	交通艇	艘	-	1	接送施工人员
	6	抛锚艇	艘	-	1	船舶抛锚
	7	柴油发电机	台	-	2	风机拼装应急电源
海缆 施工	1	海缆敷设船	艘	载重量 3000t 以上	1	66kV
	2	抛锚艇	艘		1	施工船抛锚
	3	拖轮	艘	4000HP	1	拖运施工船
	4	卷扬机	台	-	1	电缆牵引
	5	交通艇	艘	-	1	接送施工人员

#### 3.1.5.6 施工总体布置

##### (1) 总布置原则

①遵循“水下施工尽量转化为水上施工、水上施工尽量转化为陆上施工”的原则，进行施工总布置；

②根据工程特点，施工基地集中布置，现场施工逐点进行，各风机位置点打桩、安装等均依靠船只水上作业；

③施工基地应具有数千吨级以上码头及配备大型吊装和运输设备；

④基地内部场地应满足工程的运输、拼装要求；

⑤工程局部浅水区设计低潮位时水深约 15m 以上，施工设备的吃水深度满足水深要求；

⑥工程区域周边为航道，施工期间在施工区域周围设置浮筒，防止船只抛锚拉断周边电缆和管道。

##### (2) 料源选择

石料、水泥在大连庄河采购，砂料也在当地采购。将采购好的砂石料、水泥运至大连庄河港上船，然后在海上由混凝土搅拌船拌制。

##### (3) 施工基地选择与规划

钢结构加工、基础施工与风机安装施工方案均需要在陆域平稳环境下进行大量工作，以减少海上工作的时间与内容。

①施工基地内场地条件应满足管桩等钢构件、风机设备部件临时堆存的要求。

②根据初步选定的基础钢结构、风机设备等物资的运输来向与方式，施工基地应有良好的对外交通条件，并具备公路、水路等多种运输方式，对于进出港航道应满足大型船只正常运行的要求。

③根据风机预组装的要求，施工基地内应配置大型吊装和运输设备，并具备相应的水陆互换条件与配套设施。

④施工基地内配套设施齐全，可灵活方便布置其余临时设施。根据对施工基地的初步分析，其主要功能为风机设备预组装、设备部件临时堆存场地同时具备风机装卸功能，本阶段规划选择风电场周边符合施工要求的大型港口作为风电机设备拼装的场地，利用大型起重设备作为预组装的起吊工具。

在现有条件下，初步选择风机部件堆存、预组装施工场地为改装后的庄河港码头。

#### （4）施工临时设施布置

本项目共设置 1 个施工临时布置区，施工布置区设置在庄河港基地后方陆域，主要为风机设备临时堆场、拼装区与钢结构临时堆场、综合仓库及砂石料堆场等（花园口I海上风电场和花园口II海上风电场共用临时施工场地）。

施工布置区设置在庄河港码头基地后方场区内，主要设施有综合仓库、综合加工厂、风机设备堆场、风机部件组装场、钢结构临时堆场、电缆及工器具专用仓库、临时生活办公用房等。总建筑面积 2400m<sup>2</sup>，占地面积 20300m<sup>2</sup>。

#### （5）施工水、电供应

##### ①施工用水

工用水包括生产用水和生活用水两部分，考虑到本项目主要为钢结构施工、海上作业，施工高峰时段施工用水和生活用水强度不大，施工临时布置区生产生活区用水由庄河港自来水管网引接。海上作业区由施工船舶自带淡水，另外配备 1 艘专用运水船用于补给。

##### ②施工用电

工程用电为生产用电和生活用电，钢结构生产基地用电由基地直接供应，高峰用电为 600kW（不含船上自带发电机设备发电），其基地电压已经降为 380V，可以满足现场生产用电电压等级 380V 和生活用电 220V 的电压要求。施工临时布置区位于预制厂区，也直接采用基地自带电源，施工期需要容量约 200kW。海上

### 3 建设项目工程分析

施工临时用电，除了在使用多功能驳上的交流发电机组成自发电源，向本区域用电设备供电外。还自备 5 台 120kW 静音发电机为吊装体系运行、螺栓紧固等施工供电。

#### ③施工劳动力布置

施工期高峰人数为 220 人，平均人数为 170 人。

#### 3.1.5.7 施工总进度

花园口海上风电场（花园口I海上风电场和花园口II海上风电场）工程共 38 台风机。风机预组装与海上安装可同步施工，海上安装工程控制安装总工期。

项目拟于 2024 年 1 月开始进行准备工作，2024 年 12 月完成全部机组全容量并网发电。

第 1 月初承包人进点进行供水、供电、临时生产生活设施修建、测量基站建设、钢结构备料等施工准备工作。

第 3 月首批钢桩完成。

第 4 月首批单桩沉桩。

第 5 月开始风机安装施工，在海上逐台进行风机安装。第 7 月初开始 66kV 海缆敷设，第 10 月完成海缆敷设。第 10 月初完成首批风机调试、并网发电。

第 12 月完成全部机组全容量并网发电。

本项目 2024 年 4 月开始海上风机基础沉桩，2024 年 10 月首批风机发电，至 2024 年 12 月全部 21 台机组投产发电，工程竣工。

表3.1-9 施工作业总进度表

序号	项目节点名称	施工起止时间
1	承包人进点	第 1 月初
2	首批钢桩沉桩	第 4 个月
3	首台风机安装	第 5 个月
4	首批机组发电	第 10 月
5	全容量并网	第 12 月

### 3.1.6 工程用海情况

项目用海类型属于工业用海中的电力工业用海。申请用海的工程为风机、海上升压站基础和海底电缆，其中风机、升压站基础用海方式为构筑物中的透水构筑物，海底电缆用海方式为其他方式中的海底电缆管道。

申请用海总面积为 80.4643 公顷，其中，风机基础透水构筑物用海面积为 23.3835 公顷，66kV 场区海缆面积 57.0808 公顷。

工程涉海面积见表 3.1-10，申请用海期限为 26 年（施工期 1 年，运营期 25 年）。

表3.1-10 本项目各类用海面积

工程名称		用海方式		面积（公顷）
		一级	二级	
风机	单桩基础风机	构筑物	透水构筑物	23.3835
海底电缆	场区海底电缆管道	其他方式	海底电缆管道	57.0808
合计				80.4643

## 3.2 工程分析

### 3.2.1 生产工艺与产污分析

#### 3.2.1.1 施工期

##### （1）风机施工工序与产污分析

风机基础施工与吊装过程中海域主要污染环节为打桩时产生的噪声、废气悬浮物、施工船舶产生的含油废水、以及固体废物等，其中废气主要为施工机械产生的废气，固体废物主要为施工人员生活垃圾以及建筑垃圾等。

本工程风机基础采用沉桩施工方案。风机施工工序和产污环节见图 下图。

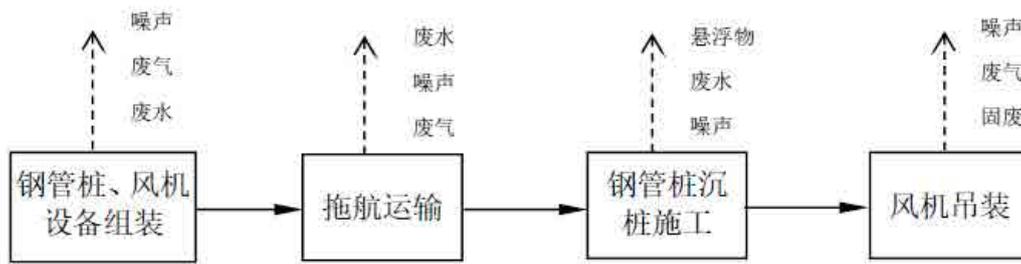


图3.2-1 风机施工主要工序及产污环节

(2) 海底电缆施工

海底电缆施工过程中主要污染环节为高压水和挖沟犁联合作用产生的悬浮物，此外还包括扫海清障碍产生的固体废物，施工船舶、运输船舶产生的燃油废气、噪声、含油废水等。

海底电缆施工工序和产污环节见下图施工工序和产污环节见下图。

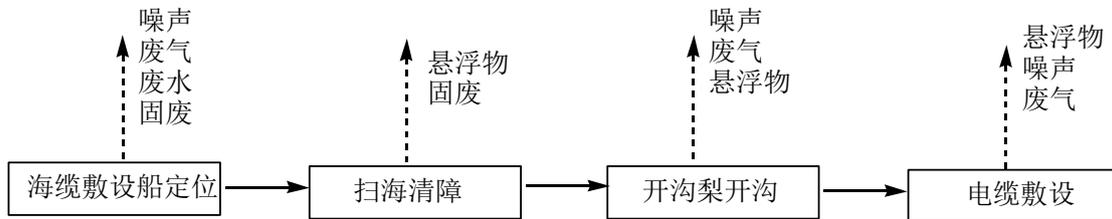


图3.2-2 海底电缆施工主要施工工序及产污环节

3.2.1.2 运营期

运营期风电场主要产污环节包括风机机组运行噪声、海底电缆输送产生的工频电磁场等，另外风机运行维护期产污环节主要有船舶污染物和噪声，以及风机维护维修的固废、污水。

风电场主运行行工序及产污环节见下图。

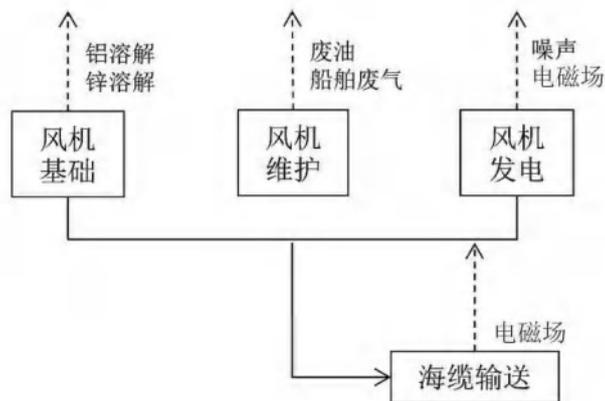


图3.2-3 风电场主要运行工序及产污环节

## 3.2.2 施工期影响因素分析

### 3.2.2.1 对水环境和沉积物环境影响

#### (1) 风机基础沉桩

本工程风机基础采用单桩沉桩型式共 21 台。每台风机基础采用 1 根单桩基础钢管桩（直径 8.5~9.1m，长度 77m，壁厚 70~85mm）作为基桩，桩基平均入土深度为 52m。

桩基沉桩施工振动会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。根据油罐桥梁桩基施工时实测资料，在钢管桩施工时会引起周围约 100m 半径范围捏悬浮泥沙增加（>10mg/L）。

工程钢管桩打入时产生的悬浮泥沙量参考桥墩施工源强计算方法，采取如下公示进行计算。

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

其中，M：桩基施工时产生的泥沙量；

D：钢管桩直径，根据施工方案本项目钢管桩直径为 9.1m；

d：钢管桩厚度，根据施工方案取最大厚度为 0.085m；

h：桩基深度，本项目风机钢管桩取平均入土深度值约为 52m；

$\rho$ ：覆盖层泥沙干容重，泥沙干容  $\gamma_d=1750D_{50}^{0.183}$  重按照公式计算， $D_{50}$  为风电场区泥沙中值粒径。根据表层沉积物粒度分析，表层沉积物中值粒径平均为 0.06 $\mu$ m，则表层泥沙干容重为 1046kg/m<sup>3</sup>。

n：泄漏量，取 5%。

根据施工设计和施工进度安排，每个桩打桩施工时间约 3 小时。根据上述计算公式，风机基础打桩施工产生的悬浮物源强为 0.6kg/s。

#### (2) 扫海清障作业

在海底电缆敷设前，对海底废弃缆线、渔网等障碍物进行扫海清除，扫海清障作业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。

#### (3) 电缆敷设

本工程主要为 66kV 海缆敷设区域，主要为近海深水区域，近海深水区域采用

开沟犁高压水冲埋的施工方式。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。

电缆敷设悬沙源强计算方法其计算公式如下：

$$\text{产生速率} = \text{搅动横截面积} \times \text{速度} \times \text{沉积物密度} \times \text{起沙率}$$

$$\text{产生量} = \text{搅动横截面积} \times \text{长度} \times \text{沉积物密度} \times \text{起沙率}$$

根据工程电缆施工方案，海缆埋深按 3m 计，开沟犁宽 20~40cm，横截面积约为 1.2m<sup>2</sup>，海缆敷设速度为 2m/min。根据同类工程类比，本项目起沙率取值 15%。本项目海域的泥沙干容重取 1085kg/m<sup>3</sup>。

由此计算得到 66kV 电缆施工的悬浮物源强为 6.51 kg/s。

#### (4) 施工污废水

##### ① 船舶污废水

风电场海上施工需动用较大量的海上施工船舶进行作业，施工过程中各类施工船舶将产生一定的船舶油污水和船上人员生活污水。

船舶油污水主要是拖轮、船舶及海缆敷设船等产生的残油、废油及机舱油污水，其主要污染因子为石油类。

施工船舶数量按施工高峰计算，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下表，本项目施工船舶油污水产生量为 20.14t/d，含油量根据规范可取 2000mg/L~20000mg/L，本次按平均浓度值计算，则石油类产生量为 221.54kg/d。船舶油污水由建设单位委托有资质的单位接收处理。

表3.2-1 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 (t/d·艘)	油污水产生总量 (t/d)
500	10	0.14	1.40
500~1000	3	0.21	0.63
1000~3000	3	0.54	1.62
3000~7000	3	1.39	4.17
7000~15000	4	3.08	12.32
合计			20.14

此外，施工期船舶作业人员生活污水产生量高峰期海上作业人员 110 人，海上施工人员生活用水量取 50L/人·d，废水产生量按用水量的 80% 计，则施工期海上

生活污水产生量为 $4.4\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水主要污染物浓度见下表，则 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、氨氮、SS 和动植物油的生产量分别为  $1.32\text{kg}/\text{d}$ 、 $0.66\text{kg}/\text{d}$ 、 $0.11\text{kg}/\text{d}$ 、 $0.66\text{kg}/\text{d}$  和  $0.13\text{kg}/\text{d}$ 。船舶生活污水禁止排海，经收集后统一运至岸上，经庄河港码头污水处理设施处理后达到辽宁省《污水综合排放标准》后，排入庄河港污水处理厂管网。

表3.2-2 海上生活污水主要污染物浓度

污染物名称	SS	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	$\text{BOD}_5$	氨氮	动植物油
浓度 (mg/L)	150	300	150	25	30

### ②陆上施工废水

陆上施工废水主要来自于施工基地所产生的各类机械冲洗废水和陆上施工人员的生活污水。机械冲洗废水主要含有悬浮物、石油类等污染物，施工基地机械冲洗废水量约  $1\text{m}^3/\text{d}$ 。参考有关资料，冲洗废水的 SS 约  $1000\sim 6000\text{mg}/\text{L}$ ，石油类约  $15\text{mg}/\text{L}$ ，浓度按最大值计算，则 SS 和石油类产生量分别约为  $6.0\text{kg}/\text{d}$  和  $0.015\text{kg}/\text{d}$ 。施工基地需设置隔油沉淀装置，冲洗废水采取隔油沉淀处理，废水处理系统产生的沉淀污泥应集中收集并交由有资质单位处理，出水用于施工场区和道路洒水，对陆域地表水环境基本不产生影响。

本项目施工高峰期陆上施工人数约 110 人，陆上施工人员生活用水量取  $100\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，废水产生量按用水量的 80% 计，产生的生活污水为  $80\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$  计，则施工基地产生的生活污水约  $8.8\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水主要污染物产生量见下表。施工基地设临时化粪池处理后市政清掏。

表3.2-3 陆上施工人员生活污水主要污染物产生量 (kg/d)

产生位置	SS	$\text{COD}_{\text{Cr}}$	$\text{BOD}_5$	氨氮	动植物油
施工基地	1.32	2.64	1.32	0.22	0.26

### 3.2.2.2 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、桩基础占用等对底栖生物生境的破坏。

#### (1) 对浮游动植物影响

工程风机桩基基础施工、海底电缆敷设施工都会引起海底泥沙再悬浮，在施工作业点周围水体中产生大量的悬浮物，形成一定范围的悬浮物高密度分布区域，从而引起水体悬浮物浓度增加，降低水体透光率，造成水体浮游植物生产力下降，对海洋生态系统带来影响。

#### (2) 对底栖生境的破坏影响

风电场风机基础打桩过程及固化土施工、海底电缆敷设施工均会对作业范围内的潮下带底栖生境造成直接破坏，进而引起潮下带底栖生物的损失。

##### ①海缆施工

本工程风机与风机之间、风机与海上升压平台之间采用 66kV 海底电缆，总长 36.22km。66kV 电缆海底主要位于近海深水区域，均位于潮下带。采用专业海底电缆敷设船配备高压射水埋设机进行敷埋施工，施工船依靠水利埋设机的开沟犁挖沟后敷设。考虑到挖沟犁在作业过程中回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底栖生境的影响宽度。电缆沟槽占用面积为 108660m<sup>2</sup>。

②由于桩基础沉桩后随着海流的往复运动，会对桩基础周围产生一定冲刷，固化土方案防冲刷方式，将具有流动性的固化土，通过泵送的方式直接打入管桩根部，并慢慢流散至指定位置，固化土有效半径>12m，则防护压占面积为 15904.73m<sup>2</sup>。

③重复计算面积：风机基础防冲刷临时占压面积与海缆施工扰动面积存在重复计算，重复计算面积为 1722.6m<sup>2</sup>。

综上本项目施工造成的潮下带生境临时压占面积为 122842.13m<sup>2</sup>，施工期该范围内的底栖生物将受到损害。

#### (3) 对渔业的影响

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。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)，海缆施工影响范围远远大于桩基打桩基础施工的影响范围，因此本报告中主要考虑海缆施工引起的悬浮泥沙扩散对海洋生态和渔业资源造成的影响。

#### (4) 水下噪声对鱼类的影响

钢管柱打桩及各类施工船舶航行会产生一定的水下噪声源强，水下噪声对海洋生物存在一定影响。本项目风机采用单桩，其最大直径为 9.1m，属于大型桩，在打桩作业时产生的噪声声压级约为 240dB，不同鱼类在不同声压级条件下会产生逃离、昏迷、死亡等的反映。

#### (5) 施工临时占海对渔业生产的影响

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

### 3.2.2.3 对陆生生态影响

本项目施工基地位于在庄河港码头基地后方场区内。本项目施工期对陆生生态的影响主要是对临时占地的影响。

工程施工期间，施工临时占地为港口用地。人类活动、交通运输工具、施工机械产生的噪声、灯光等可能对施工区域及周边的鸟类栖息、觅食产生一定影响，使施工区域及周边区域分布的鸟类迁移，导致数量减少、多样性降低。

### 3.2.2.4 对声环境影响

本项目施工噪声会对陆上及海上声环境产生影响，其中海上施工分别对水面声环境和水下声环境造成影响。

#### (1) 施工噪声源强

##### ①水面噪声

海上施工噪声污染源主要包括风机桩基施打、施工船舶行驶等。

##### 机桩基施打噪声

相对于其他噪声源，风机桩基施打产生的噪声污染最为明显，类别其他项目，打桩锤在配备隔声外壳后 7m 处的噪声级约为 85dB，噪声源强约为 102dB。

##### 船舶噪声

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。

参考《港口工程环境保护设计规范》(JTS149-1-2007)，船舶噪声源见下表。

表3.2-4 船舶噪声源强

声源名称	测点距离 (m)	等效A声级值 (dB)
1万吨机货船机舱	20	68.0~75.0
拖船 (昼间)	-	65.0
拖船顶推 (昼间)	-	67.5
船舶辅机	25	61.0

## ②水下噪声源强

施工水下噪声污染主要来自桩基施打和施工船舶辐射至水下产生的噪声，其中打桩噪声为主要噪声。桩基施打噪声源强取决于桩柱管径，根据国外风机工程打桩监测结果，直径4m以上钢管桩（一般是单桩）峰值声压级可达226~251dB。根据国外风机工程不同直径单管桩在打桩施工时水下噪声现场测量，表明其峰值声源级的变化范围为237~251dB/ $\mu$ P；且在直径4m以上时，声源级随管桩直径变化不明显。

本报告基于厦门大学课题组在我国海上风电场施工海域开展的施工期水下打桩噪声的类比监测数据，综述国内外相关研究基础上，评估花园口海上风电项目在施工期所产生的水下噪声源强，分析工程海域的声传播特性。

根据厦门大学课题组2018年9月对大连庄河III期海上风电场所采用的大直径（6.5m）单桩施工打桩噪声进行了水下噪声的现场监测。根据监测分析结果：该海域在钢管桩桩径为6.5m时进行的打桩施工，所产生的水下噪声均方根声源级为242dB/re1 $\mu$ Pa-m，声传播扩展损失系数约为23。根据厦门大学对福建莆田平海湾一期海上风点场高桩承台基础（钢管桩直径2.0m）的海上打桩噪声现场监测进行声源强评估，该海域在钢管桩桩径为2.0m时，均方根声源级为228dB/re1 $\mu$ Pa-m，声传播扩展损失系数为21~23。

同时参考厦门大学对港珠澳大桥直径2.0m钢管桩在珠海海域类似浅海水下施工中的噪声监测结果，打桩噪声（钢管桩直径2.0m）均方根声源级约为230dB/re1 $\mu$ Pa-m；在厦门五缘湾浅海域中小型桩（钢管桩管径70cm）声源级约200dB/re1 $\mu$ Pa-m。综合评估水下打桩施工所产生的噪声源强。

本项目风机单桩直径9.1m，根据源强分析的情况，单桩打桩噪声取250dB/re1 $\mu$ Pa-m。

### (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）。

#### 3.2.2.5 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，主要污染物包括NO<sub>x</sub>、CO、SO<sub>2</sub>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。

#### 3.2.2.6 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、扫海清障物和建筑垃圾。

本工程高峰时段月投入劳动力220人，其中海上平均施工人数110人，陆上施工110人。海上人员生活垃圾按每人每天产生量为0.5kg计，产生量为55kg/d；陆域施工生活垃圾按每人每天产生量为1.0kg计，产生量为110kg/d，共165kg/d。船舶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环卫部门处理。

海底电缆敷设前需进行扫海清障，障碍物主要为线缆、绳索、插网、渔网等，回收后上岸由环卫部门处理。

建筑垃圾主要来自各类建筑产生的剩余物料，共计约5t，建筑施工垃圾应集中堆放，及时清运。

#### 3.2.2.7 对通航环境影响

根据《国家电投大连市花园口I海风电项目通航安全影响分析报告》，根据该水域船舶公共航路及串岛航线现状和规划，本风电场水域内均无相应的航路及串岛航线经过，但根据水域船舶实际航行记录，在该水域，存在船舶由风电场东侧水域经过的情况，同时不排除有个别船舶由风电场水域穿过航行。

工程施工周期较长，占用水域面积较大，投入的施工设备较多，施工期间施工、运输船舶将往来穿梭于项目海域，造成海域船舶密度短期内加大，因此将对该海域通航造成一定的影响。

#### 3.2.2.8 溢油事故环境风险

本项目施工期最大环境风险为风机运输过程中船舶碰撞发生的溢油事故，施工期采用的最大吨位施工船舶为风机钢管桩运输采用的 10000t 级甲板驳船，经向相关船舶企业了解，在河口和近岸海域作业时考虑到燃油经济性，10000t 级运输驳油舱载油量约 100t 左右。因此考虑最大风险事故源强泄漏量为 100t。

一旦发生溢油事故，将对海水水质产生污染，对海洋生物及渔业资源造成损害，对海洋生态环境造成破坏，并降低各海洋环境敏感区的功能。

#### 3.2.2.9 施工期污染物排放汇总

施工期污染物排放汇总见下表。

表3.2-5 施工期主要污染物排放表

种类	污染源	污染物	产生量	消减量	排放量	备注
悬浮泥沙	风机基础沉桩	SS	0.6kg/s	0	0.6kg/s	随潮流扩散
	电缆敷设		6.51kg/s	0	6.51kg/s	
废水	船舶生活污水	废水量	8m <sup>3</sup> /d	8m <sup>3</sup> /d	0	统一运至陆上经化粪池处理后
		COD	2.4kg/d	2.4kg/d	0	
		BOD <sub>5</sub>	1.2kg/d	1.2kg/d	0	
		SS	1.2kg/d	1.2kg/d	0	
		氨氮	0.2 kg/d	0.2 kg/d	0	
		动植物油	0.24kg/d	0.24kg/d	0	
	船舶油污水	废水量	20.14t/d	20.14t/d	0	有资质单位处置
		石油类	0.015kg/d	221.54kg/d	0	
	施工基地机械冲洗废水	废水量	1m <sup>3</sup> /d	1m <sup>3</sup> /d	0	隔油沉淀处理
		SS	6.0kg/d	6.0kg/d	0	
		石油类	0.015kg/d	0.015kd/d	0	
	陆域生活污水	废水量	8.8m <sup>3</sup> /d	8.8m <sup>3</sup> /d	0	经化粪池处理，定期清掏
		COD	2.64kg/d	2.64kg/d	0	
		BOD <sub>5</sub>	1.32kg/d	1.32kg/d	0	
SS		1.32kg/d	1.32kg/d	0		
氨氮		0.22kg/d	0.22kg/d	0		
动植物油		0.26kg/d	0.26kg/d	0		
废气	各类施工船舶、车辆、机械设备	NO <sub>x</sub> 、CO、SO <sub>2</sub> 等	-	-	-	-
固体废物	船舶	生活垃圾	0.055t/d	0.055t/d	0	靠岸后定点集中收集，由环卫部门定时清运
	陆域	生活垃圾	0.165t/d	0.165t/d	0	集中收集后均由环卫部门定时清运
建筑垃圾		5t	5t	0		
噪声	海域	水上噪声	102dB(A)	/	102dB(A)	-
		水下噪声	251 dB(A)	/	251 dB(A)	-
	陆域	陆上噪声	75~90dB(A)	/	75~90dB(A)	-
溢油事故环境风险	施工船舶	石油类	100t/次	/	100t/次	-

### 3.2.3 营运期影响因素分析

风力发电的工艺流程是利用自然风能转变为机械能，再将机械能转变为电能

的过程。在生产过程中不消耗燃料，不产生污染物。

项目运行后集控中心日常工作人员为 30 人，共同管理花园口I和花园口II海上风电场，运行期集控中心及海上升压站污染物排放情况已在《国家电投花园口II海上风电项目环境影响报告书》中进行分析，不包含于本项目。

本项目运行期间对环境的影响主要表现为以下几个方面。

#### 3.2.3.1 海域水文动力影响

本项目建成后，风机墩柱在一定程度上改变了局部海底地形，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。

#### 3.2.3.2 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。

#### 3.2.3.3 水环境影响

##### (1) 船舶含油废水

本项目运营期设置一艘工作船，定期对风机进行维护和检查，根据《港口工程环境保护设计规范》（JTS149-1-2007）要求，工作船舱底油污水产生量为 $0.14\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{艘}$ ，工作船每年工作时长为 52d，则含油污水产生量为 $7.28\text{m}^3/\text{a}$ ，舱底油污水含油量取 $10000\text{mg/L}$ ，石油类污染物产生量为 $72.8\text{kg/a}$ ，经统一收集后运至陆上交有资质单位处置。

海上风电机组仅检修人员会产生少量生活污水。每年检修期约 52 天，生活用水量取 $50\text{L}/\text{人}\cdot\text{d}$ ，排污系数取 0.8，则此部分污水产生量为 $0.4\text{m}^3/\text{d}$ 、 $20.8\text{m}^3/\text{a}$ ，经统一收集后运至陆上交有资质单位处置。

##### (2) 牺牲阳极

工程运行期间，用于保护金属构筑物(如风机、升压站塔基)的牺牲阳极保护装置中的锌会释放到海水中，无其他污染物排放入海。工程推荐方案为单台单桩

基础，采用的牺牲阳极规格为：Al-Zn-In-Mg-Ti 合金牺牲阳极(HFAI-13)，具体见《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》(GB4948-2002)。牺牲阳极锌的含量约占 4%~7%。

根据工程设计，风机每台基础钢管桩防腐所需 AZI 高效铝合金阳极 24 块 (310kg/块)，风电牺牲阳极块重量约为 156.24t。阳极含锌量按最高含量 7.0% 计算，假设锌在使用年限 25 年内以离子态形式全部析出，其中 87% 的锌进入海水中计，则单台风机每年进入海水中的锌为 18.12kg。

参考《胶州湾东北部海水中锌的存在形态及其分布》，“近岸海域海水中的锌主要是以可溶性形态存在，平均含量约占总锌的 87% 左右，而颗粒态锌仅占 13% 左右”。颗粒态锌由岸边进入海水后，会逐渐沉降，工程牺牲阳极中释放的锌扩散后按 13.0% 沉降进入距离风机桩基不同距离的沉积物中计。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造成显著影响。

表3.2-6 牺牲阳极化学成分

化学元素	Zn	In	Mg	Ti	杂质最大含量			Al 余量
					Si	Fe	Cu	
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3.2-7 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

### 3.2.3.4 海洋沉积物环境影响

根据王怒昌等相关文献，近岸区海水中的锌主要是以可溶性形态存在，约占 87%，而颗粒态锌仅占 13.0%，颗粒态锌由岸边进入海水后，会逐渐沉降。工程牺牲阳极中释放的锌扩散后按 13.0% 沉降进入距离风机桩基不同距离的沉积物中计，则单台风机每年进入沉积物中锌为 2.71kg，对工程附近海洋沉积物中产生一定影响。

### 3.2.3.5 海洋生态和渔业资源影响

本项目运行期对海洋生态和渔业的影响主要来自于以下两方面。

#### (1) 基础占压影响

运行期，本项目风机基础会永久压占潮下带和潮间带生境，造成永久损失，21 台风机永久压占面积约 23.3835hm<sup>2</sup>。

#### (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主要来自风机运转产生的水下噪声水下输电线路产生的电磁场。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场也可能对海洋生物产生一定的影响。

#### (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面积缩小，在一定程度上降低渔业捕捞量，从而引起经济收入下降，对渔民的生产活动产生一定影响。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增加，对渔船和风机都存在一定的安全隐患。

### 3.2.3.6 鸟类影响

本项目运行后，风机运行噪声（包括低频噪声）可能对鸟类栖息、觅食造成困扰，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。

### 3.2.3.7 声环境影响

#### (1) 风机噪声

风电场营运期所产生的噪声主要来自于风力发电机内发电机、齿轮箱的机械噪声、叶片切割空气产生的噪声以及风向改变时风机偏航产生的噪声。叶片切割空气产生的噪声，其来源于流过叶片的气流和风能产生的尾流所形成，其强度取决于叶尖线速度和叶片的空气动力负荷，主要影响分为单机影响和机群影响。

根据辽宁省环境监测中心等单位近年来对国内辽宁、大连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在 105~110dB 之间。

#### (2) 水下噪声

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

本风电场区水深约为 10m~15m，海底地形较为平缓，声波在海底底质中传播将产生较大的声衰减，海底对声波将产生较小的反射和一定的吸收。根据国内外不同机型海上风电场实测资料分析，不同容量风机运行水下噪声的频谱级基本上都相似，只有少数数值的水下噪声在特定频段上的高于背景噪声 10~20dB/1 $\mu$ P，总体噪声谱级都在 120dB/1 $\mu$ P 以下。因此本项目水下总体噪声谱级按 120dB/1 $\mu$ P 考虑。

### 3.2.3.8 电磁环境影响

风电场区 66kV 集电电缆运行时对沿线电磁环境产生一定影响。

本工程所发电能通过 66kV 海底电缆接入 220kV 海上升压变电站，经变压器升压后经 2 回 220kV 海缆线路登陆后送出。本风电场海底电缆埋设于泥面以下 3m 处，电缆采用三芯铜导体交联聚乙烯绝缘分相铅套粗钢丝铠装纤维外被层光电复合海底电缆，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。

### 3.2.3.9 固体废物环境影响

项目运行期固体废物主要是维护人员生活垃圾，风机机组检修时产生的含油废物等。

#### (1) 生活垃圾

检修船工作人员 10 人，生活垃圾按照每人 0.5kg/d 估算，产生量为 5kg/d，每年工作时长为 52d，产生量为 260kg/a，垃圾随船携带，待船舶靠岸后运至岸上，由环卫部门处置。

#### (2) 危险废物

运行期风机日常维护将产生少量油渣、油垢、机修废油等。油渣、油垢、机修废油属于《国家危险废物名录》（2021 年）中“使用工业齿轮油进行机械设备

### 3 建设项目工程分析

润滑过程中产生的废润滑油”，编号为 HW08（900-217-08）。

类别相关工程，风电场运行期间平均油渣、油垢、机修废油等产生量为 30kg/a，委托有资质单位进行处置。

表3.2-8 项目危险废物产生情况汇总表

序号	固体废物名称	产生工序	形态	主要成分	固体废物判定
1	油渣、油垢、检修废油	电器设施检修保养	固态、液态	润滑油	是

表3.2-1 项目危险废物情况汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期
1	油渣、油垢等	HW08废矿物油	900-217-08	300kg/a	电器设施检修保养	固态	油渣、油垢等	油类	一年

#### 3.2.2.10 对通航环境影响

根据《国家电投大连市花园口 I 海风电项目通航安全影响分析报告》，根据该水域串岛航线现状及规划，本风电场水域均无相应的串岛航线经过，但根据水域实际情况及船舶的航行记录分析，在该水域存在客船紧邻风电场外侧水域经过的情况。

#### 3.2.3.11 营运期污染物排放汇总

营运期污染物排放汇总见下表。

表3.2-2 营运期主要污染物排放表

种类	污染源	污染物	产生量	消减量	排放量	备注
----	-----	-----	-----	-----	-----	----

废水	船舶含油污水	含油废水	7.28m <sup>3</sup> /a	7.28m <sup>3</sup> /a	0	有资质单位处置
	生活污水	含油废水	20.8m <sup>3</sup> /a	20.8m <sup>3</sup> /a	0	
噪声	风机运转水上 噪声	110dB(A)	0	110dB(A)	-	-
	水下噪声	120dB/1μP	0	120 dB/1μP	-	-
固体废物	危险废物	油渣、油垢、 检修废油	300kg/a	30kg/a	0	有资质单位处置
	检修人员生 活垃圾	生活垃圾	5kg/d	5kg/d	0	环卫处置
电磁辐射	海底电缆		-	-	-	-
沉积物、 水质	牺牲阳极	锌（水质）	18.12kg	0	18.12kg	-
		锌（沉积物）	2.71kg	0	2.71kg	0

## 4 环境现状调查与评价

### 4.1 自然环境现状调查

#### 4.1.1 地理位置

花园口工程场址位于辽宁省大连市庄河与长海之间海域，为《大连市海上风电场工程规报告》中的花园口I、II场址，距花园口经济区东南侧约 15km，石城岛西南侧约 11km，大长山岛东北侧约 12km。风电场走向与岸线基本平行，北界及西 北界基本沿 10m 等深线。风电场东西宽度约 20km，南北跨度约 15km，水深约 10m~15m。

大连市花园口 I 海上风电项目位于长海海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，水深约 11~16.5m，中心点离岸距离约 17km。

#### 4.1.2 地形地貌

##### (1) 地形地貌

拟建场址位于北黄海，距离辽东半岛海岸线 10-12km，水深（相对理论低潮面）小于 20m，海底地势由北向南倾斜，地形较平坦，起伏较小，平均坡度 0.06%，属水下岸坡地貌单元。场址西侧分布长山列岛，东侧分布石城岛、大王家岛、小王家岛，但对场址区内地形影响较小。

##### (2) 地基土构成与特征

本场地自海床面以下 90.40m 深度范围内岩、土层按其成因类型、岩土性质差异共分成 12 个大层，其中①~⑦层为覆盖层，⑧~⑫层为基岩。覆盖层中各大层根据沉积韵律的先后关系，细化出若干亚层及夹层。基岩根据岩性差别划分大层，各大层因风化程度不同，细分为 2-3 个亚层。主要地层情况如下：

##### A. 覆盖层

①淤泥层：青灰~褐灰色，饱和，流塑，手感滑腻，有腥味，混少量粉土团块，偶有贝壳碎屑，土质均匀，高压缩性。

②<sub>1</sub>粘土：灰黄色为主，局部灰、深灰色，湿，可塑，夹较多薄层粉土或粉砂，土质不均匀，中等偏高压缩性。

②<sub>2</sub>粉质粘土，褐黄色为主，局部灰黄色，湿，硬可塑状，土质极不均匀，多砂土团块、夹层，混褐红色氧化物条带、灰白色粘土条带。

②<sub>3</sub>粉质粘土，灰黄~绿灰~黑灰色，湿，软塑~软可塑，土质不均匀，粉粒含量较高，局部夹中密状细砂透镜体，厚度在0.5m左右，高压缩性。

②<sub>4</sub>中砂层：灰色，饱和，密实，砂质均匀，级配不良，含少量粉粒，颗粒多为石英矿物，磨圆一般，中密~密实，低压缩性。

③<sub>1</sub>粉砂层：灰~灰黄色，饱和，密实为主，局部中密，砂质较均匀，分选性较好，级配不良，颗粒以石英矿物为主，多云母碎屑，含少量粘粉粒，局部夹中砂薄层，低压缩。

③<sub>2</sub>中砂层：灰黄~灰白色，饱和，密实，砂质均匀，级配不良，颗粒为石英矿物，磨圆较差，厚度变化较大，低压缩性土。

③<sub>1t</sub>粉质粘土层：褐灰~灰黑色，湿，硬可塑，土质较均匀，水平层理发育，切面较光滑，中等偏高压缩性。

③<sub>2t</sub>粉质粘土层：深灰~绿灰色，湿~很湿，软可塑，土质均匀性差，局部粉砂含量较高，切面粗糙，局部夹灰绿色可塑状粘土薄层，高压缩性土。

④<sub>1</sub>粘土层：灰黄~棕黄~褐黄色，湿，可塑为主，局部为硬塑，土质较均匀，切面光滑，局部区域在该层有褐灰、灰绿色粉质粘土、粉砂夹层，有干缩开裂现象，干强度高，中等压缩性。

④<sub>2</sub>粉质粘土层：棕黄~黄灰~绿灰色，湿，可塑为主，均匀性差异较大，部分区域粉、细砂含量较高，层底有薄层灰绿色密实粉砂薄层，中等偏高压缩性。

④<sub>3</sub>中砂层：棕黄~灰黄色，饱和，密实，砂质较均匀，级配不良，颗粒为石英矿物，磨圆良好，低压缩性。

④<sub>4</sub>粗砂层：灰黄色，饱和，密实，砂质较均匀，级配不良，颗粒为石英矿物，磨圆一般，低压缩性。

⑤<sub>1</sub>混卵石粉质粘土层：褐黄色，湿，可塑，土质极不均匀，混大量卵石，约

占全质量的 25%，粒径 20-55mm，为石英矿物，磨圆良好，无胶结，属中等压缩性。

⑤<sub>2</sub>混卵石粗砂层：褐黄~灰色，饱和，密实，砂质不均匀，该层上部混大量卵石，约占全质量 20%，下部灰色粗砂较均匀，低压缩性。

⑥残积土层：褐红~棕黄，湿，可塑，土质较均匀，切面光滑，混少量强风化圆砾，干强度高，属中等偏高压缩性。

⑦溶洞充填物：棕红色，湿，可塑，土质不均匀，混石灰岩、砂岩强风化碎屑，切面较光滑，高压缩性。

#### B.基岩

⑧<sub>1</sub>强风化泥岩：暗红~暗紫色，饱和，层状构造，泥质结构，部分结构面锈膜覆盖，岩心呈碎块状，强度极低，用指甲可刻划。

⑧<sub>2</sub>中风化泥岩：暗紫色，饱和，泥质结构，层状构造，失水后沿层理面开裂严重，岩心呈短柱状，岩体破碎。

⑨<sub>1</sub>全风化粗砂岩：灰黑色，原岩结构基本不可见，岩心呈粗砂状，含少量圆砾，密实，偶有碎块状岩心，残留有原岩结构。

⑨<sub>2</sub>强风化粗砂岩：灰色，饱和，原岩结构可见，中粗粒结构，钙硅质胶结，层状构造，岩心呈碎块状，岩心采取率较低，锤击不易碎，陡立结构面发育，未见充填物。

⑨<sub>3</sub>中风化粗砂岩：灰白色，饱和，原岩结构可见，中粗粒结构，钙硅质胶结，中粗砂颗粒磨圆良好，陡立结构面发育，岩心呈短柱状，岩体破碎。

⑩<sub>2</sub>强风化泥质粉砂岩：灰黄~灰色，饱和，原岩结构局部残留，粉粒结构，层状构造，泥质胶结，指甲可刻划，钻进研磨后成灰黄色粘性土状。岩心呈碎块、碎屑状。

⑩<sub>3</sub>中风化泥质粉砂岩：暗红~青灰色，饱和，原岩结构明显，粉粒结构，泥质胶结，薄层状构造，局部有粗砂斑块，用小刀可刮刻，产状呈水平状，锤击易碎，失水后沿层理面开裂。

⑪<sub>3</sub>中风化粉砂岩：青灰色，饱和，原岩结构清晰可见，粉细粒结构，硅钙质胶结，薄层构造，锤击声较脆，强度较高。

⑫中风化石灰岩：青灰色，饱和，原岩结构清晰可见，与稀盐酸起泡强烈，

隐晶~微晶结构，层状构造，方解石脉分布较多，陡立结构面发育，局部可见溶蚀痕迹。

### 4.1.3 气象气候

#### 4.1.3.1 气象概况

项目所处区域为北半球的暖温带地区，具有海洋性特点的暖温带大陆性季风气候，是东北地区最温暖的地方，冬无严寒，夏无酷暑，四季分明。

长海气象站为国家基准气象站，临近黄海海域，1959年6月建站，现位于北纬39°16'N，东经122°35'E，高程为52.3m。

庄河气象站是国家基本气象站，于1954年建站，现址位于北纬39°42'45"，东经122°57'12"，高程为34.8m。

根据长海气象观测站多年观测资料统计，多年平均气温为10.5℃，多年极端最高气温为35.4℃，多年极端最低气温为-21.7℃，多年平均气压为1012.6hpa，多年平均水汽压为11.5hpa，多年平均相对湿度为70%，多年平均降水量为611.8mm，多年平均雷暴天数为20.9d，多年平均大雾日数61.5d。主要气象要素特征值见表4.1.3-1。

表 4.1.3-1 长海县气象站气象项目统计

	统计项目	单位	指标	出现时间
气温	多年平均	℃	10.5	-
	多年极端最高	℃	35.4	1997.07.27
	多年极端最低	℃	-21.7	1987.1.13
湿度	多年平均气压	hpa	1012.6	-
	多年平均水汽压	hpa	11.5	-
	多年平均相对湿度	%	70	-
降水量	多年平均降水量	mm	611.8	-
	实测最大	m/s	27	1987.08.27
极端风速	相应风向	/	S	-
特殊性天气	平均雷暴	d	20.9	-
	平均雾天	d	61.5	-
	最大积雪深度	cm	17	1990.01.29

根据收集到的庄河气象站多年数据资料，多年平均气温为9.4℃，多年极端最

高气温为 36℃，多年极端最低气温为-28.1℃，多年平均气压为 1012.1hpa，多年平均相对湿度为 69%，多年平均降水量为 736.1mm，平均风速 3m/s，极大风速 31.7m/s，主导风向 NE 和 W，多年平均雷暴天数为 34.1d，多年平均大雾日数 46.2d，平均大风天数 14.5d，最大积雪深度 25cm。主要气象要素特征值见表 4.1.3-2。

表 4.1.3-2 庄河气象站气象项目统计

统计项目		单位	指标	出现时间
气温	多年平均	℃	℃	9.3
	多年极端最高	℃	℃	36
	多年极端最低	℃	℃	-28.1
湿度	多年平均气压	hpa	hpa	1012.1
	多年平均相对湿度	hpa	%	69
	多年平均降水量	%	mm	736.1
降水量	平均风速	mm	m/s	3
	极大风速	m/s	m/s	31.7
极端风速	主导风向	/	/	NE、W
特殊性天气	平均雷暴	d	d	34.1
	平均雾天	d	d	46.2
	平均积雪	cm	d	26.9
	平均大风	d	14.5	平均大风
	最大积雪深度	cm	25	最大积雪深度

#### 4.1.3.2 风况

##### (1) 长海县

长海气象站多年平均风速为 4.1m/s，年平均风速呈减小的趋势。从气象站的年内变化看，冬春季风速较大，10-12 月为大风月，夏季风速较小，6-8 月为小风月。统计多年平均各风向频率，主导风向为 N，占 14%，其次为 NNW，占 9%。

表 4.1.3-3 长海气象站多年各月平均风速统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
多年平均	4.4	4.3	4.3	4.2	3.8	3.3	3.4	3.3	3.8	4.5	4.9	4.6	4.1

表 4.1.3-4 长海气象站年平均各风向频率

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	14	5	6	4	3	3	5	5
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	7	7	8	5	4	4	8	9



图 4.1.3-1 长海市气象站多年风向玫瑰图 (单位: %)

## (2) 庄河

### ①月平均风速

庄河气象站月平均风速如表 4.1.3-5，4 月平均风速最大（3.1 米/秒），9 月风速最小（2.0 米/秒）。

表 4.1.3-5 庄河气象站月平均风速统计 单位: m/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均风速	2.1	2.3	2.7	3.1	2.8	2.4	2.3	2.1	2.0	2.3	2.3	2.2

### ②风向特征

近 20 年资料分析的风向玫瑰图如下图所示，庄河气象站主要风向为 ENE、WNW、W、NW、NE、E、NNW 占 54.6%，其中以 ENE 为主风向，占到全年 9.5% 左右。

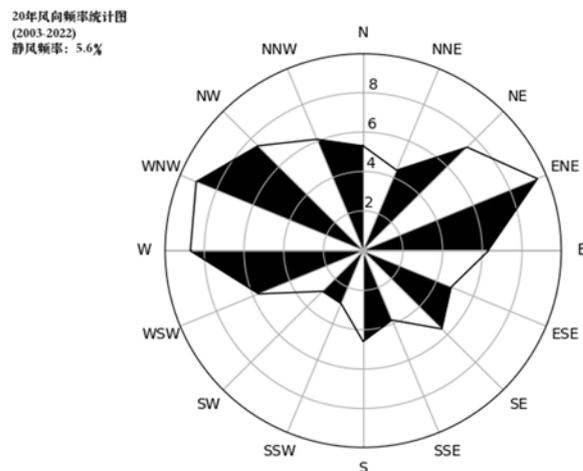


图 4.1.3-2 庄河风向玫瑰图 (静风频率 5.6%)

表 4.1.3-6 庄河气象站年风向频率统计 单位：(%)

风向	N	NN E	NE	ENE	E	ES E	SE	SS E	S	SS W	SW	WS W	W	WN W	NW	NN W	C
频率	5.3	4.4	7.4	9.5	6.3	4.8	5.6	3.8	4.6	2.9	2.9	5.7	8.7	9.1	7.5	6.1	5.6

## 4.1.4 海洋资源

### 4.1.4.1 岸线资源

长海县陆域面积 119km<sup>2</sup>，县辖海域面积 10324 km<sup>2</sup>，海岸线长 359km，海岸线曲折且港湾众多。

庄河市拥有海岸线 285km（含大连花园口经济区岸线 38.4km），其中陆域岸线 215km，岛屿岸线 70km。宜岸线资源丰富，可用于临港产业开发的港口和产业岸线 100 多 km。

### 4.1.4.2 海岛资源

长山岛群由 113 个海岛（礁）组成，其中海岛 61 个，礁 52 个；有居民海岛 8 个，无居民海岛 53 个，无居民海岛均大于 500 平方米。有居民海岛分别为大长山岛、哈仙岛、塞里岛、小长山岛、耙蛸岛、乌蟒岛、珠砂坨子、波螺坨子；无居民海岛分别为水坨子、鸳鸯坨子、北坨子、大黄礁、礁流岛、英二坨子、英三坨子、英大坨子、灰坨子、螺头石等。

庄河市共有群岛 1 个，海岛 130 个，低潮高地 80 个。其中，石城岛群位于庄河市东南部海域，地理坐标为北纬 39°26.0'~39°34.0'、东经 122°55.0'~123°08.0'，属近岸岛群，距陆地最近约 7 千米。最高点位于石城岛的石城山，海拔 224.72 米。石城岛群整体呈北西-南东走向，包含海岛（礁）46 个，其中有居民海岛 5 个，包括石城岛、大王家岛、寿龙岛、元宝坨子岛、长坨子岛，无居民海岛（礁）41 个。石城岛群的 46 个海岛（礁）中，隶属石城乡的有 17 个，隶属王家镇的有 29 个。蛤蜊岛位于兰店乡磨石房村南海域、庄河入海口东侧，岛陆面积 4600m<sup>2</sup>，距岸 1.03 海里，海拔 115.2m。此外，其周边还有大坨子、二坨子、白坨子等众多规

模较小的岛礁。

#### 4.1.4.3 海洋生物资源

长海县属湿润季风气候区，四季分明，冬暖夏凉。海域广阔，海岸绵长曲折，海湾、水道、滩涂和渔场众多，有适宜浮筏养殖海域 2 万多公顷，适宜海参、鲍鱼等海珍品及贝类放流增殖的潮下带 8 万多公顷，适宜鱼类放流增殖的潮下带 9 万公顷。鱼、虾、蟹、贝、藻类海洋生物资源丰富，素有天然鱼仓之美誉，拥有各种经济鱼类近百种，可食用藻类数十种，经济贝类十几种，尤以盛产优质刺参、皱纹盘鲍等海珍品闻名海内外。

庄河市海域水质肥沃，初级生产力较高，是鱼、虾、贝等多种生物生存的良好场所，海洋生物资源丰富，是辽宁省第一大渔业县，也是我国北方地区最重要的渔业生产基地之一。近海生物资源可分为近海鱼类、潮下带底栖生物、低潮线附近生物类和滩涂贝类。其中鱼类主要有鲆鲽类、鳕、鲉、鳕鱼、小黄鱼、马鲛等，潮滩生物种类繁多。

#### 4.1.4.4 港口资源

大长山岛海湾众多，如棠梨沟湾、腊树沟湾、菜园子湾、山西套湾、金场湾等，水深适宜，水况平稳，避风条件好，港口资源丰富，通航时间长。岛北岸距大陆近，菜园子一带岸线距大陆皮口港仅 15km。南岸四块石港距皮口 33km。岛北岸南向风浪受到阻拦，港口掩护条件好，但冰冻和流冰冬季时有发生。南岸很多港湾，虽然风浪稍大，但面向开阔海洋，可建规模稍大的港口。较大港口是四块石港和鸳鸯港。此外，还有金蟾港码头、棠梨沟码头、金盆港码头。

庄河海岸线绵延曲折，形成许多可供开发的深水岸线港湾、航道和锚地，港址资源较丰富，自然港口较多，尤其石城岛东部海域拥有 10~30 米深水岸线，具备建设中型港口的条件。以庄河港、石城港等为主体的地方性骨干港，连接国内外众多港口，成为东 西南海上联运线。

#### 4.1.4.5 旅游资源

长海县属暖温带季风气候，海洋性特征突出，岛上四季分明，拥有宜人的海

岛气候，不可再生的海积、海蚀地貌景观遍布诸岛，拥有黄海区域最好的海水水质、国家一级标准的大气环境和 60% 的森林覆盖率，是东北地区海洋旅游资源最为丰富的地区，已被确定为国家级海岛森林公园、国家级海钓基地和省级风景名胜。岛上气候温暖，冬无严寒，夏无酷暑，气候宜人。境内诸岛海水环绕，环境优美，风光秀丽。小长山岛的狮子石、大长山岛的“万年古船”及“美人礁”等 60 余处自然景观，在大陆沿海均属罕见。岛上林木茂盛，空气清新，奇礁异石千姿百态，沿岸海水洁净，是天然浴场。是避暑、旅游、疗养的境地。

庄河是中国优秀旅游城市，旅游资源丰富，集海、河、湖、山、岛、林、城于一体，人文古迹与自然景观兼备，种类齐全、特色鲜明。南部沿海地区风景秀丽，北部群山重峦叠嶂，现已形成北部山区以冰峪沟旅游区和步云山温泉度假区为龙头、中部丘陵以城山古城区为中心、南部沿海以蛤蜊岛和黑岛度假村为重点的三大旅游观光带。石城、王家岛划归庄河后，形成了以石城岛、王家岛、黑岛与蛤蜊岛等为中心的特色海洋景观，与陆上仙人洞、冰峪沟风景区为主的山岳型自然景观遥相呼应，具有良好的发展前景。

#### 4.1.4.6 主要经济鱼类和“三场一通道”

工程附近海域主要的洄游性经济海洋生物有蓝点马鲛、日本鲈、带鱼、小黄鱼、中国对虾等。这一类型的生物对温度、盐度的适应性较强，既有暖温性种，也有暖水性种。产卵场分布于河口、湾和岛屿附近的浅水区。每一鱼种的产卵场少则数处，多则十余处。索饵场位于产卵场附近的浅海，范围较大。越冬场范围北自黄海洼地-济州岛西南，顺沿 60~100m 等深线，甚至向西南抵达台湾海峡。每一鱼种越冬场数目少则二处，多则三处。各越冬场的鱼群基本上形成较稳定的群系。洄游季节性显著，洄游路线较长。

##### 4.1.4.6.1 蓝点马鲛

###### (1) 形态特征

蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*)，俗称马鲛、鲅鱼。隶属于硬骨鱼纲、鲈形目、鲅鱼科。体呈长纺锤形，侧扁。口大，前位。齿扁三角形。背鳍 2 个，第一背鳍棘 19~20 个。体高小于头长。在第二背鳍和臀鳍后个有 8~9 个小鳍。侧

线完全，呈不规则波浪状。尾柄基部两侧各有 3 个隆起嵴。尾鳍叉形。体被小圆鳞。体背部蓝黑色，有数列深色圆斑点；腹部银白色。叉长一般在 25~50cm，大者可达 1m 以上。

#### (2) 生活习性

近海中上层洄游性鱼类。性凶猛。游动迅速。主食鱼类、甲壳类等。每年 4~6 月份为产卵期。1 龄开始性成熟。生长速度较快，1 龄叉长 42cm，2 龄 54cm 左右。肉细嫩，味道鲜美。可炖、烤、生吃或制干品。冬季味道最佳。产量较高，中国重要经济鱼类。

#### (3) 分布范围

分布范围较广，中国、朝鲜半岛、日本和澳大利亚等海域均有分布。中国主要分布在渤海、黄海和东海，主要产地在辽宁、山东、浙江等省沿海。

#### (4) “三场一通道”分布及和项目关系

蓝点马鲛在中国近海水域的越冬场有两处：一处是在黄海东南部外海海域（32 马鲛在中国近海水域的越冬，124 鲛在中国近海水域的越冬场有）；另一处是在东海的外海海域（28 另一处是在东海的外海海域（123 一处是在东海的外海海域（场有），主要的越冬期为 1~2 月。黄、渤海种群：越冬场主要在沙外和江外渔场，从越冬场经大沙渔场，四月下旬由东南抵达 33 黄、渤海~34 黄、渤海种、122、渤海种~123、渤海种群范围的江苏射阳河口东部海域后，一路鱼群游向西北，进入海州湾和山东半岛南岸各产卵场，产卵期在 5~6 月。主群则沿 122 群则沿阳河北上，首批鱼群四月底越过山东高角，向西进入烟威近海产卵场以及渤海的莱州湾、辽东湾、渤海湾及滦河口等主要产卵场，产卵期为 5~6 月。在山东高角处主群的另一支继续北上，抵达黄海北部的又一重要产卵场海洋岛渔场，产卵期为 5 月中到 6 月初。每年 9 月上旬前后，鱼群开始陆续游离渤海，9 月中旬黄海索饵群体主要集中在烟威、海洋岛及连青石渔场，10 月上、中旬，主群向东南移动经海州湾外围海域，汇同海州湾内索饵鱼群在 11 月上旬迅速向东南洄游，经大沙渔场的西北部返回沙外及江外渔场越冬。蓝点马鲛在一般 5~6 月进入海洋岛渔场进行产卵。

本工程风机建设海域位于蓝点马鲛北黄海的产卵场和索饵场北侧（见图 4.1.4-1），与其主要的产卵场、洄游路线有一定距离，与索饵场较近，建设过程不会对蓝点马鲛的产卵、索饵和洄游产生明显不利影响

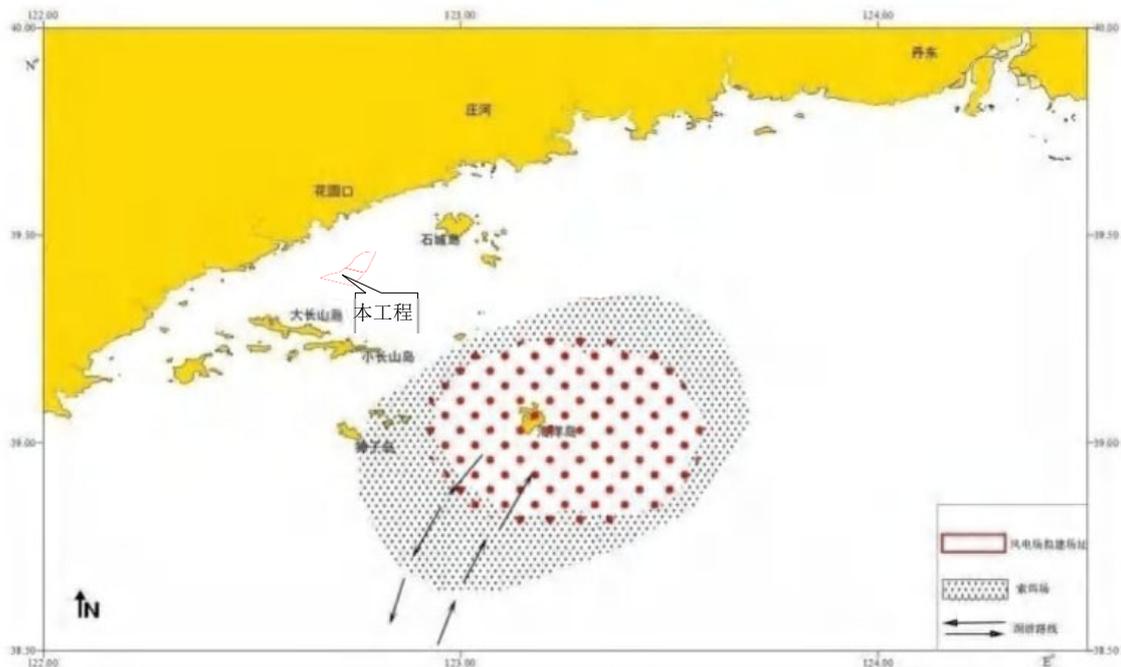


图 4.1.4-1 工程与蓝点马鲛“三场一通道”的位置关系

#### 4.1.4.6.2 日本鲈

##### (1) 形态特征

日本鲈 (*Pneumatophorus japonicus*), 俗称鲈巴鱼、青占、日本鲈。属于硬骨鱼纲、鲈形目、鲈科。体呈纺锤形, 粗壮。口大, 前位。牙细小。眼大, 脂眼睑发达。背鳍 2 个, 分离。第 2 背鳍和臀鳍后各有 5 个小鳍。尾柄细, 尾柄基部两侧各有隆起脊 2 个。尾鳍叉形。体背部青绿色, 有不规则蓝色斑纹; 腹部银白色, 无黑色斑点。叉长一般在 20~40cm。

##### (2) 生活习性

暖温性中上层鱼类。游动能力强, 能做较远距离洄游。有趋光性。喜结群。主食浮游甲壳类和鱼类。每年 5~7 月为产卵期。1 龄 (叉长 26cm 左右) 开始性成熟, 2 龄 33cm 左右。

##### (3) 分布范围

日本鲈为我国重要的中上层经济鱼类之一, 此种鱼类分布广。太平洋西部近海均有分布。我国主要在海洋岛、连青石、钓鱼岛、大沙及沙外等渔场有分布, 渔期一般春汛为 4~7 月份; 秋汛为 9~12 月份。南海沿海全年都可捕捞。

##### (4) “三场一通道” 分布及和项目关系

日本鲈的黄渤海区鲈鱼的主要产卵场有 3 个，即海洋渔场、烟威外海和黄海中部到各产卵场。日本鲈的在黄海北部的洄游路线、产卵及索饵场与蓝点马鲛基本相同，产卵时间也是 5~6 月。

工程风机建设海域位于日本鲈北黄海的产卵场和索饵场北侧（见图 4.1.4-2），与其主要的产卵场、索饵场和洄游路线有一定距离，建设过程不会对日本鲈的产卵、索饵和洄游产生不利影响。

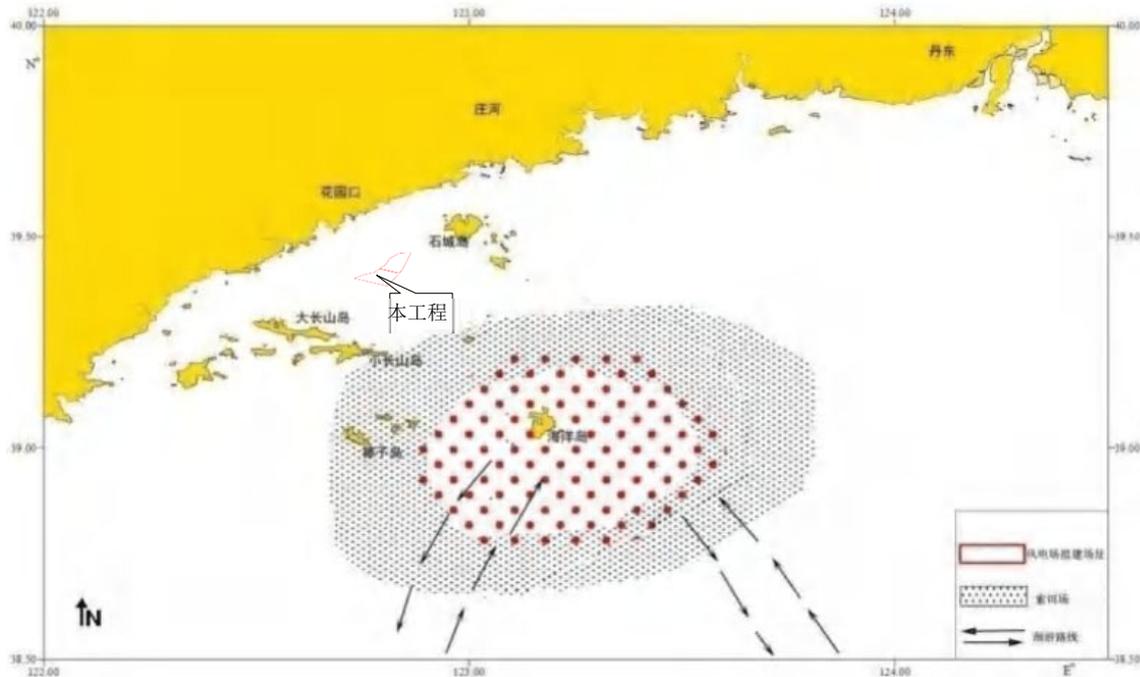


图 4.1.4-2 工程与日本鲈“三场一通道”的位置关系

#### 4.1.4.6.3 带鱼

##### (1) 形态特征

带鱼 (*Trichiurus haumela*), 俗称刀鱼。隶属于硬骨鱼纲, 鲈形目, 带鱼科。体延长, 甚侧扁, 呈带状。上颌前方有倒钩状犬牙 2 对。上下颌两侧牙扁尖。下颌较上颌长。眼间隔平坦, 中间微凹。侧线在胸鳍上方显著向下弯曲。无腹鳍。臀鳍仅微露出棘尖。尾细如鞭, 无尾鳍。体无鳞, 银白色。肛长 20~40cm。

##### (2) 生活习性

暖温性中上层洄游鱼类。性凶猛, 主食鱼类、甲壳和头足类等, 有同种相残现象。常栖息于水深 20~100m 的海域。有明显的垂直移动习性。喜结群。产卵期为每年的春夏季。1 龄肛长 19cm 左右, 2 龄肛长 30cm 左右。1~2 龄性成熟。

### (3) 分布范围

广泛分布于西太平洋和印度洋，在中国的黄海、东海、渤海一直到南海都有分布。

### (4) “三场一通道”分布及和项目关系

带鱼有分批越冬、产卵和索饵洄游的特性，不同群体越冬、产卵和索饵洄游在时间上也有一定的重叠性。北方带鱼群体的越冬场主要在 32 有分批越冬、产卵和索饵洄，124 分批越冬 ~126 批越冬、产黄海暖流水域。3~7 月北上进入海州湾、乳山湾、海洋岛和渤海各湾产卵场；8~9 月在产卵场外围宽阔水域索饵；9~11 月游出渤海，绕过成山头南下，沿禁渔线外侧，沿途分别汇合海州湾、乳山湾及海洋岛的越冬鱼群，到了 34 出渤海，绕后折向东南，分批于 12 月到达越冬场。南方带鱼群体越冬场主要位于浙江中南部禁渔线外侧，其次是济州岛西南海域。每年 3~4 月起，南部越冬的带鱼鱼群大致以每 2 个月 1 个纬度的速度向东北方向移动；5~7 月，产卵洄游的鱼群到达舟山渔场和长江口渔场产卵；7~8 月，产卵后的索饵群体北上黄海南部大沙渔场索饵；9 月索饵群体前锋到达 35 饵群体前锋禁渔线外侧。10 月以后，随着冷空气南下，南部群体带鱼向南越冬洄游，并且在 10 月回到长江口海域。其中小部分群体游向外海越冬场，大部分群体继续南下回到东海中南部近海的越冬场。台湾暖流和黄海暖流的进退和消长是影响带鱼越冬洄游路线空间和时间变化的主要环境因素。

工程风机建设海域位于带鱼在北黄海的育幼和索饵场北侧（见图 4.1.4-3），与其主要的产卵场、洄游路线有一定距离，建设过程不会对带鱼的产卵、索饵和洄游产生明显不利影响。

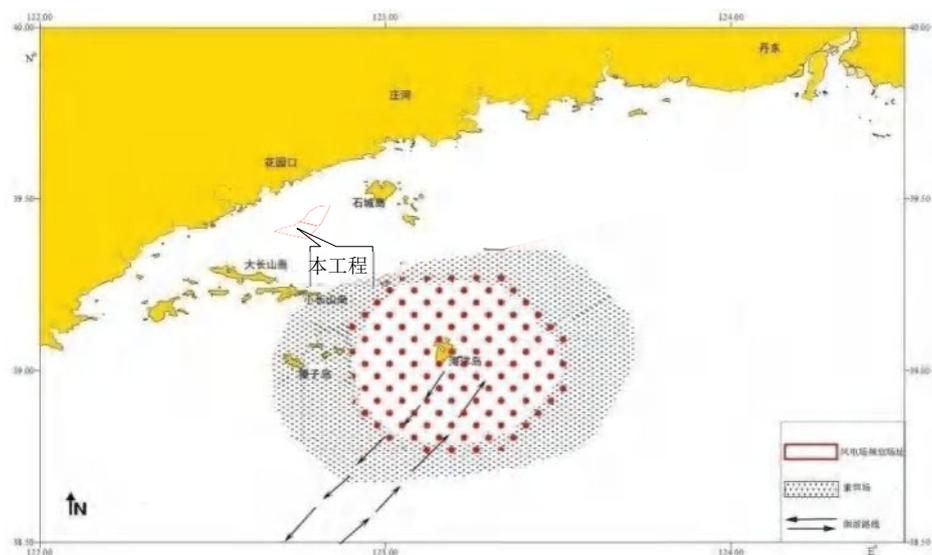


图 4.1.4-3 程与带鱼“三场一通道”的位置关系

#### 4.1.4.6.4 小黄鱼

##### (1) 形态特征

小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*), 俗称小黄鱼、花鱼。隶属于硬骨鱼纲、鲈形目, 石首鱼科。体长而侧扁。头部有粘液腔。上下颌等长。口较大, 斜裂耳石较大。侧线上鳞 5~6 行。臀鳍第二棘长于眼径。尾柄长为尾柄高的 2 倍余。体背侧黄褐色, 腹部黄白色。尾鳍呈楔形。体长一般在 15~25cm。

##### (2) 生活习性

近海洄游性鱼类, 喜栖于水深不超过 100m 的软泥或泥沙底海区。喜结群。有昼夜垂直移动现象。食性较广, 以甲壳类、鱼类等为食。2~3 龄性成熟。冬季在深海越冬, 春季向沿岸洄游, 3~6 月间产卵后, 分散在近海索饵, 主要以糠虾、毛虾以及小型鱼类为食物, 秋末返回深海。

##### (3) 分布范围

主要分布在我国渤海、黄海和东海、主要产地在江苏、浙江、福建、山东等省沿海。小黄鱼广泛分布于中国东海、黄海和渤海以及朝鲜半岛西岸海域, 主要集中在 27 分布在我国以北、125 布在我国渤以西, 水深不超过 100m 的海区, 以及受长江径流影响较大的黄海南部和东海北部水深 40~80m 的海区, 属暖温性近底层鱼类。

##### (4) 鱼类“三场一通道”

中国沿海小黄鱼有 2 个洄游群体。其中，黄渤海群体越冬场在黄海中部 36 游群体。其中 123 群 003 群水域，每年 6 月进入渤海各海湾、黄海北部沿岸和海州湾产卵。栖息在渤海的小黄鱼 9~11 月在渤海中部索饵，11 月后绕过成山头向越冬场洄游。东黄海群体越冬场的环境均受暖流影响，每年 12 月至次年 2 月在济州岛西南、东海中南部海域越冬场越冬，（见图 4.1.4-4）。

本工程风机建设海域与小黄鱼北黄海产卵场、索饵场和洄游路线有一定距离。建设过程不会对其鱼的产卵、索饵和洄游产生明显不利影响。

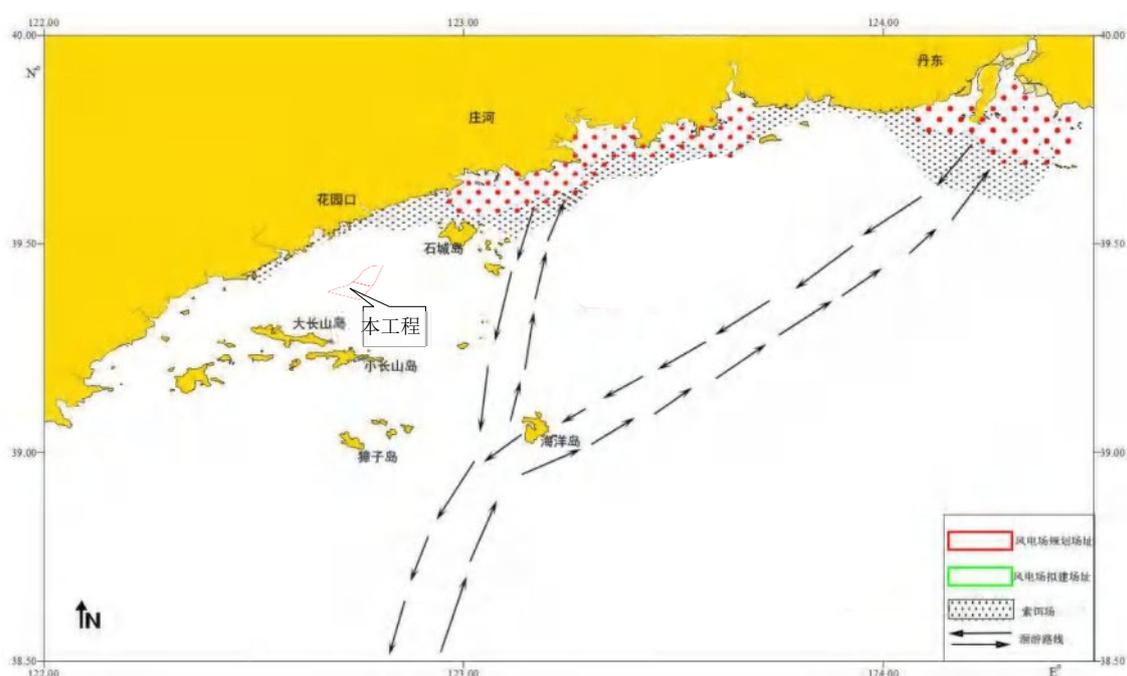


图 4.1.4-4 本工程与小黄鱼“三场一通道”的位置关系

#### 4.1.4.6.5 中国对虾

##### (1) 形态特征

中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*): 俗称东方虾。隶属于软甲纲，十足目，对虾科。体的为黄绿色，无斑纹。为对虾中体型较大的种类，成虾体长 10~25cm，体重 40~100g，雌性略大于雄性。体形长大，侧扁，甲壳较薄，表面光滑。通常雌虾个体大于雄虾。对虾全身由 20 节组成，头部 5 节、胸部 8 节、腹部 7 节。除尾节外，各节均有附肢一对。有 5 对步足，前 3 对呈钳状，后 2 对呈爪状。头胸甲前缘中央突出形成额角。额角上下缘均有锯齿。额角细长，平直前伸，顶端稍

超出第二触角鳞片的末缘，其基部下缘稍微隆起，末端尖细。上缘基部 2/3 或 3/5 具 7~9 齿，末端尖细部分无齿；下缘具 3~5 齿，下缘齿甚小。头胸甲具眼眶触角沟，颈沟及触角侧沟，无中央沟及额胃沟。

### (2) 生活习性

生活于泥沙底的浅海，杂食偏肉食性，捕食小型甲壳类如虾、蟹、端足类、等足类等，小型双壳类软体动物，环节动物的多毛类，以及各种无脊椎动物的幼体。主要生活范围在黄海、渤海及朝鲜半岛西海岸，在东海及南海东北部也有分布，是中国和朝鲜的特产虾类，有长距离洄游的习性。4 月下旬开始产卵，怀卵量 30~100 万粒，雌虾产卵后大部分死亡。卵经过数次变态成为仔虾，仔虾约 18 天经过数十次蜕皮后，变成幼虾，于 6~7 月份在河口附近摄食成长。5 个月后，即可长成 12 厘米以上的成虾，9 月份开始向渤海中部及黄海北部洄游，形成秋收渔汛。大连近秋季捕获量较大。

### (3) 分布范围

中国对虾是我国重要的经济虾类，我国沿海均有分布，主要分布于渤海和黄海。

### (4) “三场一通道”分布及和项目关系

中国对虾的洄游包括秋汛的越冬洄游和春汛的生殖洄游。每年 3 月上、中旬，随着水温的回升，雌性对虾的性腺迅速发育，分散在越冬场的对虾开始集结，游离越冬场进行生殖洄游。主群沿黄海中部北上，洄游途中在山东半岛东南分出一支，游向海州湾、胶州湾和山东南部近岸各产卵场。主群于 4 月初到达成山角后又分出一支游向海洋岛、鸭绿江口附近产卵。主群进入烟威渔场后，穿过渤海海峡，4 月下旬到达渤海各河口附近的产卵场。进入渤海产卵的对虾，5 月前后在渤海的辽东湾、渤海湾和莱州湾产卵，经过近 6 个月的索饵育肥，10 月下旬至 11 月初，进入交尾期。整个交尾持续约一个月，对虾交尾首先开始于近岸浅水，或冷水边缘温度较低的海区，而后逐渐向渤海中部和辽东湾中南部深水区发展。11 月上旬，当渤海中部底层水温降至 15℃时，虾群开始集结。随着冷空气的频繁活动，水温不断下降，11 月中、下旬当底层水温降至 12~13℃，雄虾在后分群陆续游出渤海，开始越冬洄游。辽东湾东岸、鸭绿江口一带放流和自然生殖的幼虾，随着不断生长在 8 月初游向海洋岛附近索饵。近些年我国中国对虾野生群体较少，大

多数个体都是增殖放流的，北黄海的产卵场已渐渐缩小。

本工程风机建设海域与中国对虾北黄海索饵场有一定距离（见图 4.1.4-5），工程建设不会对中国对虾的索饵和洄游产生不利影响。

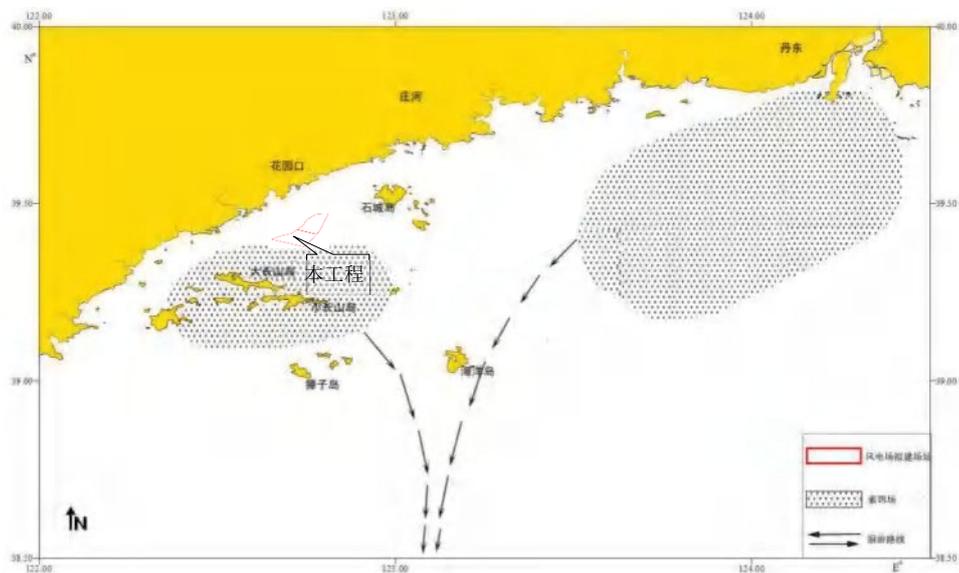


图 4.1.4-5 工程与中国对虾“三场一通道”的位置关系

#### 4.1.4.7 海洋哺乳动物

##### 4.1.4.7.1 斑海豹

###### (1) 形态特征

斑海豹 (*Phoca largha*) 又叫西北太平洋海豹，隶属于食肉目 (*Carnivora*)，犬形亚目 (*Caniformia*) 的一个单系群鳍脚类 (*Pinnipedia*)，海豹科 (*Phocidae*)，斑海豹属 (*Phoca*)。斑海豹头、尾两端尖细，中间肥壮浑圆，头与躯干间无明显的颈部，身体呈纺锤型；斑海豹全身生有细密的短毛，北部灰黑色并布有不规则的棕灰色或棕黑色的斑点 (1~2cm)，斑点的方向一般与身体的长轴平行。腹部乳白色，斑点稀少。头圆而平滑，眼大，吻短而宽，唇部触须长而硬，呈念珠状，感觉灵敏。斑海豹无外耳廓，四肢短，前后肢都有五趾，趾间有十分发达的蹼，故称鳍脚。指、趾端部具有尖锐的爪。前肢狭小，后肢较大而呈扇形，其趾外侧长而内侧短；前肢朝前，后肢朝后，不能弯曲，适宜在水中游泳。斑海豹尾短，仅有 7~10cm 长，上下扁平夹于后肢之间。

###### (2) 生活习性

斑海豹大部分的时间是在海水中度过的，仅在生殖、哺乳、休息和换毛时才爬到岸上或者冰块的边缘上。在岸上群栖时，警惕性很高，成兽听到轻微声响后，先是抬头窥望，而后立即滑落水中，行动迅速。初生的幼兽行动缓慢，警惕性不高。随着年龄的增加，成长迅速，活动渐灵活，听觉敏锐。斑海豹在冬季繁殖，属冰上产仔类型的冷水性海洋哺乳动物。辽东湾的冰封期从 12 月末到第二年 3 月初，产仔期与辽东湾的结冰期和开冻期有密切的关系。辽东湾繁殖区的斑海豹产仔期在 1 月初至 2 月上旬，晚至 2 月中旬，分娩时间比西太平洋北部其他七个繁殖区的斑海豹早。

斑海豹为广食性的动物，其食性多样性主要取决于季节、海域及栖息地的环境，其中栖息地的环境对食物选择影响最大。如在白令海中部、鄂霍茨克海，斑海豹主要捕食绿鳕 (*Theragra chalcogramma*)；在白令海南部，主要捕食毛鳞鱼 (*Mallotus villosus*)；在白令海北部，主要捕食北极鳕 (*Boreogadus saida*)；在楚科奇海东南部主要捕食鲱鱼 (*Clupea spp.*)；在日本海、阿拉斯加的近海等地捕食鳕 (*Gadus spp.*)、鲑 (*Oncorhynchus spp.*) 等鱼类；在黄、渤海，春季捕食鲱 (*Clupea spp.*)、玉筋鱼 (*Ammodytes hexapterus*)、小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) 等，秋冬季则以鲈 (*Liza haematocheila*) 为食。其他食物包括各种甲壳类、头足类等海洋性动物。

### (3) 分布范围

斑海豹是在温带、寒温带的沿海和海岸生活的海洋性哺乳动物，斑海豹在世界分布区主要在北太平洋的北部和西部海域及其沿岸和岛屿 (图 5.1-25)，分布范围西北到西楚科奇海的 Chaun 湾 (70°N, 170°E)；东北至波弗特海 Herschel 岛 (69°N, 139°W)；东南到白令海的布里斯托尔岛 (Britol)；西南至长江口 (31°N, 122°E)。

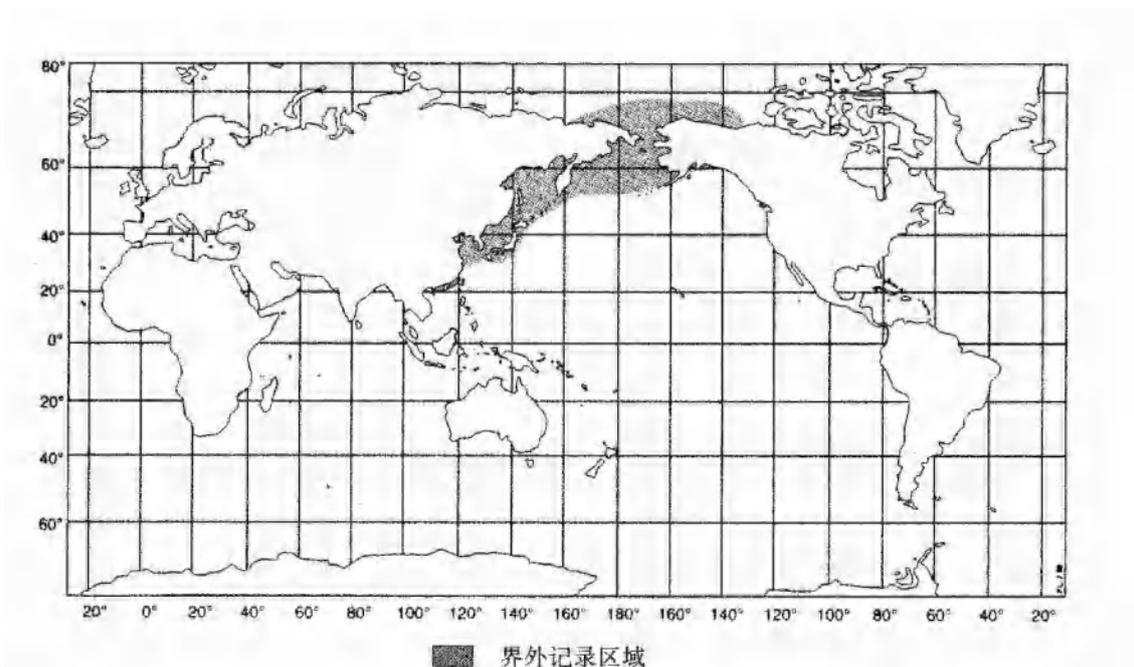


图 4.1.4-6 斑海豹在世界的分布

斑海豹在中国主要分布于渤海和黄海，偶见于东海和南海。斑海豹的活动范围比较广，繁殖期过后，斑海豹的成兽在辽宁省盘锦双台子河口附近岸滩，大连市旅顺猪岛、虎平岛及渤海海峡南端的庙岛群岛比较常见。幼兽则分散于辽宁、河北、天津、山东的渤海沿岸觅食。在黄海北部记录于大连和丹东，黄海中南部记录于山东青岛市，江苏省赣榆县和如东县。在东海北部记录于崇明岛及佘山洋。在东海南部记录于福建省平潭海区，少数向南进入南海，在广东省汕头市和阳江市曾有发现。

#### (4) 繁殖和栖息地分布

渤海辽东湾每年冬季最冷月的平均低温在 $-9^{\circ}\text{C}$ ~ $-27^{\circ}\text{C}$ ，最冷时可达 $-30^{\circ}\text{C}$ 。辽东湾结冰区，是西太平洋斑海豹在世界上的 8 个繁殖区中最南端的一个（见图 4.1.4-7），也是我国海域唯一的繁殖区。

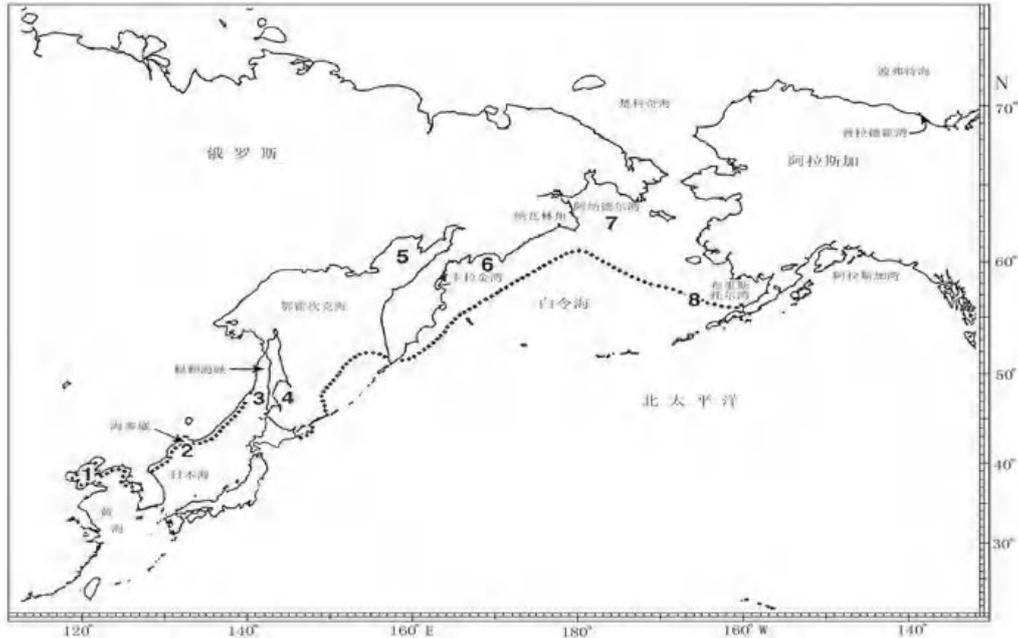


图 4.1.4-7 世界上斑海豹的繁殖区示意图

图中的数字：1.辽东湾；2.符拉迪沃斯托克；3.鞑靼海峡；4.萨哈林岛东海岸至北海道岛北部；5.舍利霍夫湾；6.卡拉金湾至奥柳托尔斯基角；7.阿纳德尔湾；8.布里斯托尔湾至普里比洛夫群岛

中国沿海的斑海豹主要栖息在渤海辽东湾，栖息的环境包括海水、河水、浮冰、泥沙滩、岩礁和沼泽地。斑海豹的体温恒定为 $37.5\sim 38^{\circ}\text{C}$ ，其对水温的适应范围在 $-12\sim -33^{\circ}\text{C}$ 之间。对水中盐度的适应范围为很广，既可以在盐度为 30 以上的海水中也能在盐度为 4~5 的淡水中生活。

#### (5) 斑海豹群体的洄游

斑海豹的洄游原因是为了生殖和觅食。每年 12 月在老铁山水面经常发现成兽向北游去，冰融化后，当年生幼兽分散在渤海各湾觅食育肥，部分成兽在辽东湾北部双台子河口栖息换毛；另有部分成兽在大连金普湾的虎平岛礁滩栖息换毛，以 3 月下旬至 4 月中旬数量最多，可以看到数十头、乃至百头的成体斑海豹在河岸泥滩或岛屿周围的岩礁上栖息。5 月下旬斑海豹逐渐减少，几乎全部游出渤海。斑海豹游出渤海后，一部分经辽宁沿岸而后沿朝鲜西海岸南下到达白翎岛，一部分成兽由庙岛群岛经黄海北部深水水域直接游向白翎岛。另一部分幼兽沿山东省沿岸南下（图 4.1.4-8）。

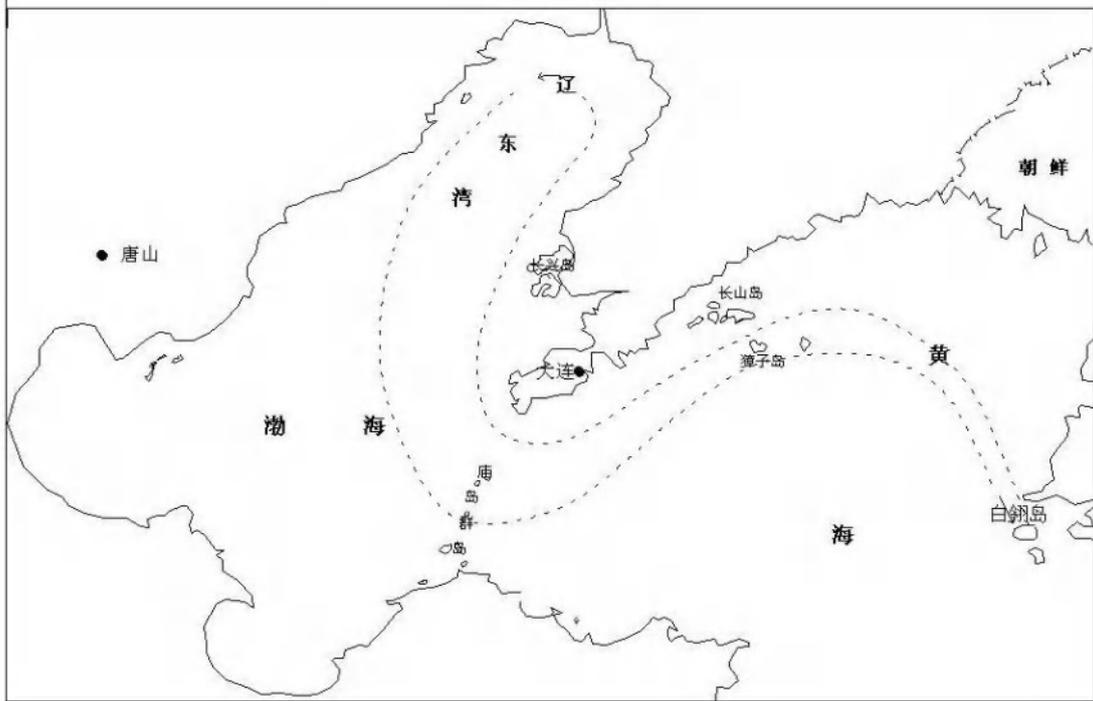


图 4.1.4-8 辽东湾斑海豹群体的洄游示意图

(6) 工程位置和斑海豹洄游路线的关系

本工程风机建设海域与斑海豹在黄海北部的洄游路线有一定距离（见图 4.1.4-9，工程施工对斑海豹的洄游影响较小。

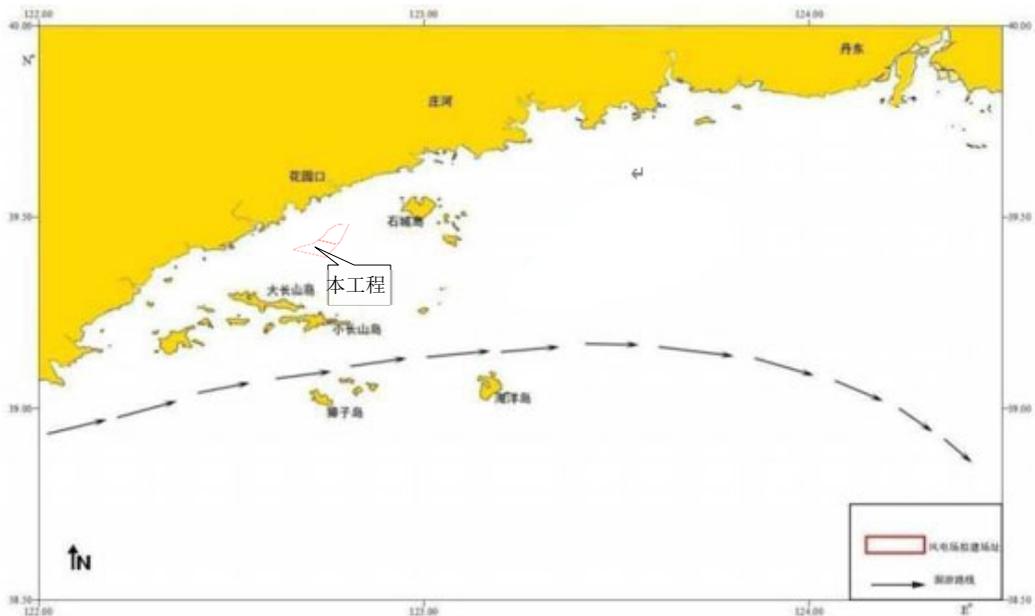


图 4.1.4-9 辽东湾斑海豹群体的洄游示意图

#### 4.1.4.7.2 东亚江豚

##### (1) 形态特征

东亚江豚 (*Neophocaena sunameri*) 为鲸目 (*Cetacea*)，齿鲸亚目 (*Odontoceti*)，鼠海豚科 (*Phocoenidae*)，江豚属 (*Neophocaena*)，俗称江猪。东亚江豚是最小的鲸目动物，只生长到 150~190cm。头部较短，近似圆形，额部稍微向前凸出，吻部短而阔，上下颌几乎一样长，牙齿短小，左右侧扁呈铲形。下颌在上下颌两侧各包含 15~21 个铲形牙齿。没有背鳍，而是背脊具有中线并具有很多角质鳞。由于缺乏背鳍和圆形无喙头，它具有独特的鳗鱼形状。有时也被称为黑色海豚，因为它的皮肤是黑色。实际上，东亚江豚的上部灰白色，背面和侧面呈蓝色，腹部较苍白，有一些形状不规则的灰色斑。苍白的灰色斑随着年龄增长而减少，死后皮肤立即变黑。

##### (2) 生活习性

喜欢单只或成对活动，结成群体一般不超过 4~5 只，但也有 87 只在一起的记录。性情活泼，常在水中上游下窜，身体不停地翻滚、跳跃、点头、喷水、突然转向等动作。侧游时尾鳍的一叶露出水面，左右摇摆，从空中划过。受到惊吓后便急速游动，然后一次或连续数次使身体腾空，大部分露出水面，仅尾叶在水中向前滑行，偶尔全部身体都跃出水面，高度达到 0.5m。直立游动时，身体的三分之二都露出水面，与水面保持垂直的姿势，能够持续数秒钟。

江豚能发出两大类声信号，高频脉冲信号由一连串的单个高频窄脉冲所构成，一般在 20~120 个之间，为声纳信号或称为回声定位信号，主要是在探测环境、捕食时发出；低频连续信号为时间连续信号。由于频率的高低不同，人耳听起来有的象羊叫，有的似鸟鸣。江豚对水温的适应范围很广，从 4~20℃均能够正常地生活。

在 2 岁前达到性成熟。生殖周期因日本附近和中国附近的地理群体而异。繁殖周期为 12 年，妊娠持续 10~11 个月。幼仔通常出生在 2~8 月之间，每胎一仔，新生儿大约 25kg。

##### (3) 分布范围和洄游路线

关于东亚江豚时空分布及变化、洄游路线等的报道较少，通过走访渔民获悉，

工程周边海域罕见江豚个体。春季、秋季海洋生态、渔业调查过程中未发现江豚。

## 4.1.5 海洋水文

### 4.1.5.1 潮汐

#### (1) 基面关系

本工程海域理论最低潮面为-311cm（85 高程基准），基准面之间相互关系如下图所示。

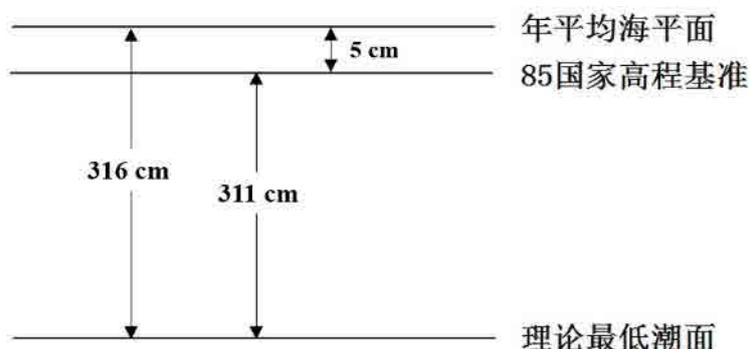


图 4.1.5-1 基面关系示意图

#### (2) 潮汐特征

##### ①潮汐类型

工程海域潮汐主要受太平洋潮波的影响，太平洋潮波进入黄海海域后，受辽东半岛东部地形的影响，一部分向鸭绿江口推进，一部分经渤海海峡进入渤海。

根据 T1 站和小长山海洋站资料的计算分析，潮汐形态数 ( $F=(Hk1+HO1)/HM2$ ) 小于 0.5，因此工程海区潮汐类型为正规半日潮。

##### ②潮位特征值

根据 T1 潮位站一整年（1997 年 8 月 1 日~1998 年 7 月 31 日）的潮位资料统计，观测期间，最高潮位为 3.59m，最低潮位为-3.68m，最大潮差为 6.38m，平均潮差为 4.01m，平均涨潮历时为 6h4min，平均落潮历时为 6h21min，平均涨潮历时略小于平均落潮历时，年平均海平面为-0.11m。

### 4.1.5.2 波浪

小长山海洋波浪观测站位置为 39°13'N，122°42'E，位于小长山岛南侧 20m 水深左右。根据小长山海洋站 2008 年~2009 年波浪资料统计，期间观测站波浪出

现频率最多的方向是 SSW 向，频率为 13.16%，其次是 S 向，出现频率为 11.47%。波高较大的浪向多出现在 ESE 向和 SSW 向。小长山站平均波高波浪玫瑰统计见表 4.1.5-1，相应的玫瑰图见图 4.1.5-2。

表 4.1.5-1 小长山平均波高波浪玫瑰统计

波向	0.0~0.5m		0.6~1.0m		1.1~1.5m		1.6~2.0m		2.1~2.5m		总次数	总频率 (%)
	m	P(%)	m	P(%)	m	P(%)	m	P(%)	m	P(%)		
N	5	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0.37
NNE	3	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.22
NE	4	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0.29
ENE	2	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.15
E	12	0.88	-	-	1	0.07	-	-	-	-	13	0.95
ESE	30	2.20	2	0.15	3	0.22	1	0.07	1	0.07	37	2.72
SE	56	4.11	2	0.15	-	-	-	-	-	-	58	4.26
SSE	57	4.19	5	0.37	-	-	-	-	-	-	62	4.55
S	138	10.13	17	1.25	1	0.07	-	-	-	-	156	11.45
SSW	136	9.99	31	2.28	10	0.73	2	0.15	-	-	179	13.14
SW	5	0.37	2	0.15	4	0.29	-	-	-	-	11	0.81
WSW	1	0.07	1	0.07	-	-	-	-	-	-	2	0.15
W	4	0.29	-	-	-	-	-	-	-	-	4	0.29
WNW	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
NW	2	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.15
NNW	12	0.88	-	-	-	-	-	-	-	-	12	0.88
C	812	59.62	-	-	-	-	-	-	-	-	812	59.62
Σ	1279	-	60	-	19	-	3	-	1	-	1362	100

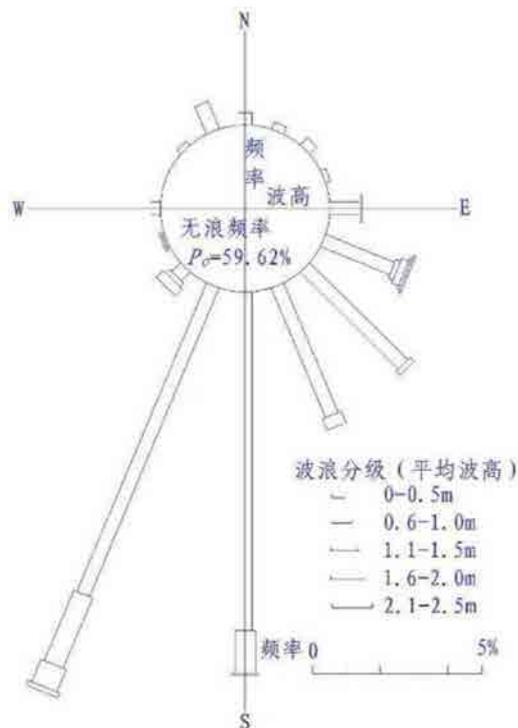


图 4.1.5-2 小长山海洋站波浪玫瑰图

#### 4.1.5.3 海流

##### (1) 潮流性质

潮流按其性质可分为正规的、非正规的半日潮流或全日潮流。其判别标准为全日潮流振幅之和( $W_{o1}+W_{k1}$ )与主太阴半日分潮流振幅( $W_{m2}$ )之比值,

$$F=(W_{o1}+W_{k1})/W_{m2}:$$

$F \leq 0.5$ , 为正规半日潮流;

$0.5 < F \leq 2.0$ , 为非正规半日潮流。

本工程所处海域潮流类型属于正规半日潮流区。

##### (2) 潮流运动形式

本海域每日两次涨、落潮流过程的周期有所差异,潮流强度亦不相同,一强一弱。海区潮流因受岸形和海底地形的制约,各站层涨、落潮流的主流向大致呈 SW-NE 向。各站的涨、落潮流流速随深度增加而有所减少,表层流速最大,中层次之,底层流速最小。各站涨潮流流速明显大于落潮流流速,各站涨、落潮流历时基本相当。该区潮流具有明显旋转流的特征。

#### 4.1.5.4 余流

余流通常指实测海流中去除潮流后剩余部分的总称。其中包括冲淡水流及风海流，也包括潮汐引起的长周期或定常的流动。

各站余流流速皆较小，绝大部分余流均小于 5cm/s。余流流向较紊乱，总体呈 NE~SE 向。

#### 4.1.5.5 其他

##### (1) 海水温度

根据小长山海洋站多年统计资料，海域平均水温以 8 月份最高，为 23.9℃；2 月最低，为 0.0℃；年较差 23.9℃。累年平均水温为 11.5℃。从 2 月中旬至 8 月中旬为升温期，以 6 月中、下旬升温最快，至 8 月中下旬达最高，为 24.0℃。9 月上旬至翌年 2 月上旬为降温期，以 11 月下旬至 12 月上旬降温最快，至 2 月上旬达最低。历年年平均水温在 10.6~12.3℃之间。

表 4.1.5-2 小长山海洋站累年月均表层水温 (°C)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均	0.9	0.0	2.3	6.3	11.2	16.3	21.0	23.9	22.0	17.4	11.5	5.0	11.5
最高	5.0	4.1	8.3	13.0	17.9	22.6	27.2	28.3	25.9	23.8	16.0	10.0	28.3
最低	-2.1	-2.0	-1.0	1.5	6.3	10.3	14.8	18.9	17.9	10.9	5.4	-0.5	-2.1

##### (2) 海水盐度

根据小长山海洋站多年统计资料，各月平均盐度以 3 月最高，8 月最低。6~10 月为低盐期，11 月~翌年 5 月为高盐期。累年平均盐度为 30.83。历年年平均盐度为 30.31~31.29，累年最高盐度为 34.05，累年最低盐度为 15.56。历年年最高盐度变化于 31.60~34.05 之间，其出现时间大都在 1~5 月份，以 3、4 月份出现最多。历年年最低盐度变化于 15.56~29.20 之间，年最低盐度多出现在 7~9 月，以 8 月份出现最多。

表 4.1.5-3 小长山海洋站累年月均表层盐度

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均	31.33	31.55	31.80	31.71	31.22	30.57	29.79	28.83	29.74	30.74	31.22	31.39	30.83
最高	33.91	34.05	33.13	32.74	32.81	32.29	31.51	31.65	31.94	32.21	32.14	32.86	34.05
最低	30.25	27.00	31.06	29.07	27.74	27.89	18.96	16.07	15.56	28.94	30.12	30.39	15.56

## 4.1.6 自然灾害

### 4.1.6.1 地震

#### (1) 地质构造

工程区在大地构造单元上隶属中朝准地台(I)东北部胶辽台隆(I<sub>1</sub>)南部复州台陷(I<sub>1</sub><sup>4</sup>)东南的长海凸起(I<sub>1</sub><sup>4-4</sup>), 具体见下图。

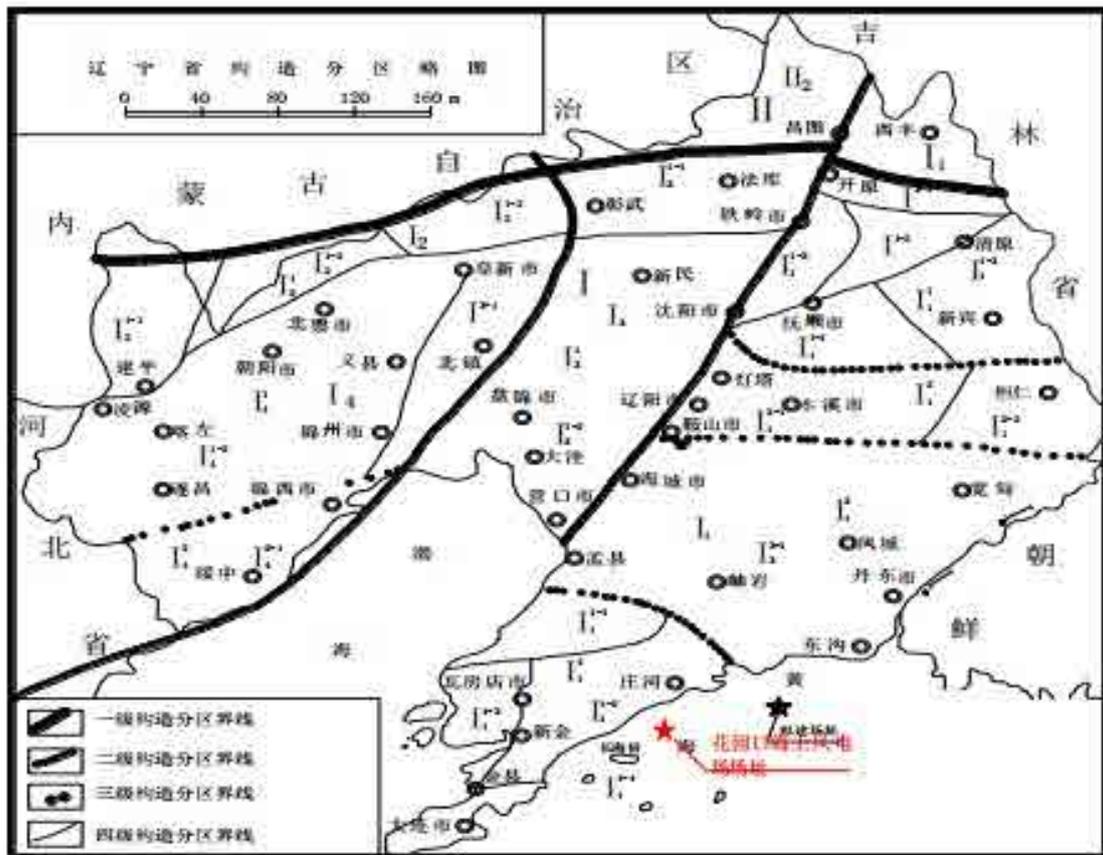


图 4.1.6-1 辽宁省构造分区略图

I——中朝准地台 II——吉黑褶皱系 I<sub>1</sub>——胶辽台隆 I<sub>2</sub>——内蒙古地轴  
 I<sub>3</sub>——华北断拗 I<sub>4</sub>——燕山合褶带 I<sub>1</sub><sup>4</sup>——复州台陷 I<sub>1</sub><sup>4-1</sup>——永宁凹陷  
 I<sub>1</sub><sup>4-2</sup>——城子坦断块 I<sub>1</sub><sup>4-3</sup>——复州—大连凹陷 I<sub>1</sub><sup>4-4</sup>——长海凸起

工程区位于华北断块东侧的胶辽断块中段。胶辽断块的北界为华北断块的北缘断裂, 西界为郯庐大断裂(穿过渤海的部分称为营淮断裂), 东南以嘉山~响水断裂为界, 南部与扬子断裂相邻。本区主要断裂走向基本为 NE~NNE 向, 少量为 NW 和 EW 向, 区内发育大断裂有三条, 即金州大断裂、庄河大断裂和海城大洋河断裂。

金州大断裂（1）：裂带形成于元古代晚期，中生代有继承性活动，到第四纪再次活动，在中更新世有较强烈的活动，该断裂南端在 1855 年至 1861 年曾发生三次 5~6 级地震。庄河大断裂（2）：该断裂南起庄河银家窝，经庄河向北到花园乡继续向东北延伸，总体走向北东  $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，倾向东南。在银窝岭、小王家屯、小市场等地可见断裂破碎带，在早更新世有明显活动。1972 年庄河西北曾发生 4.8 级地震，近期 4 级左右地震比较活跃。

海城大洋河断裂（3）：该断裂自海城经岫岩向东南延伸，横切辽东隆起，并与金州断裂相切，与庄河断裂相交，走向西北  $45^{\circ}$ ，在海城孤山子康家岭可见断裂出露于元古界片岩和大理岩之间，在断裂层破碎带内见新断裂泥。1999 年 11 月岫岩 5 级地震震群发生在该断裂中段地区。

### （2）区域地震

从发震断裂看，近场区已知较大的断裂带有金（州）~庄河断裂及金（州）~海（城）断裂 2 条，位于断裂带上的熊岳、盖县、庄河等地历年 5 级以下的小震也是不断发生。其次在海城，尤其是黄海在 NE 向和 NW 向两组构造带上也经常发生 2~4 级地震，例如在大连庄河附近海域，据中国地震台网测定，2015 年 8 月 25 日 14 时 07 分在石城岛附近海域(北纬  $39.5^{\circ}$ ，东经  $122.9^{\circ}$ )发生 2.4 级地震，震源深度 5km。

### （3）地震动参数

据《中国地震动参数区划图》（GB18036-2015），拟建场址区周边临近岛屿的基本地震动峰值加速度为  $0.05g$ ，其东北侧石城岛的地震动反应谱特征周期为  $0.35s$ ，其西南侧长山列岛的地震动反应谱特征周期为  $0.40s$ 。已搜集到邻近海上风电场《三峡新能源大连市庄河 III（300MW）海上风电项目工程场地地震安全性评价报告》，其地震安全评价范围在 N:  $39^{\circ}13'\sim 39^{\circ}48'$ ；E:  $122^{\circ}59'\sim 123^{\circ}41'$ ，连庄河 III 海上风电场场址区的基本地震动峰值加速度为  $0.05g$ 。结合上述资料综合分析确定：本场址区场地基本地震动峰值加速度为  $0.05g$ ，地震动基本加速度反应谱特征周期  $0.40$ 。

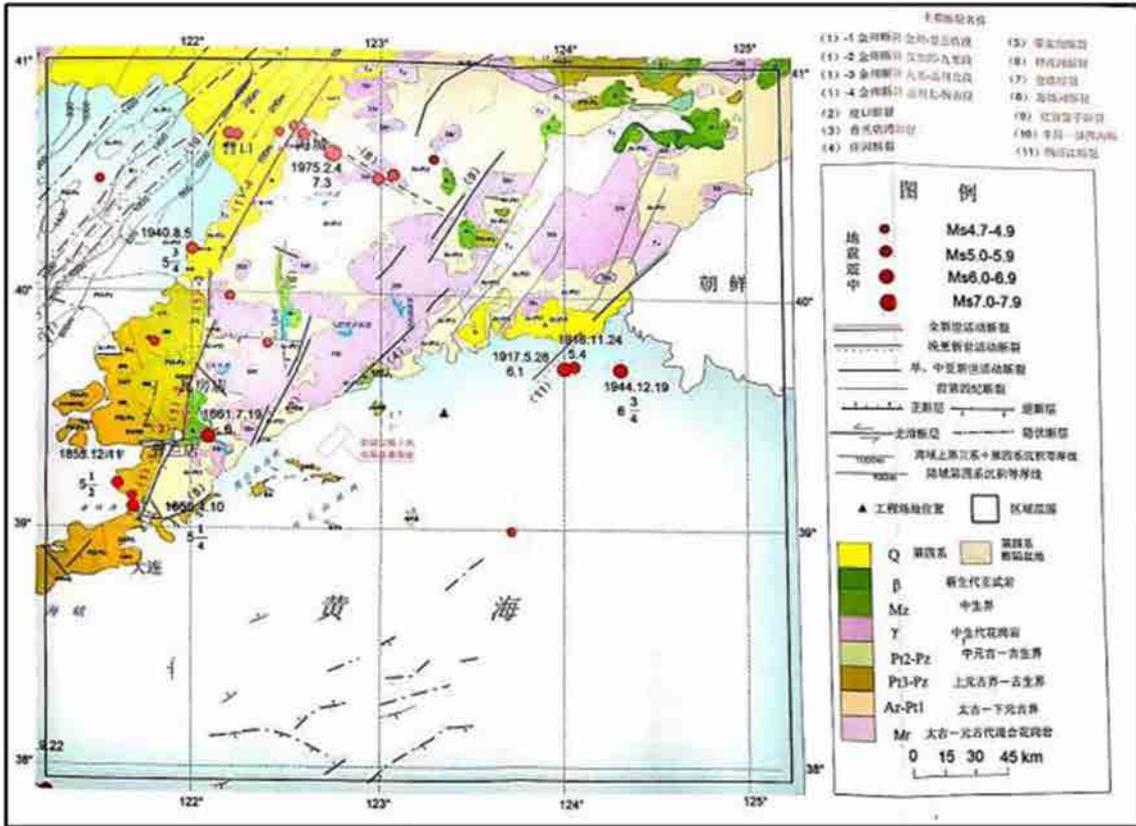


图 4.1.6-2 大连区域地质构造及震中分布图

#### (4) 区域构造稳定性评价

根据《水电工程区域构造稳定性勘察规程》(NB/T35098-2017) 8.2 节, 综合考虑拟建场址区的地震动峰值加速度值、地震烈度、活断层及地震和震级等因素, 判定拟建场址所在区域的区域构造稳定性较好

#### 4.1.6.2 海冰

石城岛附近海域每年 11 月中旬至来年 3 月下旬为结冰期, 以 1~2 月份最严重。冰厚一般为 30~40cm, 岛屿北部较南部严重, 岛南蛤蟆沟附近严寒有少量浮冰。

工程海域初冰期的特点是冰清不稳定, 日变化较大。工程海域最初形成的海冰多为针状、油脂状的初生冰, 时融时生。即使沿岸生成的冰皮也易在风、浪、流的作用下破碎、消融。

根据近 20 年北黄海海冰冰情资料结合工程设计需要, 工程附近海域轻冰年、常年、重冰年冰情特征如下:

轻冰年黄海北部冰情特点是结冰范围小于 10 海里, 浮冰边缘线一般在 10m 等

深线处，浮冰多为初生冰和冰皮，浮冰冰厚一般 2cm 左右。固定冰边缘线在 0m 等深线内，固定冰主要为冰脚和搁浅冰，搁浅冰厚一般小于 10cm，最大可达 20cm，固定冰带宽一般 100m 以内，河口浅滩处最大可达 500m。冰量和冰范围均小于一般年份冰情。

一般（常）冰年黄海北部冰情特点是结冰范围在 15 海里和 25 海里之间，浮冰边缘线多在 20m 和 30m 等深线之间，浮冰多为冰皮和尼罗冰，浮冰冰厚一般 6cm 左右。固定冰边缘线在 0m 等深线内；固定冰主要为搁浅冰和冰脚，有少量沿岸冰，搁浅冰冰厚一般在 20cm 和 30cm 之间，最大可达 50cm；固定冰带宽一般 500m 以内，河口浅滩处最大可达 2km。

重冰年黄海北部冰情特点是结冰范围大于 30 海里，浮冰多为尼罗冰和灰冰，边缘线大于 30m 等深线。固定冰边缘线大多在 0m 等深线处，局部有可能达到 2m 等深线；固定冰主要为搁浅冰和沿岸冰，有少量冰脚，搁浅冰冰厚一般大于 40cm，最大可达 80cm；固定冰带宽一般 2km 以内，河口浅滩处最大可达 6km。通过对工程附近海域冰情有了基本的掌握。工程附近海域岛屿和入海河流较多，冰情受上述因素影响“局地”特点明显。因此建议在风电基础设计时考虑海冰的影响，避免局部水域形成“死角”和避免由于建筑物的存在，局部海冰的过量堆积。

#### 4.1.6.3 寒潮

寒潮天气过程是一种大规模的强冷空气活动过程。工程区域观测期间最强一次寒潮过程发生于 1997 年 11 月 25~27 日。日平均气温过程总下降 11.7℃，最低气温过程总下降 12.1℃。该过程除造成剧烈降温外，并伴有长时间大风天气。6 级风持续时间为 28 小时，7 级风持续时间为 24 小时，8 级风持续时间为 15 小时，最大风速为 24.0m/s（9 级），大风风向为 N~NNW 向。观测期间达到寒潮影响标准的强冷空气过程共有四次，分别发生于 11 月 15~17 日，11 月 25~27 日，11 月 29 日~12 月 1 日，12 月 6~9 日。日平均气温过程总降温均在 9℃以上，风力均出现 8 级风。

#### 4.1.6.4 台风

在我国，北到辽宁省南至海南省的沿海地区都处于热带气旋的登陆或影响地

带，热带气旋登陆地点和影响程度则从南到北逐步减小，大连处于我国东部海岸线的最北部，受热带气旋影响的显著性要比广东、福建、浙江中南部低得多，但是夏季受热带气旋直接或间接影响仍然存在，特别是近海海域上，几乎每年均要受热带气旋的影响，历年来最大风速基本上都是热带气旋影响造成的。热带气旋对风电场的影响利弊兼有，如仅受热带气旋外围影响，最大风力在 10 级以下，或正面登陆的热带气旋只达到热带风暴（中心最大风力小于 10 级）量级，可以给风电场带来较长的“满发”时段，为风电场带来良好的发电效益；但是如强度达到台风级或以上的，则会对风电场造成不同程度的破坏。因此有必要研究分析热带气旋对大连近海海域影响的特点。

#### 4.1.6.4.1 台风的影响标准

从台风最外边缘向内直至最大风速区外缘，称为台风大风区，其直径一般为 400~600km，区内风速从外向内急增。确定影响风电场的台风标准为：当台风中心的移动路径进入以庄河海上风电场场址区为中心（38°41'N，121°31'E），半径为 500km 的范围内，即认为该台风影响该风电场。

#### 4.1.6.4.2 影响台风的频数分布

统计 2005~2014 年期间符合影响标准的台风共 5 个，平均每年有 0.5 个，见下表。由表可见，影响台风次数最多的年份为 2011 年，共出现 2 个。各年影响台风数与西北太平洋台风发生数并不成正比，主要决定于当年大气环流形势是否有利于台风影响大连。

表 4.1.6-1 2005-2014 年影响风电场台风资料

台风名称	强度	起始时间	结束时间	持续时间 (h)	最大风速 (m/s)
麦德姆	热带风暴	2014.7.25	2014.7.25	5	18.0
布拉万	热带风暴	2012.8.28	2012.8.28	11	28.0
梅花	热带风暴	2011.8.8	2011.8.8	15	23.0
米雷	热带风暴	2011.6.26	2011.6.27	14	16.0
麦莎	热带风暴	2005.8.9	2005.8.10	24	18.0

影响大连近海海域的台风路径主要有两类，一是近海北上转向路径，台风从菲律宾以东向西北方向移动，到达我国东海，然后转向东北，即近海北上转向，

2005~2014 年内近海北上的影响台风有 3 个；二是登陆路径，台风从菲律宾以东向西北方向移动，穿过琉球群岛，主要在台湾、福建、浙江一带登陆，进而北上，2005~2014 年内登陆台风有 2 个。

如下图所示，2005 年以来影响大连近海海域的台风最早出现在 6 月，最迟在 8 月，其中以 8 月最为集中，约占全年的 60%。将台风中心进入以风电场场址区域为中心，半径为 500km 范围内的时间为台风影响持续时间，则台风影响大连近海的平均持续 14 小时，最长可达 24 小时，最短仅为 5 小时。

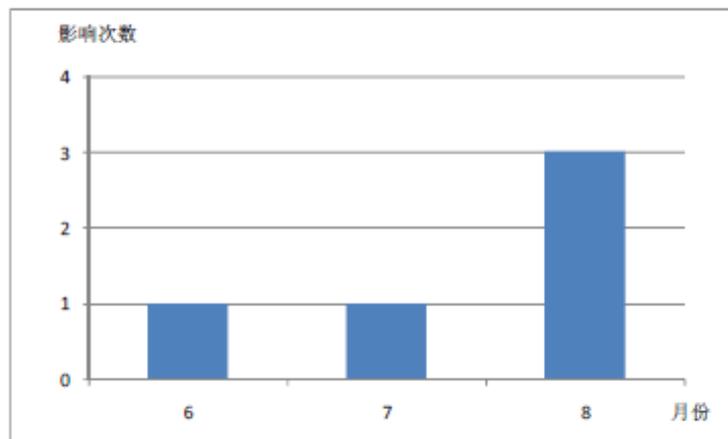


图 4.1.6-3 2005~2014 年影响台风次数月际分布图

#### 4.1.6.4.3 影响台风的强度分布

根据 2005~2014 年内 5 个台风影响时出现的台风中心最大风速统计，平均风速为 20.6m/s。最大风力在 7 级及以下 ( $\leq 17.1\text{m/s}$ ) 的占 20%，最大风力为 8 级 (17.2~20.7m/s) 的占 40%，9 级 (20.8~24.4m/s) 占 20%，10 级 (24.5~28.4m/s) 占 20%。

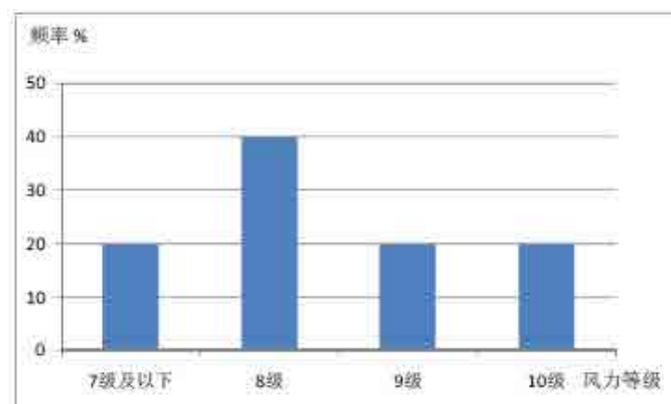


图 4.1.6-4 2005~2014 年台风影响时出现各级风速的频率分布

#### 4.1.6.4.4 台风的强度分布

大连近海海域受台风影响时，最大风速的主要风向是偏北风和偏东北风，台风移动不同主导风向也有差异。当大连海域在台风移动方向的右侧，大风的风向主要是偏东北风；大连海域在台风移动方向的左侧，大风的主导风向是偏北风。无论何种路径，风向偏西的最大风速极少出现。

图 4.1.6-5 至 4.1.6-7 为三种典型影响大连海域的台风路径图。



注：登陆后北上，大连海域在台风路径右侧

图 4.1.6-5 0509 号台风麦莎移动路径图庄河场址区



注：登陆后北上，大连海域在台风路径左侧。

图 4.1.6-6 1410 号台风麦德姆移动路径图



图 4.1.6-7 1215 号台风布拉万移动路径图（近海北上）

根据以上分析，台风对风电场区域会产生一定影响，结合台风路径及影响区域分析，初步认为台风对风电场区域为有利影响，即台风经过时会使风电场风速增加，从而增加风电场效益，同时破坏性风速发生概率又不大。根据收集到的台

风资料，历史上台风从大连海域直接正面登陆的很少，对风电场影响有限。

#### 4.1.6.5 风暴潮

若按诱发风暴潮的天气系统特征来分类，可把风暴潮分为温带风暴潮和台风风暴潮两大类。辽东半岛海域位于温带风暴潮频发区域。温带风暴潮都发生在位于中、高纬度的海域，在西北太平洋沿岸国家中我国是最易遭受温带风暴潮灾害的国家。

##### (1) 增水和减水季节变化

在春、秋季节，我国黄海北部是冷暖空气频繁交汇的地方，辽东半岛西临渤海东临北黄海，冬季又频繁受冷空气和寒潮大风袭击。据统计，本海域增、减水一般都出现在春、秋和冬季，夏季增、减水变化缓和，这主要与该海域的大陆季风强度有关。以上就平均状况而言。这期间的平均海面也是海面较低的时间，因此，年极端高潮位出现的频率较低，但年极端低潮位大多出现在这期间；大的增、减水（月极值）分布特征，增水极值分布特点不明显，减水极值分布在秋和冬季，辽东半岛西部夏末（8月）也出现 1.20m 以上的减水（图 4.1.6-8）。

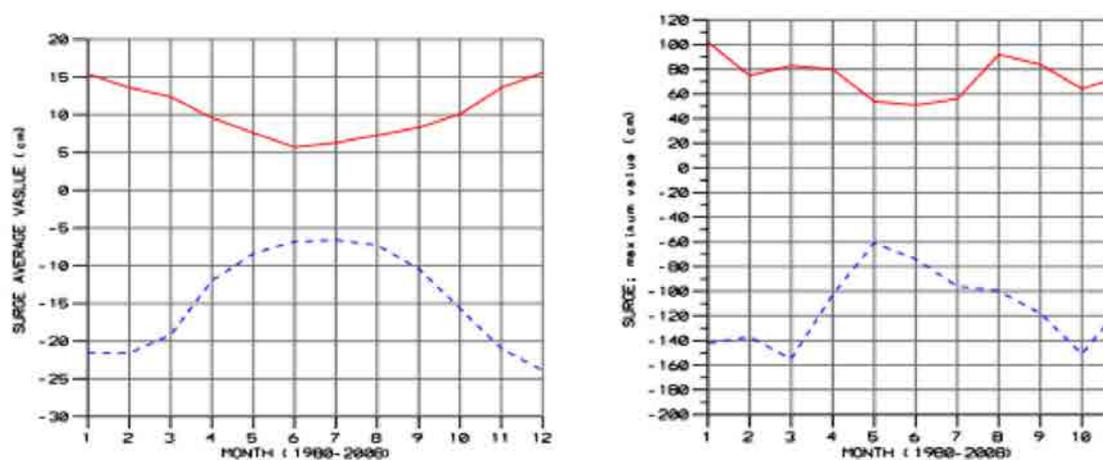


图 4.1.6-8 1980~2008 年小长山增减水分布

##### (2) 增水和减水一般特性及极致分布

下表列出了小长山站多年（1980~2008 年）增、减水出现的次数和重现期，以及最大增水和减水。

表 4.1.6-2 小长山站 1980~2008 年增减水出现次数及重现期

增水		减水	
范围	重现期 (天数)	范围	重现期 (天数)
[10,20)	0.1	[-10,-20)	0.2
[20,30)	0.4	[-20,-30)	0.4
[30,40)	1.1	[-30,-40)	0.8
[40,50)	3.9	[-40,-50)	1.5
[50,100)	9.5	[-50,-100)	1.1
[100,140)	5946.6	[-100,-140)	15.1
$\geq 140$	0	$\leq -140$	231.7
最大增水102cm		最大减水-155cm	
增水总出现次数142719		减水总出现次数111197	

年最大增、减水值的计算利用小长山站 1980~2008 年的年最大增、减水值，计算耿贝尔分布，见下图。小长山 50 年一遇增水为 1.07m，50 年一遇减水为-1.88m。

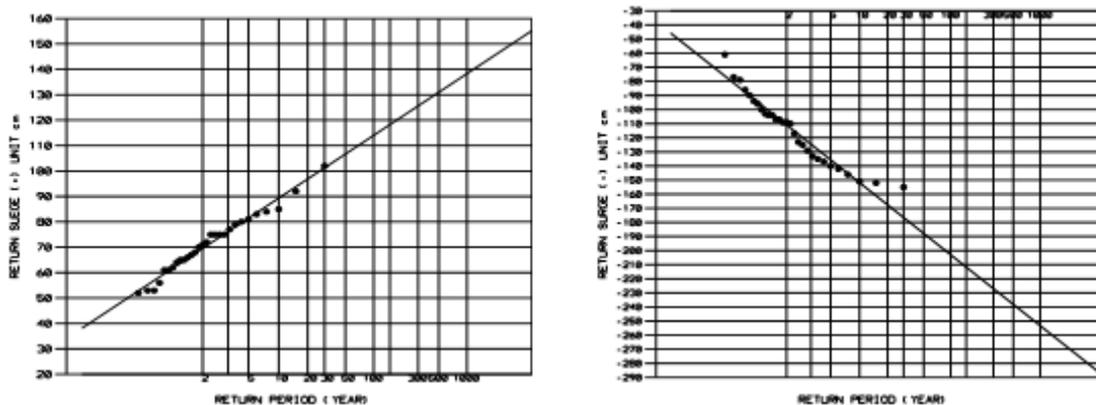


图 4.1.6-9 小长山年最大增减水分布图

## 4.2 海域开发利用现状

### 4.2.1 渔业活动

海域主导产业主要有海水增养殖业、海洋捕捞业、水产品加工业和海岛旅游业。2021 年底，全县已开发利用海域面积 717.89 万亩，其中底播 691.16 万亩、浮筏 25.38 万亩、其它 1.35 万亩，增养殖品种主要有贝类、藻类、蛤类、螺类、鱼类、棘皮类等 6 大系列 20 余个，拥有长海海参、长海鲍鱼、长海虾夷扇贝 3 件地

理标志证明商标，创建国家级海洋牧场示范区 13 个、市级海洋牧场示范区 2 个，获评国家现代农业产业园。

### 4.2.2 养殖与捕捞用海

根据海域使用现状调查结果，在本工程风场区及 66kV 海缆用海范围涉及多处养殖项目，具体见表 4.2-1 和图 4.2-1。

此外，项目的建设会对在该区域以捕捞为生的渔民产生一定影响，但由于渔业捕捞位置和人员的不确定性，不将其界定为利益相关者，但需要进行相关协调和补偿

根据《海底电缆管道保护规定》，本区域海底电缆管道离岸海域保护区为海底电缆管道两侧各 500m，在近岸港口航运区附近两侧各 50m。禁止在海底电缆管道保护区内从事挖沙、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。

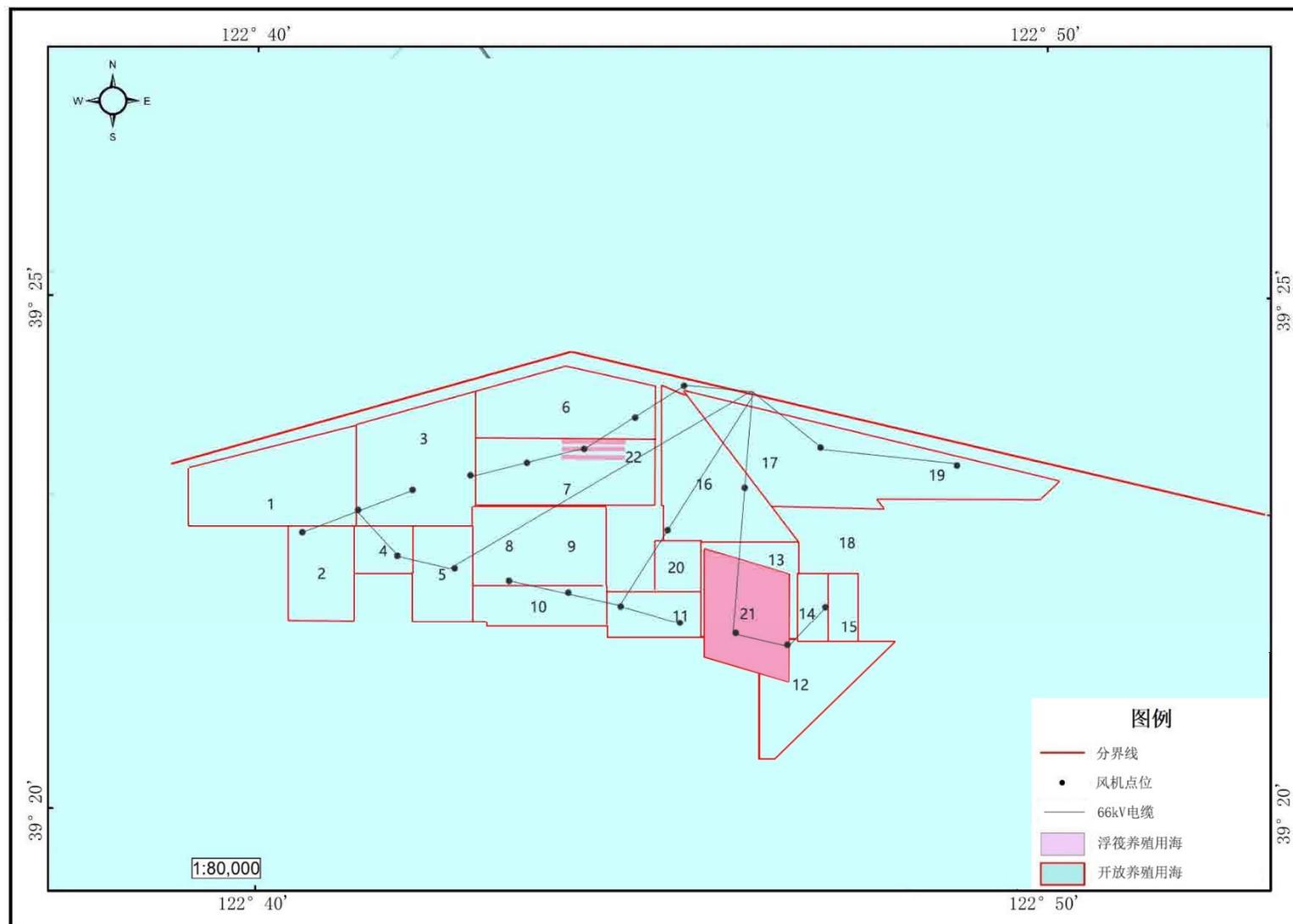


图 4.2-1 本项目涉及养殖用海现状图

表 4.2-1 工程占用养殖用海信息表

图中编号	项目名称	使用权人	用海类型	用海方式
1	长海龙腾湾水产有限公司底播增养殖	长海龙腾湾水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
2	大连长海林阳水产有限公司底播增养殖2	大连长海林阳水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
3	大连长海广源水产有限公司底播增养殖	大连长海广源水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
4	金国海洋牧场（大连）有限公司底播增养殖	金国海洋牧场（大连）有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
5	大连海富通水产品有限公司底播增养殖	大连海富通水产品有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
6	大连禹龙海珍品有限公司底播增养殖	大连禹龙海珍品有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
7	大连禹龙海珍品有限公司底播增养殖	大连禹龙海珍品有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
8	大连泰华水产有限公司底播增养殖	大连泰华水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
9	大连骏海垂钓服务有限公司底播增养殖	大连骏海垂钓服务有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
10	大连小龙湾水产有限公司底播增养殖	大连小龙湾水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
11	大连博发水产有限公司底播增养殖	大连博发水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
12	大连兴堂水产有限公司底播增养殖	大连兴堂水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
13	长海县兴国金茂海产品有限公司底播增养殖	长海县兴国金茂海产品有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
14	大连博华水产有限公司底播增养殖	大连博华水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
15	大连永易水产有限公司底播增养殖	大连永易水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
16	大连金砣海洋生物开发有限公司底播增养殖	大连金砣海洋生物开发有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
17	大连金砣海洋生物开发有限公司底播增养殖	大连金砣海洋生物开发有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
18	长海鼎泰万顺水产有限公司底播增养殖	长海鼎泰万顺水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
19	大连金砣海洋生物开发有限公司底播增养殖	大连金砣海洋生物开发有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
20	大连鸿狄水产有限公司底播增养殖	大连鸿狄水产有限公司	开放式养殖用海	开放式养殖
21	大连正大海洋生物有限公司浮筏养殖	大连正大海洋生物有限公司	开放式养殖用海	浮筏养殖
22	大连禹龙海珍品有限公司浮筏养殖	大连禹龙海珍品有限公司	开放式养殖用海	浮筏养殖

## 4.3 环境质量现状调查与评价

### 4.3.1 海洋水文动力

引用国家海洋环境监测中心编制的《国家电投大连市花园口I海上风电项目海域使用论证报告书报告》中春季和秋季的全潮水文观测，具体如下。观测站位置示意图见图。

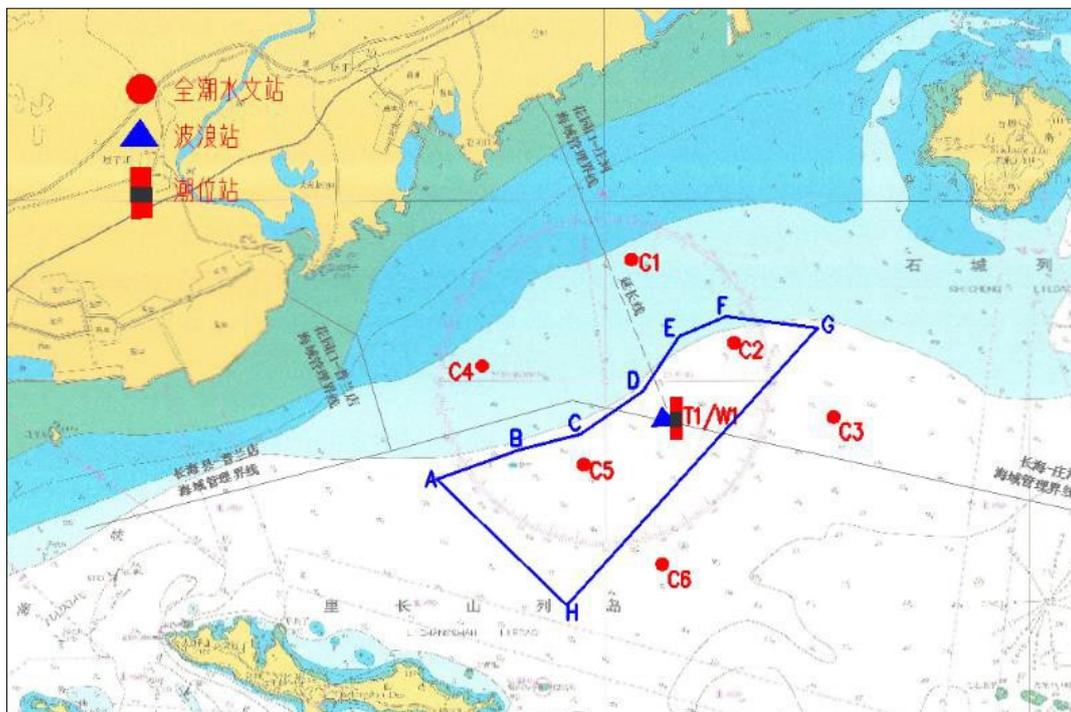


图 4.3.1-1 观测站位示意图

#### 4.3.1.1 潮汐

##### 4.3.1.1.1 潮汐性质

根据 2019 年 3 月 22 日~2020 年 3 月 28 日历时 373 日的逐时潮位观测值，采用最小二乘法进行潮汐调和与分析，求出各个分潮的调和常数。经潮汐调和与分析计算，风电场海域的潮汐示性系数  $F$  为 0.37，潮汐示性系数小于 0.5，属于正规半日潮性质，即相邻高潮或低潮的潮位相近、涨潮历时与落潮历时亦相近。潮汐调和常数见表 4.3.1-1。

表 4.3.1-1 T1 站潮汐调和常数表

分潮		H(cm)	g(°)	分潮		H(cm)	g(°)
1	SA	32.27	168.51	31	NU2	7.23	240.18
2	SSA	6.24	354.02	32	H1	2.21	286.11
3	MSM	0.65	21.22	33	M2	160.76	258.66
4	MM	1.25	14.38	34	H2	2.43	190.45
5	MSF	0.68	215.88	35	MKS2	1.69	42.87
6	MF	2.62	256.93	36	LDA2	3.25	293.47
7	ALP1	0.52	353.34	37	L2	9.37	304.11
8	2Q1	0.63	256.23	38	T2	3.38	294.96
9	SIG1	0.78	29.88	39	S2	54.31	312.46
10	Q1	4.44	271.89	40	R2	0.67	57.41
11	RHO1	1.16	283.86	41	K2	15.31	310.89
12	O1	24.53	300.31	42	MSN2	1.62	161.31
13	TAU1	0.83	137.96	43	ETA2	0.35	334.6
14	BET1	0.68	294.06	44	MO3	1.45	65.97
15	NO1	1.62	316.82	45	M3	0.45	26.39
16	PI1	0.55	32.44	46	SO3	1.02	131.17
17	P1	10.29	332.4	47	MK3	1.75	119.12
18	S1	1.01	86.61	48	SK3	0.47	171.96
19	K1	35.14	342.59	49	MN4	2.26	358.81
20	PSI1	0.66	42.46	50	M4	6.17	25.25
21	PHI1	0.53	22.74	51	SN4	0.59	58.32
22	THE1	0.9	343.11	52	MS4	4.32	86.49
23	J1	1.79	27.35	53	MK4	1.33	92.73
24	SO1	0.98	162.77	54	S4	0.58	159.34
25	OO1	1.01	80.19	55	SK4	0.32	134.66
26	OQ2	0.42	248.85	56	2MK5	0.74	317.83
27	EPS2	1.46	15.79	57	2MN6	0.49	151.73
28	2N2	2.83	211.27	58	M6	0.88	169.22
29	MU2	4.71	44.54	59	2MS6	1.15	228.74
30	N2	31.9	230.57	60	2SM6	0.36	290.43

#### 4.3.1.1.2 理论最低潮面

采用《水运工程测量规范》(JTJ203-2001)的附录 F“理论最低潮面的计算”里的计算公式进行理论最低潮面的计算,根据全年调和常数中的 M2、S2、N2、K2、K1、O1、P1、Q1、M4、MS4、M6、Sa、Ssa 等 13 个分潮的调和常数和节点因数进行理论最低潮面计算,计算得出工程海域理论最低潮面为-311cm(85 高程基准),基准面之间相互关系如图 4.3.1-2 所示。

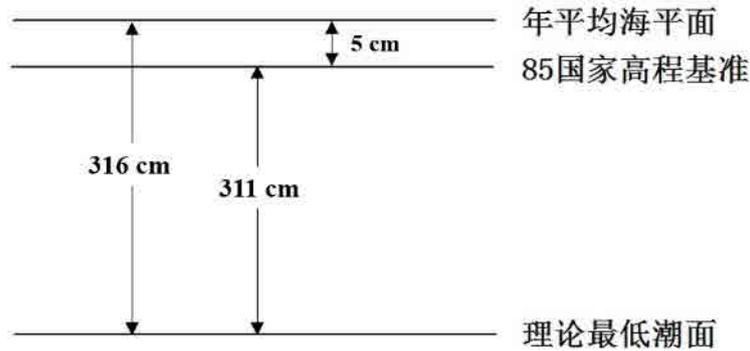


图 4.3.1-2 基准面关系图

#### 4.3.1.1.3 潮位特征值

根据风电场潮位站历时 373 天（2019 年 3 月 22 日~2020 年 3 月 28 日）的潮位资料统计，得到 1985 国家高程基准的逐月的潮位特征值如下表所示。观测期间，最高潮位为 316cm（2019 年 8 月 3 日），最低潮位为-303cm（2019 年 11 月 25 日），最大潮差 530cm（2020 年 2 月 10 日），平均潮差 341cm，平均涨潮历时为 06:00，平均落潮历时为 06:26，涨潮历时小于落潮历时，年平均海平面为 5cm（国家 85 高程基准）。

表 4.3.1-2 风电场站潮位特征值 单位：(cm)

特征值 \ 月份	2019 年												2020 年			周年
	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月			
最高潮位	281	290	289	288	300	316	309	260	257	268	263	281	248	316		
最低潮位	-228	-209	-223	-219	-217	-212	-269	-297	-303	-268	-301	-282	-295	-303		
平均高潮位	191	202	192	183	188	213	187	165	132	135	143	145	145	170		
平均低潮位	-140	-133	-141	-155	-153	-140	-170	-192	-202	-198	-192	-193	-192	-171		
平均海平面	31	40	31	20	22	42	14	-8	-30	-25	-20	-19	-18	5		
最大潮差	494	491	478	490	505	509	528	520	504	491	517	530	513	530		
最小潮差	120	139	162	209	191	173	139	128	146	156	165	123	119	119		
平均潮差	329	336	334	339	341	353	356	356	333	333	335	339	337	341		
平均涨潮历时 (hh:mm)	06:03	06:00	06:04	05:57	05:56	06:00	06:01	05:55	05:55	05:59	06:06	05:59	06:00	06:00		
平均落潮历时 (hh:mm)	06:28	06:25	06:20	06:27	06:31	06:25	06:24	06:29	06:29	06:25	06:18	06:27	06:25	06:26		
统计时间	2019.3.22~2020.3.28															

#### 4.3.1.1.4 平均海平面

潮位观测期间（2019 年 3 月 22 日~2020 年 3 月 28 日）风电场海域年平均海平面为 5cm，从各月份海平面变化来看，2019 年 3 月~8 月，海平面在 30cm 左

右，保持在一个高海平面稳定状态；随着气温下降，季风转向，2019年9月~10月海平面开始下降；2019年11月~2020年3月，海平面在-25cm左右，保持在一个低海平面稳定状态。海平面的时间变化趋势，呈现春夏季海平面高，秋冬季海平面低的特点，具体见下表。

表 4.3.1-3 风电场海域平均海平面（1985 国家高程基准） 单位：(cm)

2019 年										2020 年			年平均
3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	
31	40	31	20	22	42	14	-8	-30	-25	-20	-19	-18	5

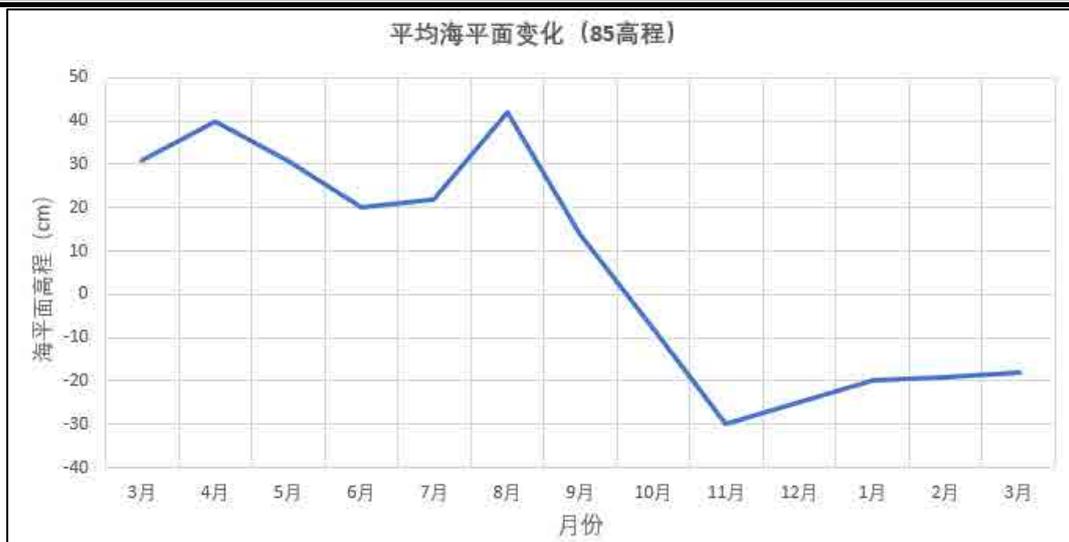


图 4.3.1-3 风电场年平均海平面变化趋势

#### 4.3.1.1.5 设计水位

##### (1) 设计高、低水位

按照《港口与航道水文规范》(JTS 145-2015, 2022 修订)中设计水位计算方法，根据潮位站一年实测潮位资料进行累积频率计算，绘制潮位累积频率曲线见图 4.3.1-4，即设计高水位采用高潮累积频率 10%的潮位或历时累积频率 1% 的潮位，设计低水位采用低潮累积频率 90%的潮位或历时累积频率 98%的潮位。

依据高潮、低潮累积频率统计，则设计高水位为 2.52m，设计低水位为-2.37m；若采用历时潮位累积频率，则设计高水位为 2.61m，设计低水位为-2.28m。保守取值，则工程海域的设计高水位推荐值为 2.61m，设计低水位推荐值为-2.37m，具体见下表。

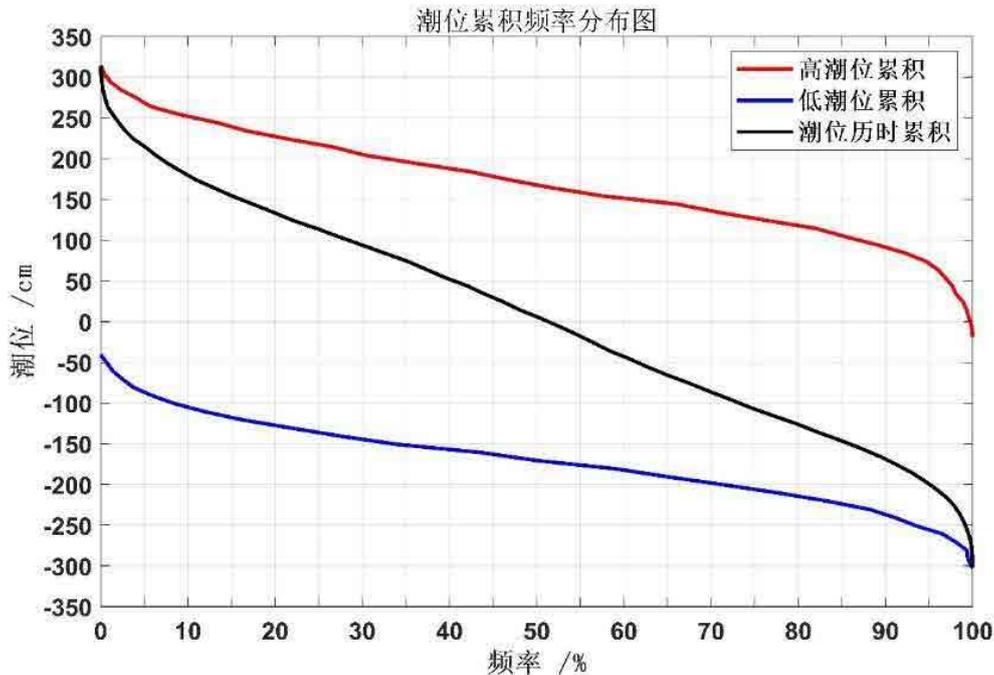


图 4.3.1-4 风电场潮位站潮位累积曲线

表 4.3.1-4 风电场区设计高、低水位计算结果

设计水位	高潮、低潮累积频率		历时潮位累积频率		推荐值
设计高水位	2.52m	高潮10%	2.61m	1%	2.61m
设计低水位	-2.37m	低潮90%	-2.28m	98%	-2.37m

### (2) 极端高、低水位

按照《港口与航道水文规范》附录 H0.4，近似计算风电场临时测站极端高、低水位。若采用高、低潮累积设计水位进行计算，则 50 年一遇极端高水位为 3.32m，极端低水位为-3.77m；若采用逐时累积设计水位进行计算，则 50 年一遇极端高水位为 3.41m，极端低水位为-3.68m。保守取值，则工程海域的极端高水位推荐值为 3.41m，极端低水位推荐值为-3.77m，具体见下表

表 4.3.1-5 风电场区设计高、低水位计算结果

水位	高、低潮累积	逐时累积	推荐值
极端高水位	3.32m	3.41m	3.41m
极端低水位	-3.77m	-3.68m	-3.77m

### 4.3.1.2 波浪

测波站位于风电场中部海域，对场区波浪有代表性。

该系统于 2019 年 3 月 22 日开始观测，至 2020 年 3 月 28 日结束波浪观测工

作。各月 H1/10 波高波向分级玫瑰图，见图 4.3.1-5 至图 4.3.1-17。

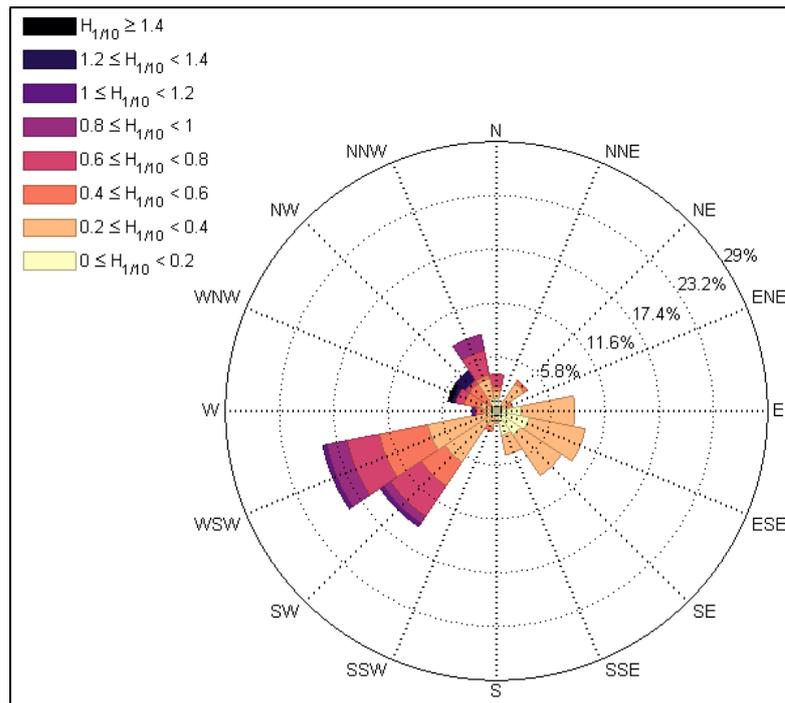


图 4.3.1-5 2019 年 3 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

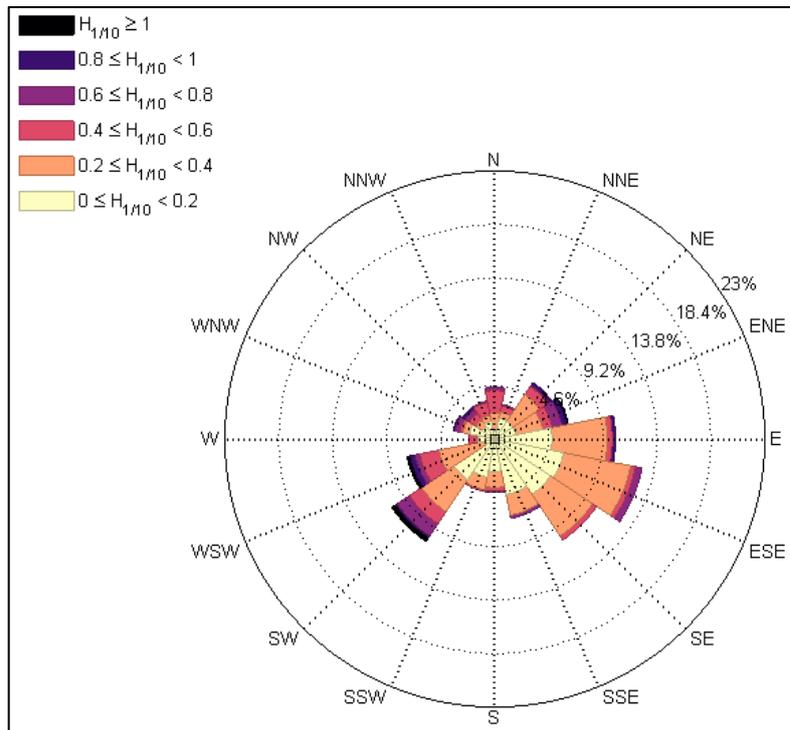


图 4.3.1-6 2019 年 4 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

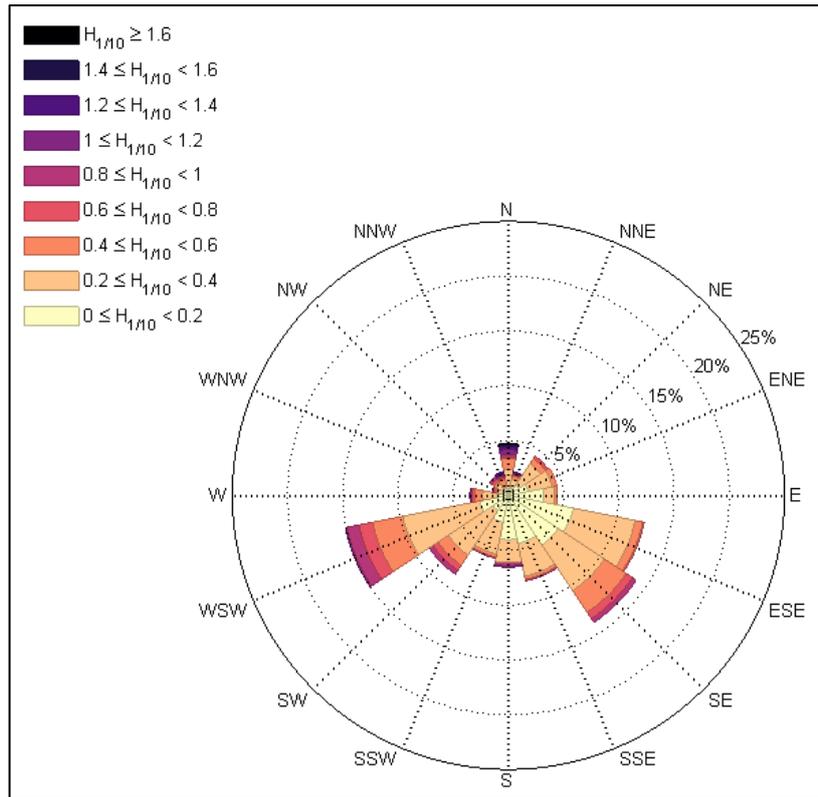


图 4.3.1-7 2019 年 5 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

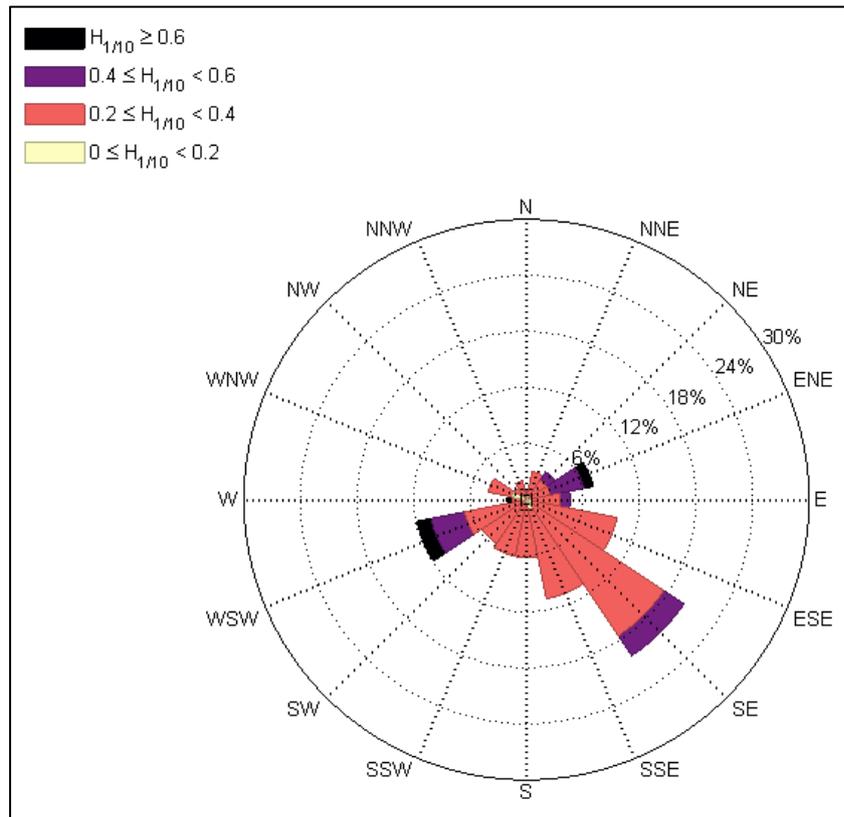


图 4.3.1-8 2019 年 6 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

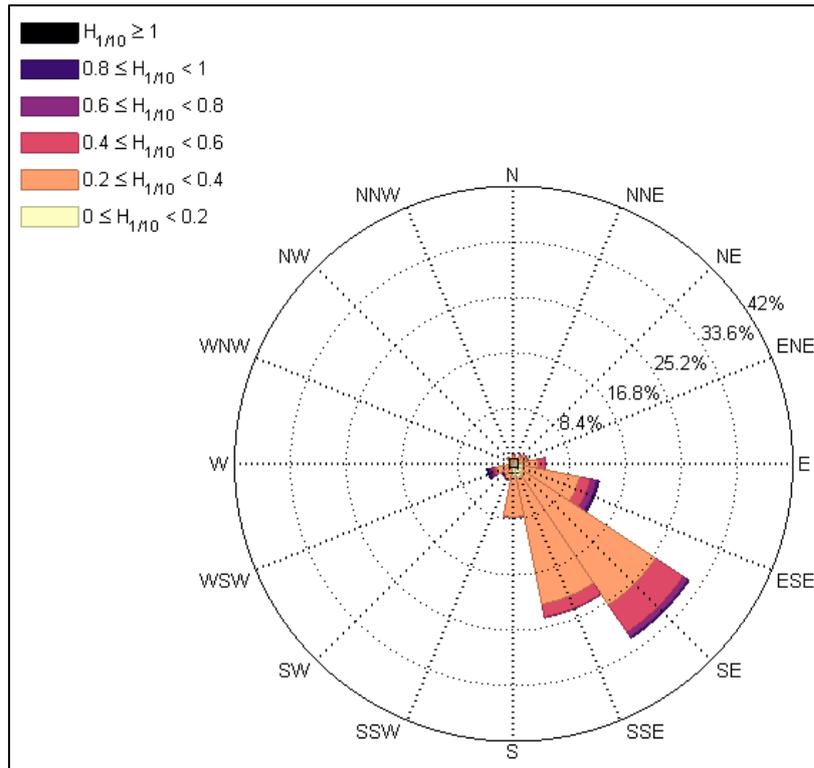


图 4.3.1-9 2019 年 7 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

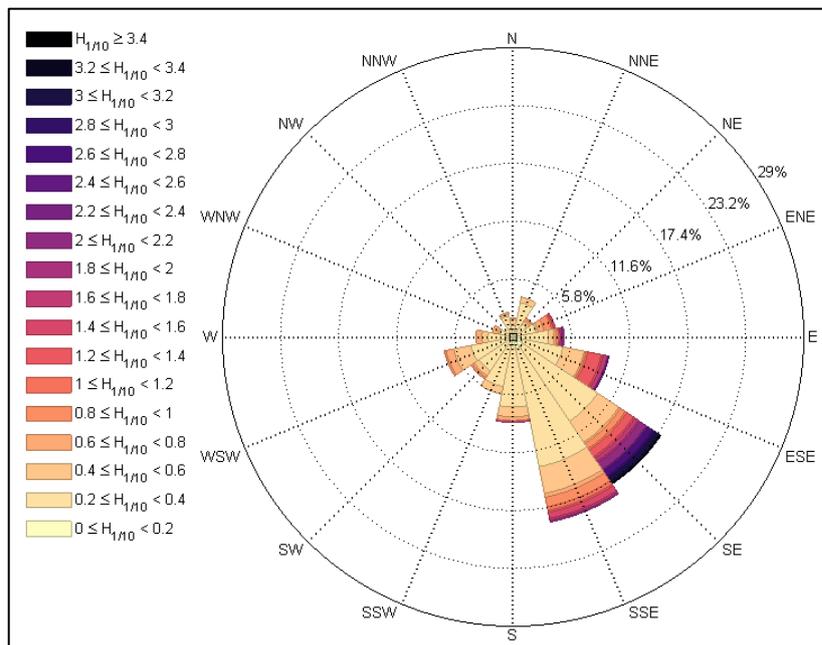


图 4.3.1-10 2019 年 8 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

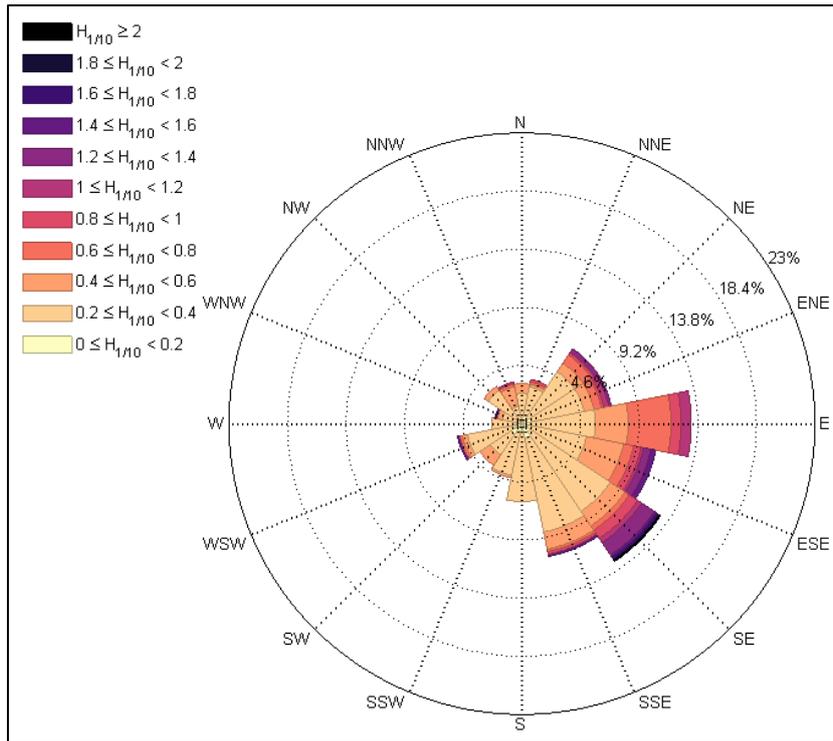


图 4.3.1-11 2019 年 9 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

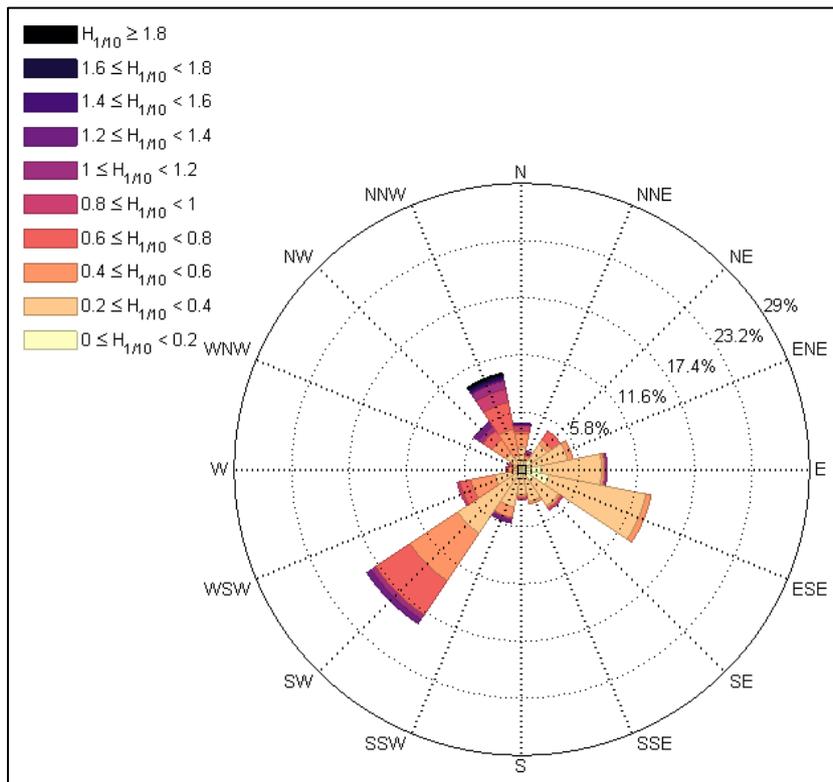


图 4.3.1-12 2019 年 10 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

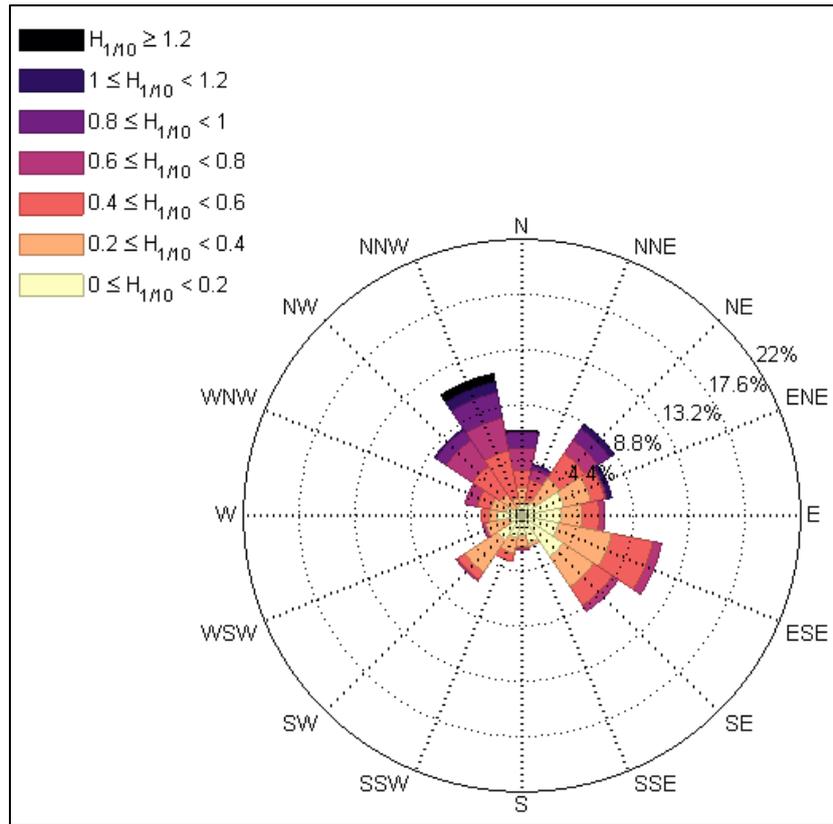


图 4.3.1-13 2019 年 11 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

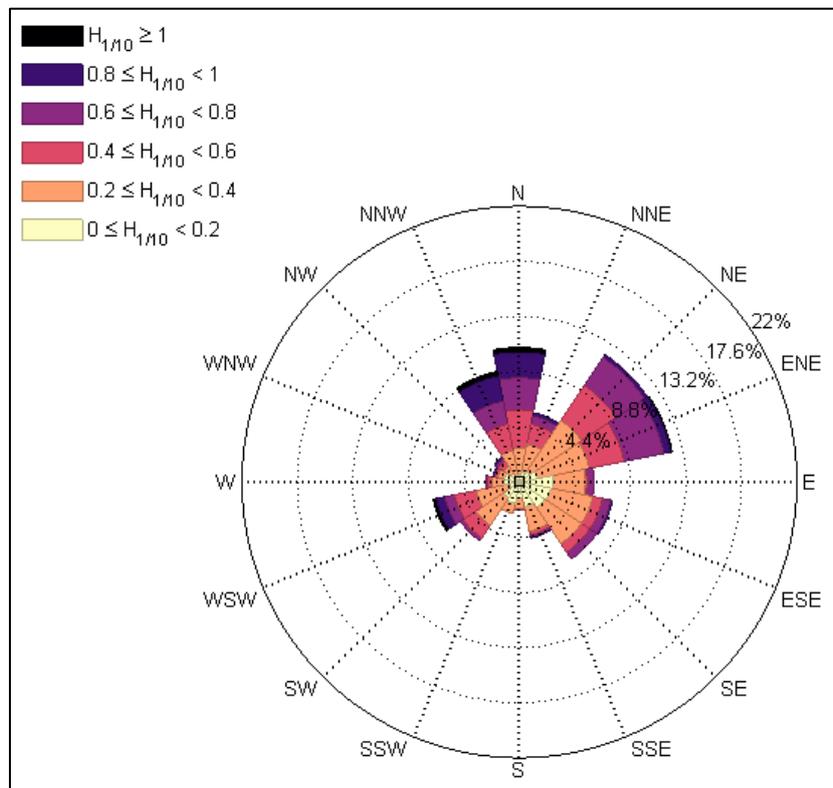


图 4.3.1-14 2019 年 12 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

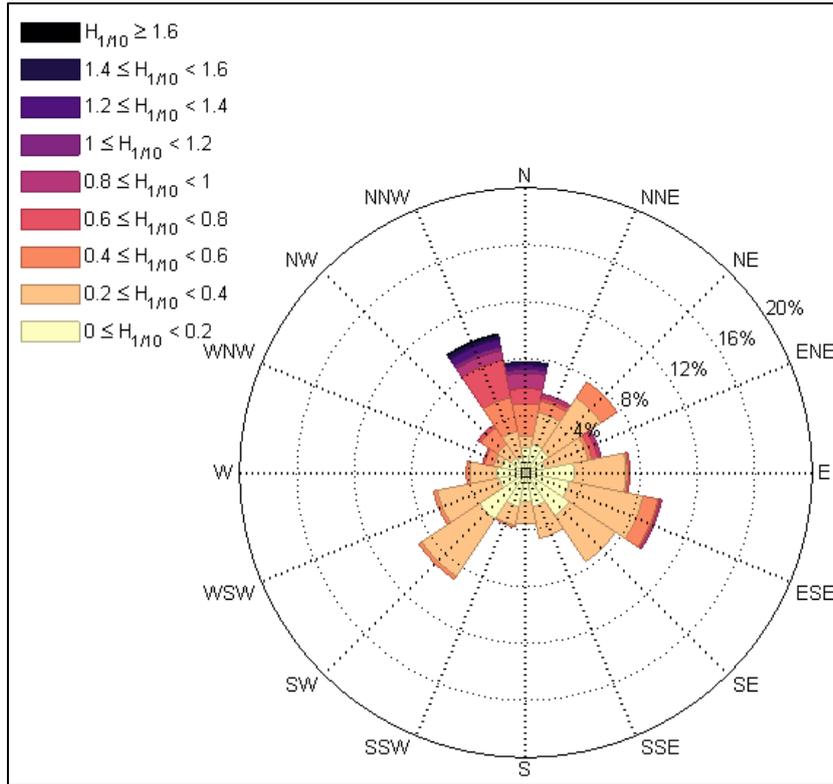


图 4.3.1-15 2020年1月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

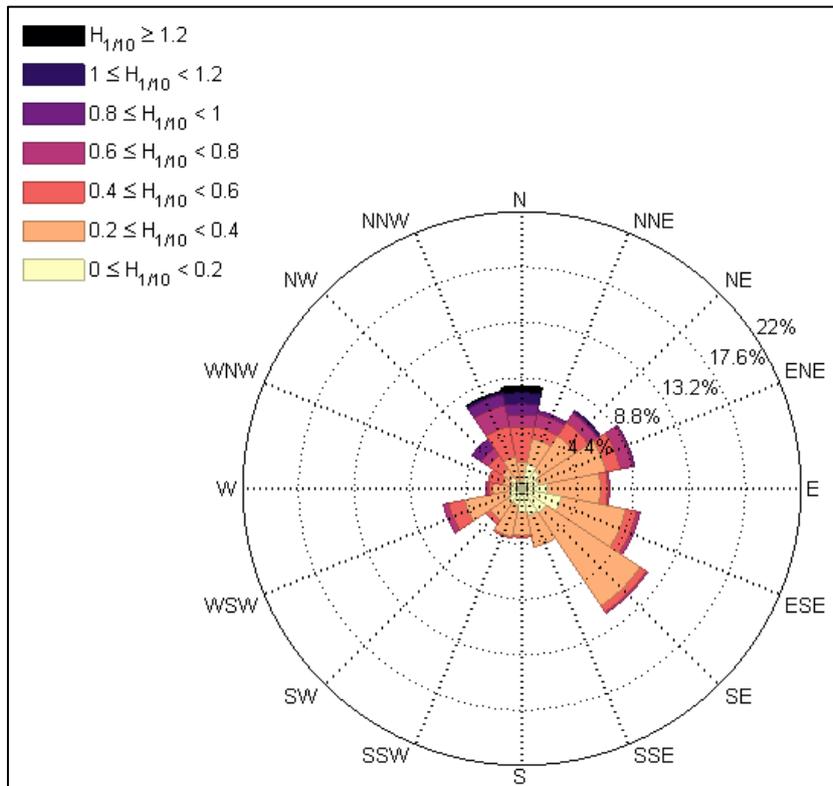


图 4.3.1-16 2020年2月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

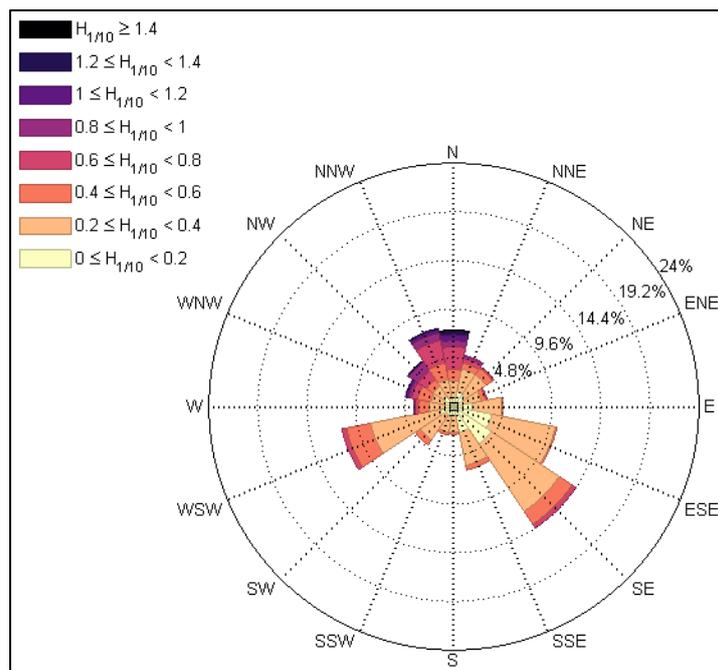


图 4.3.1-17 2020 年 3 月 H1/10 波高波向分级玫瑰图

观测点位于黄海北部海域，受季风、海岸、海底地形地貌环境等因素的影响，对 2019 年 3 月~2020 年 3 月十三个月的波浪数据进行统计分析，波浪特征分布具有较明显的时间差异和季节特征。具体规律特征如下：

海域内波浪特征具有明显季节性，春季波浪以 SW~WSW 方向以及 ESE~SE 方向出现频率最高，分别为 25.26%和 22.57%；夏季波浪以 ESE~SE 方向出现频率最高，为 51.92%；秋季波浪以 ESE 方向出现频率最高，为 11.75%；冬季波浪以 NNW 方向以及 NE 方向出现频率最高，分别为 9.11%和 8.95%。周年变化方面，SE 向波浪出现频率最高，为 13.04%，ESE 方向出现频率次之，为 10.80%。

春季 H1/10 波高平均值为 0.33m，夏季为 0.36m，秋季为 0.41m，冬季为 0.35m。H1/10 波高平均值和最大值在各个波向分布方面，春季 WSW 向波浪出现频率最高，为 13.87%，该向 H1/10 波高平均值为 0.44 m，H1/10 波高最大值为 1.04m，出现在 WSW 方向；夏季 SE 向波浪出现频率最高，为 23.2%，该向 H1/10 波高平均值为 0.47m，H1/10 波高最大值为 1.60m，出现在 WSW 方向；秋季 ESE 向波浪出现频率最高，为 11.75%，该向 H1/10 波高平均值为 0.37m，H1/10 波高最大值为 1.39m，出现在 NNW 方向；冬季 NNW 向和 SE 向波浪出现频率最高，均为 8.95%，这两方向上 H1/10 波高平均值分别为 0.57m 和 0.25m，H1/10 波高最大值为 1.39 m，出现在 NNW 方向。周年特征方面，H1/10 平均波高周年变化范围为

0.33~0.41m，SE 向波浪出现频率最高，ESE 方向出现频率次之，这两方向上 H1/10 波高平均值分别为 0.33 m 和 0.32m。

观测期间，Hmax 在 1.40~2.22m 之间，其中 Hmax 最大值出现在 2019 年 9 月，对应最大波高值为 2.22m，对应波向为 WSW 方向，出现时间为 9 月 1 日；2019 年 12 月 Hmax 为 1.40m，为 13 个月中最低，对应方向为 WSW 方向，出现时间为 12 月 4 号。春季 Hmax 为 1.89m，出现在 2019 年 5 月份；夏季为 1.87m，出现在 2019 年 8 月份；秋季为 2.22m，出现在 2019 年 9 月份；冬季为 1.52，出现在 2020 年 2 月。

海域内以 2 级和 3 级浪占绝对优势，除 2020 年 3 月份以外，2 级和 3 级浪出现频率普遍大于 98%。并且，观测期间 2 级浪所占频率均大于 3 级浪，其中 2019 年 4~7 月及 2020 年 1 月，2 级浪占 80% 以上，其他月份 2 级浪在 50-75% 之间。4 级浪出现于 2019 年 8~10 月及 2020 年 1 月和 3 月，出现频率均在 6% 以下。5 级浪仅出现在 2019 年 8 月份，频率小于 1%。

工程海域，波浪周期平均值较一致，变化不大，处于 2.8~3.1s 之间，其中 2019 年 11 月最大为 3.1s，2020 年 1 月最小为 2.8s。春季波浪 Tm 月平均值为 3.0s，Tm 最大值为 5.0s；夏季波浪 Tm 月平均值为 3.0s，Tm 最大值为 5.5s；秋季波浪 Tm 月平均值为 2.9s，Tm 最大值为 6.7s；冬季波浪 Tm 月平均值为 2.9s，Tm 最大值为 5.4s。周年波浪 Tm 月平均值范围为 2.8~3.1s，Tm 最大值范围为 4.6~7.7s。

#### 4.3.1.3 海流

全潮水文观测，采用了 AEM213-D 直读式海流计，可以直接观测获得六层海流数据。本期全潮水文观测结束后，将数据质量校正过的测验数据录入计算机编制成流速流向观测报表。报表中垂线平均流速、流向均采用矢量合成法计算。

##### 4.3.1.3.1 春季海流观测结果分析

###### (1) 实测海流分析

###### ① 垂线平均涨、落潮流平均流速、流向

根据各站垂线平均涨、落潮流速流向计算结果（表 4.3.1-6），归纳出各潮期各站垂线平均的涨、落潮流平均流速的分布及变化趋势。

在三个潮次的观测中，大潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 24~35cm/s 之间，落潮流平均流速在 22~36cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 24~40cm/s 之间，落潮流平均流速在 20~36cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~23cm/s 之间，落潮流平均流速在 15~23cm/s 之间。整体而言，大潮和中潮涨落潮流较大，小潮较小。

在三个潮次观测中，大潮期：C1、C3、C6 测站涨潮流大于落潮流，C4、C5 测站反之，C2 测站涨落潮流相等；中潮期，C1~C3、C5、C6 测站涨潮流大于落潮流，C4 测站反之；小潮期，C3、C6 测站涨潮流大于落潮流，其余测站反之。

平面分布来看，C1~C2 涨落潮流速稍小，C3~C6 稍大一些涨落潮流呈现南部大于北部的分布特征。

表 4.3.1-6 各站实测垂线平均涨、落潮平均流速

站号	大潮期				中潮期				小潮期			
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
1	28	51	22	238	24	54	22	240	16	50	17	234
C2	24	342	24	169	25	340	24	164	15	344	17	169
C3	32	338	22	162	30	346	26	168	18	342	17	161
C4	32	66	36	232	30	63	36	229	22	70	23	234
C5	26	50	28	246	28	76	20	265	18	74	20	252
C6	35	337	24	156	40	343	25	161	23	341	15	152

## ②垂线平均涨、落潮流最大流速、流向

各站垂线平均涨、落潮流最大流速分布及变化趋势见下表。

表 4.3.1-7 各站实测垂线平均涨、落潮最大流速

站号	大潮期				中潮期				小潮期			
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	43	17	37	264	40	32	41	263	29	24	35	265
C2	45	357	40	151	44	305	41	171	32	357	35	215
C3	55	350	42	147	57	346	40	166	42	350	29	209
C4	51	72	58	235	49	52	65	231	31	68	54	241
C5	56	351	43	269	59	87	35	263	34	54	33	247
C6	65	346	44	144	74	343	40	162	52	345	27	181

大潮期：垂线平均涨潮流最大流速在 43~65cm/s 之间，最大值为 65cm/s，流向为 346°，出现在 C6 站；落潮流最大流速在 37~58cm/s 之间，最大流速为 58cm/s，流向为 235°，出现在 C4 站。中潮期：垂线平均涨潮流最大流速在 40~74cm/s 之间，最大流速为 74cm/s，流向为 343°，出现在 C6 站；垂线平均落潮流最大流速在 35~65cm/s 之间，最大流速为 65cm/s，流向为 231°，出现在 C4 站。小潮期：垂线平均涨潮流最大流速在 29~52cm/s 之间，最大流速为 52cm/s，流向为 345°，出现在 C6 站；垂线平均落潮流最大流速在 27~54cm/s 之间，最大流速为 54cm/s，流向为 241°，出现在 C4 站。

整体而言，大潮和中潮垂线平均涨落潮流最大流速较大，小潮较小。

### ③测点最大流速

通过对本期测验各个测站的各层实测的流速资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站的涨、落潮段最大流速垂向分布，以及对应流向和潮次、层次，具体信息见表 4.3.1-8。大潮、中潮和小潮期各测站各层涨、落潮潮段最大流速和对应流向分布，见表 4.3.1-9。

总体来看，施测海域的测点实测最大流速，出现于大潮期和中潮期。涨潮段最大为 82cm/s，流向 346°和 340°，出现于 C6 测站中潮表层和 0.2H 层；落潮段最大为 69cm/s，流向 229°和 227°，出现于 C4 测站中潮表层和 0.2H 层。

表 4.3.1-8 春季测点实测最大流速统计表

站名	涨潮			落潮		
	流速 (cm/s)	流向 (°)	测点	流速 (cm/s)	流向 (°)	测点
C1	46	86、18、 358、27	大潮表层、0.2H、 0.4H，中潮0.2H	49	259、266	中潮表层、0.2H
C2	54	332、310	大潮表层，中潮 0.4H	51	153、182	大潮表层，中潮表层
C3	65	347	中潮表层	48	146	大潮表层
C4	56	80	中潮表层	69	229、227	中潮表层、0.2H
C5	65	87	中潮表层	60	342	大潮表层
C6	82	346、340	中潮表层、0.2H	49	169、144	大潮0.2H、0.6H

表 4.3.1-9 春季大中小潮期各测站各层涨、落潮段最大流速分布

站号	潮段	层次	大潮		中潮		小潮	
			流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	涨潮	表层	46	86	44	32	31	338
		0.2H	46	18	46	27	32	332
		0.4H	46	358	42	24	34	27
		0.6H	45	0	45	33	31	37
		0.8H	45	28	37	35	31	33
		底层	39	23	37	20	30	61
	落潮	表层	46	257	49	259	43	271
		0.2H	42	247	49	266	43	267
		0.4H	41	242	43	284	35	266
		0.6H	37	267	40	280	32	249
		0.8H	35	262	37	264	33	261
		底层	31	250	32	261	28	256
C2	涨潮	表层	54	332	50	303	45	314
		0.2H	50	334	51	302	37	304
		0.4H	47	355	54	310	35	290
		0.6H	46	355	44	3	34	2
		0.8H	42	353	40	28	33	20
		底层	36	0	35	17	28	4
	落潮	表层	51	153	51	182	38	239
		0.2H	48	157	48	173	37	230
		0.4H	45	147	46	160	43	233
		0.6H	39	198	46	213	38	226
		0.8H	40	131	39	202	33	195
		底层	36	178	39	193	34	188
C3	涨潮	表层	60	355	65	347	50	344
		0.2H	60	353	64	344	45	348
		0.4H	58	349	58	347	42	351
		0.6H	56	349	59	347	42	352
		0.8H	51	346	53	348	39	350
		底层	43	349	42	346	32	351
	落潮	表层	48	146	43	184	29	231
		0.2H	45	175	44	179	32	173
		0.4H	45	145	45	169	33	232
		0.6H	41	167	44	157	33	203
		0.8H	41	150	39	156	29	192
		底层	34	154	32	197	25	184

C4	涨潮	表层	53	59	56	80	36	67
		0.2H	53	73	55	53	33	68
		0.4H	54	61	50	72	36	91
		0.6H	53	72	50	52	34	75
		0.8H	54	73	47	44	37	83
		底层	49	69	45	72	29	63
	落潮	表层	66	235	69	229	56	241
		0.2H	65	234	69	227	57	240
		0.4H	64	236	67	234	59	241
		0.6H	59	238	64	235	56	244
		0.8H	53	230	63	230	47	239
		底层	51	225	59	231	47	240
C5	涨潮	表层	54	22	65	87	35	86
		0.2H	55	348	63	90	36	90
		0.4H	57	352	63	90	39	55
		0.6H	55	352	56	84	36	49
		0.8H	56	353	55	85	32	97
		底层	56	357	49	87	30	42
	落潮	表层	60	342	37	273	36	245
		0.2H	46	247	37	270	35	246
		0.4H	46	270	36	261	36	248
		0.6H	44	268	36	260	31	274
		0.8H	42	245	36	286	32	249
		底层	40	266	35	273	25	272
C6	涨潮	表层	73	341	82	346	61	346
		0.2H	71	348	82	340	59	346
		0.4H	71	343	75	343	53	345
		0.6H	68	341	80	342	51	346
		0.8H	65	337	69	344	49	344
		底层	55	345	53	322	37	342
	落潮	表层	46	175	41	146	30	155
		0.2H	49	169	46	154	33	78
		0.4H	46	165	44	168	30	164
		0.6H	49	144	46	151	31	163
		0.8H	47	152	44	149	27	182
		底层	34	158	30	145	24	169

#### ④测点平均流速

通过对本期测验各个测站的各层实测的流速资料进行统计,按涨潮段、落潮段分别统计平均值得到各测站涨、落潮段平均流速流向分布,见表 4.3.1-10。各

测站各层的涨、落潮段平均流速流向分布，见表 4.3.1-11。

表 4.3.1-10 春季测点实测潮段平均流速统计表

站名	大潮		中潮		小潮	
	涨潮		涨潮		涨潮	
	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	27	51	23	55	16	46
C2	26	344	24	345	15	349
C3	31	338	30	344	19	346
C4	32	66	31	62	20	71
C5	26	53	28	76	19	75
C6	35	339	38	343	23	344
站名	落潮		落潮		落潮	
	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
	C1	23	239	22	241	18
C2	23	172	25	170	18	173
C3	22	163	26	164	16	167
C4	36	232	35	228	25	235
C5	28	249	20	265	19	253
C6	23	159	26	160	15	157

表 4.3.1-11 春季大中小潮期各测站各层涨、落潮段平均流速分布

站号	潮段	层次	大潮		中潮		小潮	
			流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	涨潮	表层	26	42	23	61	13	40
		0.2H	30	50	27	55	15	44
		0.4H	30	53	23	54	17	45
		0.6H	27	47	23	53	18	52
		0.8H	27	52	22	55	17	48
		底层	21	65	21	54	15	48
	落潮	表层	28	240	26	243	18	235
		0.2H	26	240	27	240	21	231
		0.4H	24	236	24	241	18	231
		0.6H	22	233	22	238	16	235
		0.8H	19	236	19	242	18	225
		底层	19	250	16	242	15	227
C2	涨潮	表层	31	339	29	336	23	329
		0.2H	29	343	28	341	17	339
		0.4H	27	343	28	341	13	342
		0.6H	24	345	23	344	13	0

C3		0.8H	23	351	20	357	15	8
		底层	25	348	17	358	14	10
	落潮	表层	27	174	30	175	17	172
		0.2H	25	175	27	172	20	173
		0.4H	25	169	25	167	22	173
		0.6H	23	170	25	162	19	175
		0.8H	20	172	23	170	16	173
		底层	16	174	19	173	14	171
	涨潮	表层	35	335	36	342	25	338
		0.2H	33	343	35	342	21	344
		0.4H	34	338	33	347	18	344
		0.6H	31	338	30	340	18	346
		0.8H	31	339	26	343	18	348
		底层	23	335	22	349	15	2
落潮	表层	25	162	26	171	15	161	
	0.2H	25	171	27	168	18	165	
	0.4H	23	161	28	171	18	165	
	0.6H	23	159	29	157	18	168	
	0.8H	19	163	27	155	14	168	
	底层	17	160	18	165	13	177	
C4	涨潮	表层	32	64	34	67	18	72
		0.2H	33	66	34	62	20	69
		0.4H	35	67	32	63	22	74
		0.6H	33	67	32	59	21	72
		0.8H	31	67	28	62	22	68
		底层	28	67	28	58	17	69
	落潮	表层	41	231	36	230	27	233
		0.2H	39	233	37	226	28	230
		0.4H	38	233	37	229	29	232
		0.6H	36	233	36	227	25	240
		0.8H	32	233	35	230	22	238
		底层	29	232	30	228	20	237
C5	涨潮	表层	28	61	29	76	18	90
		0.2H	27	50	29	78	23	77
		0.4H	27	50	30	78	22	70
		0.6H	26	51	27	76	18	73
		0.8H	25	49	28	75	19	74
		底层	20	54	24	71	16	67
	落潮	表层	28	256	21	264	21	266
		0.2H	30	247	24	265	19	256

		0.4H	29	245	21	262	20	251
		0.6H	28	245	20	265	20	252
		0.8H	26	247	19	268	18	248
		底层	26	252	17	268	15	244
C6	涨潮	表层	42	342	44	346	27	347
		0.2H	37	338	42	343	25	346
		0.4H	36	337	42	344	23	345
		0.6H	36	337	40	339	22	340
		0.8H	33	341	35	341	21	339
		底层	25	335	27	343	17	347
	落潮	表层	23	169	25	169	15	149
		0.2H	26	158	29	165	16	149
		0.4H	26	155	27	163	16	151
		0.6H	26	154	27	153	18	159
		0.8H	23	167	27	151	14	166
		底层	17	153	19	155	12	169

上述统计结果表明：潮段平均流速，整体上大部分测站表现为自表层向底层递减，涨潮平均流速大于落潮平均流速。空间分布来看，C1、C2 测站流速稍小一些，C3~C6 测站流速稍大一些。空间分布上主要表现为南部测站流速大，北部测站流速小。时间分布上涨落潮流速表现为大潮和中潮较大，小潮最小。

#### ⑤涨落潮流历时

受月赤纬变化和海湾地形等因素的影响，施测海域不同测站的涨、落潮历时有所差异，具体见下表。

表 4.3.1-12 春季涨、落潮潮流历时统计 单位：hh:mm

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
C1	05:15	06:05	06:05	05:48	07:15	06:25	06:25	06:41
C2	05:55	06:15	06:05	06:05	06:35	06:15	06:25	06:25
C3	06:30	06:55	06:35	06:40	06:00	05:35	05:55	05:50

a.根据实测资料统计，施测海域涨、落潮平均历时分别为 6 小时 8 分和 6 小时 21 分，涨潮流历时小于落潮流历时，平均历时差 13 分。

b.涨落潮流历时，大潮相差最大，中潮和小潮相接近。涨、落潮平均历时，大潮分别为 6 小时和 6 小时 29 分，相差 29 分；中潮分别为 6 小时 12 分和 6 小时 17 分，相差 5 分；小潮分别为 6 小时 13 分和 6 小时 16 分，相差 3 分。

c.C1、C2、C4、C5 测站涨潮流平均历时小于落潮流平均历时，C3 和 C6 测站涨潮流平均历时小于落潮流平均历时。

## (2) 潮流准调和分析

对 6 个测站的大、中、小潮实测潮流资料采用准调和分析方法分别计算出 O1、K1、M2、S2、M4、MS4 等 6 个主要分潮流调和常数。结果显示，各主要分潮流以 M2 半日分潮流为主，其次是 S2 半日分潮流、K1 全日分潮流和 O1 全日分潮流，M4 四分之一日分潮流和 MS4 浅水四分之一日分潮流均较小。

### ① 潮流类型

潮流按其性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流，潮流性质以主要的全日分潮流与主要半日分潮流的椭圆长半轴比值 F 来判据。

各站垂线平均的 F 值计算结果见下表，范围介于 0.22~0.39 之间，平均为 0.32，均小于 0.5，表明施测海域潮流类型属规则半日潮流性质。实测海流准调和分析的浅水分潮流比值 G 值各站垂线平均结果范围为 0.04~0.22，平均值为 0.14，表明施测海域潮流类型中浅水分潮流相对较强。

综合而言，施测海域潮流类型属规则浅海半日潮流性质。

表 4.3.1-13 春季各测站潮流示性系数 F 特征值表

站号	潮流示性系数						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	0.54	0.34	0.30	0.30	0.33	0.35	0.34
C2	0.43	0.41	0.37	0.26	0.26	0.31	0.33
C3	0.35	0.32	0.27	0.23	0.25	0.23	0.26
C4	0.42	0.39	0.38	0.38	0.38	0.41	0.39
C5	0.42	0.37	0.32	0.32	0.39	0.38	0.36
C6	0.28	0.24	0.22	0.20	0.25	0.26	0.22
站号	浅水分潮流比值						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	0.21	0.15	0.19	0.18	0.22	0.19	0.18
C2	0.08	0.10	0.09	0.10	0.14	0.15	0.10
C3	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.05	0.04
C4	0.21	0.20	0.19	0.19	0.20	0.21	0.20
C5	0.28	0.23	0.21	0.20	0.21	0.21	0.22
C6	0.13	0.11	0.08	0.08	0.08	0.05	0.08

## ②潮流的运动形式

潮流的运动形式由潮流的椭圆旋转率  $K$  值来描述,  $K$  值为潮流椭圆的短轴和长轴之比。当  $|K|$  大于 0.25 时, 潮流表现出较强的旋转性, 即旋转流; 当  $|K|$  小于 0.25 时, 潮流表现为往复流。根据前述的分析, 由于施测海域潮流类型属于规则半日潮流性质, 且半日分潮流中,  $M_2$  分潮最具有代表性, 因此根据  $M_2$  分潮流的椭圆旋转率  $K$  值来分析施测海域潮流的运动形式。所有测站的  $M_2$  分潮的  $K$  值见下表。

表 4.3.1-14 春季各测站  $M_2$  椭圆旋转率  $K$  值表

站号	$M_2$ 分潮椭圆旋转率 $K$ 值表						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	0.85	0.80	0.84	0.87	0.85	0.84	0.84
C2	0.70	0.74	0.77	0.82	0.79	0.74	0.77
C3	0.57	0.59	0.61	0.61	0.61	0.63	0.60
C4	0.36	0.38	0.36	0.37	0.35	0.34	0.36
C5	0.72	0.70	0.73	0.77	0.75	0.75	0.74
C6	0.45	0.47	0.49	0.45	0.48	0.49	0.47

从上表可以看出, 所有测站的  $|K|$  大于 0.25, 表现为逆时针旋转流特征。

## ③潮流可能最大流速及潮流水质点可能最大运移距离

采用公式计算潮流可能最大流速以及潮流水质点的可能最大运移距离, 计算结果列入下表。

表 4.3.1-15 春季各测站潮流可能最大流速和潮流水质点可能最大运移距离

站位号	项目 层次	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 ( $^{\circ}$ )	距离 (m)	方向 ( $^{\circ}$ )
C1	表层	71.2	62	12407.3	71
	0.2H	69.8	56	11021.8	60
	0.4H	64.9	58	10064.5	62
	0.6H	60.9	56	9484.8	59
	0.8H	58.5	55	9110.8	59
	底层	52.0	58	8187.5	61
	垂直平均	62.9	57	9893.6	61
C2	表层	66.1	145	10296.2	135
	0.2H	61.7	148	9550.0	138
	0.4H	59.9	159	8878.0	147
	0.6H	55.6	7	8033.0	14
	0.8H	53.2	172	7862.3	165

	底层	49.6	11	7579.7	16
	垂直平均	55.9	3	8183.5	12
C3	表层	71.6	152	10969.8	144
	0.2H	68.0	152	10230.2	143
	0.4H	67.0	157	9885.5	148
	0.6H	70.1	161	10888.8	159
	0.8H	63.5	160	10002.5	158
	底层	50.3	163	7806.4	161
	垂直平均	63.1	156	9456.9	149
	C4	表层	101.4	58	16309.1
0.2H		99.8	57	15863.4	59
0.4H		98.4	57	15697.7	58
0.6H		94.4	57	15044.4	58
0.8H		86.9	56	13845.3	57
底层		80.0	56	12795.5	56
垂直平均		93.8	57	14975.4	58
C5		表层	75.6	78	11878.6
	0.2H	74.8	73	11702.1	76
	0.4H	71.8	72	11153.7	74
	0.6H	66.5	72	10368.8	75
	0.8H	66.0	72	10511.3	75
	底层	57.8	65	9199.4	68
	垂直平均	69.2	72	10855.3	75
	C6	表层	81.6	154	12449.0
0.2H		78.3	150	11647.1	146
0.4H		80.2	161	12554.1	158
0.6H		79.4	155	12344.9	156
0.8H		74.5	158	11778.4	156
底层		54.4	154	8677.6	155
垂直平均		76.0	154	11848.5	153

从上表可以看出，测区潮流可能最大流速在 49.6cm/s~101.4cm/s 之间。可能最大流速最大值为 101.4cm/s，出现在 C4 站表层。施测海域潮流水质点的可能最大运移距离在 7579.7m~16309.1m 之间。可能最大运移距离最大值为 16309.1 m，出现在 C4 站的表层。

### (3) 余流

余流是指海流中除天文引潮力作用所引起的潮流以外的海流。在近海海区，一般情况下余流相对于潮流的量级较小，但在某些特定海域，余流影响不能被忽

略。余流受到水文、气象、地形、地表径流等多方面因素的影响。因而不同天气条件、不同时间段的余流分布特征有所差异。

各测站全潮期间的各层及垂线平均流速的余流计算结果见下表。各层和垂线平均的余流矢量图见图 4.3.1-18~图 4.3.1-20。

表 4.3.1-16 春季各测站余流计算结果一览表

站号	层次	大潮		中潮		小潮	
		流速 (cm/s)	方向 (°)	距离 (m)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)
C1	表层	7.0	265	0.4	135	4.6	249
	0.2H	3.5	268	1.0	238	4.1	236
	0.4H	2.0	246	1.2	245	2.0	242
	0.6H	0.7	306	0.1	86	1.5	231
	0.8H	0.4	315	1.1	46	1.0	167
	底层	0.6	27	2.1	46	1.4	68
	垂线平均	2.0	268	0.1	325	1.9	232
C2	表层	3.2	284	4.1	226	4.8	273
	0.2H	2.6	297	1.5	231	2.9	236
	0.4H	0.5	298	0.5	214	4.5	198
	0.6H	1.3	179	1.5	95	4.1	174
	0.8H	1.4	156	2.5	105	3.5	150
	底层	1.7	182	1.8	107	2.3	113
	垂线平均	0.9	244	1.0	159	2.7	194
C3	表层	7.3	329	5.7	333	5.1	331
	0.2H	6.5	334	4.9	338	3.0	338
	0.4H	5.1	341	5.4	348	1.8	329
	0.6H	4.4	343	6.3	353	0.7	246
	0.8H	4.2	339	4.7	12	0.8	328
	底层	2.9	334	3.0	18	1.2	36
	垂线平均	5.0	337	5.0	351	1.7	335
C4	表层	8.7	208	6.1	167	7.0	206
	0.2H	7.4	206	7.5	184	5.7	188
	0.4H	6.5	197	5.6	182	7.1	195
	0.6H	6.2	196	6.5	192	4.3	203
	0.8H	5.2	193	5.5	195	3.3	203
	底层	5.2	194	3.6	172	3.8	208
	垂线平均	6.5	200	5.9	185	5.2	198
C5	表层	4.7	304	1.6	328	5.0	250
	0.2H	4.6	302	2.5	292	2.1	230
	0.4H	3.8	302	0.5	321	1.2	226

	0.6H	3.7	305	1.2	319	1.7	226
	0.8H	4.3	311	2.1	3	1.7	178
	底层	4.1	312	2.5	356	1.0	150
	垂线平均	4.2	305	1.5	329	1.7	222
C6	表层	12.4	339	13.3	350	8.7	359
	0.2H	10.9	342	10.5	347	7.1	2
	0.4H	9.9	343	11.2	350	7.4	356
	0.6H	10.0	344	12.9	347	3.9	338
	0.8H	10.0	340	10.1	356	5.1	329
	底层	7.3	341	6.0	1	3.0	344
	垂线平均	10.1	342	10.9	351	5.7	350

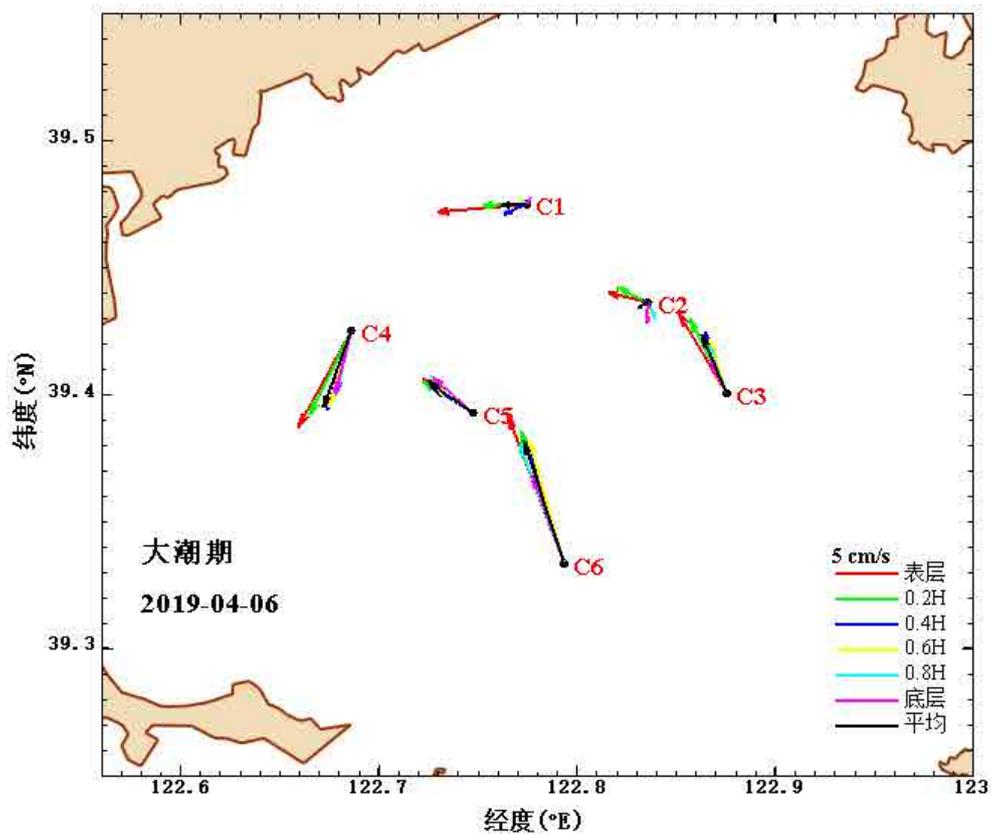


图 4.3.1-18 春季大潮垂线平均余流矢量图

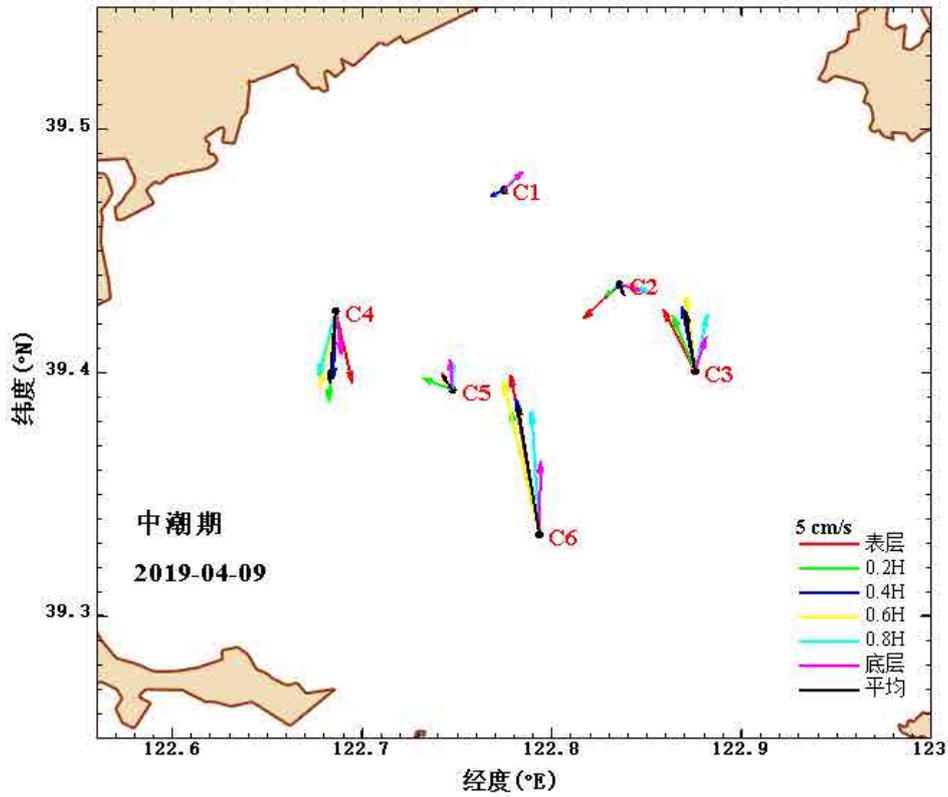


图 4.3.1-19 春季中潮垂线平均余流矢量图

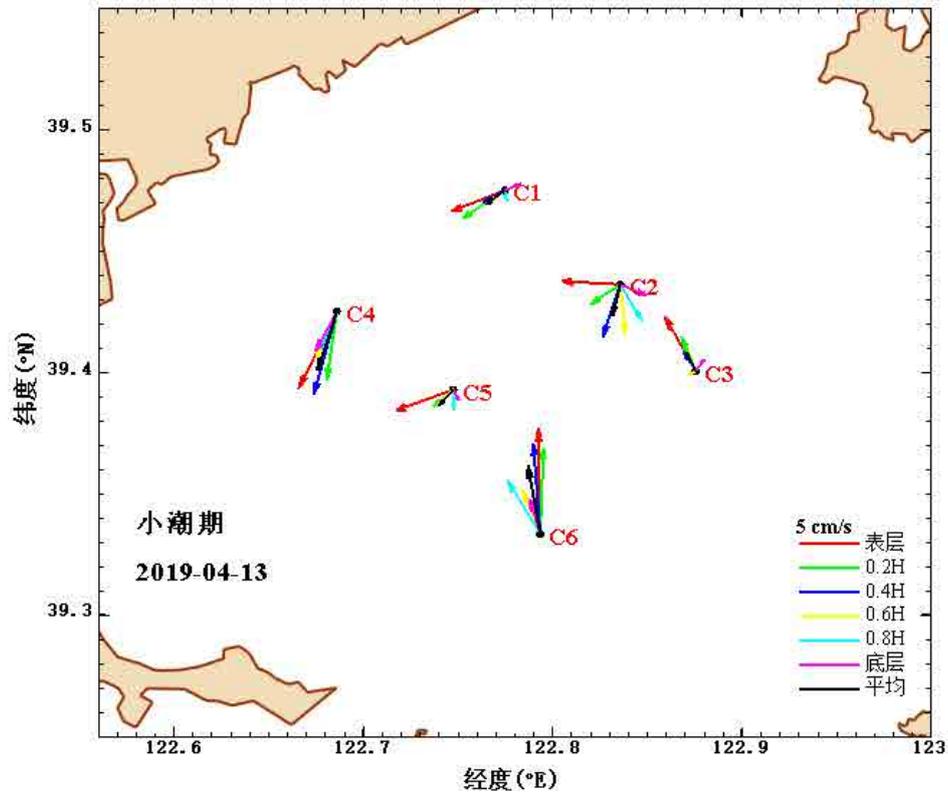


图 4.3.1-20 春季小潮垂线平均余流矢量图

整体来看，本观测海域余流流速较小，流速在大潮和中潮较大，小潮较小。

大潮期各站各层余流流速在 0.4~12.4cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.1~13.3cm/s 之间；小潮期余流流速在 0.7~8.7cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 C6 测站的表层，流速为 12.4cm/s，流向为 339°；中潮期余流最大值出现在 C6 测站的表层，流速为 13.3cm/s，流向为 350°；小潮期余流最大值出现在 C6 测站的表层，流速为 8.7cm/s，流向为 359°。除大潮和中潮的 C6 测站外，其他测站的各层余流流速值不超过 10 cm/s。

垂线平均的余流结果来看，大潮期垂线平均余流为 0.9~10.1cm/s，最大值出现在 C6 测站，流速值为 10.1cm/s，流向为 342°；中潮期垂线平均余流为 0.1~10.9cm/s，最大值出现在 C6 测站，流速值为 10.9cm/s，流向为 351°；小潮期垂线平均余流为 1.7~5.7cm/s，最大值出现在 C6 测站，流速值为 5.7cm/s，流向为 350°。

平面分布来看，外海测站 C3 和 C6 测站整体余流方向为偏 N 向，C1、C2、C4、C5 测站整体余流方向为偏 W~SW 向。

垂线分布来看，余流流速基本表现为表层至底层递减的特征。

#### 4.3.1.3.2 秋季海流观测结果分析

##### (1) 实测海流分析

##### ①垂线平均涨、落潮流平均流速、流向

根据各站垂线平均涨、落潮流速流向计算结果见下表。

表 4.3.1-17 各站实测垂线平均涨、落潮平均流速 (cm/s)、流向

站号	大潮期				中潮期				小潮期			
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	26	40	23	227	22	48	26	229	18	41	17	227
C2	26	351	27	176	23	352	28	168	16	2	19	183
C3	32	347	23	171	23	348	23	166	16	342	14	166
C4	38	48	39	229	33	56	35	234	23	51	29	234
C5	27	72	27	245	25	69	28	243	18	63	22	239
C6	28	2	21	187	30	29	22	165	19	17	16	175

从上表可以看出，各潮期各站垂线平均的涨、落潮流平均流速的分布及变化

趋势。在三个潮次的观测中，大潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 26~38cm/s 之间，落潮流平均流速在 21~39cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 22~33cm/s 之间，落潮流平均流速在 22~35cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 16~23cm/s 之间，落潮流平均流速在 14~29cm/s 之间。整体而言，大潮和中潮涨落潮流较大，小潮较小。

在三个潮次观测中，大潮期：C1、C3、C6 测站涨潮流大于落潮流，C2、C4 测站反之，C5 测站涨落潮流相等；中潮期，C6 测站涨潮流大于落潮流，C1、C2、C4、C5 测站涨潮流小于落潮流，C3 测站涨落潮流相等；小潮期，C1、C3、C6 测站涨潮流大于落潮流，其余测站反之。

平面分布来看，C4 测站垂向平均涨落潮流最大，其余测站稍小一些。

### ②垂线平均涨、落潮流最大流速、流向

各站垂线平均涨、落潮流最大流速分布及变化趋势见下表。

表 4.3.1-18 各站实测垂线平均涨、落潮最大流速、流向

站号	大潮期				中潮期				小潮期			
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	45	7	38	258	44	1	37	250	28	2	32	271
C2	53	0	43	159	47	3	46	172	32	290	32	193
C3	56	339	40	137	51	356	36	207	35	334	23	178
C4	56	57	63	241	51	40	64	235	39	49	53	245
C5	47	95	38	217	42	85	43	233	34	38	38	230
C6	58	347	45	149	51	26	43	129	38	25	29	234

大潮期：垂线平均涨潮流最大流速在 45~58cm/s 之间，最大值为 58cm/s，流向为 347°，出现在 C6 站；落潮流最大流速在 38~63cm/s 之间，最大流速为 63cm/s，流向为 241°，出现在 C4 站。中潮期：垂线平均涨潮流最大流速在 42~51cm/s 之间，最大流速为 51cm/s，流向为 356°和 40°，出现在 C3 和 C4 站；垂线平均落潮流最大流速在 36~64cm/s 之间，最大流速为 64cm/s，流向为 235°，出现在 C4 站。小潮期：垂线平均涨潮流最大流速在 28~39cm/s 之间，最大流速为 39cm/s，流向为 49°，出现在 C4 站；垂线平均落潮流最大流速在 23~53cm/s 之间，最大流速为 53cm/s，流向为 245°，出现在 C4 站。

整体而言，大潮和中潮垂线平均涨落潮流最大流速较大，小潮较小。

## ③测点最大流速

通过对本期测验各个测站的各层实测的流速资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别求其最大值得到各测站的涨、落潮段最大流速垂向分布，以及对应流向和潮次、层次，具体信息见表 4.3.1-19。大潮、中潮和小潮期各测站各层涨、落潮段最大流速和对应流向分布，见表 4.3.1-20。

表 4.3.1-19 秋季测点实测最大流速统计表

站名	涨潮			落潮		
	流速 (cm/s)	流向 (°)	测点	流速 (cm/s)	流向 (°)	测点
C1	51	6、12	大潮表层、0.2H	42	258	大潮0.4H
C2	60	0	大潮0.2H	52	174	中潮0.2H
C3	60	335	大潮0.8H	48	197	大潮0.2H
C4	63	56	大潮表层	72	240、239	大潮表层、0.2H
C5	54	94、97	大潮表层、0.6H	49	236	大潮表层
C6	63	12、348	大潮表层、0.4H	49	147	大潮0.2H

表 4.3.1-20 秋季大中小潮期各测站各层涨、落潮段最大流速分布

站号	潮段	层次	大潮		中潮		小潮	
			流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	涨潮	表层	51	6	46	26	31	0
		0.2H	51	12	48	359	32	2
		0.4H	47	8	45	3	30	3
		0.6H	47	3	44	357	29	49
		0.8H	41	4	42	5	26	1
		底层	37	29	36	56	28	29
	落潮	表层	40	215	41	199	39	266
		0.2H	39	185	40	263	38	262
		0.4H	42	258	39	254	36	275
		0.6H	39	259	36	262	32	267
		0.8H	38	262	36	249	28	262
		底层	35	261	30	230	25	264
C2	涨潮	表层	49	47	53	15	36	12
		0.2H	60	0	52	5	36	16
		0.4H	56	359	49	5	35	9
		0.6H	52	353	48	0	34	322
		0.8H	57	354	45	341	32	295

4 环境现状调查与评价

	落潮	底层	44	352	38	358	28	290	
		表层	46	174	51	170	40	201	
		0.2H	47	134	52	174	36	203	
		0.4H	48	145	49	177	35	195	
		0.6H	44	167	47	153	33	241	
		0.8H	43	161	43	173	29	212	
		底层	38	231	39	153	24	179	
C3	涨潮	表层	52	347	50	350	38	337	
		0.2H	56	343	56	354	39	335	
		0.4H	58	338	55	356	37	334	
		0.6H	57	338	50	359	35	333	
		0.8H	60	335	47	358	33	335	
		底层	49	356	45	357	26	0	
	落潮	表层	42	212	36	165	25	137	
		0.2H	48	197	39	206	25	153	
		0.4H	47	131	37	142	26	221	
		0.6H	39	181	41	134	28	174	
		0.8H	40	132	40	160	29	203	
		底层	35	117	33	178	24	153	
	C4	涨潮	表层	63	56	60	56	42	49
			0.2H	59	58	55	38	41	46
0.4H			58	50	53	38	39	36	
0.6H			57	52	49	66	40	48	
0.8H			53	47	48	40	40	51	
底层			54	57	46	37	37	54	
落潮		表层	72	240	70	232	57	244	
		0.2H	72	239	70	233	55	233	
		0.4H	64	230	70	238	59	248	
		0.6H	62	243	60	234	53	246	
		0.8H	57	241	60	244	49	238	
		底层	55	247	56	238	47	245	
C5	涨潮	表层	54	94	52	93	36	88	
		0.2H	52	97	44	95	34	81	
		0.4H	47	85	43	97	35	44	
		0.6H	54	97	43	91	34	77	
		0.8H	42	90	44	94	37	32	
		底层	38	78	34	76	31	40	
	落潮	表层	49	236	45	228	40	221	
		0.2H	42	295	48	237	41	229	
		0.4H	42	221	44	229	41	229	

		0.6H	43	255	45	235	37	235
		0.8H	38	252	42	235	37	232
		底层	37	205	35	200	29	254
C6	涨潮	表层	63	12	58	31	42	26
		0.2H	62	13	58	24	45	27
		0.4H	63	348	57	25	43	27
		0.6H	61	345	51	29	39	23
		0.8H	55	346	46	15	31	41
		底层	41	340	42	6	31	12
	落潮	表层	47	155	47	142	31	239
		0.2H	49	147	48	124	31	138
		0.4H	47	135	44	133	31	133
		0.6H	48	151	44	124	30	133
		0.8H	42	153	37	140	31	234
		底层	37	136	39	119	27	228

总体来看，施测海域的测点实测最大流速，出现于大潮期和中潮期。涨潮段最大为 63cm/s，流向 56°、12°和 348°，出现于 C4 测站的大潮表层和 C6 测站大潮表层和 0.4H 层；落潮段最大为 72 cm/s，流向 240°和 239°，出现于 C4 测站大潮表层和 0.2H 层。

#### ④测点平均流速

通过对本期测验各个测站的各层实测的流速资料进行统计，按涨潮段、落潮段分别统计平均值得到各测站涨、落潮段平均流速流向分布，见表 4.3.1-21。各测站各层的涨、落潮段平均流速流向分布，见表 4.3.1-22。

表 4.3.1-21 秋季测点实测潮段平均流速统计表

站名	大潮		中潮		小潮	
	涨潮		涨潮		涨潮	
	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	25	38	23	45	17	45
C2	27	359	23	356	16	358
C3	29	348	22	348	17	342
C4	37	49	32	53	24	51
C5	27	71	25	68	18	63
C6	29	0	30	27	19	16
站名	落潮		落潮		落潮	
	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	23	226	24	226	18	230

4 环境现状调查与评价

C2	25	180	27	169	18	183
C3	24	171	24	164	14	166
C4	39	230	35	232	28	234
C5	26	244	27	242	22	238
C6	20	186	23	161	17	175

表 4.3.1-22 秋季大中小潮期各测站各层涨、落潮段平均流速分布

站号	潮段	层次	大潮		中潮		小潮	
			流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)	流向 (°)
C1	涨潮	表层	29	35	26	49	18	41
		0.2H	29	39	27	41	19	40
		0.4H	26	35	24	41	17	47
		0.6H	26	39	22	43	19	43
		0.8H	23	43	21	52	14	53
		底层	20	37	17	43	13	46
	落潮	表层	25	226	28	230	20	235
		0.2H	25	229	27	228	20	234
		0.4H	25	223	25	224	20	235
		0.6H	23	228	25	220	18	224
		0.8H	21	226	24	227	18	229
		底层	20	221	18	226	14	220
C2	涨潮	表层	29	20	26	27	17	342
		0.2H	34	3	25	353	18	3
		0.4H	29	356	24	349	16	354
		0.6H	27	347	25	352	18	358
		0.8H	26	351	23	346	15	6
		底层	21	351	19	348	12	8
	落潮	表层	25	226	28	230	20	235
		0.2H	25	229	27	228	20	234
		0.4H	25	223	25	224	20	235
		0.6H	23	228	25	220	18	224
		0.8H	21	226	24	227	18	229
		底层	20	221	18	226	14	220
C3	涨潮	表层	28	352	24	354	15	349
		0.2H	29	348	22	347	17	344
		0.4H	27	348	23	345	19	338
		0.6H	32	348	23	348	18	339
		0.8H	34	346	21	343	18	334
		底层	26	343	21	349	16	351
	落潮	表层	23	171	22	167	14	180

		0.2H	24	167	26	163	15	172
		0.4H	26	171	25	165	14	161
		0.6H	23	173	24	164	15	164
		0.8H	24	172	25	165	16	156
		底层	22	172	21	162	13	166
C4	涨潮	表层	43	46	35	54	27	47
		0.2H	40	47	33	53	27	47
		0.4H	36	53	31	52	27	48
		0.6H	38	49	31	55	23	52
		0.8H	32	51	33	52	22	54
	底层	32	52	30	55	21	58	
	落潮	表层	42	229	40	229	30	234
		0.2H	42	227	40	230	30	235
		0.4H	43	230	38	232	29	233
		0.6H	39	230	34	234	29	233
		0.8H	38	232	31	234	26	235
底层		30	233	27	233	25	235	
C5	涨潮	表层	28	76	28	78	19	65
		0.2H	30	73	27	66	20	64
		0.4H	28	72	25	72	20	64
		0.6H	29	71	25	71	18	65
		0.8H	26	67	26	64	18	61
	底层	23	69	21	52	16	58	
	落潮	表层	31	244	29	241	25	233
		0.2H	29	249	30	244	24	239
		0.4H	28	248	30	246	24	239
		0.6H	27	247	28	245	22	241
		0.8H	23	241	26	240	22	237
底层		18	233	22	230	16	241	
C6	涨潮	表层	32	2	32	34	18	10
		0.2H	33	358	31	27	21	18
		0.4H	32	1	35	27	23	21
		0.6H	30	359	30	25	20	17
		0.8H	25	2	29	25	17	15
	底层	24	1	21	22	14	14	
	落潮	表层	23	193	24	166	19	178
		0.2H	22	181	27	160	17	176
		0.4H	21	180	23	161	16	177
		0.6H	20	181	24	159	18	175
0.8H		20	191	20	164	17	169	

	底层	16	187	18	158	12	175
--	----	----	-----	----	-----	----	-----

以上统计结果表明：潮段平均流速，整体上大部分测站表现为自表层向底层递减。大潮期表现为涨潮平均流速大于落潮平均流速，中潮期和小潮期表现为涨潮平均流速小于落潮平均流速。空间分布来看，C4 测站垂向平均涨落潮流最大，其余测站稍小一些。时间分布上涨落潮流速表现为大潮最大，中潮次之，小潮最小。

### ⑤涨潮潮流历时

受月赤纬变化和海湾地形等因素的影响，施测海域不同测站的涨、落潮历时有所差异，具体见下表。

表 4.3.1-23 秋季涨、落潮潮流历时统计表 单位：hh:mm

站名	涨潮				落潮			
	大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
C1	05:40	06:10	05:20	05:43	06:50	06:20	07:10	06:46
C2	05:35	05:50	05:20	05:35	06:55	06:40	07:10	06:55
C3	04:55	05:40	05:10	05:15	07:35	06:50	07:20	07:15
C4	05:10	05:20	05:15	05:15	07:20	07:10	07:15	07:15
C5	05:20	05:50	05:25	05:31	07:10	06:40	07:05	06:58
C6	06:10	06:30	06:05	06:15	06:20	06:00	06:25	06:15
平均	05:28	05:53	05:25	05:35	07:01	06:36	07:04	06:54

①根据实测资料统计，施测海域涨、落潮平均历时分别为 5 小时 35 分和 6 小时 54 分，涨潮流历时小于落潮流历时，平均历时差 1 小时 19 分。

②涨落潮流历时，大潮和小潮相差较大，中潮相差较小。涨、落潮平均历时，大潮分别为 5 小时 28 分和 7 小时 1 分，相差 1 小时 33 分；中潮分别为 5 小时 53 分和 6 小时 36 分，相差 43 分；小潮分别为 5 小时 35 分和 7 小时 4 分，相差 1 小时 29 分。

③C1、C2、C3、C4、C5 测站涨潮流平均历时小于落潮流平均历时，C6 测站涨潮流平均历时等于落潮流平均历时。

### (2) 潮流准调和分析

对 6 个测站的大、中、小潮实测潮流资料，采用准调和分析方法分别计算出 O1、K1、M2、S2、M4、MS4 等 6 个主要分潮流调和常数。结果显示，各主要分

潮流以 M2 半日分潮流为主，其次是 S2 半日分潮流，K1 全日分潮流、O1 全日分潮流、M4 四分之一日分潮流和 MS4 浅水四分之一日分潮流均较小。

#### ①潮流类型

潮流按其性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流，潮流性质以主要的全日分潮流与主要半日分潮流的椭圆长半轴比值 F 来判据。

各站垂线平均的 F 值计算结果见下表。

表 4.3.1-24 秋季各测站潮流示性系数 F 特征值表

站号	潮流示性系数						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	0.25	0.23	0.21	0.25	0.24	0.24	0.23
C2	0.24	0.22	0.24	0.24	0.27	0.30	0.24
C3	0.24	0.30	0.28	0.27	0.26	0.21	0.26
C4	0.09	0.10	0.13	0.12	0.13	0.13	0.11
C5	0.11	0.15	0.18	0.16	0.17	0.16	0.15
C6	0.15	0.16	0.17	0.15	0.16	0.21	0.16
站号	浅水分潮流比值						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	0.22	0.19	0.19	0.21	0.20	0.22	0.20
C2	0.27	0.18	0.20	0.16	0.16	0.14	0.18
C3	0.31	0.36	0.35	0.33	0.33	0.31	0.33
C4	0.18	0.21	0.21	0.19	0.19	0.23	0.20
C5	0.32	0.30	0.31	0.30	0.28	0.31	0.30
C6	0.26	0.22	0.21	0.18	0.15	0.14	0.19

从上表可知，F 值范围介于 0.11~0.26 之间，平均为 0.19，均小于 0.5，表明施测海域潮流类型属规则半日潮流性质。实测海流准调和分析的浅水分潮流比值 G 值各站垂线平均结果范围为 0.18-0.33，平均值为 0.23，表明施测海域潮流类型中浅水分潮流相对较强。

综合而言，施测海域潮流类型属规则浅海半日潮流性质。

#### ②潮流的运动形式

所有测站的  $M_2$  分潮的 K 值见下表。

表 4.3.1-25 秋季季各测站  $M_2$  椭圆旋转率 K 值表

站号	M2 分潮椭圆旋转率K 值表						
	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	0.76	0.79	0.80	0.78	0.80	0.76	0.79
C2	0.77	0.82	0.80	0.76	0.78	0.75	0.80
C3	0.57	0.55	0.59	0.61	0.65	0.62	0.60
C4	0.30	0.32	0.32	0.32	0.34	0.34	0.32
C5	0.59	0.64	0.63	0.59	0.61	0.63	0.62
C6	0.64	0.60	0.58	0.60	0.59	0.63	0.60

从上表可以看出，所有测站的  $|K|$  大于 0.25，表现为逆时针旋转流特征。

### ③潮流可能最大流速及潮流水质点的可能最大运移距离

采用公式计算潮流可能最大流速及潮流水质点的可能最大运移距离，计算结果见下表。

表4.3.1-26 秋季各测站潮流可能最大流速和潮流水质点可能最大运移距离

站位号	项目 层次	可能最大流速		可能最大运移距离	
		流速 (cm/s)	方向 (°)	距离 (m)	方向 (°)
C1	表层	66.6	47	9729.7	55
	0.2H	65.5	49	9375.8	57
	0.4H	62.3	48	8941.0	55
	0.6H	59.1	49	8513.9	58
	0.8H	52.2	50	7404.1	60
	底层	48.0	46	6966.2	54
	垂直平均	59.0	48	8447.4	57
C2	表层	73.1	26	10720.8	21
	0.2H	74.0	180	10779.5	174
	0.4H	73.3	174	10791.7	168
	0.6H	71.4	170	10623.2	165
	0.8H	63.8	167	9519.0	159
	底层	55.0	167	8496.0	162
	垂直平均	68.8	175	10192.6	170
C3	表层	66.8	168	9770.6	166
	0.2H	73.4	165	10887.4	164
	0.4H	74.5	164	10953.4	161
	0.6H	72.9	165	10692.2	162
	0.8H	73.3	162	10722.6	159
	底层	62.1	162	8865.8	159
	垂直平均	71.3	165	10427.5	162

C4	表层	100.5	51	14143.7	54
	0.2H	98.3	50	13808.5	54
	0.4H	95.9	52	13544.8	57
	0.6H	91.4	52	13036.7	56
	0.8H	86.6	52	12463.9	55
	底层	77.1	53	10998.4	57
	垂直平均	92.1	52	13038.6	55
C5	表层	72.8	76	9954.0	76
	0.2H	74.4	76	10493.4	76
	0.4H	73.9	74	10411.2	76
	0.6H	70.4	76	9934.9	76
	0.8H	65.5	74	9353.9	74
	底层	54.2	62	7476.1	64
	垂直平均	69.2	74	9726.6	75
C6	表层	72.7	2	10412.6	3
	0.2H	73.6	179	10661.7	178
	0.4H	73.0	0	10676.4	1
	0.6H	66.6	179	9668.4	179
	0.8H	60.0	1	8811.2	1
	底层	50.2	177	7495.0	175
	垂直平均	66.6	180	9692.4	180

可以看出，测区潮流可能最大流速在48cm/s~100.5cm/s之间。可能最大流速最大值为100.5cm/s，出现在 C4站表层。施测海域潮流水质点的可能最大运移距离在 6966.2m~14143.7m之间。可能最大运移距离最大值为14143.7m，出现在 C4站的表层。

### (3) 余流

余流是指海流中除天文引潮力作用所引起的潮流以外的海流。在近海海区，一般情况下余流相对于潮流的量级较小，但在某些特定海域，余流影响不能被忽略。余流受到水文、气象、地形、地表径流等多方面因素的影响。因而不同天气条件、不同时间段的余流分布特征有所差异。

本期测验各测站全潮期间的各层及垂线平均流速的余流计算结果见下表。各层和垂线平均的余流矢量图见图4.3.1-21~图 4.3.1-23。

表4.3.1-27 秋季各测站余流计算结果一览表

站号	层次	大潮		中潮		小潮	
		流速 (cm/s)	方向 (°)	距离 (m)	方向 (°)	流速 (cm/s)	方向 (°)
C1	表层	2.3	281	0.7	116	6.0	253
	0.2H	2.1	276	1.0	278	5.2	256
	0.4H	1.4	268	1.1	221	4.3	248
	0.6H	1.9	266	2.2	180	3.6	230
	0.8H	1.2	228	1.8	130	3.2	221
	底层	1.1	246	0.9	212	2.2	206
	垂线平均	1.6	265	0.9	187	3.8	240
C2	表层	7.5	132	9.6	147	8.1	231
	0.2H	2.5	174	3.6	156	3.5	206
	0.4H	3.2	175	4.3	164	4.0	189
	0.6H	3.2	202	3.5	152	3.5	184
	0.8H	1.2	183	2.6	161	4.0	182
	底层	1.7	221	2.2	151	3.2	179
	垂线平均	2.6	172	3.9	155	3.8	197
C3	表层	2.6	140	4.4	147	2.1	228
	0.2H	2.5	142	3.5	149	2.3	207
	0.4H	2.5	165	2.6	163	2.0	188
	0.6H	3.1	177	3.7	148	2.9	190
	0.8H	3.1	184	3.4	168	1.8	192
	底层	3.2	188	2.9	138	1.4	174
	垂线平均	2.7	169	3.3	153	2.1	198
C4	表层	7.6	235	5.5	206	8.2	244
	0.2H	8.4	226	5.6	216	8.0	246
	0.4H	7.4	222	5.8	226	7.2	239
	0.6H	7.4	232	5.9	228	7.0	233
	0.8H	6.4	230	5.8	236	6.0	236
	底层	4.2	233	4.1	227	5.5	230
	垂线平均	7.1	229	5.5	225	6.9	239
C5	表层	5.9	217	5.4	180	6.6	212
	0.2H	3.5	236	3.3	225	5.1	225
	0.4H	3.7	236	4.3	219	5.6	227
	0.6H	2.3	226	3.6	216	5.1	228
	0.8H	3.7	221	3.7	224	5.1	223
	底层	3.6	185	3.0	218	3.8	240
	垂线平均	3.5	223	3.7	214	5.1	225
C6	表层	4.9	349	12.3	82	1.5	95
	0.2H	3.8	2	12.6	74	3.3	83

0.4H	4.0	16	12.1	77	3.8	90
0.6H	3.5	4	11.1	76	3.2	96
0.8H	2.5	343	9.4	77	3.3	91
底层	2.8	355	8.0	70	2.1	88
垂线平均	3.5	1	11.0	76	3.1	91

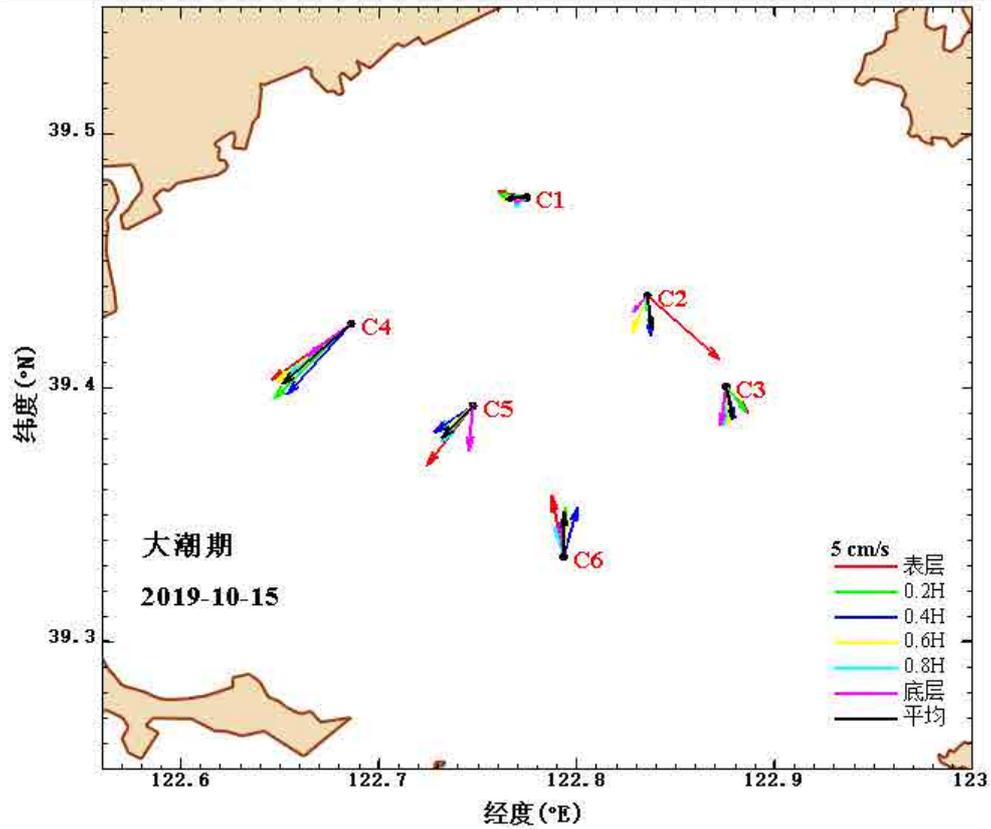


图 4.3.1-21 秋季大潮垂线平均余流矢量图

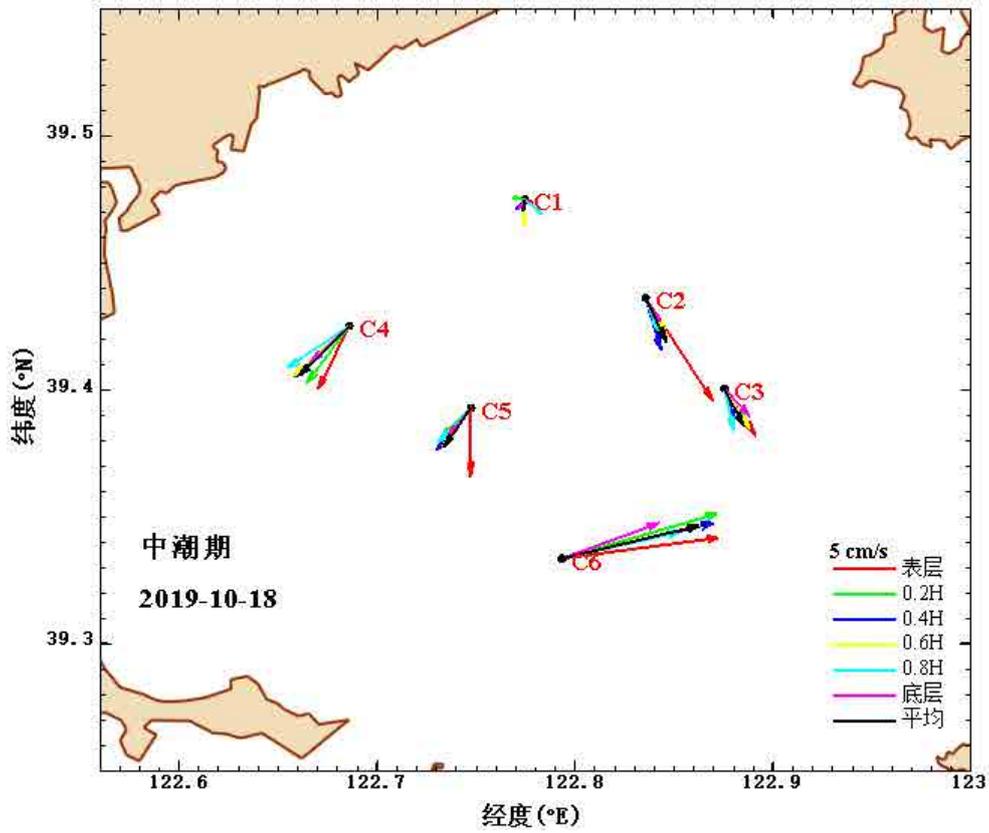


图 4.3.1-22 秋季中潮垂线平均余流矢量图

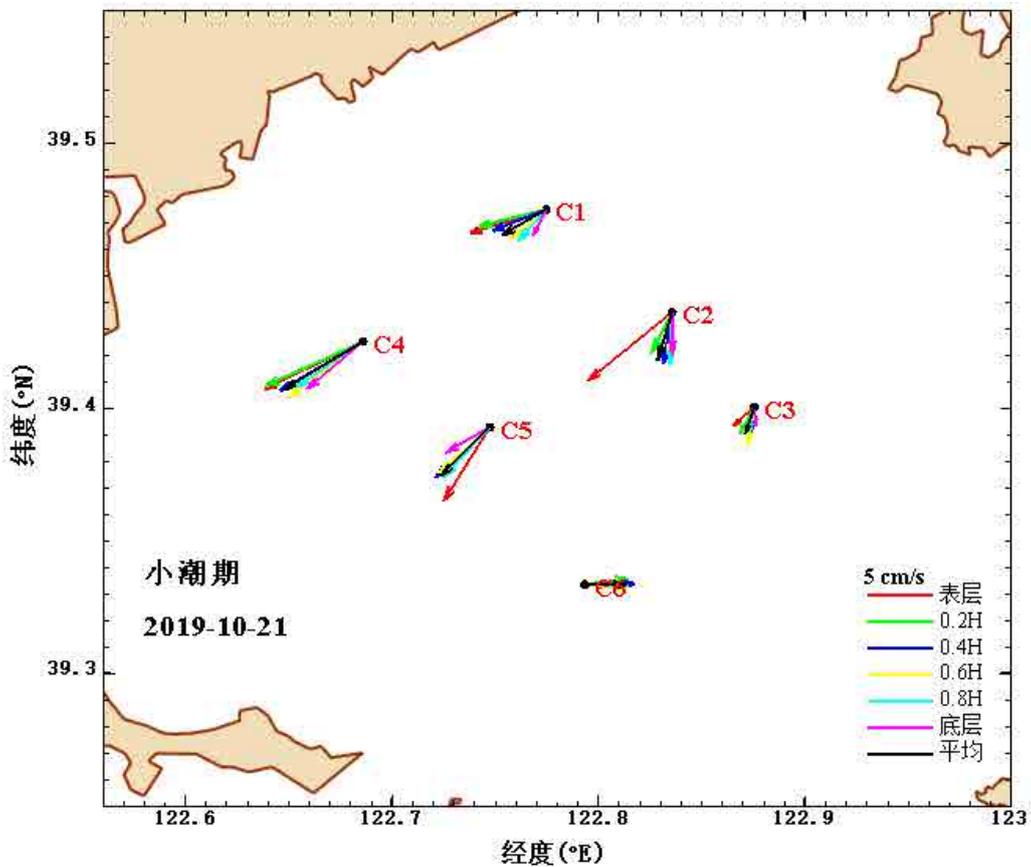


图 4.3.1-23 秋季小潮垂线平均余流矢量图

整体来看，本观测海域余流流速较小，流速在中潮较大，大潮和小潮稍小一些。

大潮期各站各层余流流速在1.1~8.4cm/s 之间；中潮期余流流速在0.7~12.6cm/s之间；小潮期余流流速在1.4~8.2cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在C4测站的0.2H层，流速为8.4cm/s，流向为226°；中潮期余流最大值出现在 C6测站的0.2H 层，流速为12.6cm/s，流向为74°；小潮期余流最大值出现在C4测站的表层，流速为8.2cm/s，流向为244°。除中潮的C6测站外，其他测站的各层余流流速值不超过10cm/s。

垂线平均的余流结果来看，大潮期垂线平均余流为1.6~7.1cm/s，最大值出现在 C4测站，流速值为 7.1cm/s，流向为229°；中潮期垂线平均余流为 0.9~11cm/s，最大值出现在C6测站，流速值为11cm/s，流向为76°；小潮期垂线平均余流为 2.1~6.9cm/s，最大值出现在 C4测站，流速值为6.9cm/s，流向为239°。

平面分布来看，大潮期，C1测站余流方向为偏W向，C2、C3测站的余流方向为偏 S 向，C4、C5 测站的余流方向为偏 SW向，C6 测站余流方向为偏 N 向。中潮期，C1~C3 测站余流方向为偏 SE向，C4、C5测站的余流方向为偏SW向，C6 测站余流 方向为偏E向。小潮期，C1~C5测站的余流方向为偏SW向，C6测站余流方向为偏E向。

垂线分布来看，余流流速基本表现为表层至底层递减的特征。

#### 4.3.1.4 悬浮物

##### 4.3.1.4.1 悬沙含量测试分析

###### (1) 悬沙采样、分析和计算方法

悬沙采样、站位、时间与流速观测同步进行。秋季大潮、中潮、小潮三个航次，每航次连续进行26小时取样，取样层次为三层（表层、中层、底层），各层次每小时取样一次，实验室内采用重量法进行测试分析。

###### (2) 悬沙含量特征值统计

###### ①2019 年春季悬沙含量特征

###### ①春季大潮悬浮泥沙分析结果见下表。

表 4.3.1-28 春季大潮悬浮泥沙分析成果统计表

站位	极均值统计	本站悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	剖面平均 悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
1#	最大值	16.00	16.00	15.00	13.80	14.93
	最小值	7.40	9.29	8.60	7.40	8.81
	平均值	10.79	12.18	10.15	10.05	10.79
2#	最大值	21.80	21.80	20.40	17.80	18.67
	最小值	7.40	8.00	8.00	7.40	8.27
	平均值	11.50	11.82	11.66	11.01	11.50
3#	最大值	36.60	36.60	22.00	18.20	25.27
	最小值	2.60	5.80	4.20	2.60	4.93
	平均值	12.87	15.16	11.93	11.52	12.87
4#	最大值	34.40	34.40	21.60	20.20	19.73
	最小值	8.20	8.80	9.80	8.20	9.80
	平均值	14.24	15.64	13.89	13.18	14.24
5#	最大值	14.88	14.88	12.50	13.40	11.67
	最小值	4.37	4.50	4.37	4.75	5.29
	平均值	7.93	8.77	7.39	7.61	7.93
6#	最大值	11.63	10.75	11.63	8.88	9.71
	最小值	2.63	4.12	2.63	4.00	4.50
	平均值	6.48	7.21	6.08	6.14	6.48

春季大潮期单点最大悬砂含量为 36.6mg/dm<sup>3</sup>，出现在 3#站底层，最小悬砂含量为 2.6mg/dm<sup>3</sup>，出现在 3#站表层，各站垂向悬沙平均含量范围 6.48~14.24mg/dm<sup>3</sup>，4#站最大，3#站次之，6#站最小，各站之间平均悬砂含量差异较大。总体上，水深越大，悬砂含量越低，水动力条件和水深地形条件是控制悬砂含量的重要因素。表层和中层悬砂含量相近，但明显低于底层，且大潮时悬沙平均含量普遍高于中潮期和小潮期。

②春季中潮悬浮泥沙分析结果见下表

表4.3.1-29 春季中潮悬浮泥沙分析成果统计表

站位	极均值统计	本站悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	剖面平均悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
1#	最大值	30.88	30.88	20.20	26.00	21.73
	最小值	8.63	11.00	10.43	8.63	10.46
	平均值	14.88	16.46	14.42	13.76	14.88
2#	最大值	18.40	17.60	18.29	18.40	15.52
	最小值	6.00	7.14	6.29	6.00	7.24
	平均值	10.92	11.26	10.73	10.79	10.92
3#	最大值	23.00	23.00	18.20	20.00	18.67
	最小值	5.14	5.29	5.14	5.14	6.33
	平均值	11.20	12.81	10.77	10.01	11.20
4#	最大值	25.00	23.20	25.00	22.60	22.60
	最小值	7.25	9.20	7.62	7.25	9.83
	平均值	15.05	15.27	14.89	14.98	15.05
5#	最大值	26.20	26.20	17.20	19.80	18.87
	最小值	7.40	8.20	8.20	7.40	8.80
	平均值	12.83	14.18	12.55	11.76	12.83
6#	最大值	24.20	24.20	19.20	22.00	21.80
	最小值	6.80	8.80	6.80	7.20	8.93
	平均值	12.52	12.96	12.32	12.28	12.52

春季中潮期单点最大悬砂含量为30.88 mg/dm<sup>3</sup>，出现在 1#站底层，最小悬砂含量为5.14mg/dm<sup>3</sup>，出现在 3#站表层，各站垂向悬沙平均含量范围10.92～15.05mg/dm<sup>3</sup>，4#站最大，1#站次之，2#站最小，各站之间平均悬砂含量差异较小，距岸较近站位的水体中悬砂含量略高。底层悬砂含量明显高于中层和表层，而中层和表层悬砂含量差异较小，中层略高。中潮期悬砂含量和大潮相近。

③春季小潮悬浮泥沙分析结果见下表

表 4.3.1-30 春季小潮悬浮泥沙分析成果统计表

站位	极均值统计	本站悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	剖面平均悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
1#	最大值	20.25	20.25	12.60	15.20	14.63
	最小值	4.63	6.60	4.63	5.75	6.08
	平均值	9.24	9.89	8.76	9.07	9.24
2#	最大值	10.75	10.75	9.88	9.00	9.87
	最小值	3.50	3.75	3.50	3.50	4.17
	平均值	5.80	5.61	6.00	5.78	5.80
3#	最大值	20.13	20.13	14.40	13.80	14.67
	最小值	4.25	5.00	4.88	4.25	5.38
	平均值	8.18	9.06	7.97	7.53	8.18
4#	最大值	11.88	11.63	10.22	11.88	10.04
	最小值	3.75	3.75	4.25	3.87	4.54
	平均值	6.58	6.66	6.43	6.64	6.58
5#	最大值	19.00	19.00	11.50	11.88	11.88
	最小值	2.75	5.25	4.00	2.75	4.79
	平均值	6.56	8.36	6.11	5.21	6.56
6#	最大值	11.33	11.33	10.22	9.56	9.74
	最小值	2.67	2.67	3.56	2.89	3.15
	平均值	6.22	6.42	6.08	6.17	6.22

春季小潮期单点最大悬砂含量为 20.25mg/dm<sup>3</sup>，出现在 1#站底层，最小悬砂含量为 2.67mg/dm<sup>3</sup>，出现在 6#站底层，各站垂向悬沙平均含量范围 5.8～9.24mg/dm<sup>3</sup>，1# 站最大，3#站次之，2#站最小，各站之间平均悬砂含量差异较小，距岸较近站位的水体中悬砂含量略高。底层悬砂含量略高于中层和表层，而中层和表层悬砂含量差异较小，与大潮中潮期相比，小潮期悬砂含量降低不少。

## ②2019 年秋季悬沙含量特征

### ①秋季大潮悬浮泥沙分析结果见下表

表4.3.1-31 秋季大潮悬浮泥沙分析成果统计表

站位	极均值统计	本站悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	剖面平均悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
1#	最大值	29.43	29.43	28.00	22.86	26.57
	最小值	13.29	15.29	14.86	13.29	14.57
	平均值	19.04	20.58	19.30	17.24	19.04
2#	最大值	27.10	27.10	22.81	20.38	23.43
	最小值	10.81	12.67	11.52	10.81	11.67
	平均值	16.84	18.44	16.82	15.25	16.84
3#	最大值	47.76	47.76	37.05	24.62	36.48
	最小值	10.90	15.19	12.76	10.90	13.48
	平均值	21.19	25.11	20.82	17.64	21.19
4#	最大值	40.33	40.33	38.33	40.08	39.50
	最小值	10.58	12.19	12.19	10.58	13.43
	平均值	18.97	20.75	18.61	17.55	18.97
5#	最大值	24.10	24.10	18.52	18.24	19.71
	最小值	5.95	7.38	5.95	6.38	6.57
	平均值	12.57	13.55	12.33	11.83	12.57
6#	最大值	17.10	17.10	15.67	15.95	16.00
	最小值	4.81	4.81	6.38	5.67	5.62
	平均值	12.28	12.56	12.23	12.06	12.28

秋季大潮期单点最大悬砂含量为47.76 mg/dm<sup>3</sup>，出现在 3#站底层，最小悬砂含量为4.81mg/dm<sup>3</sup>，出现在 6#站底层，各站垂向悬沙平均含量范围12.28~21.19mg/dm<sup>3</sup>，3#站最大，次之为1#站，6#站最小，各站之间平均悬砂含量差异较大。总体上，水深越大，悬砂含量越低，水动力条件和水深地形条件是控制悬砂含量的重要因素。每个站位自底层向表层悬沙含量普遍降低，且大潮时悬沙平均含量普遍高于中潮期和小潮期。

②秋季中潮悬浮泥沙分析结果见下表

表4.3.1-32 秋季中潮悬浮泥沙分析成果统计表

站位	极均值统计	本站悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	剖面平均悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
1#	最大值	31.33	31.33	27.08	25.58	26.92
	最小值	2.76	8.76	7.33	2.76	6.67
	平均值	15.85	17.43	16.38	13.75	15.85
2#	最大值	34.08	34.08	19.19	19.48	20.90
	最小值	5.76	8.05	7.48	5.76	7.52
	平均值	13.49	16.75	12.55	11.15	13.49
3#	最大值	33.83	33.83	33.58	19.08	27.17
	最小值	4.83	9.76	6.08	4.83	8.17
	平均值	15.18	19.70	14.14	11.70	15.18
4#	最大值	28.92	27.24	28.38	28.92	26.50
	最小值	10.95	10.95	13.67	12.10	12.43
	平均值	18.85	19.74	18.77	18.03	18.85
5#	最大值	19.05	18.90	18.76	19.05	17.86
	最小值	10.90	14.05	10.90	12.19	13.81
	平均值	15.49	16.42	15.10	14.94	15.49
6#	最大值	16.29	14.43	15.29	16.29	15.33
	最小值	5.57	6.43	6.57	5.57	6.43
	平均值	11.47	11.60	11.52	11.30	11.47

秋季中潮期单点最大悬砂含量为 34.08mg/dm<sup>3</sup>，出现在 2#站底层，最小悬砂含量为 2.76mg/dm<sup>3</sup>，出现在 1#站表层，各站垂向悬沙平均含量范围 11.47~18.85mg/dm<sup>3</sup>，6#站最大，次之为 1#站，4#站最小，各站之间平均悬砂含量差异较小，底层悬砂含量明显高于中层和表层，而中层和表层悬砂含量差异较小，与大潮期相比，中潮期悬砂含量明显降低。

③秋季小潮悬浮泥沙分析结果见下表

表 4.3.1-33 秋季小潮悬浮泥沙分析成果统计表

站位	极均值统计	本站悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	剖面平均悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
1#	最大值	36.00	36.00	21.25	25.75	24.17
	最小值	5.14	9.86	6.14	5.14	7.62
	平均值	15.04	18.63	13.83	12.66	15.04
2#	最大值	32.75	32.75	17.00	21.75	20.50
	最小值	5.75	6.50	7.00	5.75	7.50
	平均值	11.44	12.96	10.65	10.70	11.44
3#	最大值	32.80	32.80	16.25	15.25	18.25
	最小值	5.14	9.71	7.57	5.14	7.48
	平均值	12.69	15.86	11.81	10.39	12.69
4#	最大值	23.48	23.48	18.76	18.76	20.33
	最小值	9.62	9.62	10.05	9.62	10.19
	平均值	13.42	13.92	13.43	12.91	13.42
5#	最大值	17.29	17.29	15.14	14.14	15.19
	最小值	10.71	11.29	10.86	10.71	10.95
	平均值	12.60	12.98	12.66	12.17	12.60
6#	最大值	17.24	15.52	17.24	15.95	15.48
	最小值	7.95	9.95	10.67	7.95	10.81
	平均值	13.68	13.65	14.11	13.30	13.68

秋季小潮期单点最大悬砂含量为 36.0mg/dm<sup>3</sup>，出现在 1#站底层，最小悬砂含量为 5.14mg/dm<sup>3</sup>，出现在 3#站表层，各站垂向悬沙平均含量范围 11.44~15.04mg/dm<sup>3</sup>，1#站最大，6#站次之，2#站最小，各站之间平均悬砂含量差异较小，距岸较近站位的水体中悬砂含量略高。底层悬砂含量明显高于中层和表层，而中层和表层悬砂含量差异较小，中层比表层略高，与大潮期相比，小潮期悬砂含量明显降低，小潮期各站、层悬砂含量比中潮略小。

### (3) 潮段悬沙含量分布

#### ①2019 年春季潮段悬砂含量特征

①春季大潮期各站、层悬砂含量随时间序列分布见下表。

表 4.3.1-34 大潮各站层涨落潮时刻悬砂含量统计

极均值统计		站位	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	垂向悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
		1#	涨潮	12.12	10.4	10.12
	落潮	12.24	9.89	9.98	10.70	
2#	涨潮	12.69	12.4	11.15	12.08	
	落潮	10.94	10.93	10.87	10.91	
3#	涨潮	11.37	9.55	9.91	10.28	
	落潮	18.95	14.31	13.14	15.47	
4#	涨潮	11.37	9.55	9.91	10.28	
	落潮	18.95	14.31	13.14	15.47	
5#	涨潮	8.74	7.77	7.22	7.91	
	落潮	8.81	7.02	8.00	7.94	
6#	涨潮	8.01	6.47	6.49	6.99	
	落潮	6.41	5.68	5.79	5.96	

大潮涨潮期水体中悬砂平均含量为 9.74mg/dm<sup>3</sup>，落潮期水体中悬砂平均含量为 11.08mg/dm<sup>3</sup>，大潮落潮期水体中悬砂含量略高。悬砂含越高的站位涨落潮悬砂含量差异越大。

②春季中潮期各站、层悬沙含量随时间序列分布见下表

表 4.3.1-35 中潮各站层涨落潮时刻悬砂含量统计

极均值统计		站位	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	垂向悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
		1#	涨潮	16.21	14.71	15.11
	落潮	16.71	14.14	12.42	14.42	
2#	涨潮	10.64	10.1	10.29	10.34	
	落潮	11.88	11.36	11.28	11.51	
3#	涨潮	8.73	7.95	8.38	8.35	
	落潮	16.89	13.59	11.64	14.04	
4#	涨潮	16.33	13.84	14.52	14.90	
	落潮	14.22	15.94	15.43	15.20	
5#	涨潮	15.92	14.03	12.72	14.22	
	落潮	12.43	11.06	10.80	11.43	
6#	涨潮	14.17	13.91	14.38	14.15	
	落潮	11.75	10.72	10.18	10.88	

中潮涨潮期水体中悬砂平均含量为12.89mg/dm<sup>3</sup>，落潮期水体中悬砂平均含量为 12.91mg/dm<sup>3</sup>，落潮期水体中悬砂含量略高。同一站位底层，中层和表层悬砂含量在涨、落潮期间差异较小。悬砂含越高的站位涨落潮悬砂含量差异越大。

③春季小潮期各站、层悬砂含量随时间序列分布见下表

表 4.3.1-36 小潮各站层涨落潮时刻悬砂含量统计

极均值统计		站位	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	垂向悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
		1#	涨潮	10.87	9.15	9.00
	落潮	8.91	8.37	8.80	8.69	
2#	涨潮	4.89	5.32	5.19	5.13	
	落潮	6.34	6.68	6.37	6.46	
3#	涨潮	8.03	7.76	7.75	7.85	
	落潮	10.08	8.18	7.31	8.52	
4#	涨潮	6.55	6.54	6.27	6.45	
	落潮	6.76	6.33	7.01	6.70	
5#	涨潮	8.57	6.41	5.70	6.89	
	落潮	8.14	5.80	4.71	6.22	
6#	涨潮	7.59	7.31	6.95	7.28	
	落潮	5.25	4.85	5.39	5.16	

小潮涨潮期水体中悬砂平均含量为 7.21mg/dm<sup>3</sup>，落潮期水体中悬砂平均含量为 6.96mg/dm<sup>3</sup>，涨潮期水体中悬砂含量略高。同一站位底层，中层和表层悬砂含量在涨、落潮期间差异较小。

②2019 年秋季潮段悬砂含量特征

①秋季大潮期各站、层悬砂含量随时间序列分布见下表

表 4.3.1-37 大潮各站层涨落潮时刻悬砂含量统计

极均值统计		站位	底层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	中层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	表层悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )	垂向悬沙 (mg/dm <sup>3</sup> )
		1#	涨潮	20.7	19.99	17.63
	落潮	20.46	18.6	16.86	18.64	
2#	涨潮	17.73	16.33	14.74	16.27	
	落潮	19.14	17.32	15.75	17.40	
3#	涨潮	22.51	19.62	16.23	19.45	
	落潮	27.71	22.01	19.05	22.92	
4#	涨潮	22.45	20.37	20.26	21.03	
	落潮	19.04	16.85	14.84	16.91	
5#	涨潮	12.77	12.17	11.93	12.29	
	落潮	14.33	12.49	11.72	12.85	
6#	涨潮	13.11	12.91	12.55	12.86	
	落潮	12.02	11.55	11.57	11.71	

秋季大潮涨潮期水体中悬砂平均含量为 16.89mg/dm<sup>3</sup>，落潮期水体中悬砂平

均含量为  $16.74\text{mg}/\text{dm}^3$ ，大潮涨潮期水体中悬砂含量略高。悬砂含量越高的站位涨落潮悬砂含量差异越大。

②秋季中潮期各站、层悬砂含量随时间序列分布见下表

表 4.3.1-38 中潮各站层涨落潮时刻悬砂含量统计

极均值统计		站位	底层悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	中层悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	表层悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	垂向悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )
		1#	涨潮	14.48	13.3	11.57
	落潮	20.39	19.46	15.92	18.59	
2#	涨潮	14.47	10.91	9.43	11.60	
	落潮	19.03	14.2	12.88	15.37	
3#	涨潮	18	12.17	10.97	13.71	
	落潮	21.4	16.1	12.42	16.64	
4#	涨潮	20.17	19.41	18.97	19.52	
	落潮	19.32	18.12	17.1	18.18	
5#	涨潮	17.17	15.53	15.53	16.08	
	落潮	15.66	14.67	14.34	14.89	
6#	涨潮	11.27	10.59	10.62	10.83	
	落潮	11.92	12.44	11.99	12.12	

秋季中潮涨潮期水体中悬砂平均含量为  $14.14\text{mg}/\text{dm}^3$ ，落潮期水体中悬砂平均含量为  $15.97\text{mg}/\text{dm}^3$ ，落潮期水体中悬砂含量略高。悬砂含量越高的站位涨落潮悬砂含量差异越大。

③秋季小潮期各站、层悬砂含量随时间序列分布见下表

表 4.3.1-39 小潮各站层涨落潮时刻悬砂含量统计

极均值统计		站位	底层悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	中层悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	表层悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	垂向悬沙 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )
		1#	涨潮	15.36	10.78	9.63
	落潮	21.91	16.89	15.68	18.16	
2#	涨潮	11.42	9.23	9.74	10.13	
	落潮	14.5	12.08	11.65	12.74	
3#	涨潮	15.68	13.27	11.7	13.55	
	落潮	16.04	10.35	9.08	11.82	
4#	涨潮	12.98	12.34	12.34	12.55	
	落潮	14.86	14.51	13.48	14.28	
5#	涨潮	12.6	12.38	11.96	12.31	
	落潮	13.35	12.93	12.38	12.89	
6#	涨潮	13.9	14.62	14.24	14.25	
	落潮	13.4	13.59	12.36	13.12	

秋季小潮涨潮期水体中悬砂平均含量为 $12.45\text{mg}/\text{dm}^3$ ，落潮期水体中悬砂平均含量为 $13.84\text{mg}/\text{dm}^3$ ，落潮期水体中悬砂含量略高。除 3#、6#站外，其它各站、层在落潮时垂向悬砂平均含量均大于涨潮时，同一站位底层，中层和表层悬砂含量在涨、落潮期间差异较小。

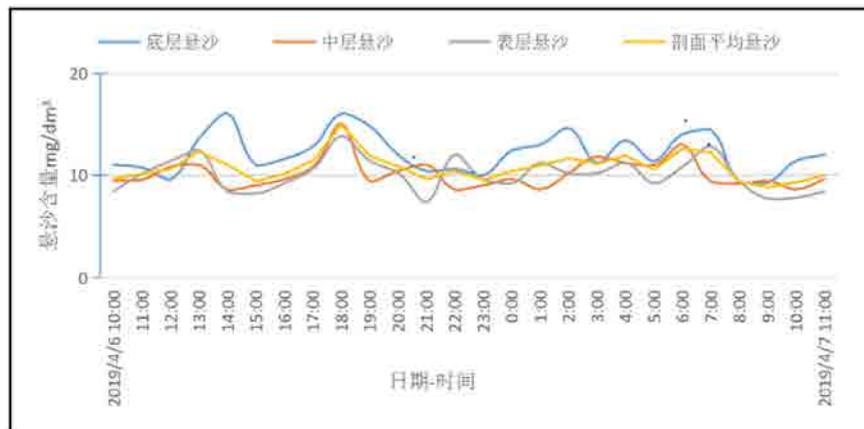


图 4.3.1-24 1#站春季大潮期悬沙含量变化曲线图

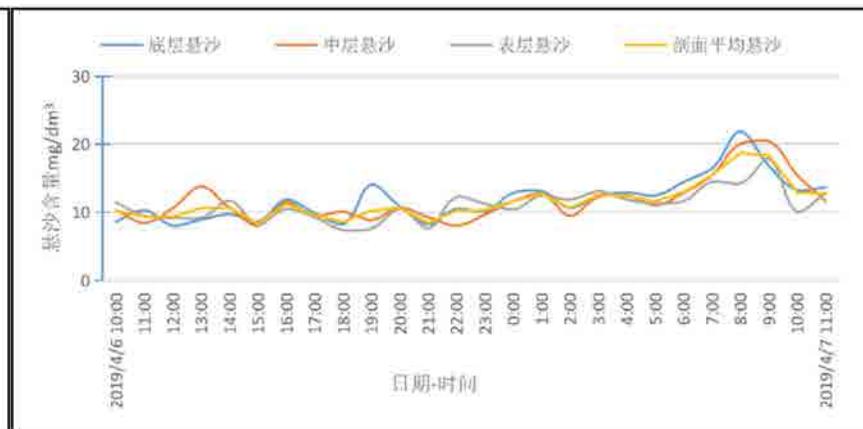


图 4.3.1-25 2#站春季大潮期悬沙含量变化曲线图

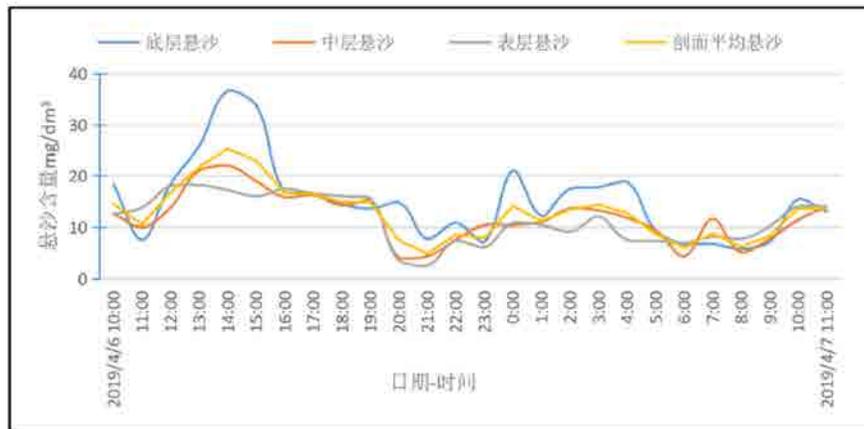


图 4.3.1-26 3#站春季大潮期悬沙含量变化曲线图

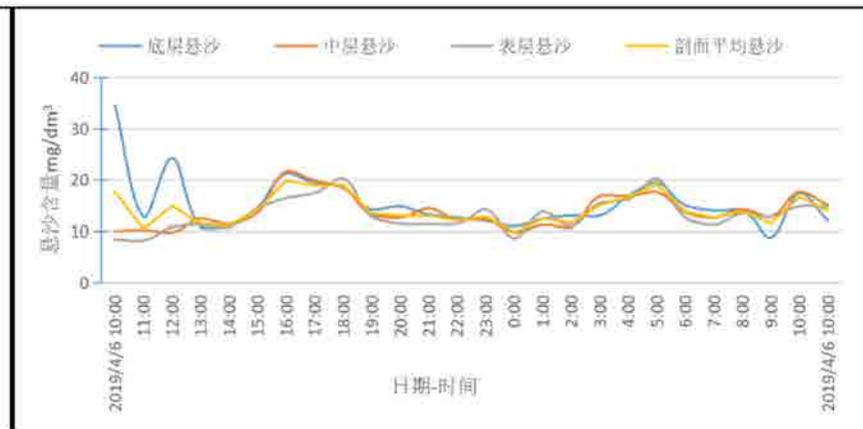


图 4.3.1-27 4#站春季大潮期悬沙含量变化曲线图

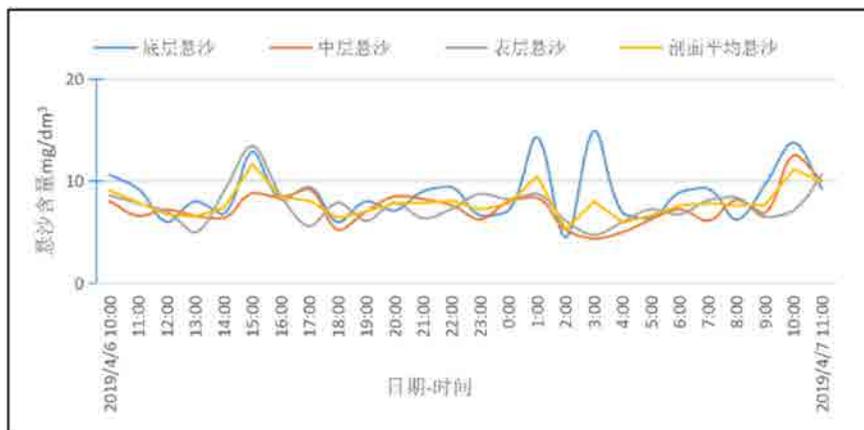


图 4.3.1-28 5#站春季大潮期悬沙含量变化曲线图

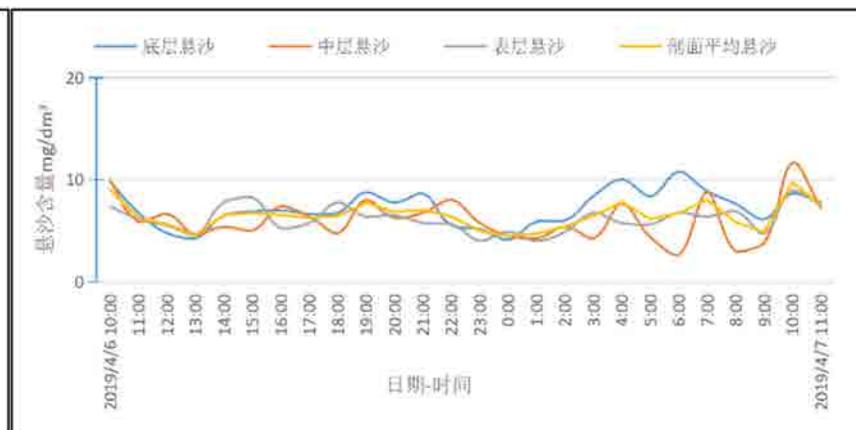


图 4.3.1-29 6#站春季大潮期悬沙含量变化曲线图

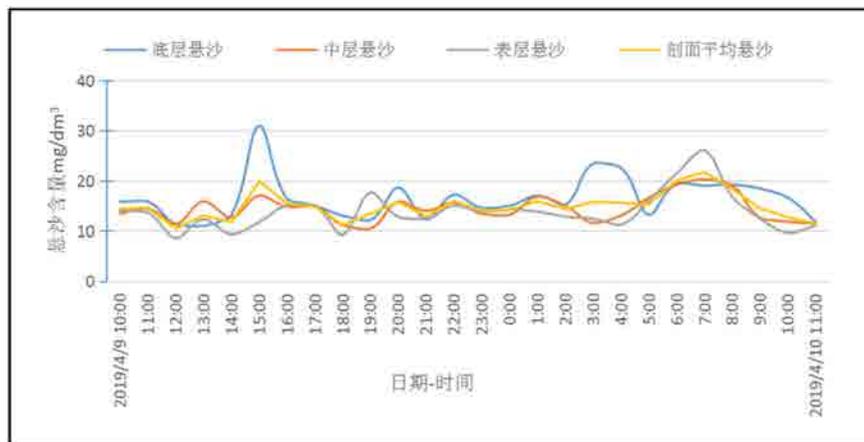


图 4.3.1-30 1#站春季中潮期悬沙含量变化曲线图

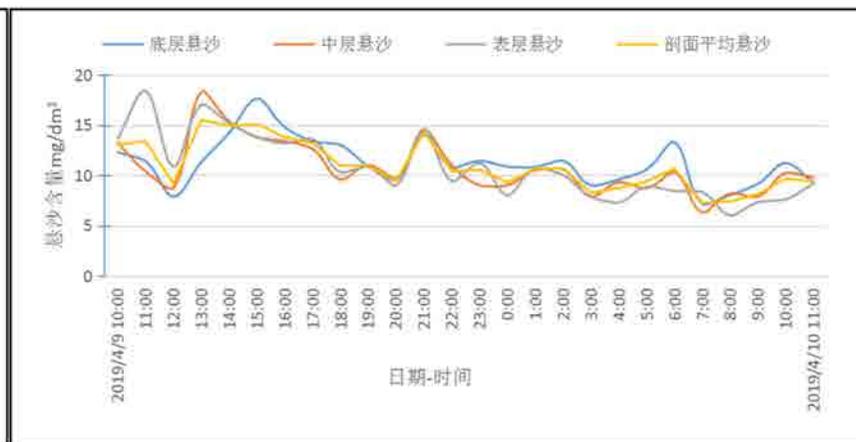


图 4.3.1-31 2#站春季中潮期悬沙含量变化曲线图

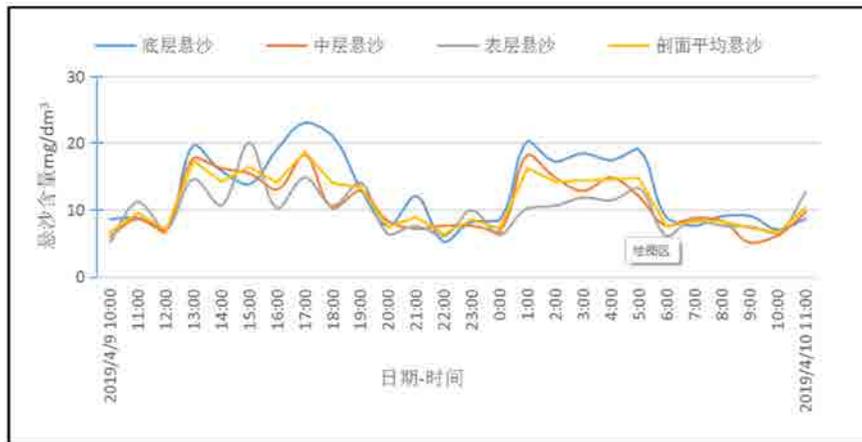


图 4.3.1-32 3#站春季中潮期悬沙含量变化曲线图

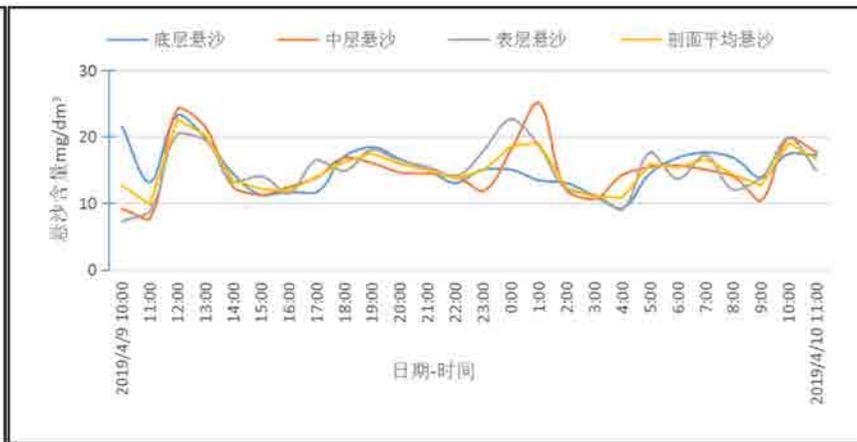


图 4.3.1-33 4#站春季中潮期悬沙含量变化曲线图

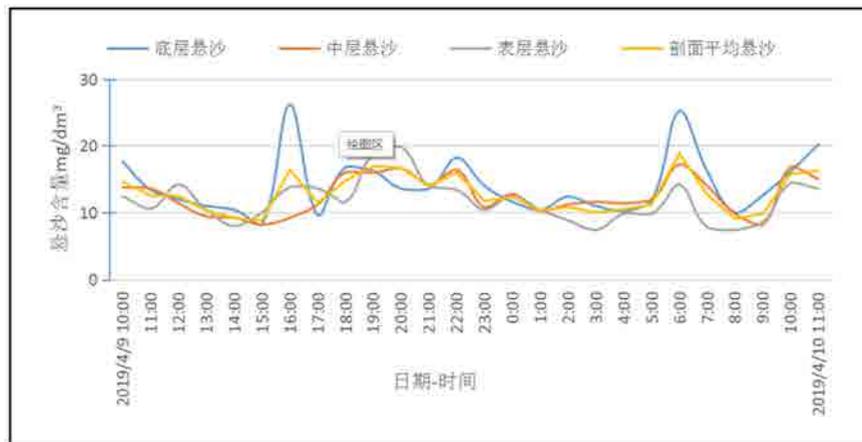


图 4.3.1-34 5#站春季中潮期悬沙含量变化曲线图

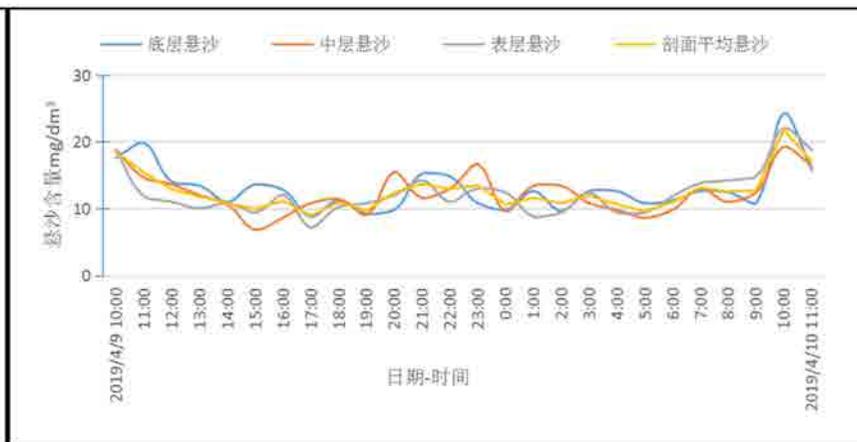


图 4.3.1-35 6#站春季中潮期悬沙含量变化曲线图

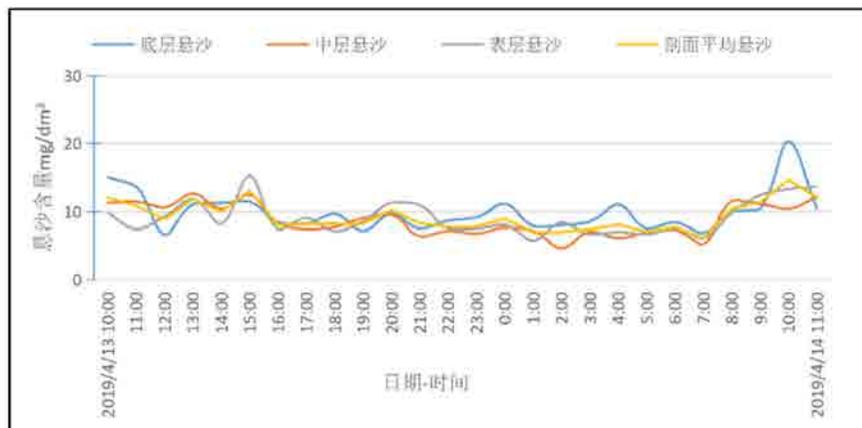


图 4.3.1-36 1#站春季小潮期悬沙含量变化曲线图

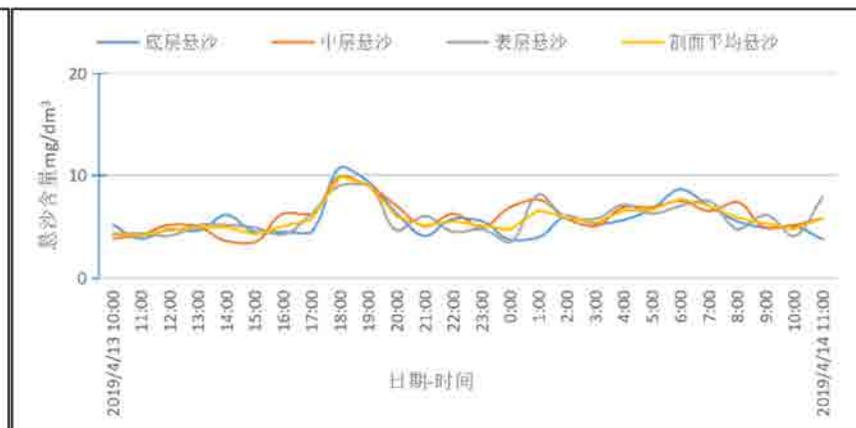


图 4.3.1-37 2#站春季小潮期悬沙含量变化曲线图

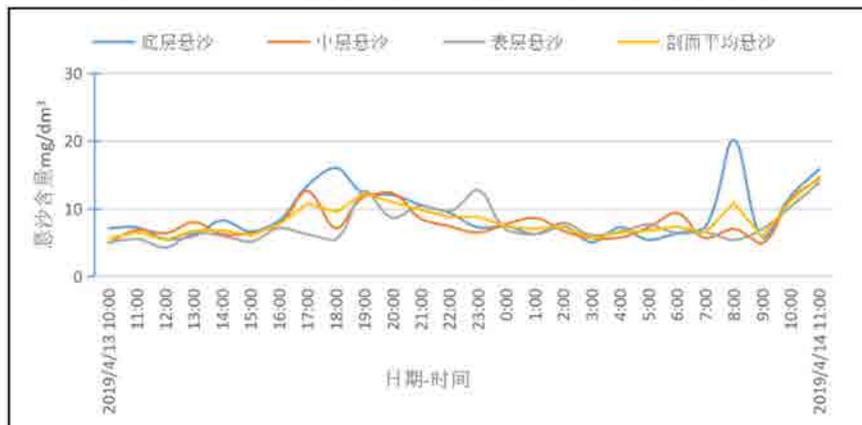


图 4.3.1-38 3#站春季小潮期悬沙含量变化曲线图

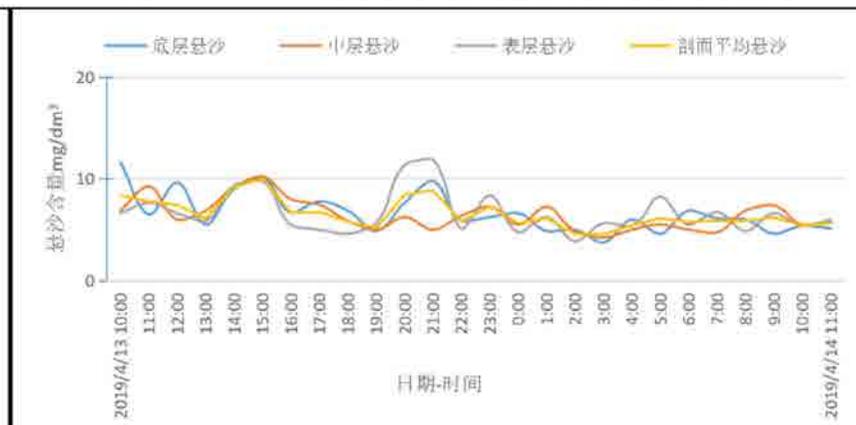


图 4.3.1-39 4#站春季小潮期悬沙含量变化曲线图

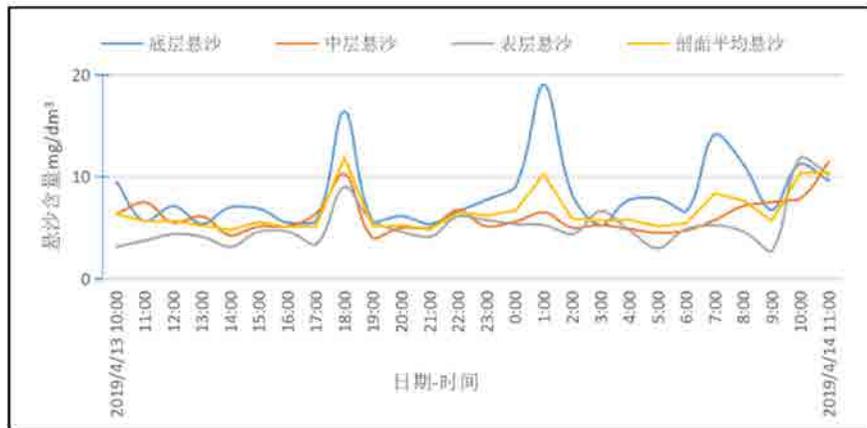


图 4.3.1-40 5#站春季小潮期悬沙含量变化曲线图

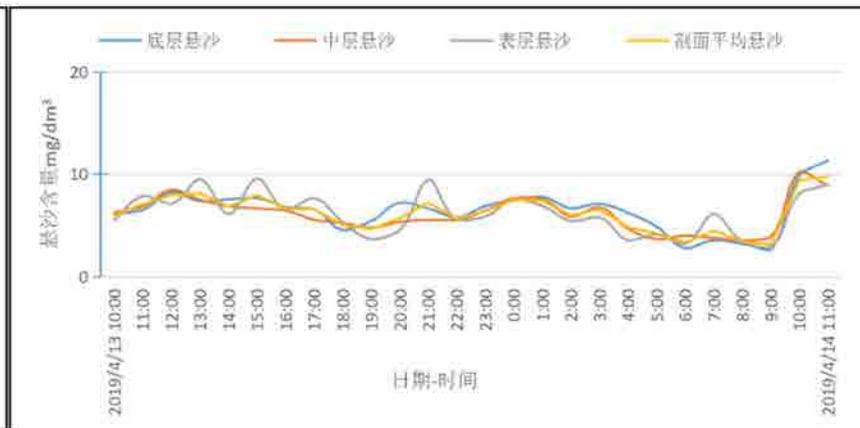


图 4.3.1-41 6#站春季小潮期悬沙含量变化曲线图

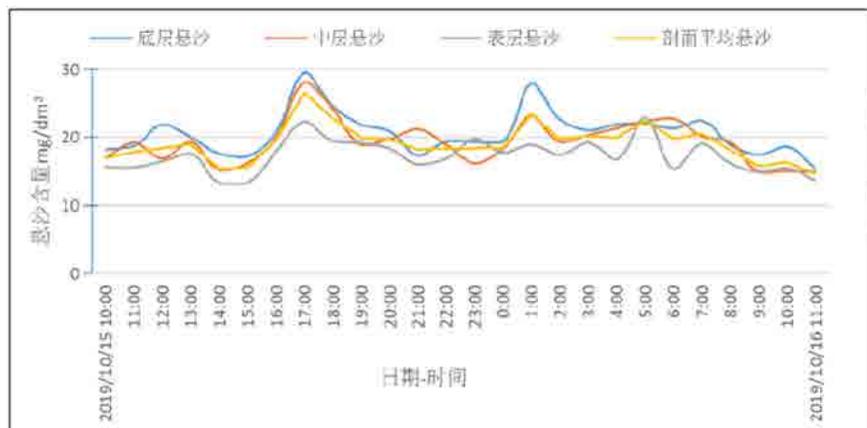


图 4.3.1-42 1#站秋季大潮期悬沙含量变化曲线图

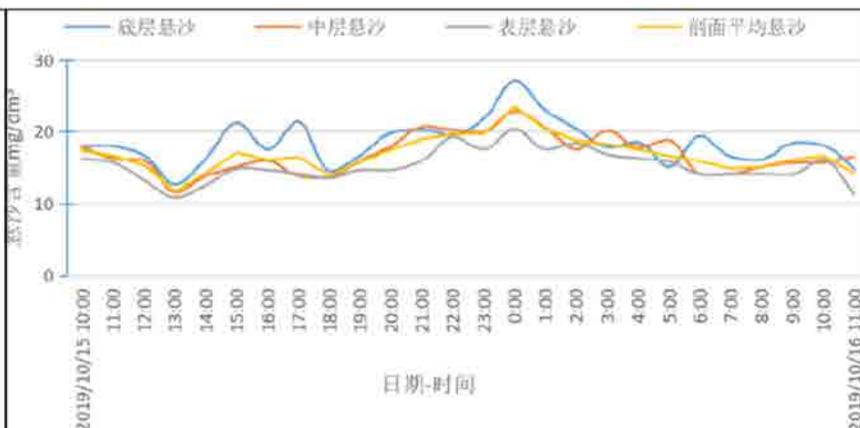


图 4.3.1-43 2#站秋季大潮期悬沙含量变化曲线图

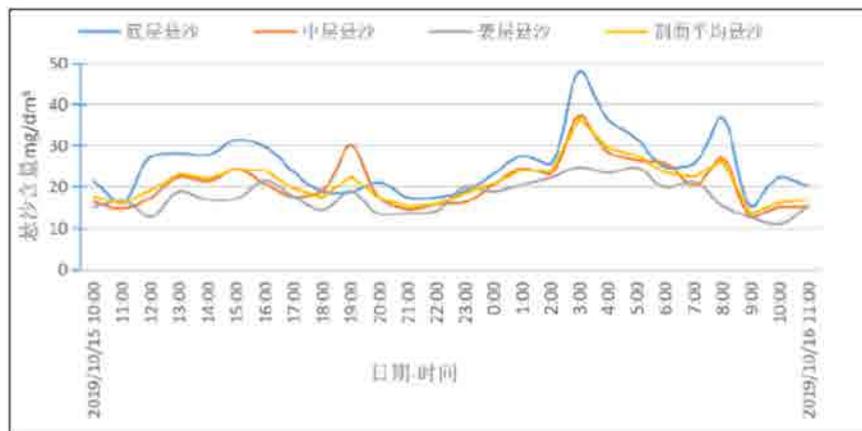


图 4.3.1-44 3#站秋季大潮期悬沙含量变化曲线图

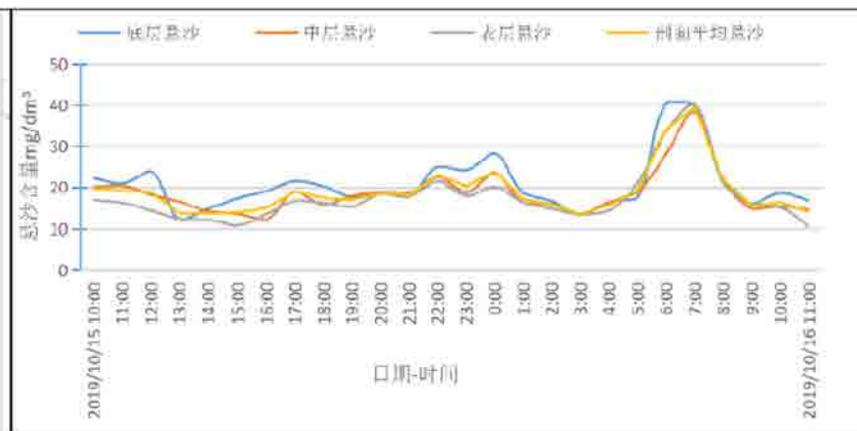


图 4.3.1-45 4#站秋季大潮期悬沙含量变化曲线图

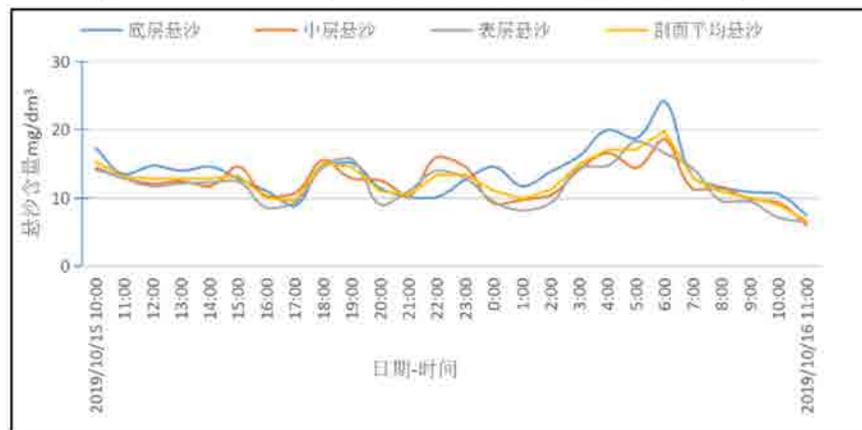


图 4.3.1-46 5#站秋季大潮期悬沙含量变化曲线图

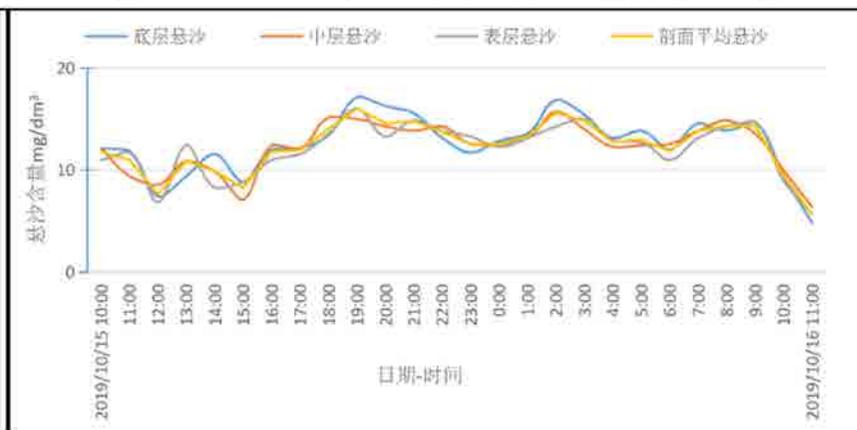


图 4.3.1-47 6#站秋季大潮期悬沙含量变化曲线图

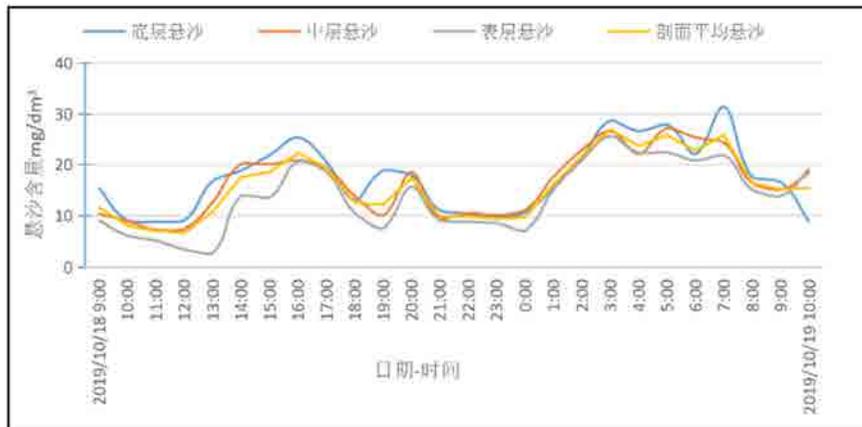


图 4.3.1-48 1#站秋季中潮期悬沙含量变化曲线图

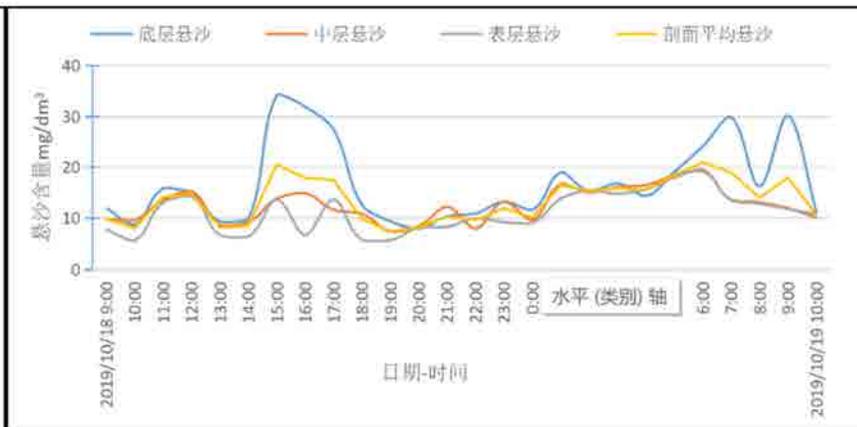


图 4.3.1-49 2#站秋季中潮期悬沙含量变化曲线图

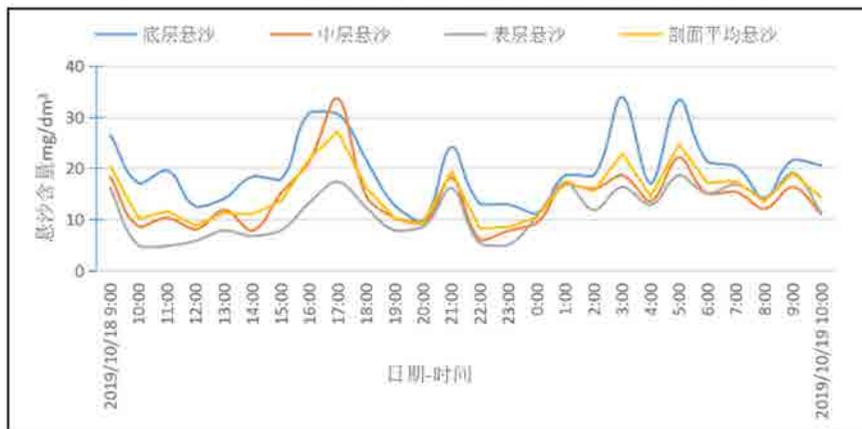


图 4.3.1-50 3#站秋季中潮期悬沙含量变化曲线图

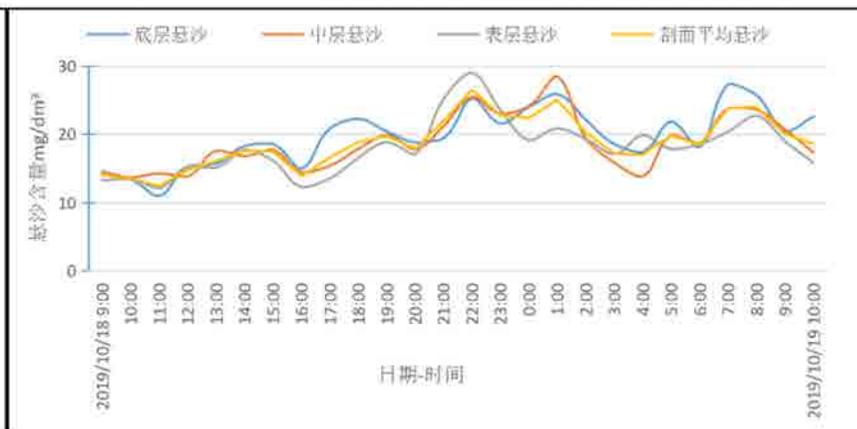


图 4.3.1-51 4#站秋季中潮期悬沙含量变化曲线图

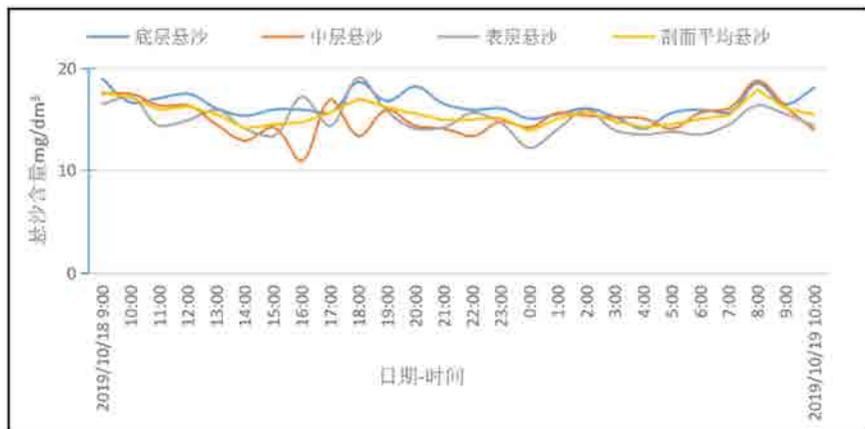


图 4.3.1-52 5#站秋季中潮期悬沙含量变化曲线图

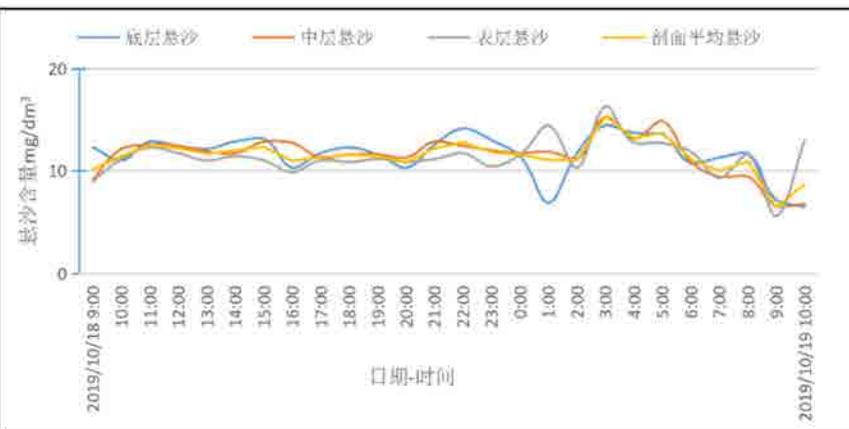


图 4.3.1-53 6#站秋季中潮期悬沙含量变化曲线图

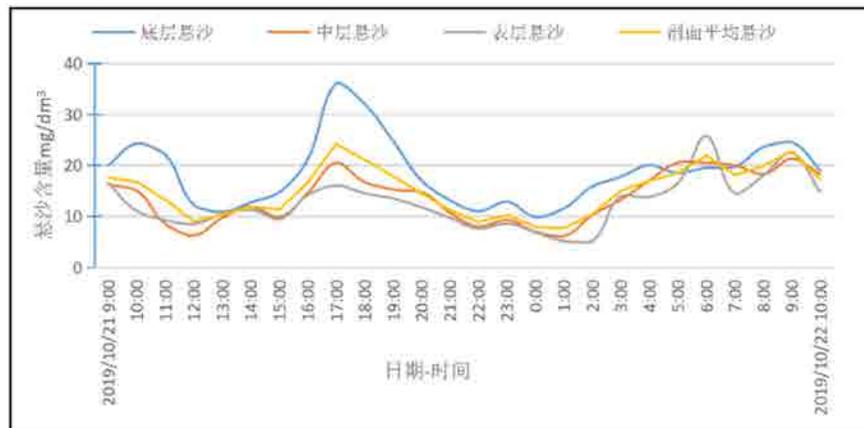


图 4.3.1-54 1#站秋季小潮期悬沙含量变化曲线图

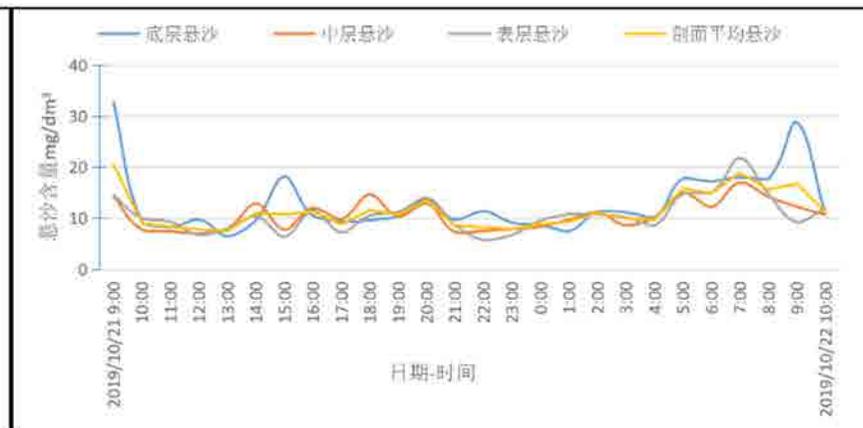


图 4.3.1-55 2#站秋季小潮期悬沙含量变化曲线图

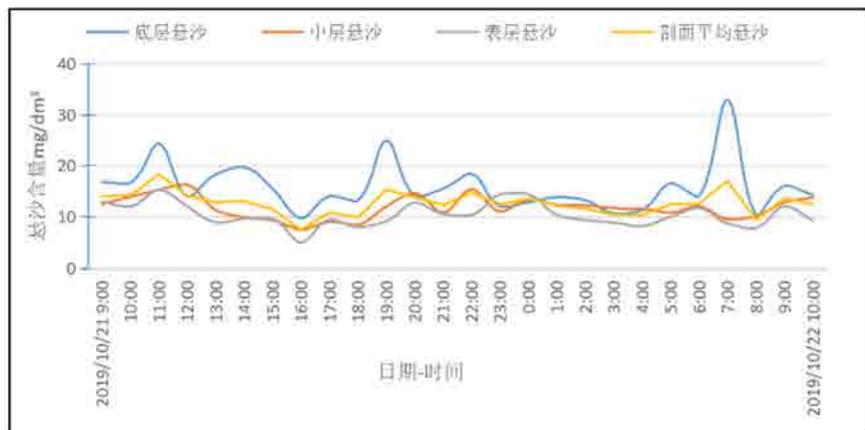


图 4.3.1-56 3#站秋季小潮期悬沙含量变化曲线图

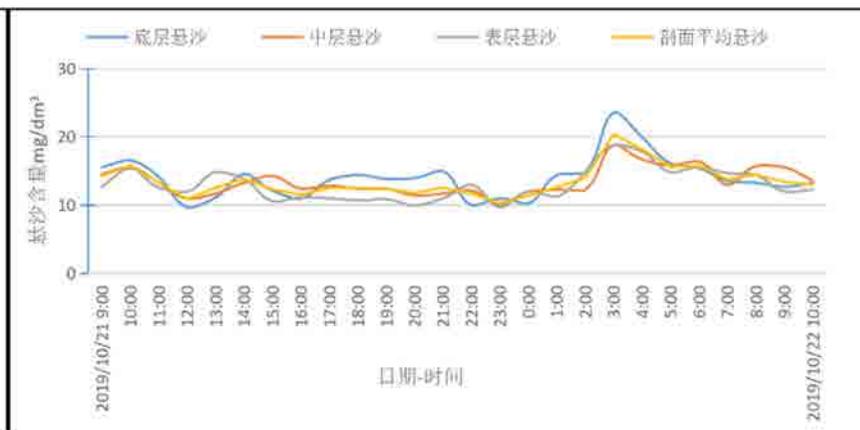


图 4.3.1-57 4#站秋季小潮期悬沙含量变化曲线图

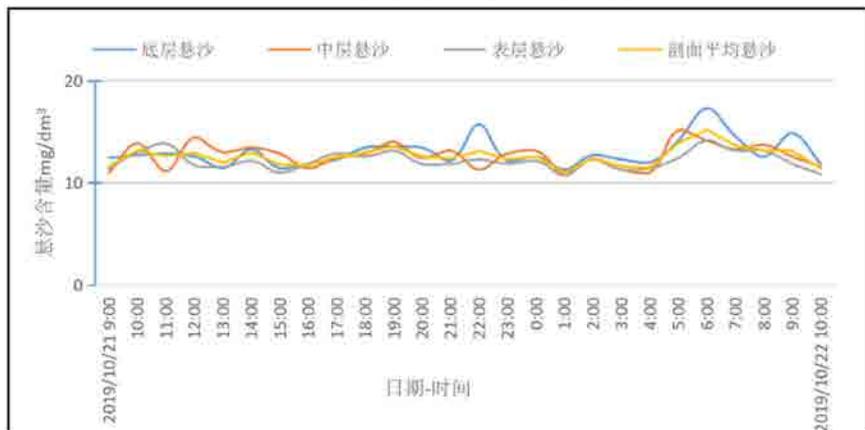


图 4.3.1-58 5#站秋季小潮期悬沙含量变化曲线图

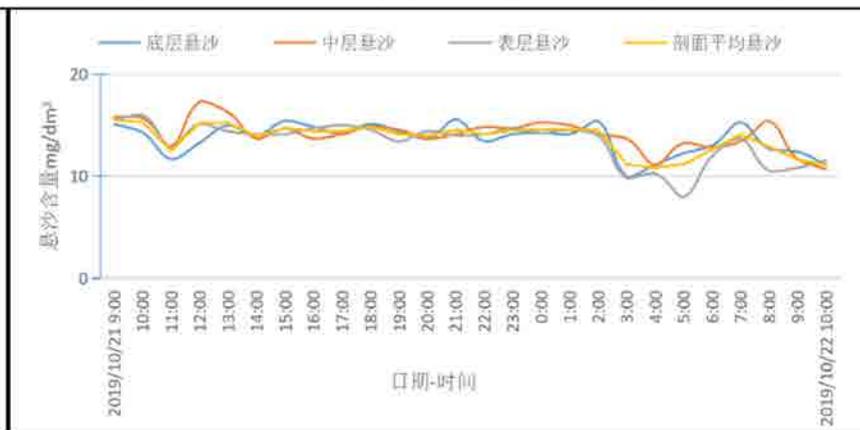


图 4.3.1-59 6#站秋季小潮期悬沙含量变化曲线图

#### 4.3.1.4.2 底质

工程区及周边海域底质类型以粉砂质砂为主，其次为砂质沉积，沉积物平均粒径为0.061mm。粉砂质砂中值粒径（ $Md\phi$ ）范围3.17~4.15，平均粒径（ $Mz\phi$ ）范围 3.90~4.76；分选系数范围 1.63~2.37，分选较差至分选差，偏态系数范围 0.30~0.71，正偏态 到很正偏态，表现出明显的细尾，峰态系数范围 0.71~1.49，从平坦峰态至尖锐峰态均有分布，以平坦峰态为主。

#### 4.3.1.4.3 海床演变

##### （1）海域泥沙来源

该工程区泥沙来源，主要是海域来沙和浅滩泥沙搬运，河流输沙作用不明显。具体情况如下：

工程周边水域的入海河流主要有大洋河、碧流河、庄河、英纳河、胡里河、小寺河等。

大洋河位于工程海域的东侧，该河全长198.2km，流域面积 6504km<sup>2</sup>，多年平均入海水量为21.3亿m<sup>3</sup>，径流丰、枯年变化剧烈，年内分配主要集中于夏汛7~9月期间（约占全年径流的75.5%），多年平均输沙量80.64万t，主要集中于夏汛。该河口由于大洋河距工程海域较远，约90km，对港区水域泥沙淤积没有直接影响。

碧流河全长 156km，流域面积 2817km<sup>2</sup>，多年平均入海径流量为9.51亿m<sup>3</sup>、多年平均年输沙量 50.5万 t，输沙量主要集中在 7、8 月份。由于该河口在工程区大约15km，对于近岸泥沙输送较大，场区远离碧流河入海口，对场区泥沙来源影响有限。

庄河全长55.6km，流域面积618km<sup>2</sup>，多年平均入海径流量为2.45亿m<sup>3</sup>、多年平均年输沙量15.8万t。该河口由于庄河距工程海域较远，约40km，对场区水域泥沙淤积没有直接影响。

其它诸小河并没有输沙量资料，但由于皆为山溪性小河，径流量和输沙量均很小，因此对工程附近海域泥沙淤积影响不大。

海域岬湾相间的海岸地貌特点及以粉砂沉积为主的沉积特征表明，波浪沿岸

输沙作用将是有限的。但是在 SSE 向、S 向浪等作用下，工程区附近浅滩泥沙被波浪掀起，并在潮流作用下产生输移，将是该海域泥沙运动的主要形式。含沙量相对较高的区域主要集中的近岸带，但该含沙带在东西方向是不连续的，即悬沙运动主要为浅滩水域泥沙的局部搬运，风电场区距岸较远，近岸海域来沙对工程区附近的影响是有限的。

## (2) 局部冲刷

海上风电机组基础建设后，潮流和波浪引起的水体粒子的运动会受到显著的影响。

首先，在风机基础的前方会形成一个马蹄涡；其次，在风机基础的背流处会形成涡流（卡门涡街）；再次，在风机基础的两侧流线会收缩。这种局部流态的改变，会增加水流对底床的剪切应力，从而导致水流挟沙能力的提高。如果底床是易受侵蚀的，那么在风机基础局部会形成冲刷坑，这种冲刷坑会影响基础的稳定性。

目前，还很难完全从理论上建立描述风机基础局部冲刷物理现象的模型，因此，国内学者结合现场实测资料、模型试验、因次分析及多变量相关等方法，建立了许多局部冲刷的经验公式，本阶段，采用国内外使用较多的DNV挪威船级社海上风电场设计规范推荐公式、考虑波浪作用的韩海骞的冲刷公式，估算风机基础局部区域的冲刷情况。

计算工况环境参数及成果见下表。

表 4.3.1-40 风机基础局部冲刷深度、范围计算参数及结果

环境参数	数值
水深 (m)	13
工程区最大流速 (m/s)	0.7
5 年一遇波浪 $H_{1\%}$ (m)	3.56
波浪周期 (s)	8
波长 (m)	58.4
泥沙中值粒径 (mm)	0.06
泥沙水下休止角 ( $^{\circ}$ )	24
平均阻水宽度 (m)	7
考虑波浪作用韩海骞冲刷深度 (m)	5.18
冲刷坑范围 (m)	23.6

### 4.3.2 地形地貌与冲淤现状调查分析

工程及附近海域地貌类型为黄海北部近海海域水下沉积平原，海底地形平缓，10m~15m等深线处坡度为0.69%；场址附近总体处于淤积状态，10米等深线处淤积相对较强。项目风电场位置等深线图、地形图分别见图4.3.2-1、图4.3.2-2。

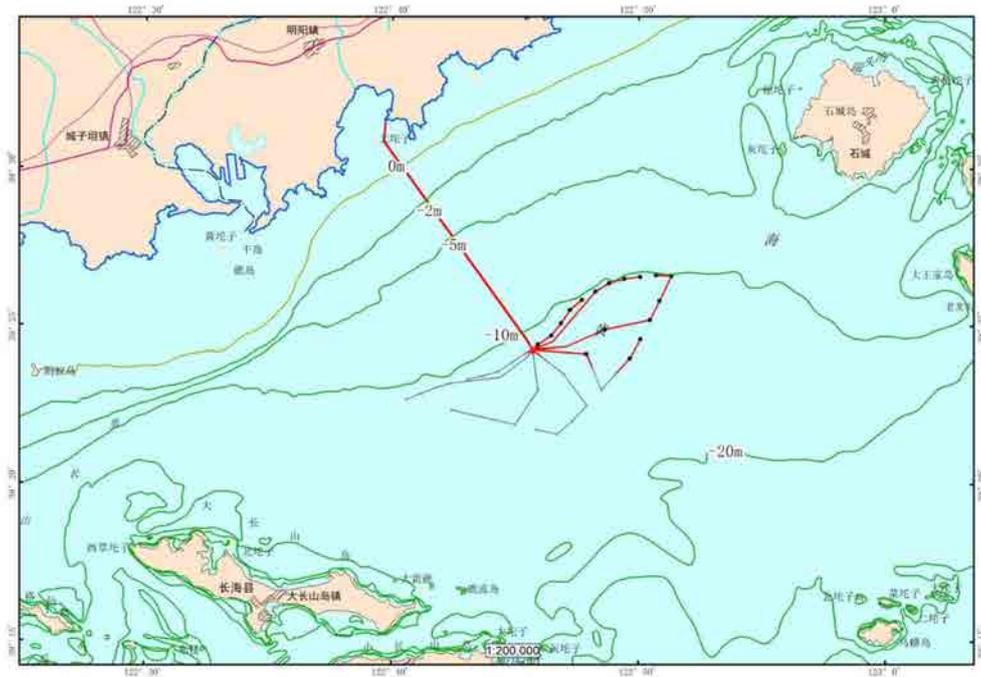


图 4.3.2-1 项目风电场位置等深线图

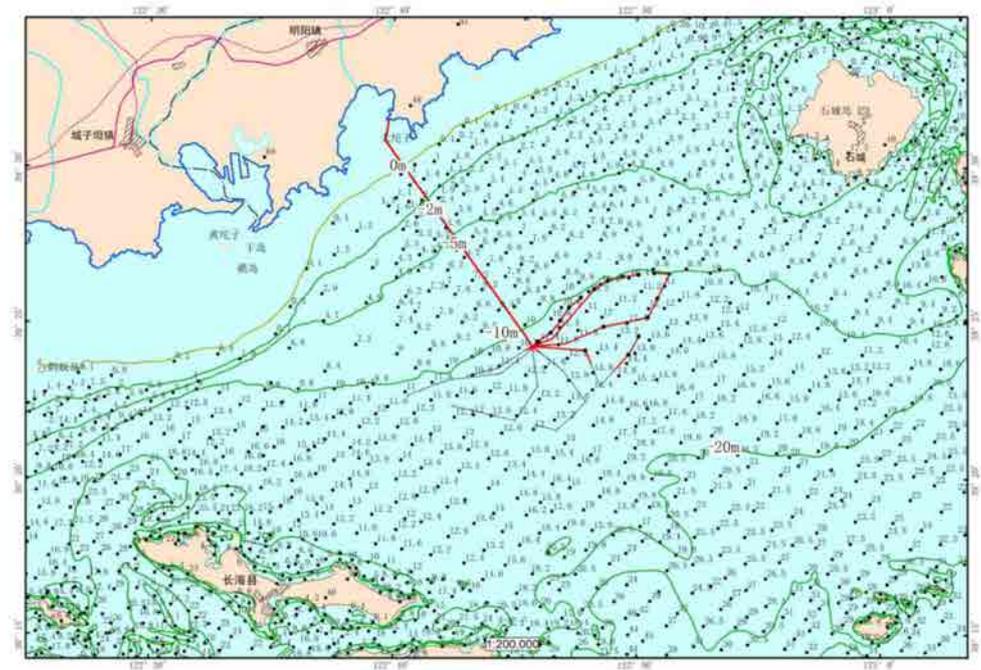


图 4.3.2-2 项目风电场位置等深线图

工程区及周边海域底质类型以粉砂质砂为主，其次为砂质沉积，沉积物平均粒径为0.061mm。粉砂质砂中值粒径（ $Md\phi$ ）范围3.17~4.15，平均粒径（ $Mz\phi$ ）范围3.90~4.76；分选系数范围1.63~2.37，分选较差至分选差，偏态系数范围0.30~0.71，正偏态到很正偏态，表现出明显的细尾，峰态系数范围0.71~1.49，从平坦峰态至尖锐峰态均有分布，以平坦峰态为主。

该工程区泥沙来源，主要是海域来沙和浅滩泥沙搬运，河流输沙作用不明显。具体情况如下：

工程周边水域的入海河流主要有大洋河、碧流河、庄河、英纳河、胡里河、小寺河等。大洋河位于工程海域的东侧，该河全长198.2km，流域面积6504km<sup>2</sup>，多年平均入海水量为21.3亿m<sup>3</sup>，径流丰、枯年变化剧烈，年内分配主要集中于夏汛7~9月期间（约占全年径流的75.5%），多年平均输沙量80.64万t，主要集中于夏汛。该河口由于大洋河距工程海域较远，约90km，对港区水域泥沙淤积没有直接影响。

碧流河全长156km，流域面积2817km<sup>2</sup>，多年平均入海径流量为9.51亿m<sup>3</sup>、多年平均年输沙量50.5万t，输沙量主要集中在7、8月份。由于该河口在工程区大约15km，对于近岸泥沙输送较大，场区远离碧流河入海口，对场区泥沙来源影响有限。

庄河全长55.6km，流域面积618km<sup>2</sup>，多年平均入海径流量为2.45亿m<sup>3</sup>、多年平均年输沙量15.8万t。该河口由于庄河距工程海域较远，约40km，对场区水域泥沙淤积没有直接影响。

其它诸小河并没有输沙量资料，但由于皆为山溪性小河，径流量和输沙量均很小，因此对工程附近海域泥沙淤积影响不大。

海域岬湾相间的海岸地貌特点及以粉砂沉积为主的沉积特征表明，波浪沿岸输沙作用将是有限的。但是在SSE向、S向浪等作用下，工程区附近浅滩泥沙被波浪掀起，并在潮流作用下产生输移，将是该海域泥沙运动的主要形式。含沙量相对较高的区域主要集中的近岸带，但该含沙带在东西方向是不连续的，即悬沙运动主要为浅滩水域泥沙的局部搬运，风电场区距岸较远，近岸海域来沙对工程区附近的影响是有限的。

### 4.3.3 海洋水质现状调查与评价

#### 4.3.3.1 调查站位

大连正信检测有限公司于 2023年5月30日对评价海域进行了海洋生态春季调查。调查共布设 22个水质站位，13个生态调查站位，站位布设见图4.3.3-1，坐标及项目见表4.3.3-1。

大连正信检测有限公司于 2023年8月1日和8月2日对评价海域进行了海洋生态夏季调查。调查共布设 20个水质站位，10个沉积物调查站位，10个生态调查站位，站位布设见图 4.3.3-2，坐标及项目见表4.3.3-2。

大连正信检测有限公司于 2023年9月15日和 9月16日对评价海域进行了海洋生态秋季调查。调查共布设 20个水质站位，10个沉积物调查站位，12个生态调查站位，站位布设见图 4.3.3-3 和图 4.3.3-4，坐标及项目见表 4.3.3-3。

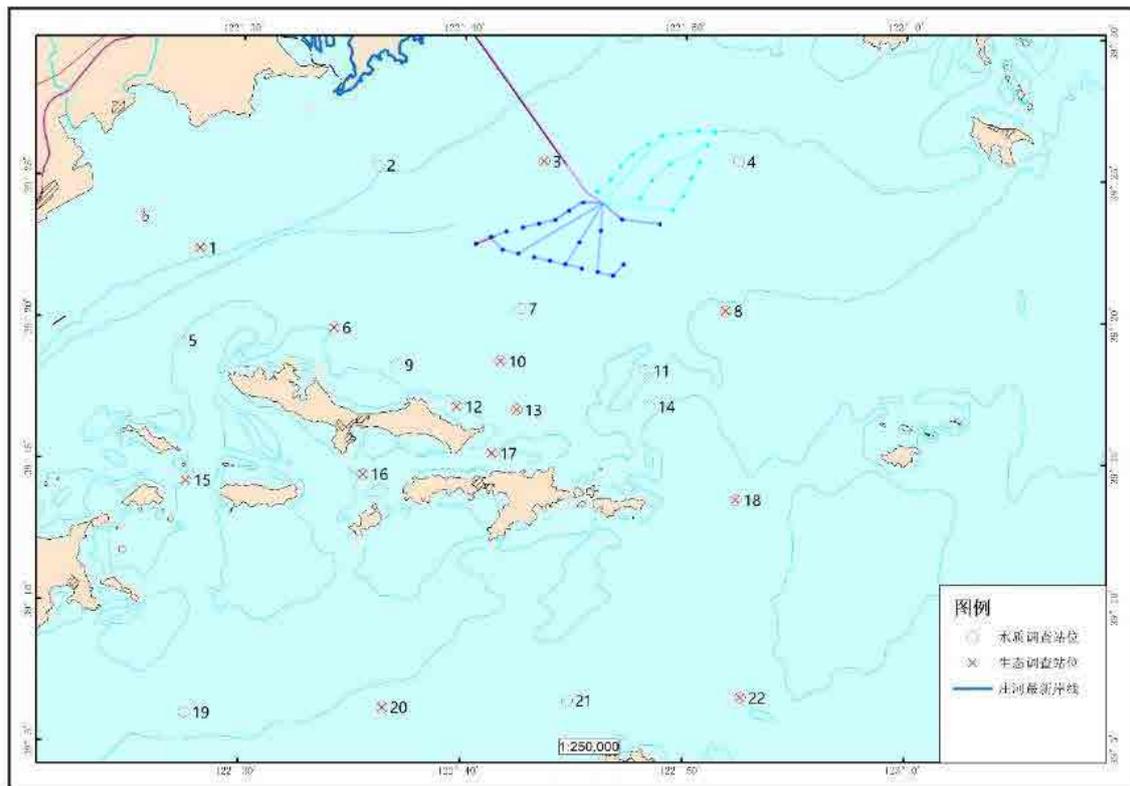


图4.3.3-1 春季调查站位

表4.3.3-1 春季调查站位坐标

站位	类别	经度	纬度
1	水质、生态	122°28' 5.102"	39°22' 27.620"
2	水质	122°36' 5.719"	39°25' 26.031"
3	水质、生态	122°43' 36.215"	39°25' 37.721"
4	水质	122°52' 24.405"	39°25' 39.762"
5	水质	122°27' 12.935"	39°19' 10.515"
6	水质、生态	122°34' 9.589"	39°19' 40.872"
7	水质	122°42' 34.175"	39°20' 24.855"
8	水质	122°51' 51.328"	39°20' 22.919"
9	水质	122°36' 59.438"	39°18' 23.244"
10	水质、生态	122°41' 41.589"	39°18' 32.469"
11	水质	122°48' 13.427"	39°18' 15.406"
12	水质、生态	122°39' 44.317"	39°16' 55.677"
13	水质、生态	122°42' 26.792"	39°16' 49.783"
14	水质	122°48' 26.635"	39°16' 59.014"
15	水质、生态	122°27' 31.727"	39°14' 14.361"
16	水质、生态	122°35' 31.550"	39°14' 30.765"
17	水质	122°41' 20.165"	39°15' 17.376"
18	水质、生态	122°52' 21.442"	39°13' 42.023"
19	水质	122°27' 34.690"	39°6' 1.885"
20	水质、生态	122°36' 29.213"	39°6' 16.636"
21	水质	122°44' 49.700"	39°6' 34.108"
22	水质、生态	122°52' 36.946"	39°6' 42.910"

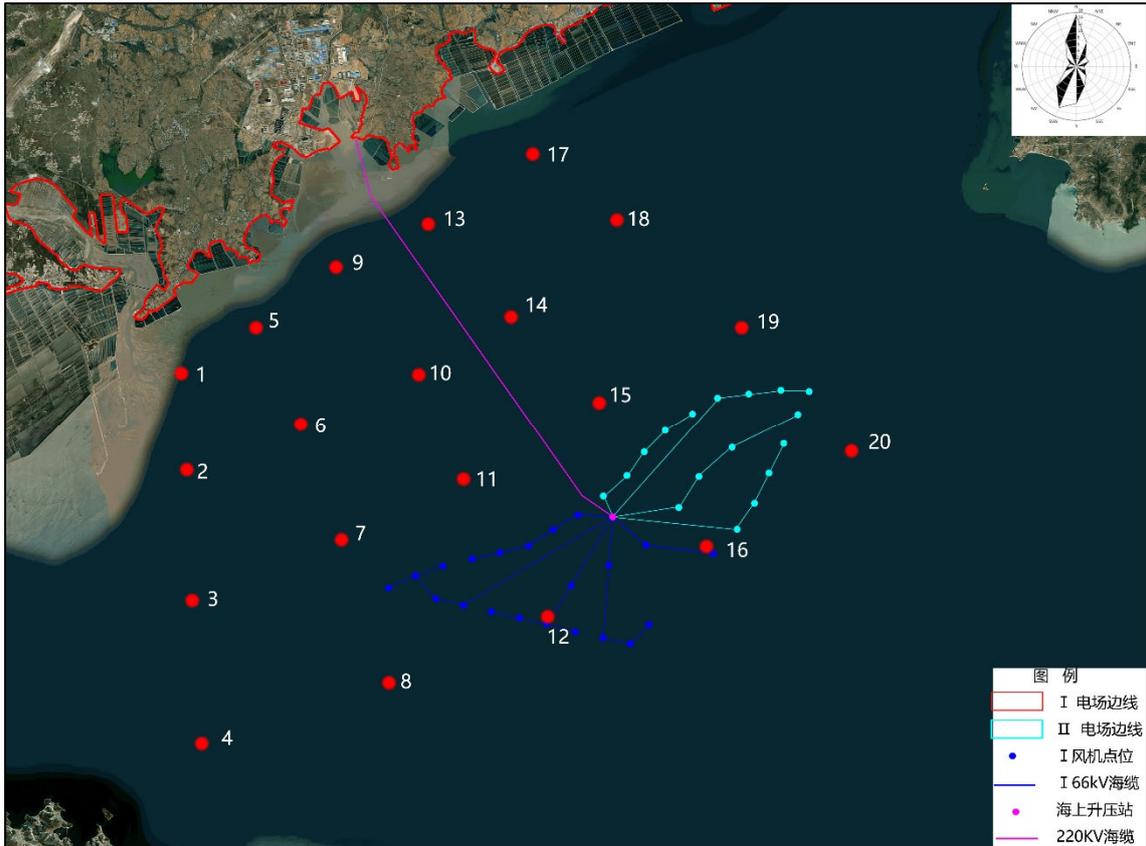


图4.3.3-2 夏季调查站位

表4.3.3-2 夏季调查站位坐标

站位	纬度	经度	采样类型
1	39°27.938'	122°36.287'	水质、沉积物、生态
2	39°29.312'	122°38.568'	水质
3	39°27.016'	122°40.732'	水质、沉积物、生态
4	39°24.622'	122°42.205'	水质
5	39°30.284'	122°41.178'	水质、沉积物、生态
6	39°28.272'	122°43.507'	水质、生态
7	39°26.261'	122°45.958'	水质、沉积物、生态
8	39°30.371'	122°46.548'	水质
9	39°27.968'	122°50.049'	水质、沉积物、生态
10	39°31.836'	122°44.120'	水质
11	39°24.841'	122°34.337'	水质、沉积物、生态
12	39°20.216'	122°40.038'	水质
13	39°21.982'	122°34.641'	水质、沉积物、生态
14	39°18.863'	122°34.828'	水质、生态
15	39°26.928'	122°34.228'	水质、沉积物、生态
16	39°23.303'	122°38.810'	水质
17	39°25.818'	122°37.645'	水质、沉积物、生态
18	39°21.700'	122°44.572'	水质

4 环境现状调查与评价

19	39°23.306'	122°48.829'	水质、沉积物、生态
20	39°25.350'	122°53.041'	水质

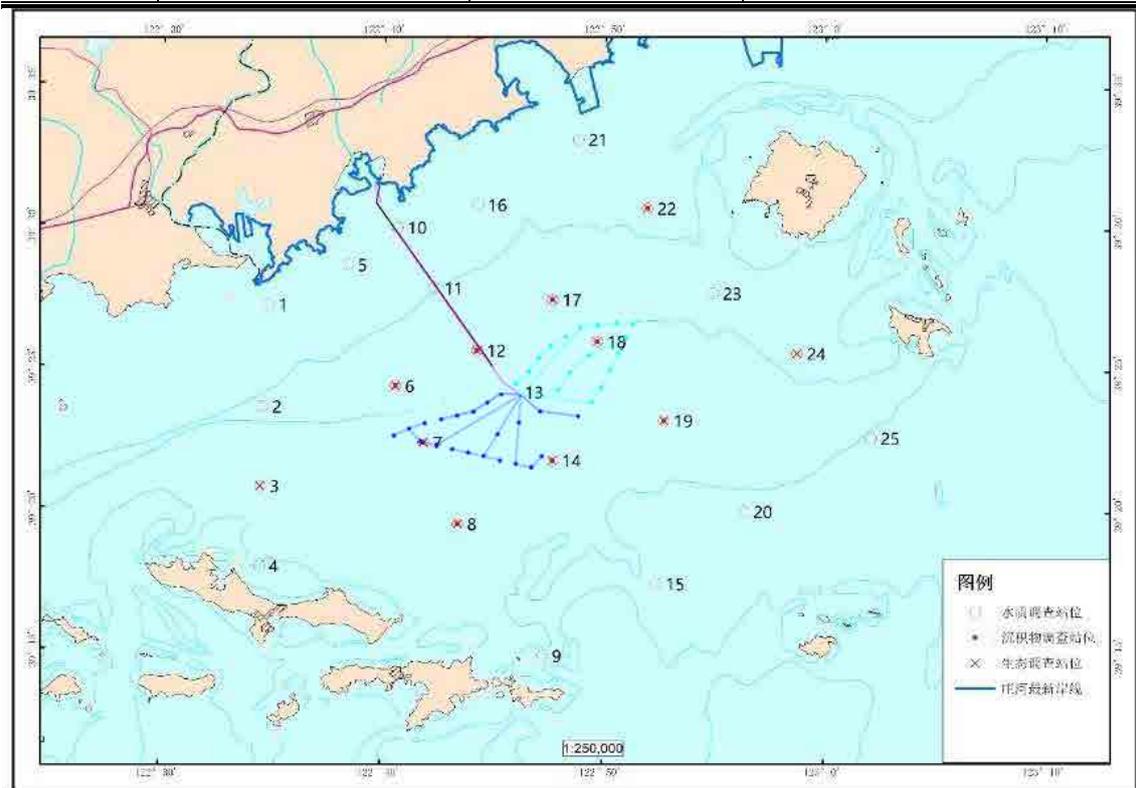


图4.3.3-3 秋季调查站位



图4.3.3-4 秋季潮间带调查站位

表4.3.3-3 秋季调查站位坐标

站位	纬度	经度	采样类型
1	39° 27.224'	122° 34.817'	水质
2	39° 23.626'	122° 34.575'	水质
3	39° 20.809'	122° 34.500'	水质、生态
4	39° 17.990'	122° 34.502'	水质
5	39° 28.660'	122° 38.395'	水质
6	39° 24.390'	122° 40.583'	水质、沉积物、生态
7	39° 22.397'	122° 41.873'	水质、沉积物、生态
8	39° 19.525'	122° 43.447'	水质、沉积物、生态
9	39° 14.892'	122° 47.322'	水质
10	39° 29.984'	122° 40.628'	水质
11	39° 27.855'	122° 42.316'	水质
12	39° 25.667'	122° 44.269'	水质、沉积物、生态
13	39° 23.903'	122° 45.655'	水质、沉积物、生态
14	39° 21.792'	122° 47.706'	水质、沉积物、生态
15	39° 17.464'	122° 52.432'	水质
16	39° 30.811'	122° 44.268'	水质
17	39° 27.482'	122° 47.669'	水质、沉积物、生态
18	39° 26.008'	122° 49.706'	水质、沉积物、生态
19	39° 23.231'	122° 52.742'	水质、沉积物、生态
20	39° 20.034'	122° 56.373'	水质
21	39° 33.143'	122° 48.803'	水质
22	39° 30.730'	122° 51.939'	水质、沉积物、生态
23	39° 27.738'	122° 54.924'	水质
24	39° 25.623'	122° 58.752'	水质、生态
25	39° 22.642'	123° 2.106'	水质
C1	39°31.614'	122°39.724'	潮间带生物
C2	39°31.507'	122° 39.706'	潮间带生物
C3	39° 31.541'	122° 39.856'	潮间带生物

#### 4.3.3.2 春季调查

##### 4.3.3.2.1 调查项目与分析方法

###### (1) 调查项目

调查项目包括：水温（T）、盐度、无机氮（TIN，即NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>3</sub>-N之和）、pH、溶解氧（DO）、活性磷酸盐（PO<sub>4</sub>-P）、化学需氧量（COD<sub>Mn</sub>）、油类

(Oil)、铜、铅、锌、铬、镉、汞、悬浮物 (SS)、多环芳烃和多氯联苯。

(2) 样品的采集和预处理

样品的采集和预处理按“GB17378.3-2007 海洋监测规范：样品采集、贮存与运输”中的相关要求进行。

(3) 分析测定方法

主要调查项目的测定按《海洋监测规范》(GB17378.4-2007)中规定的分析方法执行，具体方法内容见表 4.3.3-4。

表4.3.3-4 海水样品分析测试方法及检出限

测定项目	分析方法	仪器设备	引用标准	检出限
水温	表层水温表法	温度计	GB17378.4-2007	-
盐度	盐度计法	WZ-211 盐度比重计		-
悬浮物(SS)	重量法	电子天平		200 $\mu$ g/L
pH	pH 计法	PHSJ-4F 酸度计		-
化学需氧量 (COD)	碱性高锰酸钾法	滴定管		0.15 mg/L
生化需氧量	五日培养法	滴定管		-
溶解氧 (DO)	碘量法	滴定管		0.042mg/L
油类 (Oil)	紫外分光光度法	L5S紫外-可见分光光度计		3.5 $\mu$ g/L
活性磷酸盐 (PO <sub>4</sub> -P)	磷钼蓝分光光度法	7230G 分光光度计		0.62 $\mu$ g/L
硝酸盐 (NO <sub>3</sub> -N)	镉柱还原法	7230G 分光光度计		0.6 $\mu$ g/L
亚硝酸盐 (NO <sub>2</sub> -N)	萘乙二胺分光光度法	7230G 分光光度计		0.3 $\mu$ g/L
氨态氮 (NH <sub>3</sub> -N)	靛酚蓝分光光度法	7230G 分光光度计		0.7 $\mu$ g/L
铜 (Cu)	原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		0.2 $\mu$ g/L
铅 (Pb)	原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		0.03 $\mu$ g/L
锌 (Zn)	原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		3.1 $\mu$ g/L
镉 (Cd)	原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		0.01 $\mu$ g/L
铬 (Cr)	原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计	0.4 $\mu$ g/L	
汞 (Hg)	原子荧光光度法	AFS-933	0.007 $\mu$ g/L	

		原子荧光光度计		
PCB3	气相色谱法	GC-2014C 气相色谱仪		0.001 $\mu$ g/L
PCB5	气相色谱法	GC-2014C 气相色谱仪		0.001 $\mu$ g/L
萘	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪	GB/T 26411- 2010	1ng/L
苊	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
芴	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
菲	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
葱	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
荧葱	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
芘	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
蒽	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
苯并(a)葱	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
苯并(b)荧葱	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
苯并(k)荧葱	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L
二苯并(a,h)葱	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		2ng/L
苯并(g,h,i)芘	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		2ng/L
茚并(1,2,3-cd) 芘	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		2ng/L
苯并(a)芘	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020气相色谱 质谱联用仪		1ng/L
蒽烯	气相色谱-质谱法	GCMS-QP2020 气相色谱质谱联用仪		1ng/L

#### 4.3.3.2.2 水质调查结果

调查区内各站位水质样品中各要素的分析测试结果列于表 4.3.3-5 中。

表4.3.3-5 海水样品中调查要素的分析结果

站号	pH	悬浮物	油类	化学需氧量	溶解氧	无机氮	活性磷酸盐	水温	汞	铜	铅	镉	锌	总铬	生化需氧量	盐度	PCB3
1	7.89	11.2	4.2	1.12	6.7	96.8	11.2	19.2	0.085	1.3	0.40	0.80	20.0	3.7	1.2	28	ND
2	7.93	11.7	7.1	1.44	6.9	87.9	10.5	19.3	0.068	1.5	0.38	0.83	26.0	2.8	1.5	29	ND
3	7.98	10.5	7.1	1.40	6.8	72.6	9.92	19.7	0.083	3.3	0.37	0.86	12.0	4.4	1.5	28	ND
4	7.83	8.2	4.2	1.66	6.8	97.9	11.2	18.9	0.088	1.3	0.64	0.86	21.0	3.6	1.4	29	ND
5	7.95	9.4	5.6	1.17	6.7	76.7	9.92	19.1	0.080	1.7	0.54	0.80	23.0	2.8	1.4	28	ND
6	7.94	10.2	7.1	1.03	6.7	76.7	8.99	19.3	0.071	3.3	0.74	0.80	21.0	4.5	1.4	27	ND
7	7.92	11.3	8.6	1.08	6.8	70.2	10.5	18.7	0.075	1.3	0.62	0.72	21.0	3.5	1.4	28	ND
8	7.91	10.8	4.2	0.93	6.7	94.4	9.92	18.7	0.070	1.6	0.32	0.84	18.0	4.6	1.4	28	ND
9	7.93	9.9	7.1	1.49	6.6	71.5	10.2	19.2	0.083	1.4	0.87	0.84	15.0	3.7	1.3	29	ND
10	7.83	9.0	5.6	1.82	6.7	1.09×10 <sup>2</sup>	8.37	18.5	0.097	3.3	0.85	0.80	19.0	2.8	1.3	29	ND
11	7.83	11.8	4.1	1.51	6.6	1.27×10 <sup>2</sup>	8.06	18.6	0.093	3.4	0.83	0.74	13.0	2.7	1.2	29	ND
12	7.92	10.2	7.1	1.43	6.6	81.2	9.30	18.9	0.081	3.3	0.75	0.80	16.0	4.4	1.2	28	ND
13	7.93	12.6	8.6	1.88	6.7	89.5	9.61	19.1	0.086	1.2	0.86	0.84	23.0	2.7	1.3	28	ND
14	7.83	10.2	4.2	1.50	6.8	2.75×10 <sup>2</sup>	9.92	18.6	0.086	1.3	0.44	0.83	24.0	4.5	1.5	29	ND
15	7.83	11.3	7.1	1.75	6.8	1.02×10 <sup>2</sup>	8.68	19.3	0.097	3.3	0.79	0.72	19.0	3.7	1.4	28	ND
16	7.83	10.3	4.2	1.90	6.7	90.4	7.44	19.7	0.105	1.2	0.92	0.72	20.0	2.6	1.3	28	ND
17	7.82	9.4	4.2	1.96	6.7	94.1	9.30	18.9	0.097	1.3	0.85	0.80	23.0	4.6	1.2	29	ND
18	7.85	12.2	5.7	1.89	6.6	1.16×10 <sup>2</sup>	9.61	18.5	0.087	3.4	0.36	0.85	22.0	3.8	1.2	29	ND
19	7.96	10.6	7.1	0.93	6.7	80.3	10.8	19.2	0.097	1.2	0.95	0.82	21.0	2.9	1.2	28	ND
20	7.83	12.4	8.6	0.94	6.6	81.2	10.1	18.9	0.092	1.5	0.53	0.79	22.0	4.5	1.2	28	ND
21	7.85	9.3	5.7	0.90	6.5	79.7	9.92	18.7	0.106	1.3	0.61	0.79	18.0	2.6	1.2	27	ND
22	7.93	9.8	7.1	0.87	6.6	84.9	8.52	19.2	0.090	3.4	0.25	0.82	15.0	4.6	1.3	28	ND

站号	PCB5	萘	茚	芴	菲	蒽	荧蒽	芘	蒾	苯并(a)蒽	苯并(b)荧蒽	苯并(k)荧蒽	二苯并(a,h)蒽	苯并(g,h,i)芘	茚并(1,2,3-cd)芘	苯并(a)芘	萘烯
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

注：DO、COD、SS 单位为 mg/L，Oil、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、Hg、Cd、Pb、Cr、As、Zn、Cu、p,p'-DD、o,p'-DDT、p,p'-DDD、p,p'-DDT、α-666、β-666、γ-666、δ-666、PCB3 和 PCB5 以及多环芳烃的单位为 μg/L，T 的单位为 °C，pH 无量纲。ND：表示“未检出”。

### 4.3.3.2.3 水质质量现状评价

#### (1) 评价因子

选择无机氮 (TIN)、pH、溶解氧 (DO)、磷酸盐 (PO<sub>4</sub>-P)、化学需氧量 (COD<sub>Mn</sub>)、油类 (Oil)、铜、铅、锌、铬、镉、汞和悬浮物 (SS) 作为评价因子。

#### (2) 评价方法

无机氮 (TIN)、pH、溶解氧 (DO)、磷酸盐 (PO<sub>4</sub>-P)、化学需氧量 (COD<sub>Mn</sub>)、油类 (Oil)、铜、铅、锌、铬、镉、汞采用单因子指数评价方法，pH 和溶解氧 (DO) 采用计算公式如下

- 单因子指数法公式为：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}}$$

式中： $P_i$  - 某污染因子的污染指数；

$C_i$  - 某污染因子的实测浓度；

$C_{si}$  - 某污染因子的标准浓度值

- 溶解氧 (DO) 的污染指数计算公式

$$S_{DO,j} = DO_s / DO_j \quad DO_j \leq DO_f$$

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad DO_j > DO_f$$

$$DO_f = \frac{491 - 2.65S}{33.5 + T}$$

式中： $S_{DO,j}$ ——溶解氧的标准指数，大于 1 表明该水质因子超标；

$DO_j$ ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值，mg/L；

$DO_s$ ——溶解氧的水质评价标准限值，mg/L；

$DO_f$ ——饱和溶解氧浓度，mg/L；

$S$ ——实用盐度符号，量纲为 1；

$T$ ——水温，°C。

- pH 的标准指数

$$S_{\text{pH}_j} = \frac{7.0 - \text{pH}_j}{7.0 - \text{pH}_{\text{sd}}} \quad \text{pH}_j \leq 7.0$$

$$S_{\text{pH}_j} = \frac{\text{pH}_j - 7.0}{\text{pH}_{\text{su}} - 7.0} \quad \text{pH}_j > 7.0$$

式中： $S_{\text{pH}_j}$ ——pH 值的指数，大于 1 表明该水质因子超标；

$\text{pH}_j$ ——pH 值实测统计代表值；

$\text{pH}_{\text{sd}}$ ——评价标准中 pH 值的下限值；

$\text{pH}_{\text{su}}$ ——评价标准中 pH 值的上限值。

### (3) 评价标准

海水水质现状评价按照《海水水质标准》(GB3097-1997) 中二类标准执行，调查项目的海水水质标准值摘录于表 2.3-1。

### (4) 评价结果

各站点所选定的评价因子的单因子污染指数值列于表 4.3.3-6。

表4.3.3-6 监测海域海水样品诸要素单因子污染指数统计结果

站位	pH	生化需氧量	油类	化学需氧量	溶解氧	无机氮	活性磷酸盐	镉	汞	铜	铅	锌	总铬
1	0.59	0.40	0.08	0.37	0.79	0.32	0.37	0.16	0.43	0.13	0.08	0.40	0.04
2	0.62	0.50	0.14	0.48	0.81	0.29	0.35	0.17	0.34	0.15	0.08	0.52	0.03
3	0.65	0.50	0.14	0.47	0.81	0.24	0.33	0.17	0.42	0.33	0.07	0.24	0.04
4	0.55	0.47	0.08	0.55	0.81	0.33	0.37	0.17	0.44	0.13	0.13	0.42	0.04
5	0.63	0.47	0.11	0.39	0.80	0.26	0.33	0.16	0.40	0.17	0.11	0.46	0.03
6	0.63	0.47	0.14	0.34	0.81	0.26	0.30	0.16	0.36	0.33	0.15	0.42	0.05
7	0.61	0.47	0.17	0.36	0.82	0.23	0.35	0.14	0.38	0.13	0.12	0.42	0.03
8	0.61	0.47	0.08	0.31	0.80	0.31	0.33	0.17	0.35	0.16	0.06	0.36	0.05
9	0.62	0.43	0.14	0.50	0.79	0.24	0.34	0.17	0.42	0.14	0.17	0.30	0.04
10	0.55	0.43	0.11	0.61	0.80	0.36	0.28	0.16	0.49	0.33	0.17	0.38	0.03
11	0.55	0.40	0.08	0.50	0.79	0.42	0.27	0.15	0.47	0.34	0.17	0.26	0.03
12	0.61	0.40	0.14	0.48	0.80	0.27	0.31	0.16	0.41	0.33	0.15	0.32	0.04
13	0.62	0.43	0.17	0.63	0.81	0.30	0.32	0.17	0.43	0.12	0.17	0.46	0.03
14	0.55	0.50	0.08	0.50	0.82	0.92	0.33	0.17	0.43	0.13	0.09	0.48	0.04
15	0.55	0.47	0.14	0.58	0.81	0.34	0.29	0.14	0.49	0.33	0.16	0.38	0.04
16	0.55	0.43	0.08	0.63	0.80	0.30	0.25	0.14	0.53	0.12	0.18	0.40	0.03
17	0.55	0.40	0.08	0.65	0.80	0.31	0.31	0.16	0.49	0.13	0.17	0.46	0.05
18	0.57	0.40	0.11	0.63	0.79	0.39	0.32	0.17	0.44	0.34	0.07	0.44	0.04
19	0.64	0.40	0.14	0.31	0.80	0.27	0.36	0.16	0.49	0.12	0.19	0.42	0.03
20	0.55	0.40	0.17	0.31	0.79	0.27	0.34	0.16	0.46	0.15	0.11	0.44	0.04
21	0.57	0.40	0.11	0.30	0.77	0.27	0.33	0.16	0.53	0.13	0.12	0.36	0.03
22	0.62	0.43	0.14	0.29	0.79	0.28	0.28	0.16	0.45	0.34	0.05	0.30	0.05

- S

监测结果显示，调查海域水体表层盐度为27~29，平均值为28。各调查站位海水的盐度变化不大，盐度分布比较均匀，处于沿岸海域海水盐度的正常分布范围。

- SS

监测结果显示，调查海域水体悬浮物为8.2mg/L~12.6mg/L，平均值为10.6mg/L。

- pH

监测结果显示，调查海域水体 pH 范围为7.82~7.98，污染指数值介于0.55~0.63之间，符合海水水质一类标准。

- DO

监测结果显示，调查海域水体溶解氧为6.5mg/L~6.9mg/L，污染指数变化范围为0.77~0.82，站位超标率为0，表明本海区溶解氧状况良好。

- oil

监测结果显示，调查海域水体石油类为4.1μg/L~8.6μg/L，平均浓度为6.1μg/L，单因子污染指数变化范围为0.08~0.17，平均值为0.12，站位超标率为0，表明该监测海域未受油类污染。

- COD<sub>Mn</sub>

化学需氧量（COD<sub>Mn</sub>）是一种综合评价指标，它代表海水水质中各类耗氧物质综合作用的结果。监测结果显示，调查海域水体化学需氧量（COD<sub>Mn</sub>）为0.87mg/L~1.96mg/L，平均浓度为1.39mg/L，单因子污染指数变化范围 0.29~0.65，平均值为0.46，站位超标率为0，表明海水水质未遭受有机物质污染。

- TIN

海水中无机氮的含量是指水体中溶解态硝酸盐、亚硝酸盐和氨盐的总和，是海洋生物生长所必需的营养盐类。监测结果显示，调查海域水质无机氮浓度范围 70.2μg/L~275.0μg/L，平均浓度98.0μg/L，单因子污染指数范围为0.23~0.92，平均值为0.33，站位超标率为0。

- PO<sub>4</sub>-P

PO<sub>4</sub>-P 作为无机营养物质，是产生赤潮的主要诱导因素之一。监测结果显示，调查海域水体磷酸盐为7.44μg/L~11.2μg/L，平均浓度为9.64μg/L，单因子污染指

数变化范围为0.25~0.37，平均值为0.32，未出现超标站位。

- Cd

监测结果显示，调查海域水体镉为0.72 $\mu\text{g/L}$ ~0.86 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为0.80 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.14~0.17，平均值0.16，未出现超标站位。

- Cu

监测结果显示，调查海域水体铜为1.2 $\mu\text{g/L}$ ~3.4 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为2.1 $\mu\text{g/L}$ 。单因子污染指数的变化范围为0.12~0.34，平均值0.21，各站位均未超标。

- Pb

监测结果显示，调查海域水体铅为0.25 $\mu\text{g/L}$ ~0.95 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为0.63 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.05~0.19，平均值0.13，站位超标率0。

- Zn

监测结果显示，调查海域水体锌为12.0 $\mu\text{g/L}$ ~26.0 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为19.6 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.24~0.52，平均值0.39，未出现超标站位。

- Cr

监测结果显示，调查海域水体铬为2.6 $\mu\text{g/L}$ ~4.6 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为3.6 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.03~0.05，平均值0.04。

- Hg

监测结果显示，调查海域水体汞为0.068 $\mu\text{g/L}$ ~0.106 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为0.087 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.06~0.48，平均值0.29。

- 生化需氧量

监测结果显示，调查海域水体生化需氧量为1.2 $\text{mg/L}$ ~1.5 $\text{mg/L}$ ，平均值为1.3 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.40~0.50，平均值0.44。

PCB3、PCB5 以及多环芳烃均未检出。

#### 4.3.3.2.4 评价结果分析

根据春季海水水质的调查和评价结果来看，未发现污染因子超出二类海水水质标准的站位，说明该海域水质环境良好。

### 4.3.3.3 夏季调查

#### 4.3.3.3.1 调查项目与分析方法

##### (1) 调查项目

调查项目包括：水温、盐度、悬浮物、pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、汞、砷、铜、锌、铅、镉、铬、硒、石油类、硫化物、挥发酚、氰化物。

##### (2) 样品的采集和预处理

样品的采集和预处理按“GB17378.3-2007 海洋监测规范：样品采集、贮存与运输”中的相关要求进行。

##### (3) 分析测定方法

主要调查项目的测定按《海洋监测规范》(GB17378.4-2007)中规定的分析方法执行，具体方法内容见表4.3.3-4。

#### 4.3.3.3.2 水质调查结果

调查区内各站位水质样品中各要素的分析测试结果列于表 4.3.3-7中。

表4.3.3-7 海水样品中调查要素的分析结果

站号	pH	SS	DO	COD	Oil	S	TIN	PO4-P	Hg	As	Cd	Pb	Cr	Zn	Cu	盐度	T	氰化物	挥发酚	Se
1	8.02	12.2	7.7	1.30	7.0	1.5	166.2	13.4	0.039	0.5	0.57	0.71	6.7	19.0	2.4	27	25.2	未检出	未检出	0.4
2	8.03	10.5	7.8	1.10	7.0	1.3	143.8	13.3	0.041	0.6	0.31	0.52	3.5	19.0	2.7	27	25.6	未检出	未检出	0.4
3	8.05	10.2	7.8	1.56	5.5	1.3	125.8	14.0	0.048	0.7	0.78	0.65	4.5	16.0	4.9	27	25.7	未检出	未检出	0.5
4	8.09	10.9	7.9	1.70	5.5	0.9	133.6	12.7	0.071	0.7	0.48	0.71	6.5	13.0	2.4	28	25.9	未检出	未检出	0.4
5	8.04	8.6	7.8	2.10	7.0	1.4	159.2	11.2	0.056	0.5	0.94	0.65	5.0	13.0	3.7	27	25.8	未检出	未检出	0.5
6	8.03	11.3	7.8	2.30	8.5	1.5	153.9	15.8	0.056	0.8	0.37	0.55	3.5	12.0	2.9	27	26.7	未检出	未检出	0.4
7	8.03	10.9	7.7	2.08	8.5	1.5	139.4	14.3	0.040	0.7	0.8	0.77	6.6	11.0	2.3	28	26.7	未检出	未检出	0.4
8	8.08	11.2	7.7	1.30	7.0	1.2	130.2	13.0	0.069	0.7	0.39	0.56	3.6	10.0	2.8	28	26.3	未检出	未检出	0.5
9	8.03	8.9	7.7	2.12	7.0	0.8	114.9	13.3	0.073	0.9	0.39	0.53	3.4	10.0	2.8	27	26.1	未检出	未检出	0.5
10	8.02	10.8	7.9	1.76	7.0	0.9	97.5	9.61	0.040	0.8	0.76	0.66	4.8	13.0	3.7	27	26.3	未检出	未检出	0.5
11	8.02	12.1	7.8	2.46	7.0	1.3	99.8	10.5	0.047	0.6	0.51	0.78	6.7	10.0	2.3	28	26.5	未检出	未检出	0.4
12	8.11	10.7	7.7	2.18	8.5	1.0	115.6	12.0	0.086	0.7	0.92	0.66	5.0	13.0	3.8	28	26.5	未检出	未检出	0.5
13	8.02	9.3	7.9	1.58	5.5	1.0	111.2	13.2	0.078	0.5	0.45	0.72	6.8	9.0	2.3	27	25.3	未检出	未检出	0.5
14	8.05	11.6	7.9	2.52	5.5	1.4	150.3	12.4	0.083	0.7	0.43	0.76	6.9	8.0	2.3	27	25.2	未检出	未检出	0.5
15	8.05	12.4	7.8	2.06	5.5	1.1	163.9	10.2	0.085	0.5	0.62	0.43	5.1	7.0	3.8	28	25.5	未检出	未检出	0.5
16	8.09	11.9	7.7	2.52	7.0	0.9	92.8	11.2	0.062	0.7	0.46	0.46	3.7	8.0	2.8	28	25.6	未检出	未检出	0.5
17	8.03	9.5	7.8	1.40	8.5	0.8	103.2	12.7	0.086	0.6	0.44	0.76	6.8	9.0	2.3	28	26.3	未检出	未检出	0.5
18	8.03	11.5	7.9	1.52	8.5	1.5	113.3	14.3	0.051	0.6	0.71	0.45	3.7	15.0	2.8	28	26.1	未检出	未检出	0.5
19	8.08	10.6	7.9	1.42	6.0	1.2	146.8	13.3	0.046	0.7	0.58	0.66	6.7	15.0	2.3	28	25.3	未检出	未检出	0.5
20	8.10	12.3	7.8	1.16	6.0	1.2	127.5	12.7	0.059	0.7	0.41	0.42	5.0	14.0	3.7	27	25.7	未检出	未检出	0.5

注：DO、COD、SS单位为mg/L，Oil、TIN、PO4-P、Hg、Cd、Pb、Se、Cr、As、Zn、Cu、氰化物、挥发酚单位为 $\mu\text{g/L}$ ，T的单位为 $^{\circ}\text{C}$ ，pH无量纲。

#### 4.3.3.3 水质质量现状评价

##### (1) 评价因子

选择无机氮 (TIN, 即  $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  之和)、pH、溶解氧 (DO)、活性磷酸盐 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )、化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、油类 (Oil)、硫化物 (S)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、总铬 (Cr)、汞 (Hg)、砷 (As) 作为评价因子。

##### (2) 评价方法

无机氮 (TIN, 即  $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  之和)、pH、溶解氧 (DO)、活性磷酸盐 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )、化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、油类 (Oil)、硫化物 (S)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、总铬 (Cr)、汞 (Hg)、砷 (As) 采用单因子指数评价方法, pH 和溶解氧 (DO) 采用计算公式如下。

- 单因子指数法公式为:

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}}$$

式中:  $P_i$  - 某污染因子的污染指数;

$C_i$  - 某污染因子的实测浓度;

$C_{si}$  - 某污染因子的标准浓度值

- 溶解氧 (DO) 的污染指数计算公式

$$S_{\text{DO},j} = \text{DO}_s / \text{DO}_j \quad \text{DO}_j \leq \text{DO}_f$$

$$S_{\text{DO},j} = \frac{|\text{DO}_f - \text{DO}_j|}{\text{DO}_f - \text{DO}_s} \quad \text{DO}_j > \text{DO}_f$$

$$\text{DO}_f = \frac{491 - 2.65S}{33.5 + T}$$

式中:  $S_{\text{DO},j}$ ——溶解氧的标准指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

$\text{DO}_j$ ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值, mg/L;

$\text{DO}_s$ ——溶解氧的水质评价标准限值, mg/L;

$\text{DO}_f$ ——饱和溶解氧浓度, mg/L;

S——实用盐度符号, 量纲为 1;

$T$ ——水温， $^{\circ}\text{C}$ 。

● pH的标准指数

$$S_{\text{pH},j} = \frac{7.0 - \text{pH}_j}{7.0 - \text{pH}_{\text{sd}}} \quad \text{pH}_j \leq 7.0$$
$$S_{\text{pH},j} = \frac{\text{pH}_j - 7.0}{\text{pH}_{\text{su}} - 7.0} \quad \text{pH}_j > 7.0$$

式中： $S_{\text{pH},j}$ ——pH值的指数，大于1表明该水质因子超标；

$\text{pH}_j$ ——pH值实测统计代表值；

$\text{pH}_{\text{sd}}$ ——评价标准中pH值的下限值；

$\text{pH}_{\text{su}}$ ——评价标准中pH值的上限值。

凡是单因子污染指数 $\leq 1$ 者，认为该站水体没有遭受该因子的污染， $> 1$ 者为水体遭受污染，数值越大污染越重。

(3) 评价标准

海水水质现状评价按照《海水水质标准》(GB3097-1997)中二类标准执行，调查项目的海水水质标准值摘录于表2.3-1。

(4) 评价结果

各站点所选定的评价因子的单因子污染指数值列于表4.3.3-8。

表4.3.3-8 监测海域海水样品诸要素单因子污染指数统计结果

站位	pH	油类	化学需氧量	溶解氧	无机氮	活性磷酸盐	硫化物	汞	砷	铜	铅	镉	锌	总铬
1	0.68	0.14	0.43	0.93	0.55	0.45	0.03	0.20	0.02	0.24	0.14	0.11	0.38	0.07
2	0.69	0.14	0.37	0.94	0.48	0.44	0.03	0.21	0.02	0.27	0.10	0.06	0.38	0.04
3	0.70	0.11	0.52	0.94	0.42	0.47	0.03	0.24	0.02	0.49	0.13	0.16	0.32	0.05
4	0.73	0.11	0.57	0.95	0.45	0.42	0.02	0.36	0.02	0.24	0.14	0.10	0.26	0.07
5	0.69	0.14	0.70	0.94	0.53	0.37	0.03	0.28	0.02	0.37	0.13	0.19	0.26	0.05
6	0.69	0.17	0.77	0.94	0.51	0.53	0.03	0.28	0.03	0.29	0.11	0.07	0.24	0.04
7	0.69	0.17	0.69	0.93	0.46	0.48	0.03	0.20	0.02	0.23	0.15	0.16	0.22	0.07
8	0.72	0.14	0.43	0.93	0.43	0.43	0.02	0.35	0.02	0.28	0.11	0.08	0.20	0.04
9	0.69	0.14	0.71	0.93	0.38	0.44	0.02	0.37	0.03	0.28	0.11	0.08	0.20	0.03
10	0.68	0.14	0.59	0.95	0.33	0.32	0.02	0.20	0.03	0.37	0.13	0.15	0.26	0.05
11	0.68	0.14	0.82	0.94	0.33	0.35	0.03	0.24	0.02	0.23	0.16	0.10	0.20	0.07
12	0.74	0.17	0.73	0.93	0.39	0.40	0.02	0.43	0.02	0.38	0.13	0.18	0.26	0.05
13	0.68	0.11	0.53	0.95	0.37	0.44	0.02	0.39	0.02	0.23	0.14	0.09	0.18	0.07
14	0.70	0.11	0.84	0.95	0.50	0.41	0.03	0.42	0.02	0.23	0.15	0.09	0.16	0.07
15	0.70	0.11	0.69	0.94	0.55	0.34	0.02	0.43	0.02	0.38	0.09	0.12	0.14	0.05
16	0.73	0.14	0.84	0.93	0.31	0.37	0.02	0.31	0.02	0.28	0.09	0.09	0.16	0.04
17	0.69	0.17	0.47	0.94	0.34	0.42	0.02	0.43	0.02	0.23	0.15	0.09	0.18	0.07
18	0.69	0.17	0.51	0.95	0.38	0.48	0.03	0.26	0.02	0.28	0.09	0.14	0.30	0.04
19	0.72	0.12	0.47	0.95	0.49	0.44	0.02	0.23	0.02	0.23	0.13	0.12	0.30	0.07
20	0.73	0.12	0.39	0.94	0.43	0.42	0.02	0.30	0.02	0.37	0.08	0.08	0.28	0.05

- 盐度

监测结果显示，调查海域水体表层盐度为 27~28，平均值为 27.5。各调查站位海水的盐度变化不大，盐度分布比较均匀，处于沿岸海域海水盐度的正常分布范围。

- SS

监测结果显示，调查海域水体悬浮物为 8.6mg/L~12.4mg/L，平均值为 10.9mg/L。

- pH

监测结果显示，调查海域水体 pH 范围为 8.02~8.11，污染指数值介于 0.68~0.73 之间，符合海水水质一类标准。

- DO

监测结果显示，调查海域水体溶解氧为 7.7mg/L~7.9mg/L，污染指数变化范围为 0.93~0.95，站位超标率为 0，表明本海区溶解氧状况良好。

- oil

监测结果显示，调查海域水体石油类为 5.5 $\mu$ g/L~8.5 $\mu$ g/L，平均浓度为 6.9 $\mu$ g/L，单因子污染指数变化范围为 0.11~0.17，平均值为 0.14，站位超标率为 0，表明该监测海域未受油类污染。

- CODMn

化学需氧量（CODMn）是一种综合评价指标，它代表海水水质中各类耗氧物质综合作用的结果。监测结果显示，调查海域水体化学需氧量（CODMn）为 1.10mg/L~2.52mg/L，平均浓度为 1.81mg/L，单因子污染指数变化范围 0.37~0.84，平均值为 0.60，站位超标率为 0，表明海水水质未遭受有机物质污染。

- TIN

海水中无机氮的含量是指水体中溶解态硝酸盐、亚硝酸盐和氨盐的总和，是海洋生物生长所必需的营养盐类。监测结果显示，调查海域水质无机氮浓度范围 92.8 $\mu$ g/L~166.2 $\mu$ g/L，平均浓度 129.5 $\mu$ g/L，单因子污染指数范围为 0.31~0.55，平均值为 0.43，站位超标率为 0。

- PO<sub>4</sub>-P

PO<sub>4</sub>-P 作为无机营养物质，是产生赤潮的主要诱导因素之一。监测结果显示，

调查海域水体磷酸盐为 $9.61\mu\text{g/L}$ ~ $15.8\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $12.7\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数变化范围为 $0.32\sim 0.53$ ，平均值为 $0.42$ ，未出现超标站位。

● S

监测结果显示，调查海域水体硫化物为 $0.8\mu\text{g/L}$ ~ $1.5\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $1.2\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.02\sim 0.03$ ，平均值 $0.02$ ，未出现超标站位。

● Cd

监测结果显示，调查海域水体镉为 $0.31\mu\text{g/L}$ ~ $0.94\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $0.57\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.06\sim 0.19$ ，平均值 $0.11$ ，未出现超标站位。

● Cu

监测结果显示，调查海域水体铜为 $2.3\mu\text{g/L}$ ~ $4.9\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $2.9\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.23\sim 0.49$ ，平均值 $0.30$ ，各站位均未超标。

● Pb

监测结果显示，调查海域水体铅为 $0.42\mu\text{g/L}$ ~ $0.78\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $0.62\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.08\sim 0.16$ ，平均值 $0.12$ ，站位超标率 $0$ 。

● Zn

监测结果显示，调查海域水体锌为 $7.0\mu\text{g/L}$ ~ $19.0\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $12.2\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.14\sim 0.38$ ，平均值 $0.24$ ，未出现超标站位。

● Cr

监测结果显示，调查海域水体铬为 $3.4\mu\text{g/L}$ ~ $6.9\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $5.2\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.03\sim 0.07$ ，平均值 $0.05$ 。

● Hg

监测结果显示，调查海域水体汞为 $0.039\mu\text{g/L}$ ~ $0.086\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.061\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.20\sim 0.43$ ，平均值 $0.30$ 。

● As

监测结果显示，调查海域水体砷为 $0.5\mu\text{g/L}$ ~ $0.9\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.7\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.02\sim 0.03$ ，平均值 $0.02$ 。

● Se

监测结果显示，调查海域水体硒为 $0.4\mu\text{g/L}$ ~ $0.5\mu\text{g/L}$ ，平均值为 $0.5\mu\text{g/L}$ ，单

因子污染指数的变化范围为0.02~0.03，平均值0.02。

#### 4.3.3.3.4 夏季海水水质调查与评价结论

根据夏季海水水质的调查和评价结果来看，所检项目未发现有污染因子超出二类海水水质标准的站位，表明调查海域海水水质良好。

#### 4.3.3.4 秋季调查

##### 4.3.3.4.1 调查项目与分析方法

###### (1) 调查项目

调查项目包括：水温、盐度、悬浮物、pH、化学需氧量、溶解氧、油类、活性磷酸盐、无机氮、硫化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硒、氰化物、挥发酚。

###### (2) 样品的采集和预处理

样品的采集和预处理按“GB17378.3-2007 海洋监测规范：样品采集、贮存与运输”中的相关要求进行。

###### (3) 分析测定方法

主要调查项目的测定按《海洋监测规范》(GB17378.4-2007)中规定的分析方法执行，具体方法内容见表 4.3.3-4。

##### 4.3.3.4.2 水质调查结果

调查区内各站位水质样品中各要素的分析测试结果列于表 4.3.3-9 中。

表4.3.3-9 海水样品中调查要素的分析结果

站号	T	S‰	SS	pH	COD <sub>Mn</sub>	DO	Oil	PO <sub>4</sub> -P	TIN	S	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	As	Se	氰化物	挥发酚
1	24.1	28	10.6	8.04	1.28	7.7	7.4	14.6	103.4	1.6	4.1	0.90	8.0	0.80	7.9	0.064	1.0	0.5	未检出	未检出
2	24.2	27	8.8	8.06	2.08	7.8	7.4	13.3	106.6	1.2	3.9	0.71	7.0	0.70	6.2	0.029	0.7	0.4	未检出	未检出
3	24.4	28	12.2	8.12	1.42	7.8	5.9	14.3	92.7	1.1	1.6	0.60	9.0	0.66	4.6	0.078	0.8	0.5	未检出	未检出
4	24.5	28	12.7	8.16	1.56	7.9	6.0	14.3	104.5	1.1	3.7	0.70	9.0	0.54	6.2	0.066	0.8	0.5	未检出	未检出
5	24.3	27	9.2	8.06	2.44	7.9	7.4	14.3	114.3	1.0	3.0	0.82	12.0	0.70	3.0	0.041	0.6	0.4	未检出	未检出
6	25.2	27	10.8	8.10	1.64	7.8	7.4	14.3	113.8	1.3	3.6	0.78	9.0	0.52	3.9	0.029	0.7	0.4	未检出	未检出
7	25.4	27	11.4	8.12	1.08	7.8	8.9	8.7	118.1	1.6	3.6	0.58	17.0	0.68	4.5	0.011	0.7	0.4	未检出	未检出
8	24.7	28	12.3	8.17	1.54	7.7	6.0	8.7	118.0	1.4	3.1	0.80	17.0	0.52	3.8	0.016	0.5	0.5	未检出	未检出
9	24.7	27	11.2	8.19	1.42	7.7	7.4	13.0	122.4	1.3	3.7	0.55	8.0	0.68	6.1	0.046	0.8	0.4	未检出	未检出
10	24.4	27	12.4	8.05	1.80	7.9	8.9	13.3	102.2	1.0	3.5	0.60	11.0	0.67	4.6	0.077	0.7	0.5	未检出	未检出
11	24.8	27	9.5	8.04	1.30	7.7	8.9	8.4	132.7	1.3	3.5	0.58	8.0	0.66	4.6	0.037	0.6	0.4	未检出	未检出
12	25.1	27	11.6	8.06	1.52	7.9	7.4	12.4	123.7	1.2	3.5	0.60	9.0	0.20	4.5	0.068	0.7	0.5	未检出	未检出
13	25.3	28	13.1	8.12	2.30	7.8	6.0	14.6	103.7	1.2	3.6	0.56	9.0	0.53	6.0	0.089	1.6	0.5	未检出	未检出
14	25.1	27	10.7	8.15	2.14	7.7	5.9	9.0	134.8	1.7	3.6	0.56	7.0	0.90	6.3	0.087	1.1	0.5	未检出	未检出
15	24.9	28	11.5	8.18	1.12	7.7	8.9	13.6	82.4	1.6	3.8	0.78	13.0	0.69	3.0	0.052	1.2	0.5	未检出	未检出
16	24.4	27	10.3	8.04	1.77	7.8	5.9	8.1	89.5	1.1	3.5	0.58	12.0	0.68	4.6	0.039	0.6	0.5	未检出	未检出
17	24.6	27	11.4	8.09	2.22	7.7	8.9	11.2	103.0	1.4	3.4	0.54	11.0	0.68	6.1	0.020	0.5	0.5	未检出	未检出
18	24.7	28	13.2	8.11	1.46	7.7	5.9	11.5	144.1	1.2	2.6	0.79	11.0	0.68	3.0	0.026	0.7	0.5	未检出	未检出
19	24.7	28	12.7	8.10	1.02	7.8	7.4	13.0	112.1	1.5	3.5	0.60	12.0	0.68	0.8	0.009	1.2	0.5	未检出	未检出
20	24.8	28	11.2	8.17	2.13	7.9	8.9	13.0	121.7	1.2	2.5	0.80	17.0	0.69	2.8	0.023	1.1	0.5	未检出	未检出
21	24.7	27	10.4	8.03	1.20	7.8	6.0	9.6	109.8	1.4	2.6	0.57	17.0	0.67	6.2	0.097	0.6	0.4	未检出	未检出
22	24.9	27	9.8	8.06	1.30	7.9	8.9	9.6	131.3	1.4	3.7	0.56	12.0	0.57	1.5	0.098	1.2	0.4	未检出	未检出
23	25.3	27	12.5	8.08	2.06	7.7	7.4	12.2	140.4	1.1	3.6	0.77	11.0	0.69	3.0	0.036	0.8	0.5	未检出	未检出

#### 4 环境现状调查与评价

24	25.3	28	12.1	8.10	1.88	7.9	5.9	14.0	118.0	1.3	3.6	0.60	11.0	0.67	4.7	0.074	0.7	0.5	未检出	未检出
25	25.1	28	11.0	8.16	1.32	7.8	8.9	10.4	91.1	1.3	4.3	0.80	8.5	0.68	3.0	0.048	1.4	0.4	未检出	未检出

注：数据单位 DO、CODMn、SS 为 mg/L，Oil、PO4-P、TIN、S、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、As、Se、氰化物、挥发酚为  $\mu\text{g/L}$ ，T 为  $^{\circ}\text{C}$ ，pH 无量纲。

#### 4.3.3.4.3 水质质量现状评价

##### (1) 评价因子

选择无机氮 (TIN, 即  $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  之和)、pH、溶解氧 (DO)、活性磷酸盐 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )、化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、油类 (Oil)、硫化物 (S)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、总铬 (Cr)、汞 (Hg)、砷 (As) 作为评价因子。

##### (2) 评价方法

无机氮 (TIN, 即  $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$  之和)、pH、溶解氧 (DO)、活性磷酸盐 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ )、化学需氧量 ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、油类 (Oil)、硫化物 (S)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、总铬 (Cr)、汞 (Hg)、砷 (As) 采用单因子指数评价方法, pH 和溶解氧 (DO) 采用计算公式如下。

- 单因子指数法公式为:

$$P_i = \frac{C_i}{C_{si}}$$

式中:  $P_i$  - 某污染因子的污染指数;

$C_i$  - 某污染因子的实测浓度;

$C_{si}$  - 某污染因子的标准浓度值

- 溶解氧 (DO) 的污染指数计算公式

$$S_{\text{DO},j} = \text{DO}_j / \text{DO}_s \quad \text{DO}_j \leq \text{DO}_f$$

$$S_{\text{DO},j} = \frac{|\text{DO}_f - \text{DO}_j|}{\text{DO}_f - \text{DO}_s} \quad \text{DO}_j > \text{DO}_f$$

$$\text{DO}_f = \frac{491 - 2.65S}{33.5 + T}$$

式中:  $S_{\text{DO},j}$ ——溶解氧的标准指数, 大于 1 表明该水质因子超标;

$\text{DO}_j$ ——溶解氧在 j 点的实测统计代表值, mg/L;

$\text{DO}_s$ ——溶解氧的水质评价标准限值, mg/L;

$\text{DO}_f$ ——饱和溶解氧浓度, mg/L;

S——实用盐度符号, 量纲为 1;

$T$ ——水温， $^{\circ}\text{C}$ 。

● pH的标准指数

$$S_{\text{pH},j} = \frac{7.0 - \text{pH}_j}{7.0 - \text{pH}_{\text{sd}}} \quad \text{pH}_j \leq 7.0$$
$$S_{\text{pH},j} = \frac{\text{pH}_j - 7.0}{\text{pH}_{\text{su}} - 7.0} \quad \text{pH}_j > 7.0$$

式中： $S_{\text{Ph},j}$ ——pH值的指数，大于1表明该水质因子超标；

$\text{pH}_j$ ——pH值实测统计代表值；

$\text{pH}_{\text{sd}}$ ——评价标准中pH值的下限值；

$\text{pH}_{\text{su}}$ ——评价标准中pH值的上限值。

凡是单因子污染指数 $\leq 1$ 者，认为该站水体没有遭受该因子的污染， $> 1$ 者为水体遭受污染，数值越大污染越重。

(3) 评价标准

海水水质现状评价按照《海水水质标准》(GB3097-1997)中二类标准执行，调查项目的海水水质标准值摘录于表2.3-1。

(4) 评价结果

各站点所选定的评价因子的单因子污染指数值列于表4.3.3-10。

表4.3.3-10 监测海域海水样品诸要素单因子污染指数统计结果

站位	pH	化学需氧量	溶解氧	油类	活性磷酸盐	无机氮	硫化物	铜	铅	锌	镉	总铬	汞	砷	硒
1	0.69	0.43	0.91	0.15	0.49	0.34	0.03	0.41	0.18	0.16	0.16	0.08	0.32	0.03	0.03
2	0.71	0.69	0.92	0.15	0.44	0.36	0.02	0.39	0.14	0.14	0.14	0.06	0.15	0.02	0.02
3	0.75	0.47	0.93	0.12	0.48	0.31	0.02	0.16	0.12	0.18	0.13	0.05	0.39	0.03	0.03
4	0.77	0.52	0.94	0.12	0.48	0.35	0.02	0.37	0.14	0.18	0.11	0.06	0.33	0.03	0.03
5	0.71	0.81	0.94	0.15	0.48	0.38	0.02	0.30	0.16	0.24	0.14	0.03	0.21	0.02	0.02
6	0.73	0.55	0.94	0.15	0.48	0.38	0.03	0.36	0.16	0.18	0.10	0.04	0.15	0.02	0.02
7	0.75	0.36	0.94	0.18	0.29	0.39	0.03	0.36	0.12	0.34	0.14	0.05	0.06	0.02	0.02
8	0.78	0.51	0.92	0.12	0.29	0.39	0.03	0.31	0.16	0.34	0.10	0.04	0.08	0.02	0.03
9	0.79	0.47	0.92	0.15	0.43	0.41	0.03	0.37	0.11	0.16	0.14	0.06	0.23	0.03	0.02
10	0.70	0.60	0.94	0.18	0.44	0.34	0.02	0.35	0.12	0.22	0.13	0.05	0.39	0.02	0.03
11	0.69	0.43	0.92	0.18	0.28	0.44	0.03	0.35	0.12	0.16	0.13	0.05	0.19	0.02	0.02
12	0.71	0.51	0.95	0.15	0.41	0.41	0.02	0.35	0.12	0.18	0.04	0.05	0.34	0.02	0.03
13	0.75	0.77	0.94	0.12	0.49	0.35	0.02	0.36	0.11	0.18	0.11	0.06	0.45	0.05	0.03
14	0.77	0.71	0.93	0.12	0.30	0.45	0.03	0.36	0.11	0.14	0.18	0.06	0.44	0.04	0.03
15	0.79	0.37	0.92	0.18	0.45	0.27	0.03	0.38	0.16	0.26	0.14	0.03	0.26	0.04	0.03
16	0.69	0.59	0.93	0.12	0.27	0.30	0.02	0.35	0.12	0.24	0.14	0.05	0.20	0.02	0.03
17	0.73	0.74	0.92	0.18	0.37	0.34	0.03	0.34	0.11	0.22	0.14	0.06	0.10	0.02	0.03
18	0.74	0.49	0.92	0.12	0.38	0.48	0.02	0.26	0.16	0.22	0.14	0.03	0.13	0.02	0.03
19	0.73	0.34	0.93	0.15	0.43	0.37	0.03	0.35	0.12	0.24	0.14	0.01	0.05	0.04	0.03
20	0.78	0.71	0.94	0.18	0.43	0.41	0.02	0.25	0.16	0.34	0.14	0.03	0.12	0.04	0.03
21	0.69	0.40	0.93	0.12	0.32	0.37	0.03	0.26	0.11	0.34	0.13	0.06	0.49	0.02	0.02
22	0.71	0.43	0.94	0.18	0.32	0.44	0.03	0.37	0.11	0.24	0.11	0.02	0.49	0.04	0.02

#### 4 环境现状调查与评价

23	0.72	0.69	0.93	0.15	0.41	0.47	0.02	0.36	0.15	0.22	0.14	0.03	0.18	0.03	0.03
24	0.73	0.63	0.91	0.12	0.47	0.39	0.03	0.36	0.12	0.22	0.13	0.05	0.37	0.02	0.03
25	0.77	0.44	0.92	0.18	0.35	0.30	0.03	0.43	0.16	0.17	0.14	0.03	0.24	0.05	0.02

- 盐度

监测结果显示，调查海域水体表层盐度为27~28，平均值为27.4。各调查站位海水的盐度变化不大，盐度分布比较均匀，处于沿岸海域海水盐度的正常分布范围。

- 悬浮物

监测结果显示，调查海域水体悬浮物浓度为 8.8mg/L~13.2mg/L，平均浓度为 11.3mg/L。

- pH

监测结果显示，调查海域水体 pH 范围为 8.03~8.19，污染指数值介于 0.69~0.79 之间，符合海水水质一类标准。

- 溶解氧

监测结果显示，调查海域水体溶解氧浓度为 7.7mg/L~7.9mg/L，污染指数变化范围为 0.91~0.95，站位超标率为 0，表明本海区溶解氧状况良好。

- 油类

监测结果显示，调查海域水体石油类浓度为 5.9 $\mu$ g/L~8.9 $\mu$ g/L，平均浓度为 7.4 $\mu$ g/L，单因子污染指数变化范围为 0.12~0.18，平均值为 0.15，站位超标率为 0，表明该监测海域未受油类污染。

- 化学需氧量（CODMn）

化学需氧量（CODMn）是一项综合评价指标，它代表海水水质中各类耗氧物质综合作用的结果。监测结果显示，调查海域水体化学需氧量（CODMn）浓度为 1.02mg/L~2.44mg/L，平均浓度为 1.64mg/L，单因子污染指数变化范围 0.34~0.81，平均值为 0.55，站位超标率为 0，表明海水水质未遭受有机物质污染。

- 无机氮

海水中无机氮的含量是指水体中溶解态硝酸盐、亚硝酸盐和氨盐的总和，是海洋生物生长所必需的营养盐类。监测结果显示，调查海域水质无机氮浓度为 82.4 $\mu$ g/L~144.1 $\mu$ g/L，平均浓度为 113.4 $\mu$ g/L，单因子污染指数范围为 0.27~0.48，平均值为 0.38，站位超标率为 0。

- 活性磷酸盐

活性磷酸盐作为无机营养物质，是产生赤潮的主要诱导因素之一。监测结果显示，调查海域水体活性磷酸盐浓度为 8.1 $\mu$ g/L~14.6 $\mu$ g/L，平均浓度为 12.0 $\mu$ g/L，

单因子污染指数变化范围为0.27~0.49，平均值为0.40，未出现超标站位。

- 硫化物

监测结果显示，调查海域水体硫化物浓度为1.0 $\mu\text{g/L}$ ~1.7 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为1.3 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 0.02~0.03，平均值为 0.03，未出现超标站位。

- 镉

监测结果显示，调查海域水体镉浓度为0.20 $\mu\text{g/L}$ ~0.90 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为0.65 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 0.04~0.18，平均值为 0.13，未出现超标站位。

- 铜

监测结果显示，调查海域水体铜浓度为1.6 $\mu\text{g/L}$ ~4.3 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为3.4 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.16~0.43，平均值为0.34，未出现超标站位。

- 铅

监测结果显示，调查海域水体铅浓度为0.54 $\mu\text{g/L}$ ~0.90 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为0.67 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.11~0.18，平均值为0.13，未出现超标站位。

- 锌

监测结果显示，调查海域水体锌浓度为7.0 $\mu\text{g/L}$ ~17.0 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为11.0 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.14~0.34，平均值为0.22，未出现超标站位。

- 总铬

监测结果显示，调查海域水体总铬浓度为0.8 $\mu\text{g/L}$ ~7.9 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为4.4 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.01~0.08，平均值为0.04。未出现超标站位。

- 汞

监测结果显示，调查海域水体汞浓度为0.009 $\mu\text{g/L}$ ~0.098 $\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为0.050 $\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为0.05~0.49，平均值为 0.25。未出现超标站位。

- 砷

监测结果显示，调查海域水体砷浓度为 $0.5\mu\text{g/L}\sim 1.6\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $0.9\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.02\sim 0.05$ ，平均值为 $0.03$ 。未出现超标站位。

#### ● 硒

监测结果显示，调查海域水体硒浓度为 $0.4\mu\text{g/L}\sim 0.5\mu\text{g/L}$ ，平均浓度为 $0.5\mu\text{g/L}$ ，单因子污染指数的变化范围为 $0.02\sim 0.03$ ，平均值为 $0.02$ 。未出现超标站位。

#### 4.3.3.4.4 秋季海水水质调查与评价结论

根据秋季海水水质的调查和评价结果来看，所检项目未发现有污染因子超出二类海水水质标准的站位，表明调查海域海水水质良好。

### 4.3.4 沉积物环境质量现状调查与评价

#### 4.3.4.1 夏季调查

##### 4.3.4.1.1 调查时间与站位布设

大连正信检测有限公司于2023年8月1日和8月2日，与水质调查同步，对评价海域进行了10个站位的沉积物调查，站位布设及坐标见图4.3.3-2和表4.3.3-2。

##### 4.3.4.1.2 调查项目与分析方法

###### (1) 调查项目

调查项目共10项：铜（Cu）、铅（Pb）、锌（Zn）、镉（Cd）、总铬（Cr）、汞（Hg）、砷（As）、油类（oil）、粒度和有机碳（TOC）。

###### (2) 样品采集

用 $0.025\text{m}^3$ 抓斗式采泥器采集沉积物样品，用竹刀将样品盛于洁净的聚乙烯袋，供重金属项目分析使用；样品盛于棕色玻璃瓶，供油类和有机碳项目分析使用。硫化物样品采集后立即用乙酸锌固定。

###### (3) 样品处理

重金属样品于 $105^\circ\text{C}$ 烘箱内烘干（汞、有机碳、油类样品 $45^\circ\text{C}$ 烘干），用玛瑙

研体碾细，过 80 目尼龙筛（油类、有机物过金属筛），供消化分析使用。

#### （4）分析方法

沉积物样品化学项目的分析方法，采用国家海洋局发布的《海洋监测规范》（GB17378-2007）中规范方法，具体项目及分析方法见表4.3.4-1。

表4.3.4-1 分析项目和分析方法

测定项目	分析方法	仪器设备	引用标准	检出限
有机碳(TOC)	重铬酸钾法	滴定管	GB17378.5-2007	0.03%
油类(oil)	紫外分光光度法	L5S 紫外-可见分光光度计		$3.0 (\times 10^{-6})$
铜 (Cu)	无火焰原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		$0.5 (\times 10^{-6})$
铅 (Pb)	无火焰原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		$1.0 (\times 10^{-6})$
镉 (Cd)	无火焰原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		$0.04 (\times 10^{-6})$
锌 (Zn)	火焰原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		$6.0 (\times 10^{-6})$
铬 (Cr)	无火焰原子吸收分光光度法	PINAcle900H 原子吸收分光光度计		$2.0 (\times 10^{-6})$
汞 (Hg)	原子荧光光度法	AFS-933 原子荧光光度计		$0.002 (\times 10^{-6})$
砷 (As)	原子荧光光度法	AFS-933 原子荧光光度计		$0.06 (\times 10^{-6})$
硫化物	亚甲基蓝分光光度法	7230G 分光光度计		$0.3 (\times 10^{-6})$

#### 4.3.4.1.3 沉积物调查结果

本海区海洋沉积物调查的分析结果见表 4.3.4-2。

表4.3.4-2 沉积物样品分析结果

站号	铜	铅	锌	镉	总铬	砷	汞	石油类	有机碳	硫化物
1#	23.6	36.9	77.4	0.36	65.9	17.9	0.043	184.3	0.96	23.9
3#	19.9	22.5	59.7	0.36	55.2	13.2	0.041	174.1	0.92	36.0
5#	22.8	18.9	58.8	0.25	51.1	11.8	0.040	160.0	1.01	14.2
7#	22.2	37.4	53.1	0.33	63.3	12.0	0.042	155.6	0.90	62.8
9#	16.5	21.6	109.9	0.18	50.0	13.0	0.048	186.5	0.99	21.3
11#	22.6	37.7	114.8	0.36	50.3	13.3	0.034	191.9	0.85	57.2
13#	22.7	37.7	113.5	0.26	64.3	17.3	0.044	209.0	1.03	41.5
15#	10.0	21.8	125.3	0.20	52.8	16.8	0.044	149.2	0.87	50.6
17#	23.1	30.6	118.7	0.27	61.2	15.8	0.047	159.1	0.94	34.1
19#	16.5	36.6	119.5	0.36	64.1	15.4	0.026	173.6	0.81	45.3

TOC 单位为 (%)；oil、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As 单位为 ( $\times 10^{-6}$ )。

#### 4.3.4.1.4 沉积物质量现状评价

##### (1) 评价因子

铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、总铬 (Cr)、汞 (Hg)、砷 (As)、油类 (oil)、硫化物 (S) 和有机碳 (TOC)。

##### (2) 评价方法

评价方法采取常用的标准指数法，即环境因子实测值与海洋沉积物质量标准值之比。凡是单因子污染指数 $\leq 1$ 者，认为该站沉积物没有遭受该因子的污染， $> 1$ 者为沉积物遭受该因子污染，数值越大污染越重。

##### (3) 评价标准

评价标准选用《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 中第一类质量标准 (下文简称“标准值”)。

各评价项目标准值见表2.3-2。

##### (4) 沉积物单因子评价结果

沉积物化学单项环境因子评价结果见表 4.3.4-3。

表4.3.4-3 沉积物单因子污染指数统计结果

站号	铜	铅	锌	镉	总铬	砷	汞	石油类	有机碳	硫化物
1#	0.67	0.62	0.52	0.72	0.82	0.90	0.22	0.37	0.48	0.08
3#	0.57	0.38	0.40	0.72	0.69	0.66	0.21	0.35	0.46	0.12
5#	0.65	0.32	0.39	0.50	0.64	0.59	0.20	0.32	0.51	0.05
7#	0.63	0.62	0.35	0.66	0.79	0.60	0.21	0.31	0.45	0.21
9#	0.47	0.36	0.73	0.36	0.63	0.65	0.24	0.37	0.50	0.07
11#	0.65	0.63	0.77	0.72	0.63	0.67	0.17	0.38	0.43	0.19
13#	0.65	0.63	0.76	0.52	0.80	0.87	0.22	0.42	0.52	0.14
15#	0.29	0.36	0.84	0.40	0.66	0.84	0.22	0.30	0.44	0.17
17#	0.66	0.51	0.79	0.54	0.77	0.79	0.24	0.32	0.47	0.11
19#	0.47	0.61	0.80	0.72	0.80	0.77	0.13	0.35	0.41	0.15

● Oil

本调查海区沉积物中油类的含量范围为  $149.2 \times 10^{-6} \sim 209.0 \times 10^{-6}$ ，平均值  $174.3 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.24~0.34，未出现超标站位。

● Cr

本调查海区沉积物中 Cr 的含量范围为  $50.0 \times 10^{-6} \sim 65.9 \times 10^{-6}$ ，平均值  $57.8 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.63~0.82，站位超标率为 0。

● Cd

本调查海区沉积物中 Cd 的含量范围为  $0.18 \times 10^{-6} \sim 0.36 \times 10^{-6}$ ，平均值  $0.29 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.36~0.72，站位超标率为 0。

● Cu

本调查海区沉积物中 Cu 的含量范围为  $10.0 \times 10^{-6} \sim 23.6 \times 10^{-6}$ ，平均值  $20.0 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.29~0.67，未出现超标站位。

● Zn

本调查海区沉积物中 Zn 的含量范围为  $53.1 \times 10^{-6} \sim 125.3 \times 10^{-6}$ ，平均值  $95.1 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.35~0.84，未出现超标站位。

● Hg

本调查海区沉积物中 Hg 的含量范围为  $0.026 \times 10^{-6} \sim 0.048 \times 10^{-6}$ ，平均值  $0.041 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.13~0.24，未出现超标站位。

● Pb

本调查海区沉积物中 Pb 的含量范围为  $18.9 \times 10^{-6} \sim 37.7 \times 10^{-6}$ ，平均值  $30.2 \times 10^{-6}$ 。

单因子污染指数的变化范围为 0.32~0.63，站位超标率为 0。

- As

本调查海区沉积物中 As 的含量范围为  $11.8 \times 10^{-6}$ ~ $17.9 \times 10^{-6}$ ，平均值  $14.7 \times 10^{-6}$ 。

单因子污染指数的变化范围为 0.59~0.90，未出现超标站位。

- TOC

本调查海区沉积物中有机碳的含量范围为 0.81%~1.03%，平均含量 0.93%。单因子污染指数的变化范围为 0.41~0.52，未出现超标站位。

- S

本调查海区沉积物中硫化物的含量范围为  $14.2 \times 10^{-6}$ ~ $62.8 \times 10^{-6}$ ，平均含量  $38.7 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.05~0.21，未出现超标站位。

#### 4.3.4.1.5 沉积物环境质量现状调查与评价结论

从本次调查的结果来看，调查海域各站位的底质各项目均未超过沉积物一类质量标准。

#### 4.3.4.2 秋季调查

##### 4.3.4.2.1 调查时间与站位布设

大连正信检测有限公司于 2023 年 9 月 15 日和 9 月 16 日，与水质调查同步，对评价海域进行了 10 个站位的沉积物调查，站位布设及坐标见图 4.3.3-3 和表 4.3.3-3。

##### 4.3.4.2.2 调查项目与分析方法

###### (1) 调查项目

调查项目共 10 项：铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、总铬 (Cr)、汞 (Hg)、砷 (As)、油类 (oil)、粒度和有机碳 (TOC)。

###### (2) 样品采集

用  $0.025\text{m}^3$  抓斗式采泥器采集沉积物样品，用竹刀将样品盛于洁净的聚乙烯袋，供重金属项目分析使用；样品盛于棕色玻璃瓶，供油类和有机碳项目分析使

用。硫化物样品采集后立即用乙酸锌固定。

### (3) 样品处理

重金属样品于 105℃ 烘箱内烘干（汞、有机碳、油类样品 45℃ 烘干），用玛瑙研体碾细，过 80 目尼龙筛（油类、有机物过金属筛），供消化分析使用。

### (4) 分析方法

沉积物样品化学项目的分析方法，采用国家海洋局发布的《海洋监测规范》（GB17378-2007）中规范方法，具体项目及分析方法见表 4.3.4-1。

#### 4.3.4.2.3 沉积物调查结果

本海区海洋沉积物调查的分析结果见表 4.3.4-4。

表 4.3.4-4 沉积物样品分析结果

站号	铜	铅	锌	镉	铬	总汞	砷	油类	硫化物	有机碳
6	21.3	25.1	72.7	0.31	58.8	0.041	13.3	171.1	39.8	0.98
7	17.4	34.7	69.4	0.41	64.9	0.042	16.0	163.3	18.6	0.95
8	20.3	23.9	68.7	0.21	58.6	0.036	15.2	186.4	23.9	0.99
12	19.8	40.9	57.9	0.28	70.4	0.033	19.3	190.0	21.9	0.94
13	18.9	19.2	100.2	0.23	66.9	0.042	15.6	213.5	48.9	0.91
14	22.6	33.4	122.2	0.26	50.3	0.036	17.1	206.8	35.7	0.88
17	20.2	42.7	103.5	0.31	61.8	0.037	13.9	176.9	57.0	0.95
18	15.0	24.3	120.3	0.15	65.2	0.030	13.9	181.1	19.9	0.93
19	18.2	33.0	123.6	0.37	71.2	0.038	13.1	168.8	25.5	0.85
22	21.5	27.9	114.6	0.26	56.7	0.028	11.7	157.8	38.6	0.97

TOC 单位为 (%)；oil、Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As 单位为 ( $\times 10^{-6}$ )。

#### 4.3.4.2.4 沉积物质量现状评价

##### (1) 评价因子

铜 (Cu)、铅 (Pb)、锌 (Zn)、镉 (Cd)、总铬 (Cr)、汞 (Hg)、砷 (As)、油类 (oil)、硫化物 (S) 和有机碳 (TOC)。

##### (2) 评价方法

评价方法采取常用的标准指数法，即环境因子实测值与海洋沉积物质量标准值之比。凡是单因子污染指数  $\leq 1$  者，认为该站沉积物没有遭受该因子的污染， $> 1$  者为沉积物遭受该因子污染，数值越大污染越重。

## (3) 评价标准

评价标准选用《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中第一类质量标准。各评价项目标准值见表2.3-2。

## (4) 沉积物单因子评价结果

沉积物化学单项环境因子评价结果见表 4.3.4-5。

表4.3.4-5 沉积物单因子污染指数统计结果

站号	铜	铅	锌	镉	铬	总汞	砷	油类	硫化物	有机碳
6	0.61	0.42	0.48	0.62	0.74	0.21	0.67	0.34	0.13	0.49
7	0.50	0.58	0.46	0.82	0.81	0.21	0.80	0.33	0.06	0.48
8	0.58	0.40	0.46	0.42	0.73	0.18	0.76	0.37	0.08	0.50
12	0.57	0.68	0.39	0.56	0.88	0.17	0.97	0.38	0.07	0.47
13	0.54	0.32	0.67	0.46	0.84	0.21	0.78	0.43	0.16	0.46
14	0.65	0.56	0.81	0.52	0.63	0.18	0.86	0.41	0.12	0.44
17	0.58	0.71	0.69	0.62	0.77	0.19	0.70	0.35	0.19	0.48
18	0.43	0.41	0.80	0.30	0.82	0.15	0.70	0.36	0.07	0.46
19	0.52	0.55	0.82	0.74	0.89	0.19	0.66	0.34	0.09	0.42
22	0.61	0.47	0.76	0.52	0.71	0.14	0.59	0.32	0.13	0.48

## ● 铜

本调查海区沉积物中铜的含量范围为  $15.0 \times 10^{-6} \sim 22.6 \times 10^{-6}$ ，平均为  $19.5 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.43~0.65，未出现超标站位。

## ● 铅

本调查海区沉积物中铅的含量范围为  $19.2 \times 10^{-6} \sim 42.7 \times 10^{-6}$ ，平均为  $30.5 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.32~0.71，未出现超标站位。

## ● 锌

本调查海区沉积物中锌的含量范围为  $57.9 \times 10^{-6} \sim 123.6 \times 10^{-6}$ ，平均为  $95.3 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.39~0.82，未出现超标站位。

## ● 镉

本调查海区沉积物中镉的含量范围为  $0.15 \times 10^{-6} \sim 0.41 \times 10^{-6}$ ，平均为  $0.28 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.30~0.82，未出现超标站位。

## ● 铬

本调查海区沉积物中铬的含量范围为  $50.3 \times 10^{-6} \sim 71.2 \times 10^{-6}$ ，平均为  $62.5 \times 10^{-6}$ 。

单因子污染指数的变化范围为 0.63~0.89，未出现超标站位。

- 总汞

本调查海区沉积物中总汞的含量范围为  $0.028 \times 10^{-6}$ ~ $0.042 \times 10^{-6}$ ，平均为  $0.036 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.14~0.21，未出现超标站位。

- 砷

本调查海区沉积物中砷的含量范围为  $11.7 \times 10^{-6}$ ~ $19.3 \times 10^{-6}$ ，平均为  $14.9 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.59~0.97，未出现超标站位。

- 油类

本调查海区沉积物中油类的含量范围为  $157.8 \times 10^{-6}$ ~ $213.5 \times 10^{-6}$ ，平均为  $181.6 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.32~0.43，未出现超标站位。

- 硫化物

本调查海区沉积物中硫化物的含量范围为  $18.6 \times 10^{-6}$ ~ $57.0 \times 10^{-6}$ ，平均为  $33.0 \times 10^{-6}$ 。单因子污染指数的变化范围为 0.06~0.19，未出现超标站位。

- 有机碳

本调查海区沉积物中有机碳的含量范围为 0.85%~0.99%，平均为 0.94%。单因子污染指数的变化范围为 0.42~0.50，未出现超标站位。

#### 4.3.4.2.5 沉积物环境质量现状调查与评价结论

从本次调查的结果来看，调查海域各站位的底质各项目均未超过沉积物一类质量标准。

### 4.3.5 海洋生态环境现状调查与评价

#### 4.3.5.1 春季调查

##### 4.3.5.1.1 叶绿素 a

###### (1) 调查结果与评价

叶绿素 a 是浮游植物细胞内的主要色素，能利用太阳光能把无机物转化为有机物，海洋中的有机物 90%以上是由它产生的。由于叶绿素含量与光合作用速率

和生物量有着直接的关系，根据叶绿素 a 含量可估算水域初级生产力。海洋中叶绿素的浓度是浮游植物现存量的重要指标，也是决定海洋初级生产力的主要因子。因此，叶绿素 a 和海洋初级生产力的研究都被列为海洋生物资源开发和生态学研究的重要内容。

春季调查范围内，表层叶绿素 a 最大值为 4.55 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.41 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.36 $\mu\text{g/L}$ （n=13）。表层最大值出现在 6 号站，最小值出现在 22 号站。底层叶绿素 a 最大值为 2.05 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.48 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.01 $\mu\text{g/L}$ （n=11）。底层最大值出现在 6 号站，22 号为最小值出现站位。表层平均叶绿素 a 浓度略高于底层叶绿素 a 浓度。

表4.3.5-1 春季叶绿素 a ( $\mu\text{g/L}$ ) 的调查结果

站位	叶绿素 a ( $\mu\text{g/L}$ )	
	表层	底层
1	3.48	-
3	0.75	-
6	4.55	2.05
8	0.84	0.68
10	1.30	1.42
12	0.96	1.11
13	1.23	1.60
15	0.99	0.64
16	1.25	1.16
17	0.62	0.71
18	0.52	0.52
20	0.77	0.77
22	0.41	0.48
最小值	0.41	0.48
最大值	4.55	2.05
平均值	1.36	1.01

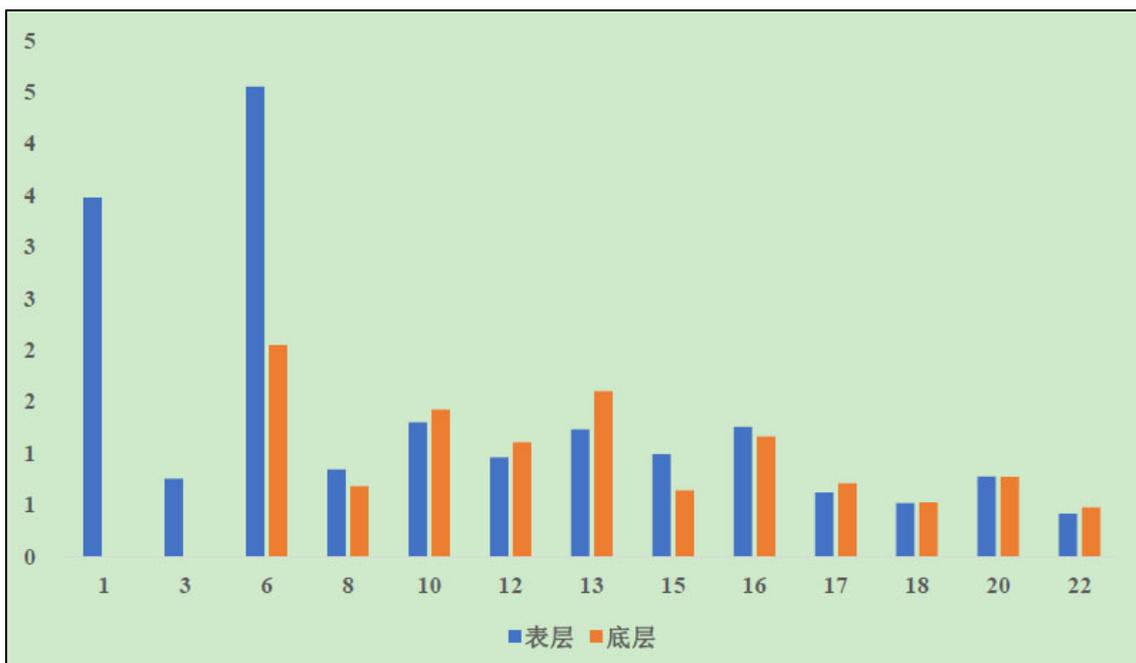


图4.3.5-1 春季叶绿素 a 分布状况

## (2) 结语

春季长海县调查海域表层叶绿素 a 平均值为  $1.36\mu\text{g/L}$  ( $0.41\sim 4.55\mu\text{g/L}$ ,  $n=13$ )；底层叶绿素 a 平均值为  $1.01\mu\text{g/L}$  ( $0.48\sim 2.05\mu\text{g/L}$ ,  $n=11$ )。该海域的叶绿素 a 水平处于正常水平。

### 4.3.5.1.2 浮游植物

#### (1) 材料与方法

浮游植物的调查分析方法依照《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)执行。海洋生态调查海域共布设 10 个监测站位。使用浅水 III 型浮游生物网自水底至水面拖网采集浮游植物。采集到的浮游植物样品用浓度为 5% 甲醛固定保存。浮游植物样品经过静置、沉淀、浓缩后换入贮存瓶并编号，处理后的样品使用光学显微镜采用个体计数法进行物种鉴定和数量统计。个体数量以  $N\times 10^4$  个细胞/ $\text{m}^3$  表示。采用 Shannon-Weaver 指数方程计算生物多样性指数 ( $H'$ )，采用 Pielou 指数方程计算均匀度指数 ( $J$ )

#### (2) 种类组成

春季调查海域共检出 2 大类 41 种浮游植物，其中硅藻 34 种，占全部种类的 82.93%；甲藻 7 种，占 17.07%。优势物种为扭链角毛藻 (*Chaetoceros*

*tortissimus*)、尖刺拟菱形藻 (*Pseudonitzschia pungens*)、布氏双尾藻 (*Ditylum brightwellii*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*) 和三角角藻 (*Ceratium tripos*)。

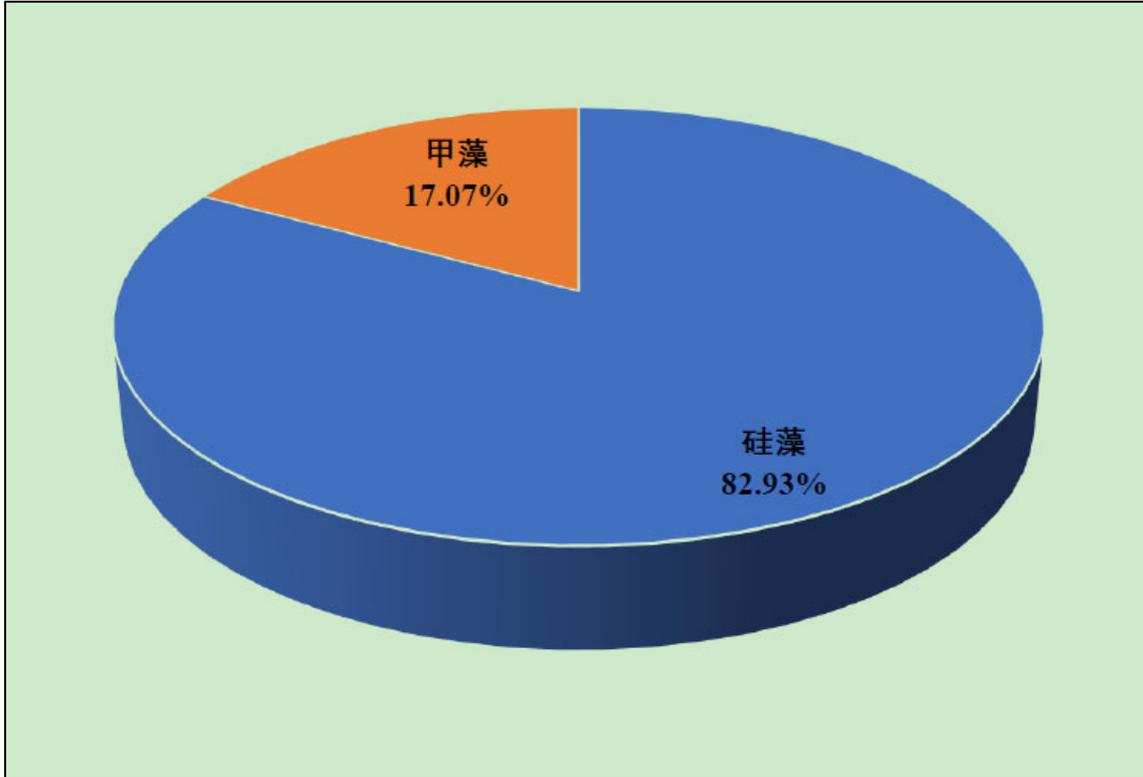


图4.3.5-2 春季调查海域浮游植物种类组成百分比

### (3) 平面分布及种类数

春季调查海域结果显示各站位浮游植物细胞数量适中，平面分布差异较大（图4.3.5-3），其波动范围在  $(16.38-2583.67) \times 10^4$  个细胞/ $m^3$  之间。细胞数量最大值出现在3号站 ( $2583.67 \times 10^4$  个细胞/ $m^3$ )，最小在18号站 ( $16.38 \times 10^4$  个细胞/ $m^3$ )。浮游植物细胞数量总平均为  $407.02 \times 10^4$  个细胞/ $m^3$ 。

如4.3.5-4所示，春季调查海域各站位浮游植物种类较多，10号站种类最多，有17种，6号站种类最少，有9种，平均为13种，种类多样性较好。

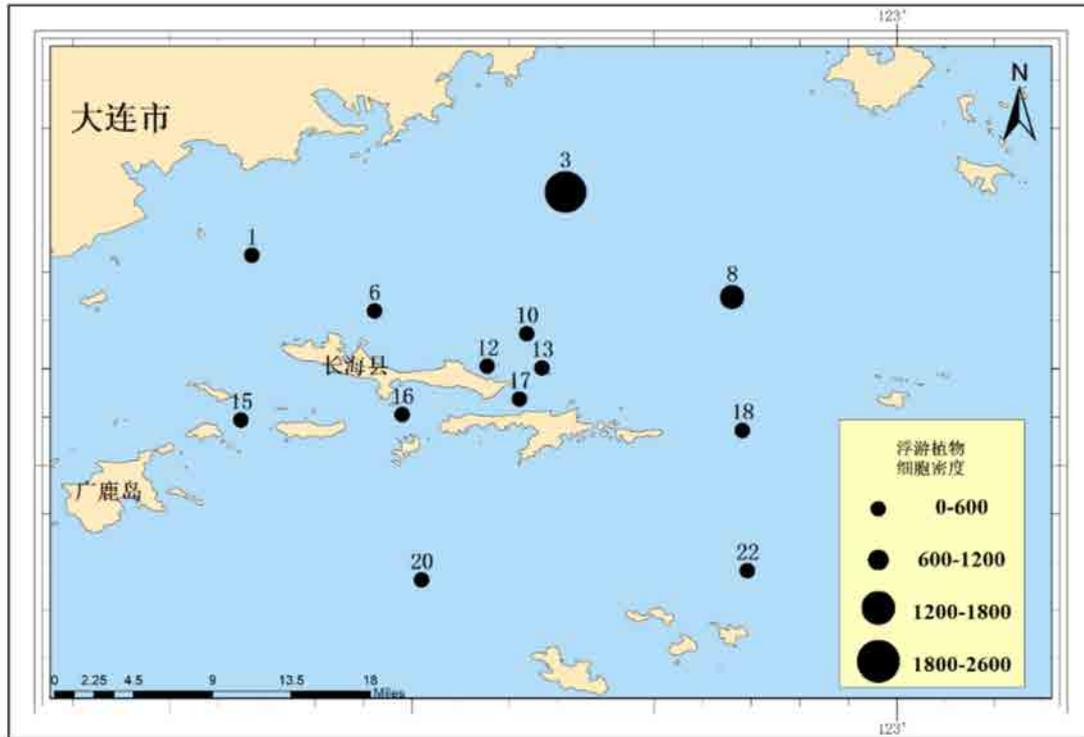


图4.3.5-3 春季长海县海域浮游植物细胞数量 ( $\times 10^4$  个细胞/ $m^3$ ) 平面分布

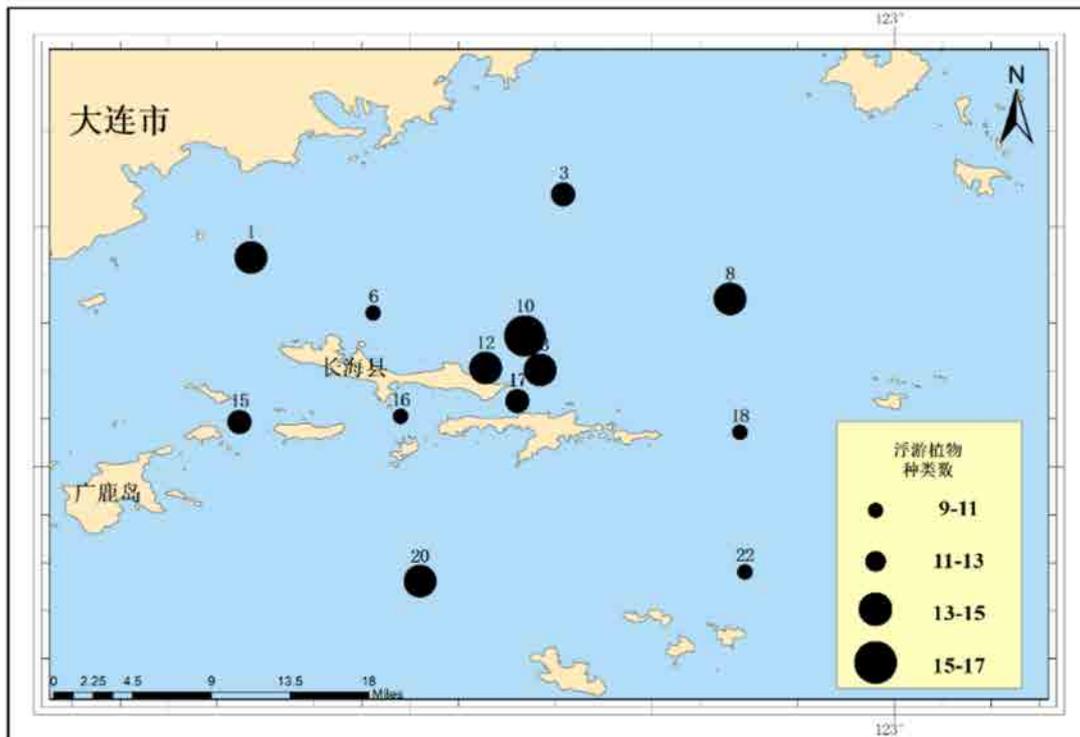


图4.3.5-4 春季长海县海域浮游植物种类数平面分布

(4) 浮游植物生物多样性指数、丰富度指数、优势度指数及均匀度指数  
 春季调查海域各站位生物多样性指数、丰富度指数、优势度指数以及均匀度

指数范围分别为 0.97-3.01、0.91-2.31、0.15-0.71、0.25-0.81。多样性指数最大出现在 12 号站 (3.01)，最小在 8 号站 (0.97)，平均为 2.49。丰富度指数最大出现在 22 号站 (2.31)，最小出现在 6 号站 (0.91)，平均为 1.72。优势度指数最大出现在 8 号站 (0.71)，最小出现在 12 号站 (0.15)，平均为 0.26。均匀度最大出现在 22 号站 (0.81)，最小在 8 号站 (0.25)，平均为 0.68 (表 4.3.5-2)。

总体分析，春秋两季调查海域生物多样性指数一般，均匀度较好，反映出浮游植物生物多样性较好，各种类间个体分布均匀，结构稳定性较好。

表4.3.5-2 调查海域春季浮游植物多样性指数 ( $H'$ )、优势度指数 ( $\lambda$ ) 均匀度 ( $J'$ ) 及丰富度 ( $d$ )

站位	春季			
	$C$	$H'$	$J'$	$d$
1	0.28	2.33	0.61	1.46
3	0.25	2.58	0.7	1.06
6	0.33	1.92	0.61	0.91
8	0.71	0.97	0.25	1.45
10	0.23	2.55	0.62	2.01
12	0.15	3.01	0.79	1.75
13	0.23	2.63	0.69	1.77
15	0.2	2.79	0.78	2.12
16	0.22	2.52	0.73	1.57
17	0.21	2.75	0.77	1.85
18	0.25	2.51	0.76	2.23
20	0.17	2.97	0.76	1.89
22	0.18	2.79	0.81	2.31
平均值	0.26	2.49	0.68	1.72
幅度	0.15-0.71	0.97-3.01	0.25-0.81	0.91-2.31

#### (5) 结语

①浮游植物生态类群特征及群落结构海域调查范围内，浮游植物群落组成基本以硅藻类为主，浮游植物群落组成属于较典型的北方海域近岸种类组成，优势种较突出，其优势度较显著。

②浮游植物种类多样性好，群落结构稳定春季调查海域共检出 2 大类 41 种浮游植物，其中硅藻 34 种，甲藻 7 种。春秋两季浮游植物种类多样性较好。

③调查海区浮游植物的数量平面分布春季浮游植物细胞数量总平均为  $407.02 \times 10^4$  个细胞/ $m^3$ 。春季调查海域浮游植物细胞数量适中。

#### ④多样性指数与均匀度

春季调查海域各站位生物多样性指数、丰富度指数、优势度指数以及均匀度指数范围分别为 0.97-3.01、0.91-2.31、0.15-0.71、0.25-0.81。

调查海域生物多样性指数较高，且均匀度较好，反映出浮游植物生物多样性较好，各种类间个体分布均匀，结构稳定性较好。

#### 4.3.5.1.3 浮游动物

##### (1) 材料与方法

浮游动物调查与评价指标包括浮游动物的种类组成、优势种、个体密度及分布、生物量、生物多样性指数和均匀度指数。

按照《海洋监测规范》(GB17378.7-2007)，海洋生态调查海域共布设 10 个监测站位。浮游动物样品系用浅海 I 型(大网)和 II 型(中网)标准浮游生物网自底至表垂直拖取采集。所获样品用 5%的甲醛固定保存。浮游动物样品分析采用个体计数法和直接称重法(湿重)。浮游动物个体计数采用大网和中网样品分别计数，计数后换算成全网数量(ind/m<sup>3</sup>)。浮游动物生物量为浅海 I 型(大网)浮游动物湿重生物量，以 mg/m<sup>3</sup> 为计算单位

浮游动物多样性指数的计算利用 Shannon-Weaver 多样性指数 ( $H'$ )

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

式中  $S$  为种数； $n_i$  为第  $i$  种的个体数； $N$  为总个体数。

浮游动物均匀度指数采用皮诺 (Pielou, 1996) 均匀度计算公式：

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

其中  $H'$  为 Shannon-Weaver 多样性指数； $S$  为种数。

##### (2) 调查结果

##### ①浮游动物种类组成

春季调查共鉴定出 I 型网大型浮游动物 8 大类 32 种(类)，其中桡足类 11 种，占种类组成的 34.38%；浮游幼体 10 种，占种类组成的 31.25%；水螅水母类 4 种，占种类组成的 12.50%；端足类和尾类各 2 种，分别占种类组成的 6.25%；多毛类、涟虫类和毛颚类各 1 种，分别占种类组成的 3.13% (图 4.3.5-5)。

型网大型浮游动物优势种：小纺锤水蚤（*Acartia clausi*）、短角拟长腹剑水蚤（*Oithona brevicornis*）、尖额谐猛水蚤（*Eutерpe acutifrons*）、双毛纺锤水蚤（*Acartia bifilosa*）浮游动物种类组成主要是暖温带种，以广温近岸种为体，生态属性为广温近岸群落。

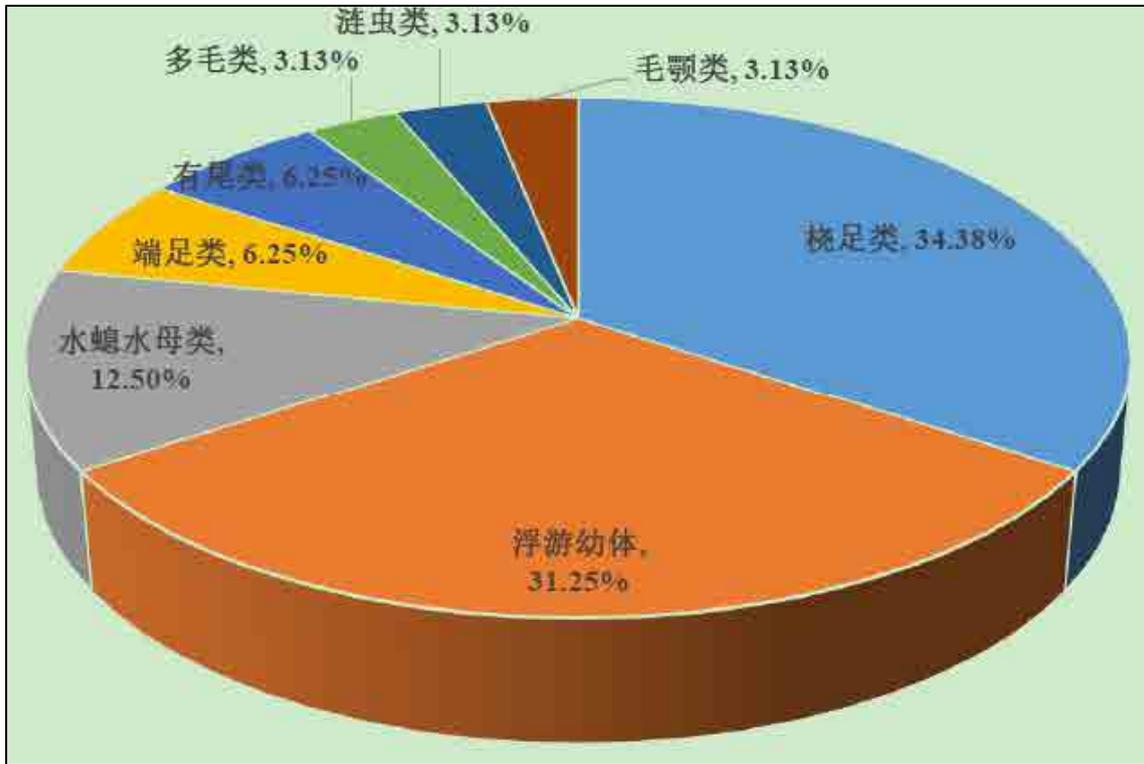


图4.3.5-5 春季调查海域 I 型网浮游动物种类组成百分比

春季调查共鉴定出 II 型网中、小型浮游动物 6 大类 23 种（类），其中桡足类 11 种，占种类组成的 47.83%；浮游幼体 6 种，占种类组成的 26.09%；水螅水母类和 有尾类各 2 种，分别占种类组成的 8.70%；毛颚类和原生生物各 1 种，分别占种类组成的 4.35%。

型网中、小型浮游动物优势种：夜光虫（*Noctiluca scientillans*）、双毛纺锤水蚤（*Acartia bifilosa*）、小纺锤水蚤（*Acartia clausi*）。

浮游动物种类组成以广温近岸种为主体，生态属性为广温近岸群落。

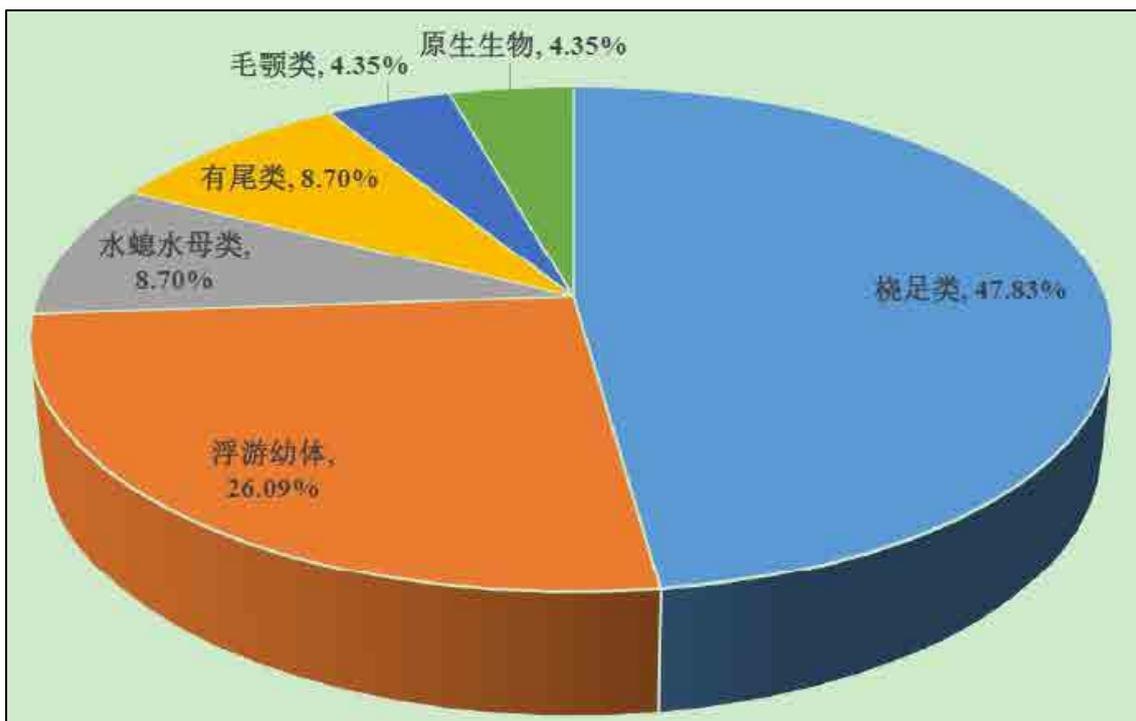


图4.3.5-6 春季调查海域 II 型网浮游动物种类组成百分比

#### ②浮游动物个体密度分布

春季调查海域浮游动物总个体密度 I 型（大网）和 II 型（中网）数量均较多，二者相差 3 个数量级。I 型网大型浮游动物平均数量为 85.29 个/m<sup>3</sup>，各站位数量波动范围在（9.67-413.33）个/m<sup>3</sup> 之间，3 号站数量最多（413.33 个/m<sup>3</sup>），8 号站数量最少（9.67 个/m<sup>3</sup>）（图 4.3.5-7）；（II 型网中、小型浮游动物平均数量为 19982.51 个/m<sup>3</sup>，各站位数量波动范围在（263.64-136533.33）个/m<sup>3</sup> 之间，3 号站数量最多（136533.33 个/m<sup>3</sup>），13 号站数量最少（263.64 个/m<sup>3</sup>）（图 4.3.5-8）。调查海域浮游动物个体密度呈斑块状分布

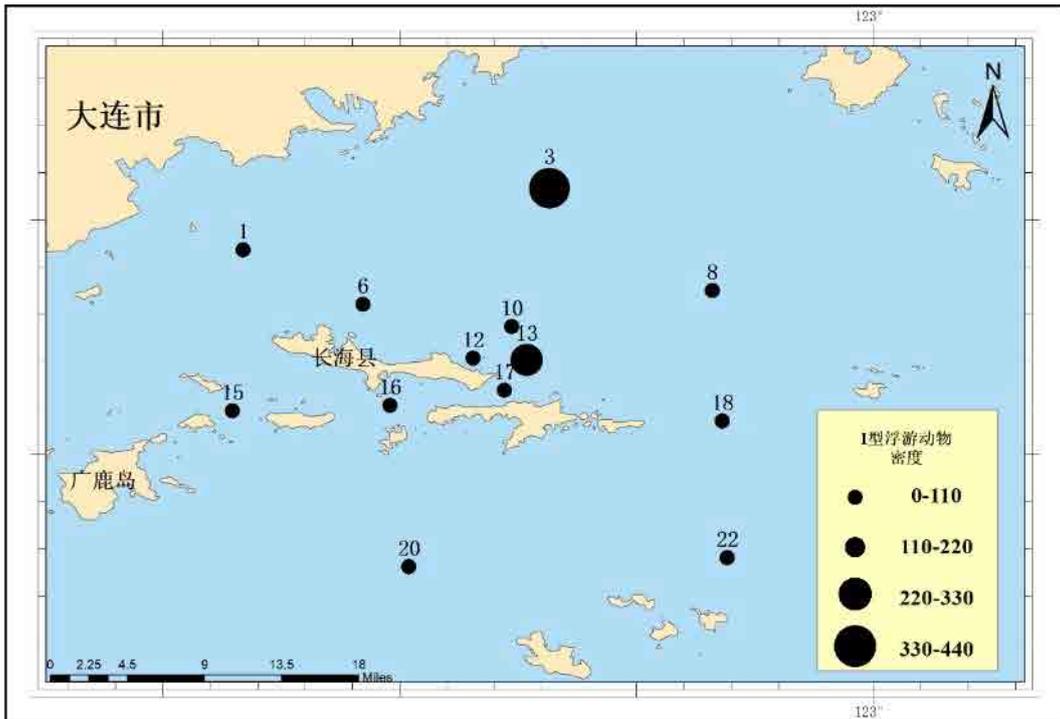


图4.3.5-7 春季长海县海域大型 (I型) 浮游动物密度 (个/m<sup>3</sup>) 分布

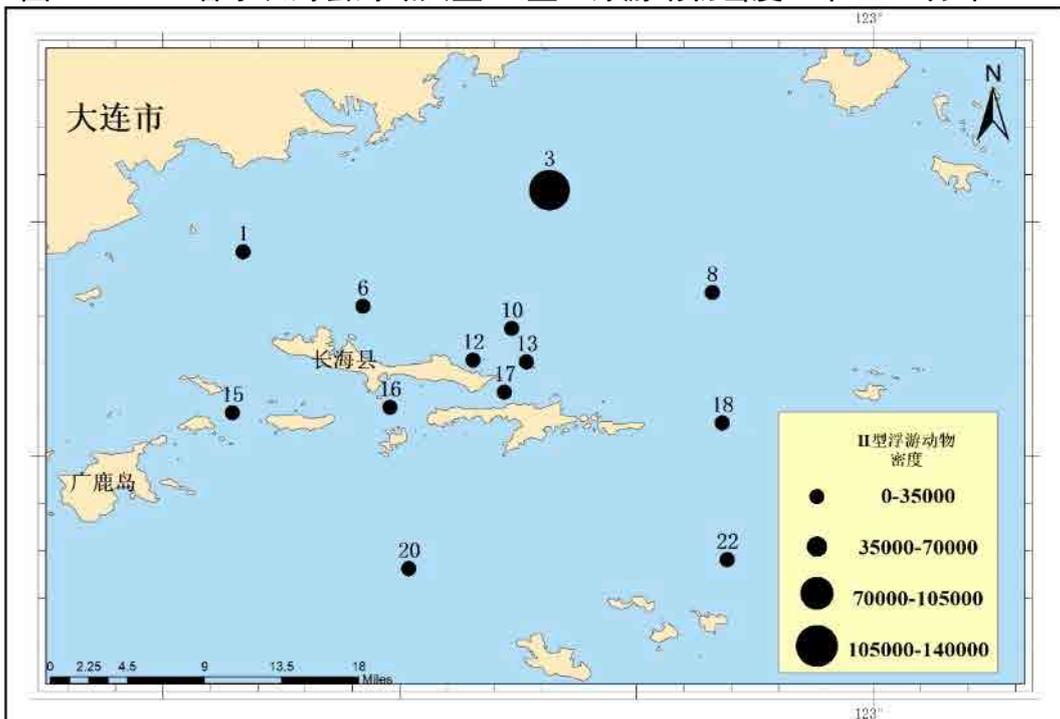


图4.3.5-8 春季长海县海域中、小型 (II型) 浮游动物密度 (个/m<sup>3</sup>) 分布

### ③浮游动物生物量分布

春季调查海域浮游动物生物量平均值为 284.48mg/m<sup>3</sup>, 各站位生物量波动范围在 (51.00-1626.67) mg/m<sup>3</sup> 之间, 生物量最大值出现在 3 号站 (1626.67mg/m<sup>3</sup>),

最小值出现在 8 号站 ( $51.00\text{mg}/\text{m}^3$ ) (图 4.3.5-9)

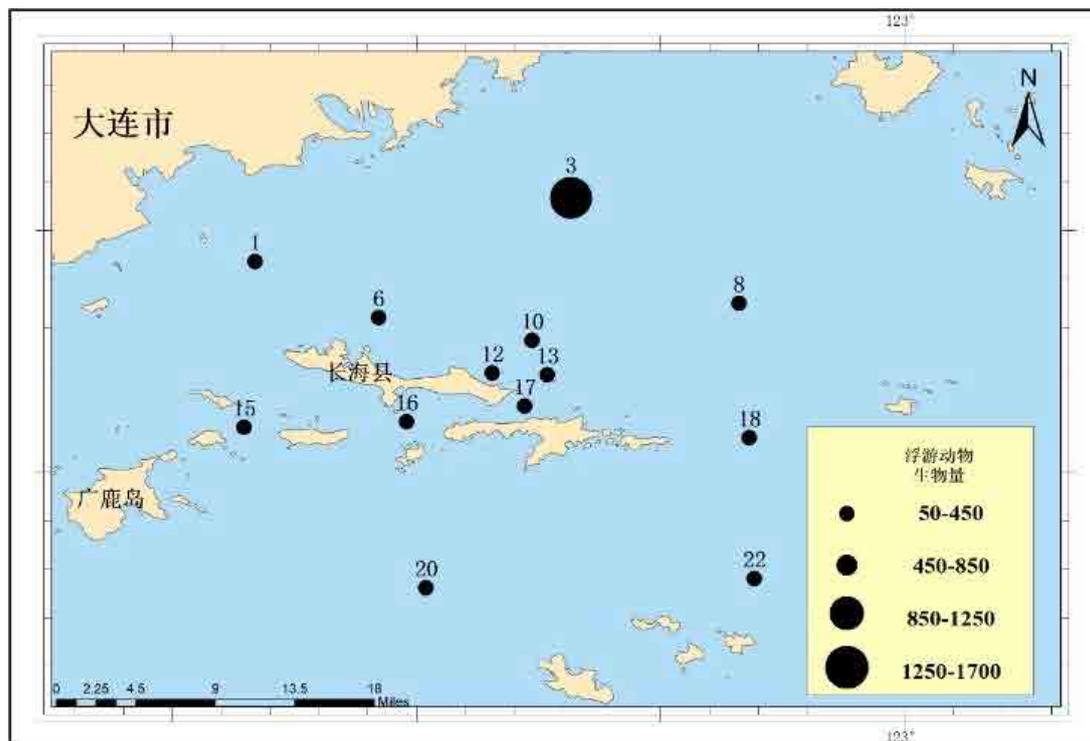


图4.3.5-9 春季长海县海域浮游动物生物量 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 分布

④浮游动物主要优势种分布春季主要优势种

春季主要优势种:

● 小纺锤水蚤

在调查海域中, 该种的数量在 I 型网中占优势, 优势度为 0.15, 占 I 型网总个体数的 17.30%, 各站位数量波动范围在 ( $0.00-105.45$ ) 个/ $\text{m}^3$ , 平均数量为 14.76 个/ $\text{m}^3$ 。其中 13 号站数量最多 ( $105.45$  个/ $\text{m}^3$ ), 1 和 6 号站数量最少 ( $0.00$  个/ $\text{m}^3$ ) (表 4.3.5-3)。

● 短角拟长腹剑水蚤

在调查海域中, 该种的数量在 I 型网中占优势, 优势度为 0.06, 占 I 型网总个体数的 8.44%, 各站位数量波动范围在 ( $0.00-54.55$ ) 个/ $\text{m}^3$ , 平均数量为 7.20 个/ $\text{m}^3$ 。其中 13 号站数量最多 ( $54.55$  个/ $\text{m}^3$ ), 1、3、6 和 8 号站数量最少 ( $0.00$  个/ $\text{m}^3$ ) (表 4.3.5-3)。

● 夜光虫

在调查海域中, 该种的数量在 II 型网中占优势, 优势度为 0.61, 占 II 型网总

个体数的 71.64%，各站位数量波动范围在（0.00-96000.00）个/m<sup>3</sup>，平均数量为 14315.01 个/m<sup>3</sup>。其中 3 号站数量最多（96000.00 个/m<sup>3</sup>），16 和 17 号站数量最少（0.00 个/m<sup>3</sup>）（表 4.3.5-3）。

● 双毛纺锤水蚤

在调查海域中，该种的数量在 II 型网中占优势，优势度为 0.09，占 II 型网总个体数的 8.89%，各站位数量波动范围在（77.27-13866.67）个/m<sup>3</sup>，平均数量为 1776.71 个/m<sup>3</sup>。其中 3 号站数量最多（13866.67 个/m<sup>3</sup>），13 号站数量最少（77.27 个/m<sup>3</sup>）（表 4.3.5-3）。

表4.3.5-3 春秋两季调查海域浮游动物优势种数量分布（个/m<sup>3</sup>）

站 位	I 型（春季）		II 型（春季）	
	小纺锤水蚤	短角拟长腹剑水蚤	夜光虫	双毛纺锤水蚤
1	0	0	1800	2000
3	13.33	0	96000	13866.67
6	0	0	880	720
8	1.67	0	14506.67	1706.67
10	14	7	460	220
12	21.43	5.71	514.29	628.57
13	105.45	54.55	40.91	77.27
15	5.67	4.67	3413.33	533.33
16	6	4	0	373.33
17	9.29	4.64	0	1371.43
18	1	1	23040	440
20	6	6	13120	680
22	8	6	32320	480
平均	14.76	7.2	14315.01	1776.71
总个体数	1108.78		259772.68	
比例%	17.30%	8.44%	71.64%	8.89%
优势度	0.15	0.06	0.61	0.09

⑤浮游动物多样性指数

春季调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为 3.00，各站位波动范围在 1.77-3.83 之间，最大值出现在 20 号站（3.83），最小值出现在 1 号站（1.77）；均匀度指数平均值为 0.83，各站位波动范围在 0.47-0.94 之间，最大值出现在 20 号站（0.94），最小值也出现在 1 号站（0.47）。

春季调查海域，中、小型浮游动物多样性指数平均值为 2.06，各站位波动范围在 0.57-2.90 之间，最大值出现在 10 号站（2.90），最小值出现在 18 号站（0.57）；均匀度指数平均值为 0.61，各站位波动范围在 0.17-0.86 之间，最大值出现在 13 号站（0.86），最小值出现在 18 号和 22 号站（0.17）。

表4.3.5-4 春秋两季浮游动物多样性指数及均匀度指数分布

站位	I 型（大网）			II 型（中网）		
	$H'$	$J'$	$d$	$H'$	$J'$	$d$
	春季	春季	春季	春季	春季	春季
1	1.77	0.47	2.16	2.67	0.74	0.85
3	3.20	0.82	1.61	1.70	0.44	0.82
6	3.20	0.93	1.98	2.68	0.84	0.68
8	2.73	0.86	2.44	1.60	0.46	0.70
10	2.95	0.85	1.80	2.90	0.81	1.03
12	3.39	0.85	2.23	2.77	0.83	0.81
13	2.30	0.82	0.75	2.73	0.86	0.99
15	3.27	0.82	2.99	1.96	0.59	0.73
16	3.07	0.86	2.38	2.59	0.82	0.74
17	2.80	0.84	1.89	2.35	0.74	0.69
18	3.48	0.87	4.05	0.57	0.17	0.62
20	3.83	0.94	2.83	1.63	0.44	0.85
22	3.05	0.92	1.77	0.62	0.17	0.80
平均值	3.00	0.83	2.22	2.06	0.61	0.79
幅度	1.77-3.83	0.47-0.94	0.75-4.05	0.57-2.90	0.17-0.86	0.62-1.03

#### ⑥结论

调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国北方海域浮游动物种类组成单纯，个体数量大的特征。

本海域春季调查共采集到 I 型网大型浮游动物 8 大类 32 种浮游动物，浮游动物优势种小纺锤水蚤、短角拟长腹剑水蚤、尖额谐猛水蚤、双毛纺锤水蚤；采集到 II 型网中、小型浮游动物 6 大类 23 种浮游动物，浮游动物优势种夜光虫、双毛纺锤水蚤、小纺锤水蚤。

春季本海域浮游动物个体密度分布均呈斑块状。春季调查海域浮游动物总数量大型和中、小型浮游动物均较多，中、小型浮游动物高出大型浮游动物 3 个数量级。

春季调查海域大型浮游动物和中、小型浮游动物总平均数量分别为 85.29 个/m<sup>3</sup> 和 19982.51 个/m<sup>3</sup>，波动范围分别在（9.67-413.33）个/m<sup>3</sup> 之间和（263.64-136533.33）个/m<sup>3</sup> 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 284.48mg/m<sup>3</sup>，各站位生物量波动范围在（51.00- 1626.67）mg/m<sup>3</sup> 之间。

春季调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 3.00，各站位波动范围在 1.77-3.83 之间；均匀度指数平均值为 0.83，各站位波动范围在 0.47-0.94 之间。调查海域中、小型浮游动物多样性指数平均值为 2.06，各站位波动范围在 0.57-2.90 之间；均匀度指数平均值为 0.61，各站位波动范围在 0.17-0.86 之间。

#### 4.3.5.1.4 底栖生物

##### （1）材料与方法

海洋生态调查海域共布设 10 个监测站位。底栖动物调查采样用 0.05m<sup>2</sup> 抓斗式采泥器采集，每站取样 2 次，取样面积为 0.1m<sup>2</sup>，取样深度为 10-20cm。将采集到的沉积物样倒入网目为 0.5mm 底栖动物分样筛内，提水冲洗掉底泥，挑选出所有生物，装入标本瓶内，放入标签，用 5%福尔马林固定液固定，标本带回实验室分析（包括物种鉴定、称量及计算等）。具体操作方法严格按照《海洋监测规范》执行。

依据《海洋监测规范》（GB17378.7-2007），分析底栖动物多样性指数、均匀度、丰富度指数和优势度等指标。

##### （2）种类组成

春季调查共采集记录大型底栖生物 5 类 33 种。其中环节动物 19 种，占种类组成的 57.58%；节肢动物 6 种，占种类组成的 18.18%；棘皮动物 5 种，占种类组成的 15.15%；软体动物 2 种，占种类组成的 6.06%；纽形动物 1 种，占种类组成的 3.03%（图 4.3.5-10）。调查区种类分布的主要是个体较小的环节动物，各站位生物种类数为 2~10 种：18 号站位调查到的种类最多，为 10 种；17 号站位调查到的种类最少，为 2 种。

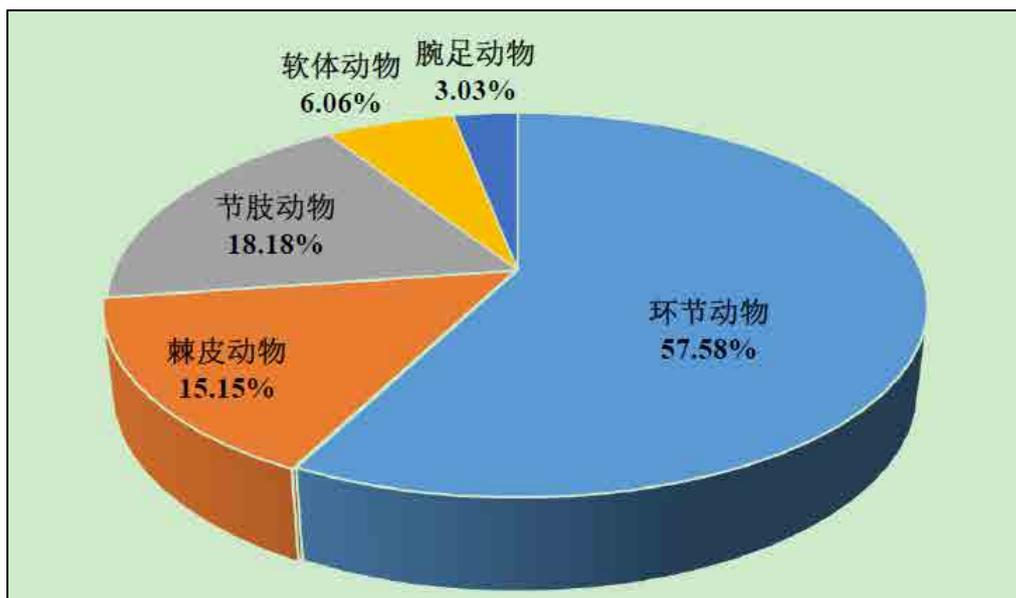


图4.3.5-10 春季底栖生物类群占比

### (3) 栖息密度

春季大型底栖生物密度在 30~260 ind./m<sup>2</sup>之间，总密度分布差异较大。各站位中，最高密度出现在 22 号站位，密度为 260 ind./m<sup>2</sup>，其次为 10 号和 18 号站位，密度为 130 ind./m<sup>2</sup>；（3、8、12 和 17）号站位密度较低，为 50 ind./m<sup>2</sup>；最低密度出现在 16 号站位，密度为 30 ind./m<sup>2</sup>（图 4.3.5-11）。各站位大型底栖生物的平均密度为 90.77 ind./m<sup>2</sup>，密度优势种为日本倍棘蛇尾和双唇索沙蚕。

表4.3.5-5 春季大型底栖生物密度 (ind./m<sup>2</sup>) 组成

站位	门类					总计
	环节动物	棘皮动物	节肢动物	纽形动物	软体动物	
1	60	30	20	0	0	110
3	50	0	0	0	0	50
6	50	0	0	0	20	70
8	10	10	10	0	20	50
10	120	0	10	0	0	130
12	40	10	0	0	0	50
13	40	40	0	0	0	80
15	70	10	10	0	0	90
16	10	0	20	0	0	30
17	0	30	20	0	0	50
18	40	40	40	10	0	130
20	40	30	10	0	0	80
22	20	240	0	0	0	260

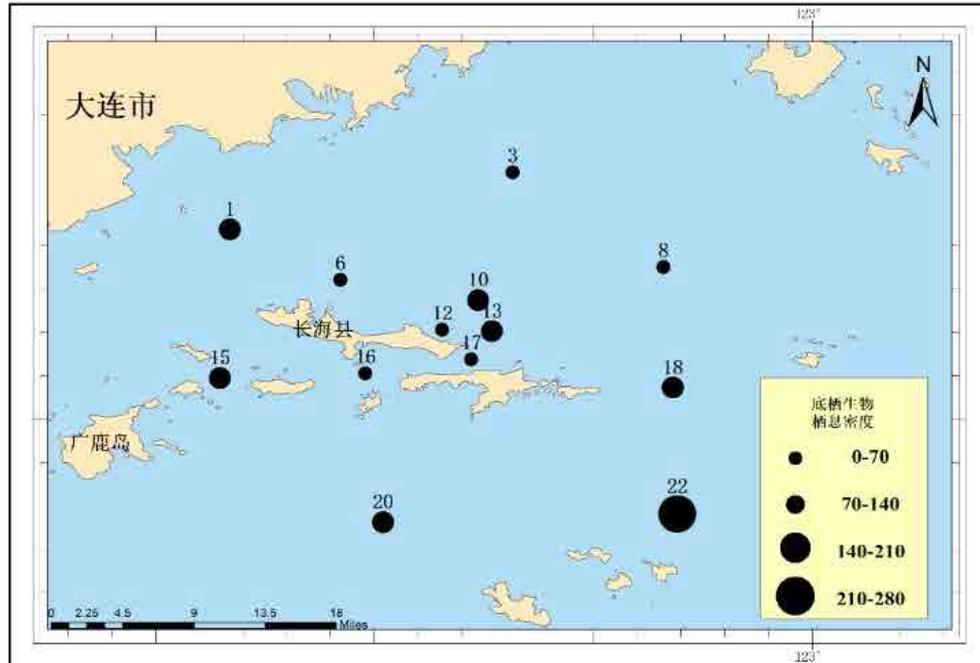


图4.3.5-11 春季长海县海域底栖生物密度(ind./m<sup>2</sup>)分布

(4) 生物量分布

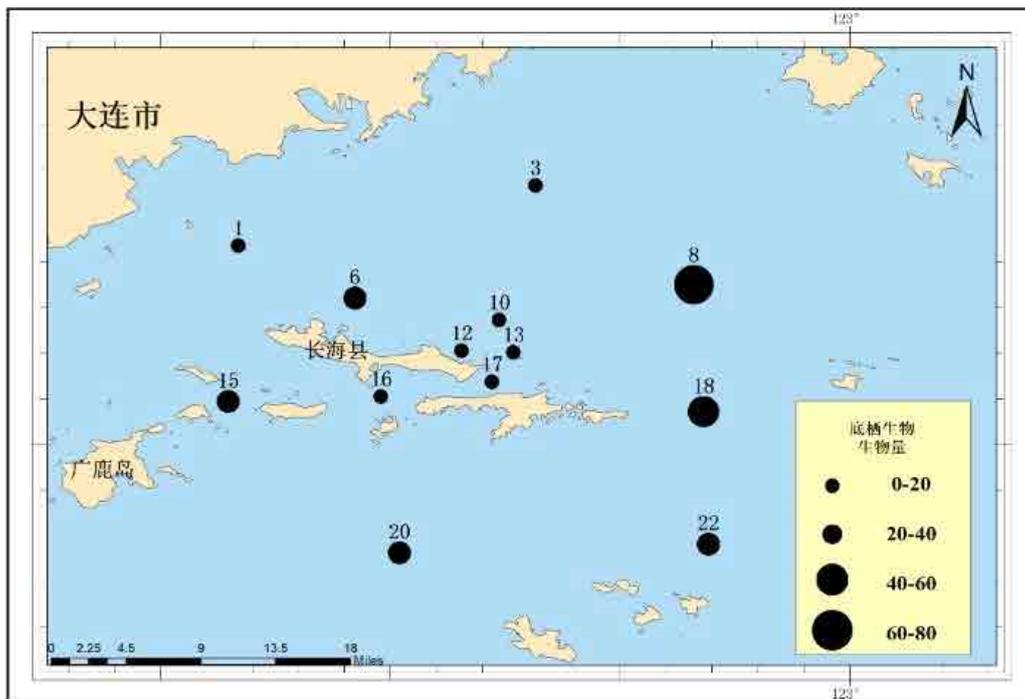


图4.3.5-12 春季长海县海域底栖生物生物量 (g/m<sup>2</sup>) 分布

春季调查海域各站位中大型底栖生物总生物量在 0.3~78.8g/m<sup>2</sup> 之间，总生物量的分布差异较大（图 4.3.5-11）。其中，8 号站位大型底栖生物量最多为 78.8g/m<sup>2</sup>，18 号站位生物量较多为 46.0g/m<sup>2</sup>；（12 和 13）号站位生物量较低，为

0.8g/m<sup>2</sup>；17号站位生物量最低，为0.3g/m<sup>2</sup>；调查海域底栖生物的平均生物量为19.73g/m<sup>2</sup>。

##### (5) 群落结构特征

春季各站位底栖生物群落结构参数列于表4.3.5-6中。

春季调查海域各站位大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数 ( $H'$ ) 在 0.97~3.24 之间。其中，18号站位  $H'$  最高为 3.24，10号站位次之为 2.66；17号站位  $H'$  最低为 0.97。全海区 ( $H'$ ) 平均值为 2.01；秋季调查海域各站位大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数 ( $H'$ ) 在 0.81~3.17 之间。其中，15号站位  $H'$  最高为 3.17，8号站位次之为 2.93；13号站位  $H'$  最低为 0.81。全海区 ( $H'$ ) 平均值为 1.99。

春季调查海域各站位大型底栖生物 Pielou 指数 ( $J'$ ) 在 0.67~1.00 之间。16号站位  $J'$  最高为 1.00，(6和18)号站位次之为 0.98；22号站位  $J'$  最低为 0.67。全海区 ( $J'$ ) 平均值为 0.93；秋季调查海域各站位大型底栖生物 Pielou 指数 ( $J'$ ) 在 0.37~1.00 之间。6号和15号站位  $J'$  最高为 1.00，1号站位次之为 0.97；22号站位  $J'$  最低为 0.37。全海区 ( $J'$ ) 平均值为 0.80。

春季调查海域各站位大型底栖生物丰富度指数 ( $d$ ) 在 0.18~1.28 之间。18号站位 ( $d$ ) 最高为 1.28，10号站位次之为 0.85；17号站位 ( $d$ ) 最低为 0.18。全海区 ( $d$ ) 平均值为 0.60；秋季调查海域各站位大型底栖生物丰富度指数 ( $d$ ) 在 0.19~1.53 之间。18号站位 ( $d$ ) 最高为 1.53，15号站位次之为 1.23；13号站位 ( $d$ ) 最低为 0.19。全海区 ( $d$ ) 平均值为 0.79。

春季调查海域各站位大型底栖生物优势度指数 ( $D$ ) 在 0.11~0.52 之间。17号站位 ( $D$ ) 最高为 0.52，(3和22)号站位次之为 0.44；18号站位 ( $D$ ) 最低为 0.11。全海区 ( $D$ ) 平均值为 0.29；秋季调查海域各站位大型底栖生物优势度指数 ( $D$ ) 在 0.11~0.65 之间。22号站位 ( $D$ ) 最高为 0.65，13号站位次之为 0.63；15号站位 ( $D$ ) 最低为 0.11。全海区 ( $D$ ) 平均值为 0.36。

表4.3.5-6 春季长海县调查海域底栖生物群落结构特征参数

站位	春季				
	Shannon- Weaver 指数 ( $H'$ )	Pielou指数 ( $J'$ )	丰富度 ( $d$ )	优势度 ( $D$ )	种类数
1	2.48	0.96	0.74	0.19	6
3	1.37	0.86	0.35	0.44	3
6	1.95	0.98	0.49	0.27	4
8	1.92	0.96	0.53	0.28	4
10	2.66	0.95	0.85	0.17	7
12	1.92	0.96	0.53	0.28	4
13	1.75	0.88	0.47	0.34	4
15	2.50	0.97	0.77	0.19	6
16	1.58	1.00	0.41	0.33	3
17	0.97	0.97	0.18	0.52	2
18	3.24	0.98	1.28	0.11	10
20	2.25	0.97	0.63	0.22	5
22	1.57	0.67	0.50	0.44	5
平均值	2.01	0.93	0.60	0.29	5

## (6) 优势种

依据公式  $Y = \frac{n_i \cdot f_i}{N}$  计算各物种优势度，式中， $n_i$  为第  $i$  种的总个体数； $f_i$  为该种在各样品中出现的频率； $N$  为全部样品中的总个体数。当  $Y \geq 0.02$  时，该种即为优势种。春季本海域底栖动物优势种密度优势种为日本倍棘蛇尾 (*Amphioplus japonicus*) 和双唇索沙蚕 (*Lumbrineris cruzensis*)。秋季本海域底栖动物优势种密度优势种为日本倍棘蛇尾 (*Amphioplus japonicus*)。

## (7) 结论

春季调查海域共采集到大型底栖生物 5 类 33 种。其中环节动物 19 种；节肢动物 6 种，棘皮动物 5 种，软体动物 2 种，和纽形动物 1 种。调查海域分布的主要是个体较小的环节动物和节肢动物，各站位生物种类数为 2~10 种。

春季调查海域各站位大型底栖生物栖息密度变化在 30~260 ind./m<sup>2</sup> 之间，平均密度为 90.77 ind./m<sup>2</sup>，密度优势种为日本倍棘蛇尾和双唇索沙蚕。

春季调查海域各站位大型底栖生物总生物量变化在 0.3~78.8 g/m<sup>2</sup> 之间，平均生物量为 19.73 g/m<sup>2</sup>。

春季调查海域大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数变化在 0.97~3.24 之间，

平均值为 2.01；Pielou 指数变化在 0.67~1.00 之间，平均值为 0.93；丰富度指数（*d*）变化在 0.18~1.28 之间，平均值为 0.60；优势度指数（*D*）变化在 0.11~0.52 之间，平均值为 0.29。

### 4.3.5.2 夏季调查

#### 4.3.5.2.1 叶绿素 a

##### (1) 材料与方法

海洋生态调查共布设 10 个站位。叶绿素 a 的测定按照《海洋调查规范》（GB/T12763.6-2007）第 6 部分海洋生物调查 5.2.2 分光光度法，用 90%的丙酮萃取后使用分光光度计测定波长为 750nm、664nm、647nm、630nm 处的溶液吸光值。做浊度校正的 750nm 处吸光值不超过每厘米光程 0.005。

叶绿素 a 按照公式： $\rho_{chl-a} = (11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630}) \times v / (V \times L)$  进行计算，式中， $\rho_{chl-a}$  为样品中叶绿素 a 的含量( $\mu\text{g/L}$ )，*v* 为样品提取液的体积(mL)，*V* 为海水样品实际用量 (L)，*L* 为测定池光程 (cm)。E664、E647 和 E630 分别为不同波长处 5cm 光程经浊度校正后的吸光值。

##### (2) 调查结果

调查海域叶绿素 a 平均为 1.53 $\mu\text{g/L}$ ，波动范围在 1.26 $\mu\text{g/L}$ ~1.78 $\mu\text{g/L}$  之间；叶绿素 a 最高的是 11 号站位，叶绿素 a 最低的是 13 号站位，各站叶绿素 a 平面分布较均匀。调查海域各站位叶绿素 a ( $\mu\text{g/L}$ ) 的调查结果见图 4.3.5 -13。

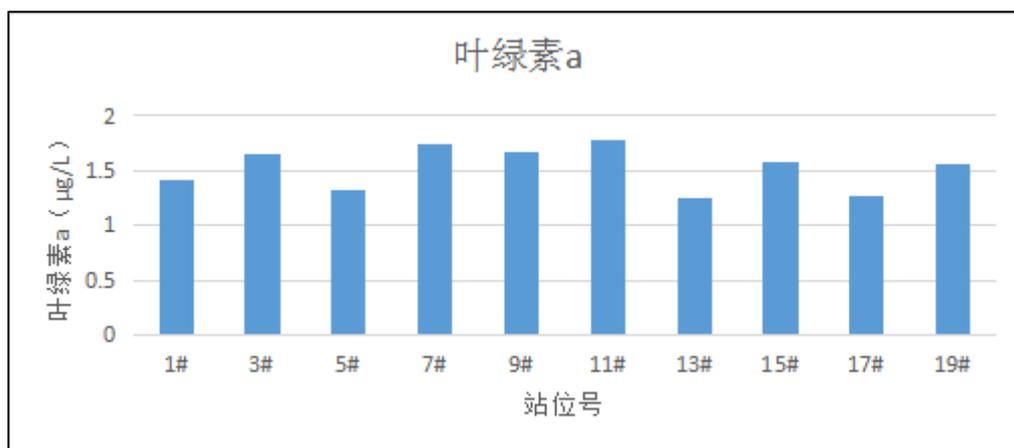


图4.3.5-13 调查海域各站位叶绿素 a( $\mu\text{g/L}$ )

##### (3) 结语

调查海域在调查期间叶绿素 a 平均值为 1.53 $\mu\text{g/L}$ 。整体处于较低水平。

#### 4.3.5.2.2 浮游植物

##### (1) 材料与方法

浮游植物的调查分析方法依照《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)执行。海洋生态调查海域共布设 10 个监测站位。使用浅水 III 型浮游生物网自水底至水面拖网采集浮游植物。采集到的浮游植物样品用浓度为 5% 甲醛固定保存。浮游植物样品经过静置、沉淀、浓缩后换入贮存瓶并编号,处理后的样品使用光学显微镜采用个体计数法进行物种鉴定和数量统计。个体数量以  $N \times 10^4$  个细胞/ $\text{m}^3$  表示。采用 Shannon-Weaver 指数方程计算生物多样性指数 ( $H'$ ),采用 Pielou 指数方程计算均匀度指数 ( $J$ )。

##### (2) 调查结果与评价

###### ① 浮游植物种类组成及优势种

调查所获浮游植物多为北温带广温广盐的近海物种。调查海域共检出网采浮游植物两大类 11 科 23 种,其中硅藻类 15 种,占总物种数的 65.2%;甲藻类 8 种,占总物种数的 34.8%,种类多样性较丰富。第一优势种为三角角藻 (*Ceratium tripos*),优势度为 23.8%;第二优势种为梭角藻 (*Ceratium fusus*),优势度为 9.0%;第三优势种为辐射圆筛藻 (*Coscinodiscus radiatus*),优势度为 8.0%;第四优势种为细弱圆筛藻 (*Coscinodiscus subtilis*),优势度为 6.7%。其它种类在浮游植物群落中所占比例较低。(调查海域浮游植物类群比例见图 4.3.5-14)。

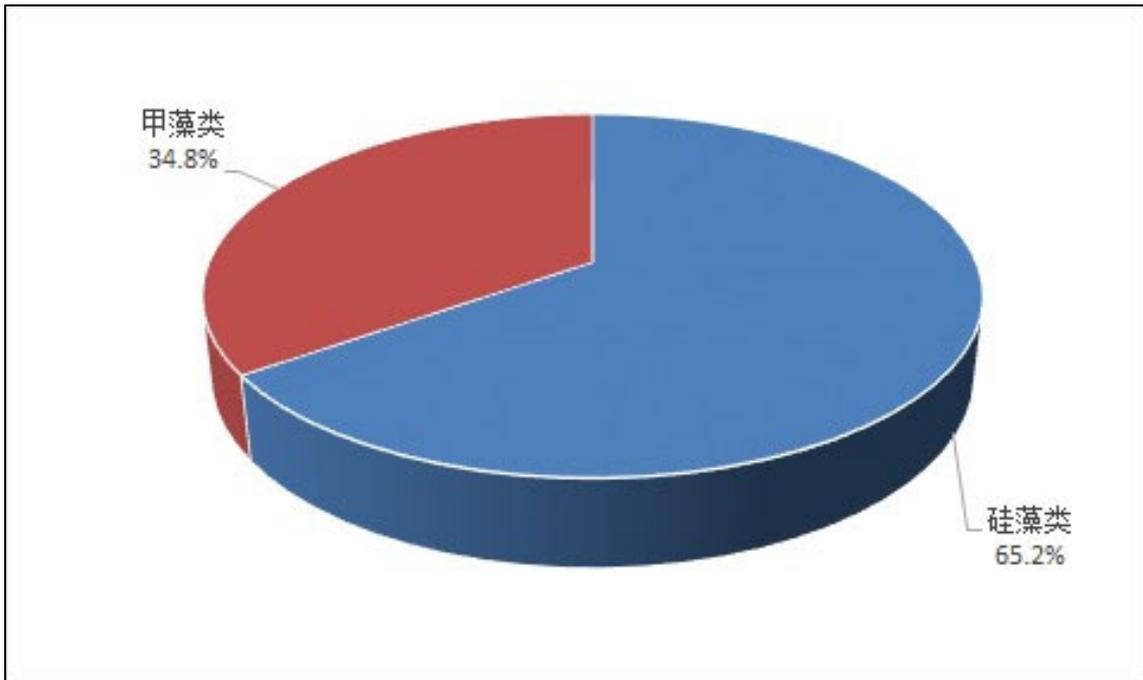


图4.3.5-14 调查海域浮游植物类群比例

②浮游植物细胞数量平面分布及种类数

调查区内各站位浮游植物细胞数量差异不大，其平面分布差异并不较明显，其波动范围在  $5.64 \times 10^4$  个/ $m^3$ - $13.89 \times 10^4$  个/ $m^3$  之间。细胞数量最大值出现在 1 号站 ( $13.89 \times 10^4$  个/ $m^3$ )，最小值出现在 19 号站 ( $5.64 \times 10^4$  个/ $m^3$ )，浮游植物细胞数量总平均为  $9.79 \times 10^4$  个/ $m^3$ 。

如图 4.3.5-15 所示，各站位浮游植物种类数较多，差异不大，其中 9 号站位浮游植物种类最多为 11 种，13 号站位种类数较少为 7 种，平均为 9 种。

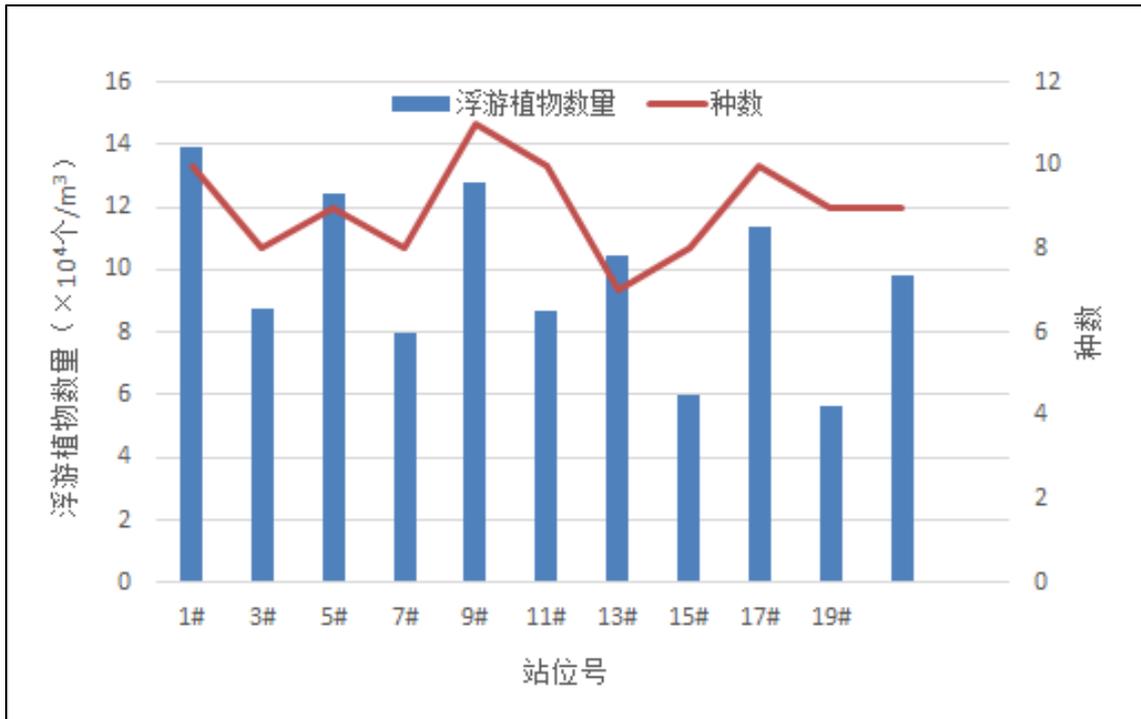


图4.3.5-15 调查海域浮游植物细胞数量及种类数

## ③生物多样性指数与均匀度

调查海域各站位生物多样性指数范围为 2.63~3.26，多样性指数最小出现在 13 号站 (2.63)，最大在 9 号站 (3.26)，平均为 2.96。均匀度波动范围为 0.90~0.96，最小出现在 15 号站 (0.90)，最大在 19 号站 (0.96)，平均为 0.94。该调查海域生物多样性指数及均匀度较高（见表 4.3.5-7）

表4.3.5-7 调查海域各站位多样性指数 ( $H'$ ) 及均匀度 ( $J$ )

站位	1#	3#	5#	7#	9#
$H'$	3.18	2.81	2.92	2.84	3.26
$J$	0.96	0.94	0.92	0.95	0.94
站位	11#	13#	15#	17#	19#
$H'$	3.08	2.63	2.69	3.17	3.04
$J$	0.93	0.94	0.90	0.95	0.96
平均			$H'=2.96$	$J=0.94$	

## (3) 结语

调查海域共鉴定出浮游植物两大类 11 科 23 种，浮游植物群落组成属于较典型的北方海域种类组成，种类多样性较丰富，第一优势种为三角角藻，第二优势种为梭角藻，第三优势种为辐射圆筛藻，第四优势种为细弱圆筛藻。优势种较突出，优势度较显著。调查海域浮游植物细胞数量平面分布差异并不明显，藻类细胞数量处于正常水平，波动范围正常。调查海域生物多样性指数及均匀度处于较

高水平，平均值分别为 2.96 和 0.94，表明群落结构多样性较好，种类间分布程度较均匀。

调查海域无论从种类组成、藻类细胞数量以及空间分布，未出现异常现象。

#### 4.3.5.2.3 浮游动物

##### (1) 材料与方法

浮游动物调查与评价指标包括浮游动物的种类组成、优势种、个体密度及分布、生物量、生物多样性指数和均匀度指数。

按照《海洋监测规范》(GB17378.7-2007)，海洋生态调查海域共布设 10 个监测站位。浮游动物样品系用浅海 I 型（大网）和 II 型（中网）标准浮游生物网自底至表垂直拖取采集。所获样品用 5% 的甲醛固定保存。浮游动物样品分析采用个体计数法和直接称重法（湿重）。浮游动物个体计数采用大网和中网样品分别计数，计数后换算成全网数量（ind/m<sup>3</sup>）。浮游动物生物量为浅海 I 型（大网）浮游动物湿重生物量，以 mg/m<sup>3</sup> 为计算单位。

浮游动物多样性指数的计算利用 Shannon-Weaver 多样性指数 ( $H'$ )

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

式中  $S$  为种数； $n_i$  为第  $i$  种的个体数； $N$  为总个体数。

浮游动物均匀度指数采用皮诺 (Pielou, 1996) 均匀度计算公式：

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

其中  $H'$  为 Shannon-Weaver 多样性指数； $S$  为种数。

##### (2) 调查结果

##### ① 浮游动物种类组成

本次调查共鉴定出浮游动物六大类 23 种，其中桡足类 10 种，占种类组成的 43.5%；浮游幼虫 8 种，占种类组成的 34.8%；枝角类 2 种，占种类组成的 8.7%；水母类 2 种，占种类组成的 8.7%；毛颚类 1 种，均占种类组成的 4.3%。浮游动物主要优势种有拟长腹剑水蚤 (*Oithona similis*)、小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、长腕幼虫 (*Ophiopluteus larva*)、鱼卵 (*Fish eggs*)、中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*)、腹针胸刺水蚤 (*Centropages abdominalis*)、桡足幼体 (*Copepodite larva*)。



图4.3.5-16 调查海域浮游动物种类组成百分比

## ②浮游动物个体密度分布

I型网浮游动物平均数量为 29.39 个/m<sup>3</sup>，各站位数量波动范围在（19.60~43.42）个/m<sup>3</sup>之间，15号数量最多（43.42个/m<sup>3</sup>），9号站数量最少（19.60个/m<sup>3</sup>）（图 4.3.5-17）；II型网浮游动物平均数量为 228.95 个/m<sup>3</sup>，各站位数量波动范围在（109.09~331.31）个/m<sup>3</sup>之间，11号站数量最多（为 331.31 个/m<sup>3</sup>），13号站数量最少（为 109.09 个/m<sup>3</sup>）（见图 4.3.5-18）。

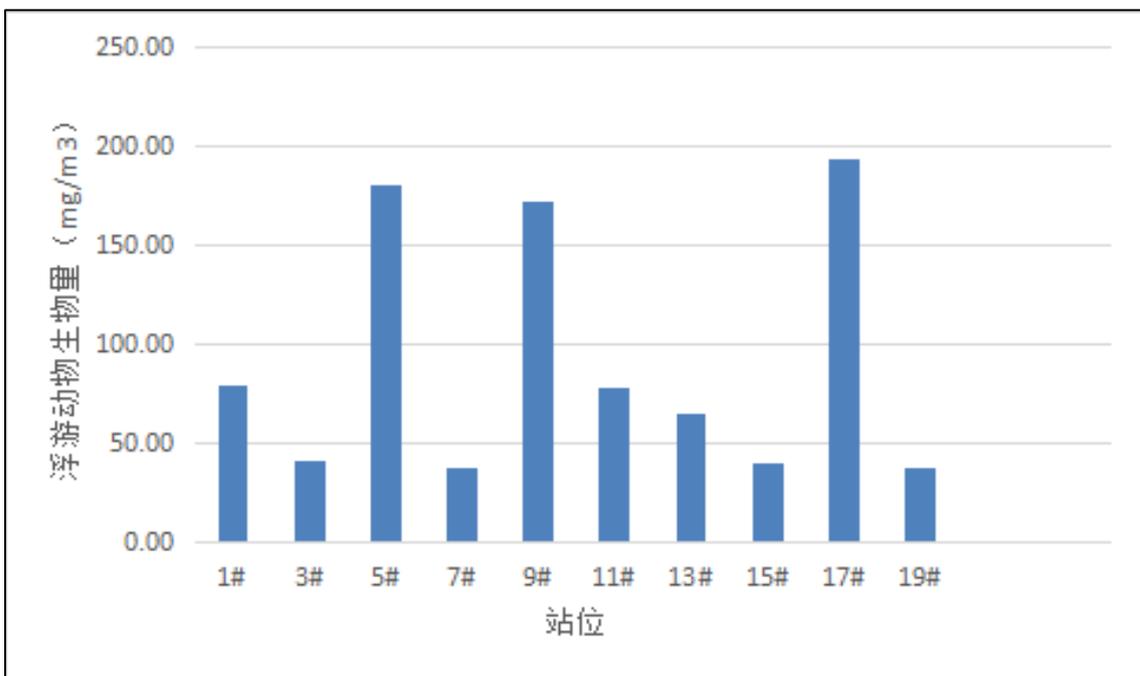


图4.3.5-17 调查海域大型浮游动物密度分布

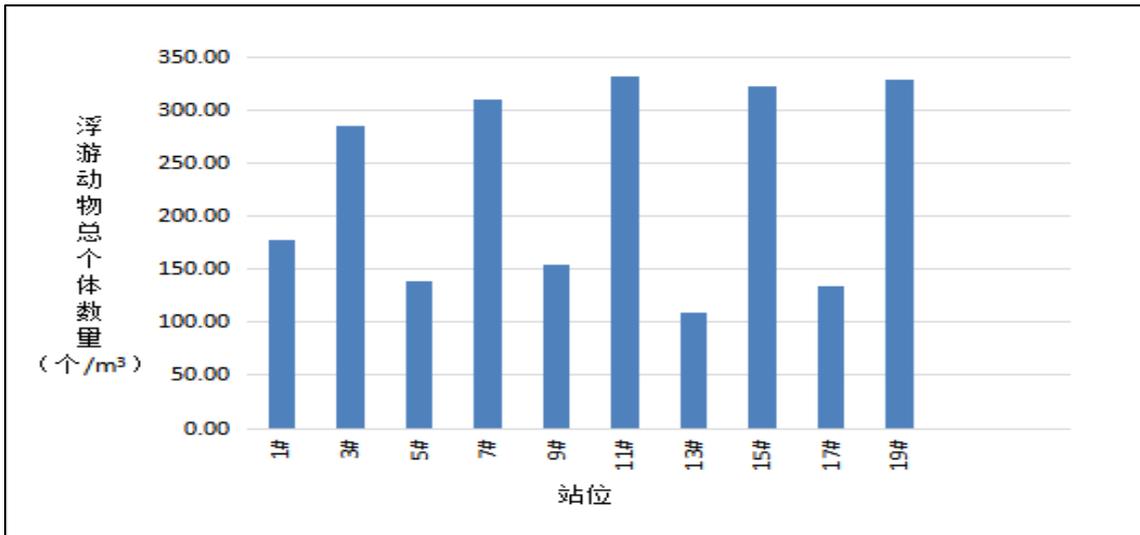


图4.3.5-18 调查海域中型浮游动物密度分布

③浮游动物生物量分布

调查海域浮游动物生物量平均值为  $92.27\text{mg/m}^3$ ，各站位生物量波动范围在  $(36.94\sim 193.79)\text{mg/m}^3$  之间，生物量最大值出现在 17 号站 ( $193.79\text{mg/m}^3$ )，最小值出现在 7 号站 ( $36.94\text{mg/m}^3$ ) (图 4.3.5-19)。

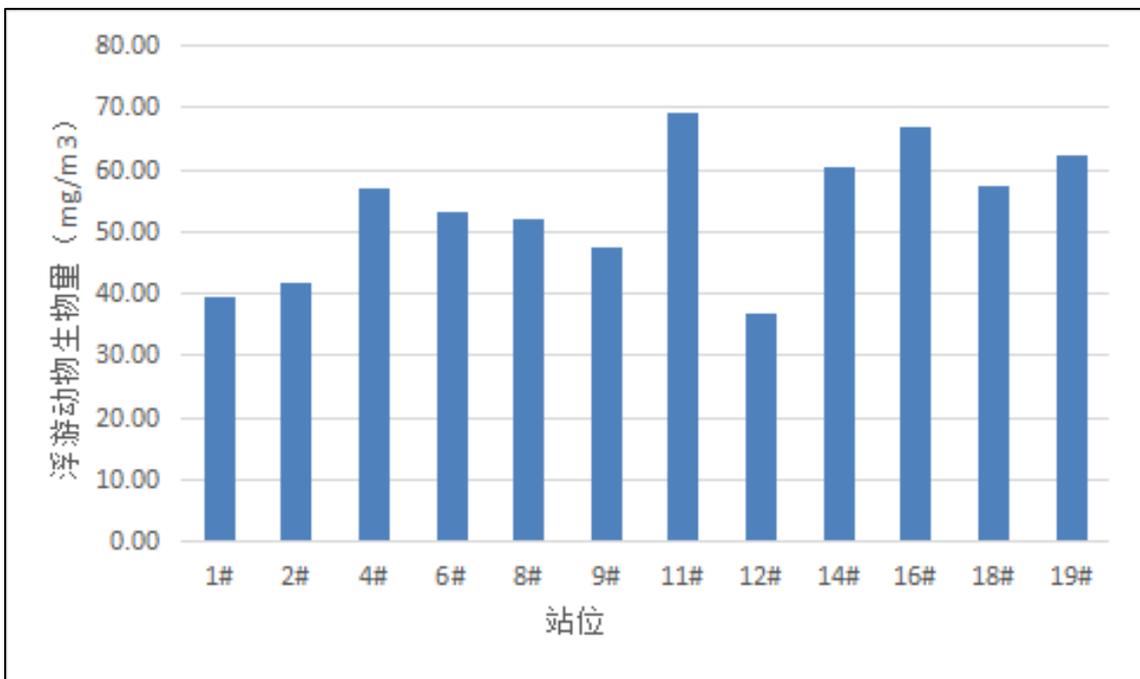


图4.3.5-19 调查海域浮游动物生物量分布

④浮游动物主要优势种分布春季主要优势种

调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为 1.97，各站位波动范围在 1.02~2.92

之间，最大值出现在 1 号站（2.92），最小值出现在 7 号站（1.02）；均匀度指数平均值为 0.59，各站位波动范围在 0.36~0.86 之间，最大值出现在 5 号站（0.86），最小值出现在 7 号站（0.36）（见表 4.3.5-8）。

表4.3.5-8 浮游动物多样性指数及均匀度指数分布

站位	I型（大网）		II型（中网）	
	多样性指数	均匀度指数	多样性指数	均匀度指数
1#	2.92	0.75	1.50	0.95
3#	1.63	0.51	2.95	0.98
5#	2.71	0.86	1.5	0.95
7#	1.02	0.36	2.75	0.87
9#	1.43	0.48	1.52	0.96
11#	2.35	0.62	2.92	0.97
13#	1.42	0.51	1.58	1.00
15#	1.17	0.42	2.94	0.98
17#	2.87	0.78	1.52	0.96
19#	2.16	0.63	3.25	0.98
均值	1.90	0.59	2.24	0.96

### ⑤结论

调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国北方海域浮游动物种类组成单纯，个体数量大的特征。本海域调查共采集到六大类 23 种浮游动物。浮游动物主要优势种有有拟长腹剑水蚤（*Oithona similis*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）、长腕幼虫（*Ophiopluteus larva*）、鱼卵（*Fish eggs*）、中华哲水蚤（*Calanus sinicus*）、腹针胸刺水蚤（*Centropages abdominalis*）、桡足幼体（*Copepodite larva*）。浮游动物总数量 I 型网和 II 型网总平均数量分别为 29.39 个/m<sup>3</sup> 和 228.95 个/m<sup>3</sup>，各站位数量波动范围分别在（19.60~43.42）个/m<sup>3</sup> 之间和（109.09~331.31）个/m<sup>3</sup> 之间。调查海域浮游动物生物量平均值 92.27mg/m<sup>3</sup>，各站位生物量波动范围在（36.94~193.79）mg/m<sup>3</sup> 之间。调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 1.97，各站位波动范围在 1.02~2.92 之间；均匀度指数平均值为 0.59，各站位波动范围在 0.36~0.86 之间。调查海域中型浮游动物多样性指数平均值为 2.24，各站位波动范围在 1.50~3.25 之间；均匀度指数平均值为 0.96，各站位波动范围在 0.87~1.00 之间。

#### 4.3.5.2.4 底栖生物

##### (1) 材料与方法

海洋生态调查海域共布设 10 个监测站位。底栖动物调查采样用 0.05m<sup>2</sup> 抓斗式采泥器采集，每站取样 2 次，取样面积为 0.1m<sup>2</sup>，取样深度为 10-20cm。将采集到的沉积物样倒入网目为 0.5mm 底栖动物分样筛内，提水冲洗掉底泥，挑选出所有生物，装入标本瓶内，放入标签，用 5%福尔马林固定液固定，标本带回实验室分析（包括物种鉴定、称量及计算等）。具体操作方法严格按照《海洋监测规范》执行。

依据《海洋监测规范》（GB17378.7-2007），分析底栖动物多样性指数、均匀度、丰富度指数和优势度等指标。

##### (2) 底栖动物的种类组成

本次调查共鉴定出底栖动物 5 门 32 种，其中环节动物 7 种，占总种数的 29%；软体动物 7 种，占总种数的 29%；节肢动物 6 种，占总种数的 25%；棘皮动物 3 种，占总种数的 13%；纽形动物 1 种，占总种数的 4%。本海域底栖动物优势种有寡鳃齿吻沙蚕（*Nephtus oligobranchia*）、长吻沙蚕（*Glycera chirori*）、菲律宾蛤仔（*Ruditapes philippinarum*）、不倒翁虫（*Sternaspis sculata*）、丛生树蛭虫（*Pista fasciata*）、紫贻贝（*Mytilus galloprovincialis*）、紫蛇尾（*Ophiopholis mirabilis*），纽虫（*Nemertinea sp.*）。

调查海域底栖动物的物种组成见图 4.3.5-20。

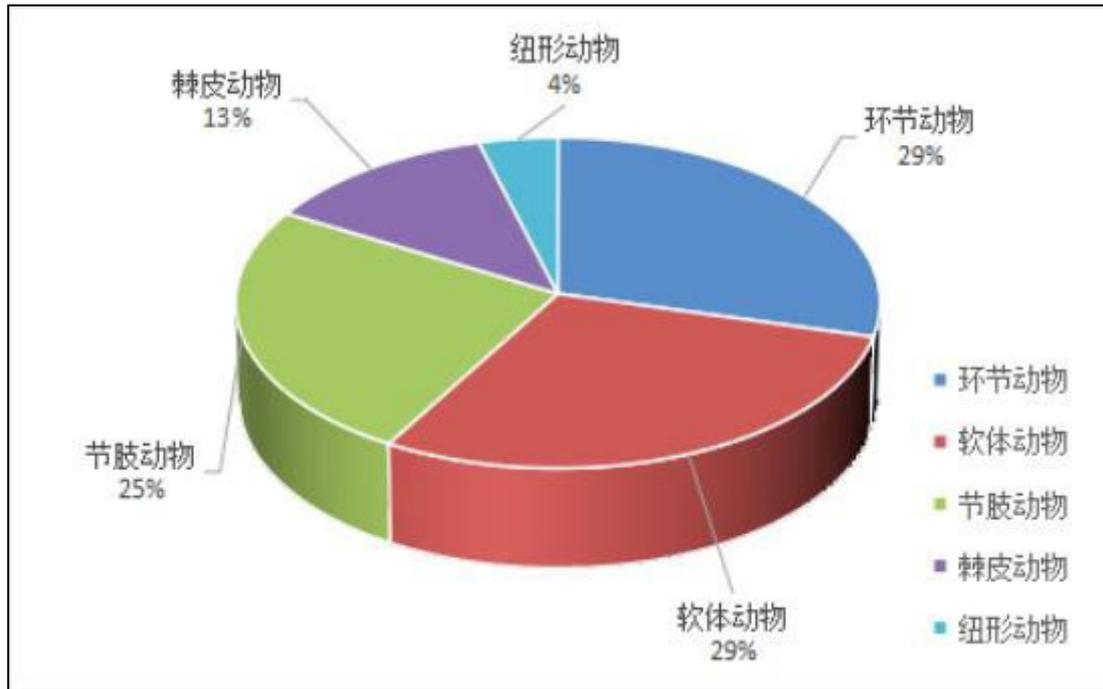


图4.3.5-20 调查海域底栖动物的物种组成

### (3) 底栖动物栖息密度

在调查海域，底栖动物平均个体密度为 294 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物最高，为 1510 个/m<sup>2</sup>，占 61.89%；其次是软体动物为 720 个/m<sup>2</sup>，占 29.51%；节肢动物，为 330 个/m<sup>2</sup>，占 13.52%；纽形动物为 150 个/m<sup>2</sup>，占 6.15%；棘皮动物为 230 个/m<sup>2</sup>，占 9.43%。从站位分布看，9 号站位最高，为 480 个/m<sup>2</sup>；1 号站位最低，为 110 个/m<sup>2</sup>。

1 号站位底栖动物平均个体密度为 110 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 18.18%；软体动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 36.36%；节肢动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 18.18%。棘皮动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 27.28%；

3 号站位底栖动物平均个体密度为 270 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 100 个/m<sup>2</sup>，占 37.04%；软体动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 25.93%。节肢动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 25.93%。纽形动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 11.10%。

5 号站位底栖动物平均个体密度为 450 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 200 个/m<sup>2</sup>，占 44.44%；软体动物为 90 个/m<sup>2</sup>，占 20.00%；节肢动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 13.33%。棘皮动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 13.33%。纽形动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 8.90%。

7 号站位底栖动物平均个体密度为 320 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 210 个/m<sup>2</sup>，占

65.62%；软体动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 12.50%；节肢动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 9.38%。纽形动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 12.50%。

9 号站位底栖动物平均个体密度为 480 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 300 个/m<sup>2</sup>，占 62.50%；软体动物为 100 个/m<sup>2</sup>，占 20.83%；节肢动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 14.58%。棘皮动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 2.09%。

11 号站位底栖动物平均个体密度为 220 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 90 个/m<sup>2</sup>，占 40.91%；软体动物为 90 个/m<sup>2</sup>，占 40.91%；棘皮动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 18.18%。

13 号站位底栖动物平均个体密度为 260 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 120 个/m<sup>2</sup>，占 46.15%；软体动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 23.08%；棘皮动物为 50 个/m<sup>2</sup>，占 19.23%。纽形动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 11.54%。

15 号站位底栖动物平均个体密度为 330 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 200 个/m<sup>2</sup>，占 60.61%；软体动物为 80 个/m<sup>2</sup>，占 24.24%；节肢动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 6.06%；棘皮动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 6.06%。纽形动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 3.03%。

17 号站位底栖动物平均个体密度为 320 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 200 个/m<sup>2</sup>，占 62.50%；软体动物为 80 个/m<sup>2</sup>，占 25.00%；节肢动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 9.38%；棘皮动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 3.12%。

19 号站位底栖动物平均个体密度为 180 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 38.88%；软体动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 38.89%；节肢动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 16.67%；棘皮动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 5.56%。

#### (4) 底栖动物生物量分布

在调查海域，底栖动物平均生物量为 10.72g/m<sup>2</sup>，其中棘皮动物最高，为 35.45g/m<sup>2</sup>，占 33.08%；其次是环节动物为 30.09g/m<sup>2</sup>，占 28.08%；软体动物为 27.14g/m<sup>2</sup>，占 25.33%；节肢动物为 11.20g/m<sup>2</sup>，占 10.45%；纽形动物为 3.27g/m<sup>2</sup>，占 3.05%；从站位分布看，5 号站位最高，为 17.37g/m<sup>2</sup>；19 号站位最低，仅为 7.49g/m<sup>2</sup>。

1 号站位底栖动物平均生物量为 8.63g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 1.64g/m<sup>2</sup>，占 19.00%；环节动物为 0.59g/m<sup>2</sup>，占 6.79%；节肢动物为 0.79g/m<sup>2</sup>，占 9.14%。

3 号站位底栖动物平均生物量为 8.20g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 3.18g/m<sup>2</sup>，占 38.76%；环节动物为 1.78g/m<sup>2</sup>，占 21.76%。节肢动物为 2.60g/m<sup>2</sup>，占 31.70%。纽

形动物为  $0.64\text{g}/\text{m}^2$ ，占 7.76%。

5 号站位底栖动物平均生物量为  $17.37\text{g}/\text{m}^2$ ，其中环节动物为  $3.90\text{g}/\text{m}^2$ ，占 22.44%；棘皮动物为  $8.27\text{g}/\text{m}^2$ ，占 47.61%；软体动物为  $2.82\text{g}/\text{m}^2$ ，占 16.21%；节肢动物为  $1.64\text{g}/\text{m}^2$ ，占 9.46%。纽形动物为  $0.74\text{g}/\text{m}^2$ ，占 4.27%。

7 号站位底栖动物平均生物量为  $7.86\text{g}/\text{m}^2$ ，其中软体动物为  $1.34\text{g}/\text{m}^2$ ，占 16.98%；环节动物为  $4.42\text{g}/\text{m}^2$ ，占 56.17%；节肢动物为  $1.39\text{g}/\text{m}^2$ ，占 17.67%。纽形动物为  $0.72\text{g}/\text{m}^2$ ，占 9.21%。

9 号站位底栖动物平均生物量为  $13.90\text{g}/\text{m}^2$ ，其中软体动物为  $3.75\text{g}/\text{m}^2$ ，占 26.98%；环节动物为  $5.58\text{g}/\text{m}^2$ ，占 40.14%；节肢动物为  $2.13\text{g}/\text{m}^2$ ，占 15.30%；棘皮动物为  $2.44\text{g}/\text{m}^2$ ，占 17.56%。

11 号站位底栖动物平均生物量为  $9.85\text{g}/\text{m}^2$ ，其中软体动物为  $4.09\text{g}/\text{m}^2$ ，占 41.48%；环节动物为  $1.94\text{g}/\text{m}^2$ ，占 19.70%；棘皮动物为  $3.82\text{g}/\text{m}^2$ ，占 38.81%。

13 号站位底栖动物平均生物量为  $12.39\text{g}/\text{m}^2$ ，其中软体动物为  $2.21\text{g}/\text{m}^2$ ，占 17.80%；环节动物为  $2.66\text{g}/\text{m}^2$ ，占 21.47%。棘皮动物为  $6.86\text{g}/\text{m}^2$ ，占 55.38%。纽形动物为  $0.66\text{g}/\text{m}^2$ ，占 5.34%。

15 号站位底栖动物平均生物量为  $9.96\text{g}/\text{m}^2$ ，其中软体动物为  $2.31\text{g}/\text{m}^2$ ，占 23.15%；环节动物为  $4.07\text{g}/\text{m}^2$ ，占 40.88%；节肢动物为  $0.20\text{g}/\text{m}^2$ ，占 2.05%；棘皮动物为  $2.87\text{g}/\text{m}^2$ ，占 28.80%。纽形动物为  $0.51\text{g}/\text{m}^2$ ，占 5.12%。

17 号站位底栖动物平均生物量为  $11.53\text{g}/\text{m}^2$ ，其中软体动物为  $3.56\text{g}/\text{m}^2$ ，占 30.83%；环节动物为  $3.73\text{g}/\text{m}^2$ ，占 32.34%；节肢动物为  $1.21\text{g}/\text{m}^2$ ，占 10.49%；棘皮动物为  $3.03\text{g}/\text{m}^2$ ，占 26.31%。

19 号站位底栖动物平均生物量为  $7.49\text{g}/\text{m}^2$ ，其中软体动物为  $2.28\text{g}/\text{m}^2$ ，占 30.37%；棘皮动物为  $2.55\text{g}/\text{m}^2$ ，占 33.98%；环节动物为  $1.43\text{g}/\text{m}^2$ ，占 19.08%。节肢动物为  $1.24\text{g}/\text{m}^2$ ，占 16.54%。

#### (5) 底栖动物群落结构特征

调查海域各调查站位生物群落结构特征参数见表 4.3.5-9 中。

表4.3.5-9 调查海域底栖生物群落结构特征参数

站位	多样性指数	均匀度	种数	栖息密度(个/m <sup>2</sup> )	生物量 (g/m <sup>2</sup> )
1#	2.73	0.97	7	110	8.63
3#	2.90	0.97	8	270	8.20
5#	3.57	0.96	13	450	17.37
7#	2.73	0.79	11	320	7.86
9#	2.61	0.67	15	480	13.90
11#	2.86	0.95	8	220	9.85
13#	3.06	0.97	9	260	12.39
15#	3.30	0.95	11	330	9.96
17#	3.46	0.97	12	320	11.53
19#	3.13	0.94	10	180	7.49
平均值	3.04	0.91	10.4	294	10.72

#### (6) 结论

调查海域共鉴定出底栖动物 5 门 32 种，表明该海域底栖动物种类较丰富，优势种寡鳃齿吻沙蚕 (*Nephtus oligobranchia*)、长吻沙蚕 (*Glycera chirori*)、菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、不倒翁虫 (*Sternaspis sculata*)、丛生树蛭虫 (*Pista fasciata*)、紫贻贝 (*Mytilus galloprovincialis*)，紫蛇尾 (*Ophiopholis mirabilis*)，纽虫 (*Nemertinea sp.*)。

调查海域底栖动物种类均为黄海沿岸常见种，底栖动物生物多样性一般，群落结构基本正常。

### 4.3.5.3 秋季调查

#### 4.3.5.3.1 叶绿素 a

##### (1) 材料与方法

海洋生态调查共布设 12 个站位。叶绿素 a 的测定按照《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007) 第 6 部分海洋生物调查 5.2.2 分光光度法，用 90% 的丙酮萃取后使用分光光度计测定波长为 750nm、664nm、647nm、630nm 处的溶液吸光值。做浊度校正的 750nm 处吸光值不超过每厘米光程 0.005。

叶绿素 a 按照公式： $\rho_{chl-a} = (11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630}) \times v / (V \times L)$  进行计算，式中， $\rho_{chl-a}$  为样品中叶绿素 a 的含量 ( $\mu\text{g/L}$ )， $v$  为样品提取液的体积 (mL)， $V$  为海水样品实际用量 (L)， $L$  为测定池光程 (cm)。E664、E647 和 E630

分别为不同波长处 5cm 光程经浊度校正后的吸光值。

### (2) 调查结果

调查海域叶绿素 a 平均为 1.59 $\mu\text{g/L}$ ，波动范围在 1.19 $\mu\text{g/L}$ ~1.86 $\mu\text{g/L}$  之间；叶绿素 a 最高的是 14 号站位，叶绿素 a 最低的是 22 号站位，各站叶绿素 a 平面分布较均匀。

调查海域各站位叶绿素 a ( $\mu\text{g/L}$ ) 的调查结果见图 4.3.5-21。

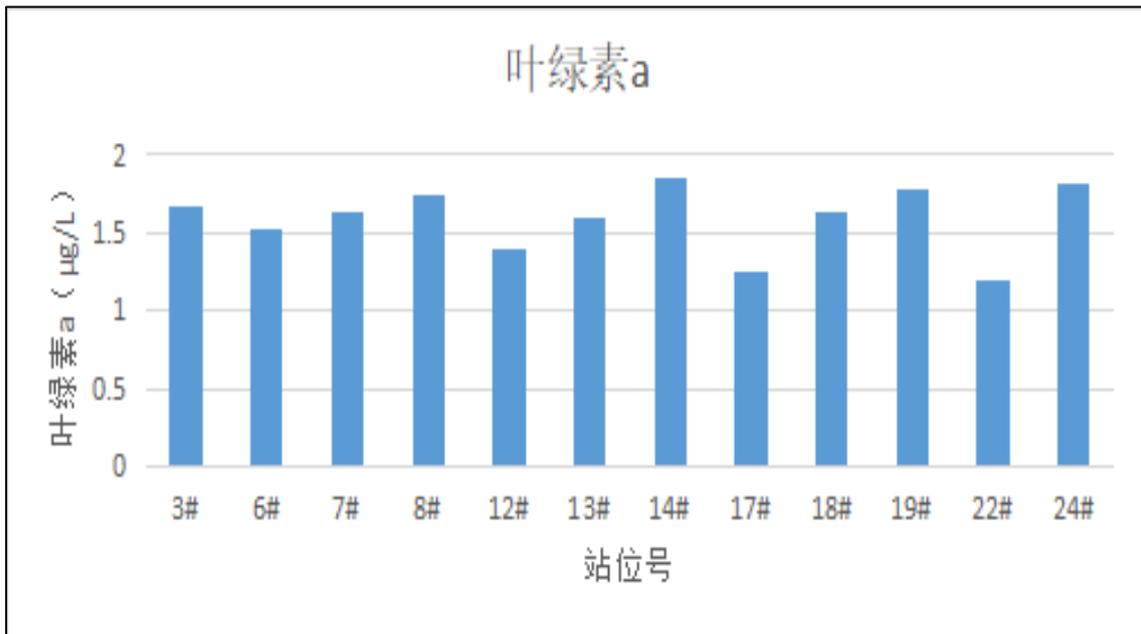


图4.3.5-21 调查海域各站位叶绿素 a( $\mu\text{g/L}$ )

### (3) 结语

调查海域在调查期间叶绿素 a 平均值为 1.59 $\mu\text{g/L}$ 。整体处于较低水平。

#### 4.3.5.3.2 浮游植物

##### (1) 材料与方法

浮游植物的调查分析方法依照《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007) 执行。海洋生态调查海域共布设 12 个监测站位。使用浅水Ⅲ型浮游生物网自水底至水面拖网采集浮游植物。采集到的浮游植物样品用浓度为 5% 甲醛固定保存。浮游植物样品经过静置、沉淀、浓缩后换入贮存瓶并编号，处理后的样品使用光学显微镜采用个体计数法进行物种鉴定和数量统计。个体数量以  $N \times 10^4$  个细胞/ $\text{m}^3$  表示。采用 Shannon-Weaver 指数方程计算生物多样性指数 ( $H'$ )，采用 Pielou 指数方程计算均匀度指数 ( $J$ )。

(2) 调查结果与评价

①浮游植物种类组成及优势种

调查所获浮游植物多为北温带广温广盐的近海物种。调查海域共检出网采浮游植物两大类 11 科 23 种，其中硅藻类 15 种，占总物种数的 65.2%；甲藻类 8 种，占总物种数的 34.8%，种类多样性较丰富。第一优势种为三角角藻 (*Ceratium tripos*)，优势度为 15.0%；第二优势种为辐射圆筛藻 (*Coscinodiscus radiatus*)，优势度为 10.2%；第三优势种为细弱圆筛藻 (*Coscinodiscus subtilis*)，优势度为 9.4%；第四优势种为梭角藻 (*Ceratium fusus*)，优势度为 9.2%。其它种类在浮游植物群落中所占比例较低。(调查海域浮游植物类群比例见图 4.3.5-22)。

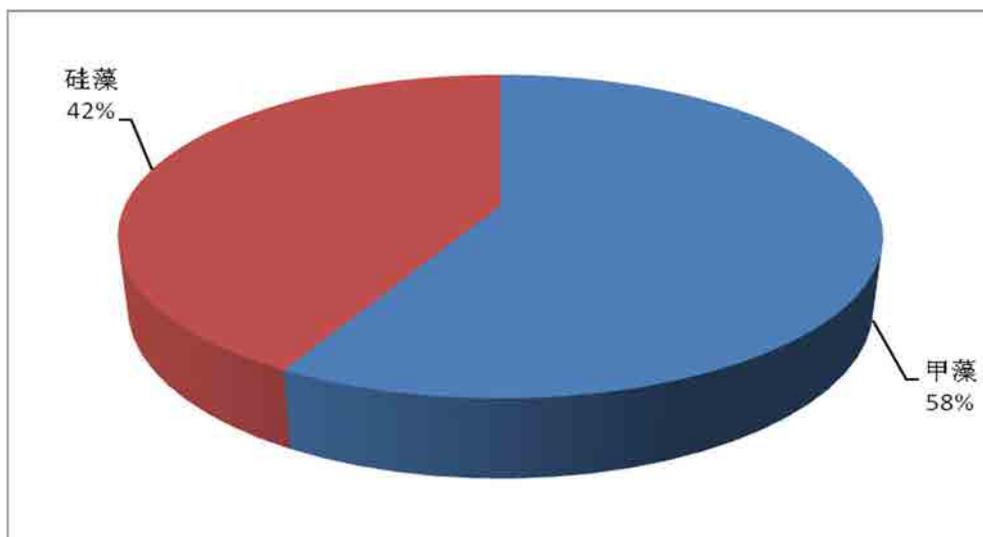


图4.3.5-22 调查海域浮游植物类群比例

②浮游植物细胞数量平面分布及种类数

调查区内各站位浮游植物细胞数量差异不大，其平面分布差异并不较明显，其波动范围在  $5.68 \times 10^4$  个/ $m^3$ - $11.69 \times 10^4$  个/ $m^3$  之间。细胞数量最大值出现在 3 号站 ( $11.69 \times 10^4$  个/ $m^3$ )，最小值出现在 19 号站 ( $5.68 \times 10^4$  个/ $m^3$ )，浮游植物细胞数量总平均为  $8.89 \times 10^4$  个/ $m^3$ 。

如图 4.3.5-27 所示，各站位浮游植物种类数较多，差异不大，其中 8 号站位浮游植物种类最多为 14 种，14 号站位种类数较少为 7 种，平均为 10 种。

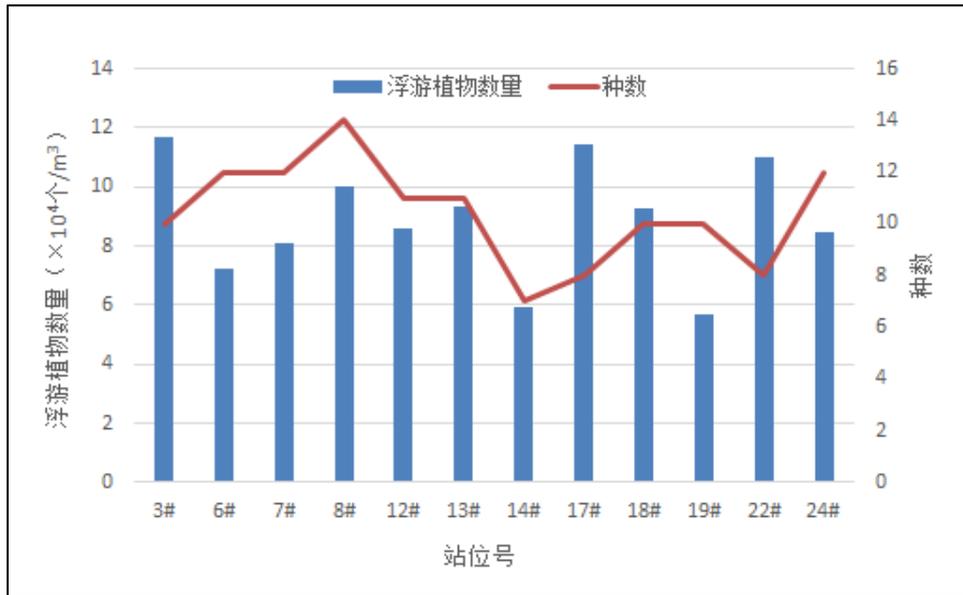


图4.3.5-23 调查海域浮游植物细胞数量及种类数

## ③生物多样性指数与均匀度

调查海域各站位生物多样性指数范围为 2.73~3.60，多样性指数最小出现在 18 号站（2.73），最大在 6 号站（3.60），平均为 3.16。均匀度波动范围为 0.91~0.98，最小出现在 18 号站（0.91），最大在 11 号站（0.98），平均为 0.94。该调查海域生物多样性指数及均匀度较高（见表 4.3.5-10）

表4.3.5-10 调查海域各站位多样性指数（H'）及均匀度（J）

站位	3#	6#	7#	8#	12#	13#
<b>H'</b>	3.04	3.32	3.44	3.60	3.27	3.30
<b>J</b>	0.92	0.93	0.96	0.95	0.95	0.95
站位	14#	17#	18#	19#	22#	24#
<b>H'</b>	2.74	2.82	3.14	3.13	2.73	3.35
<b>J</b>	0.98	0.94	0.95	0.94	0.91	0.93
平均	$H'=3.16$ $J=0.94$					

## (3) 结语

调查海域共鉴定出浮游植物两大类 11 科 23 种，浮游植物群落组成属于较典型的北方海域种类组成，种类多样性较丰富，第一优势种为三角角藻，第二优势种为辐射圆筛藻，第三优势种为细弱圆筛藻，第四优势种为梭角藻。优势种较突出，优势度较显著。调查海域浮游植物细胞数量平面分布差异并不明显，藻类细胞数量处于正常水平，波动范围正常。调查海域生物多样性指数及均匀度处于较

高水平，平均值分别为 3.16 和 0.94，表明群落结构多样性较好，种类间分布程度较均匀。调查海域无论从种类组成、藻类细胞数量以及空间分布，未出现异常现象。

#### 4.3.5.3.3 浮游动物

##### (1) 材料与方法

浮游动物调查与评价指标包括浮游动物的种类组成、优势种、个体密度及分布、生物量、生物多样性指数和均匀度指数。

按照《海洋监测规范》(GB17378.7-2007)，海洋生态调查海域共布设 12 个监测站位。浮游动物样品系用浅海 I 型(大网)和 II 型(中网)标准浮游生物网自底至表垂直拖取采集。所获样品用 5% 的甲醛固定保存。浮游动物样品分析采用个体计数法和直接称重法(湿重)。浮游动物个体计数采用大网和中网样品分别计数，计数后换算成全网数量(ind/m<sup>3</sup>)。浮游动物生物量为浅海 I 型(大网)浮游动物湿重生物量，以 mg/m<sup>3</sup> 为计算单位。

浮游动物多样性指数的计算利用 Shannon-Weaver 多样性指数( $H'$ )

$$H' = - \sum_{i=1}^s (n_i / N) \log_2 (n_i / N)$$

式中  $S$  为种数； $n_i$  为第  $i$  种的个体数； $N$  为总个体数。

浮游动物均匀度指数采用皮诺(Pielou, 1996)均匀度计算公式：

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

其中  $H'$  为 Shannon-Weaver 多样性指数； $S$  为种数。

##### (2) 调查结果

###### ① 浮游动物种类组成

本次调查共鉴定出浮游动物六大类 24 种，其中桡足类 10 种，占种类组成的 41.7%；浮游幼虫 9 种，占种类组成的 37.5%；枝角类 2 种，占种类组成的 8.3%；水母类 2 种，占种类组成的 8.3%；毛颚类 1 种，均占种类组成的 4.3%。浮游动物主要优势种有小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、洪氏纺锤水蚤(*Acartia hongii*)、长腕幼虫(*Ophiopluteus larva*)、鱼卵(*Fish eggs*)。

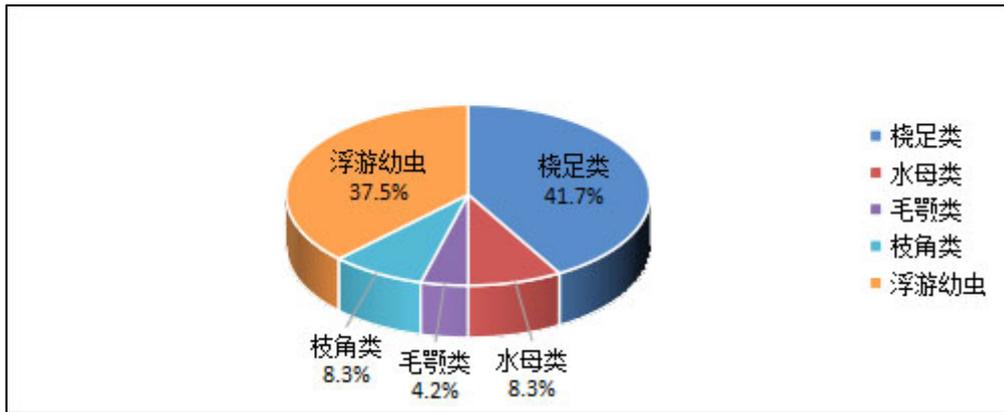


图4.3.5-24 调查海域浮游动物种类组成百分比

## ②浮游动物个体密度分布

I型网浮游动物平均数量为 25.90 个/m<sup>3</sup>，各站位数量波动范围在 (9.32~50.60) 个/m<sup>3</sup> 之间，18 号数量最多 (50.60 个/m<sup>3</sup>)，24 号站数量最少 (9.32 个/m<sup>3</sup>) (图 4.3.5-25)；II型网浮游动物平均数量为 229.85 个/m<sup>3</sup>，各站位数量波动范围在 (130.91~313.29) 个/m<sup>3</sup> 之间，14 号站数量最多 (为 313.29 个/m<sup>3</sup>)，22 号站数量最少 (为 130.91 个/m<sup>3</sup>) (见图 4.3.5-26)。

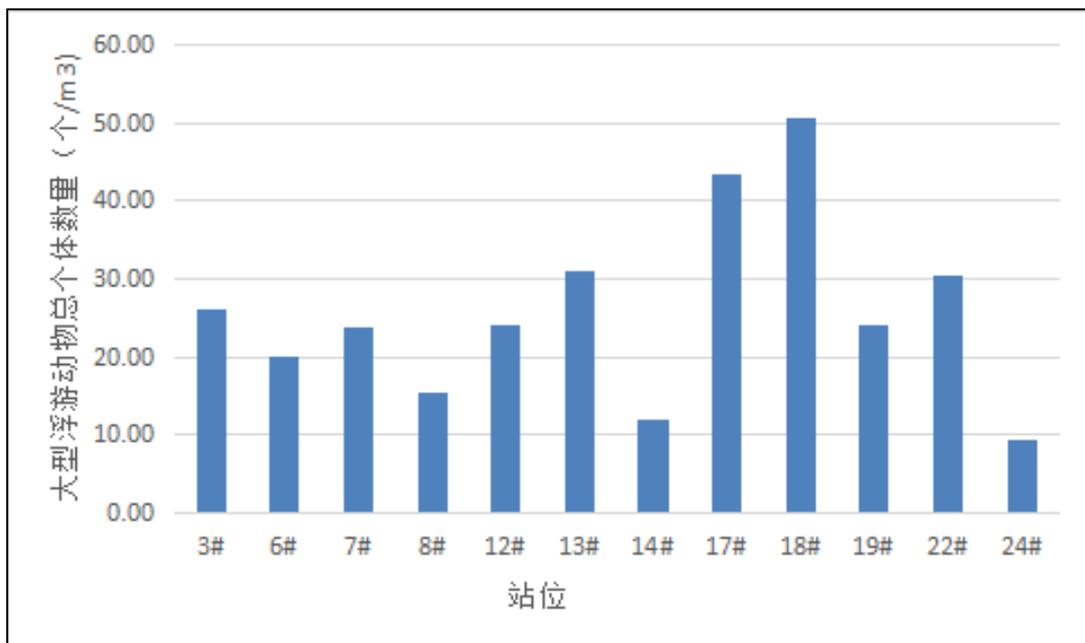


图4.3.5-25 调查海域大型浮游动物密度分布

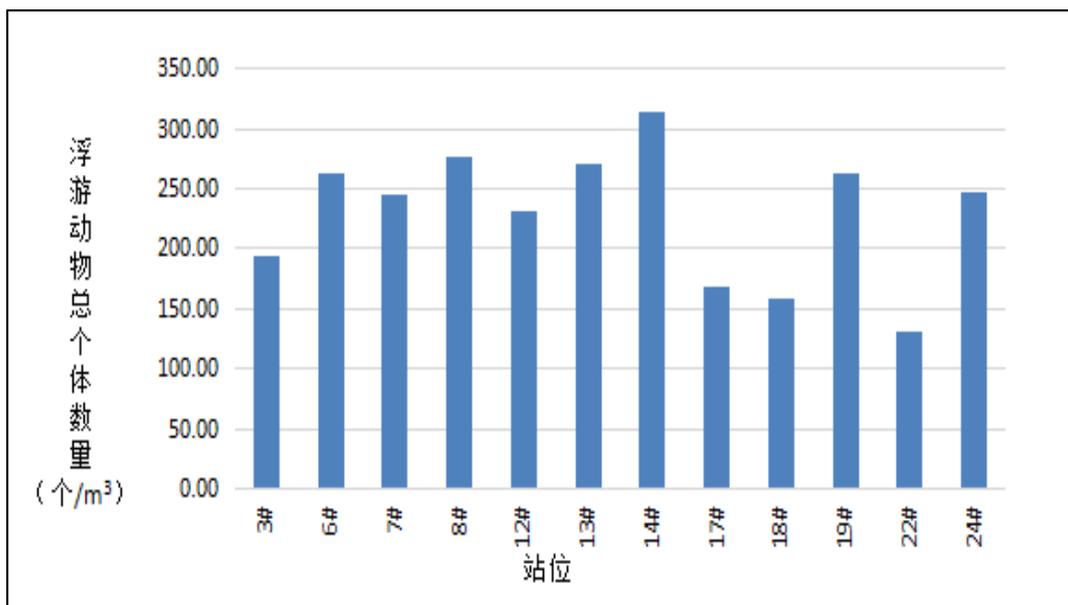


图4.3.5-26 调查海域中型浮游动物密度分布

③浮游动物生物量分布

调查海域浮游动物生物量平均值为  $26.95\text{mg/m}^3$ ，各站位生物量波动范围在  $(13.76\sim 75.18)\text{mg/m}^3$  之间，生物量最大值出现在 18 号站 ( $75.18\text{mg/m}^3$ )，最小值出现在 24 号站 ( $13.76\text{mg/m}^3$ ) (图 4.3.5-27)。

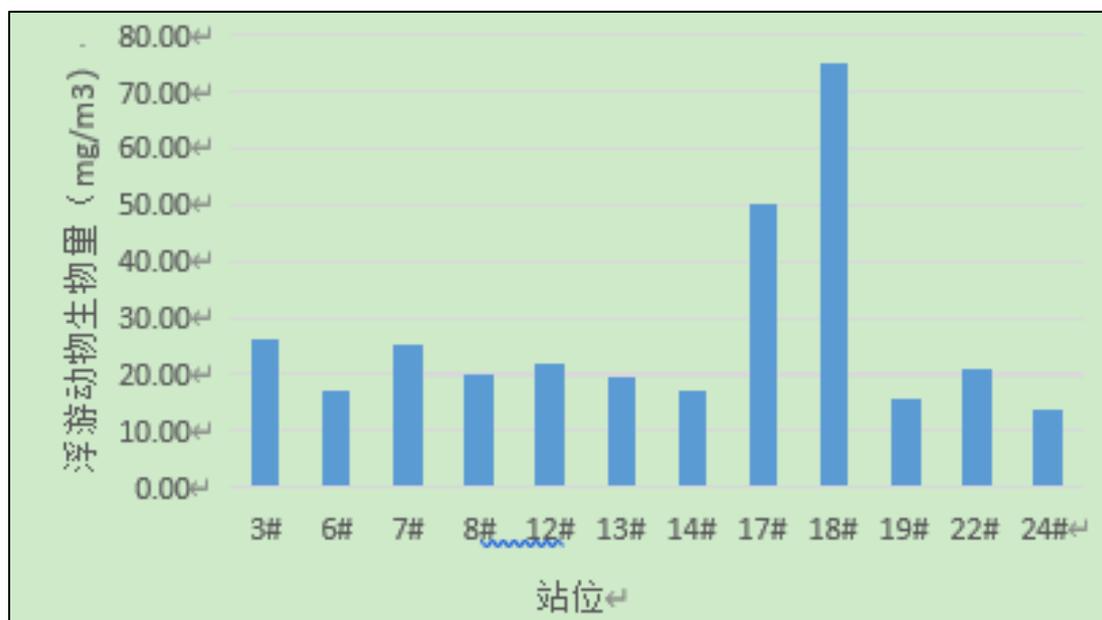


图4.3.5-27 调查海域浮游动物生物量分布

④浮游动物主要优势种分布春季主要优势种

调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为 1.94，各站位波动范围在 0.95~3.00 之间，最大值出现在 3 号站 (3.00)，最小值出现在 8 号站 (0.95)；均匀度指数平均值为

0.58, 各站位波动范围在 0.34~0.82 之间, 最大值出现在 24 号站 (0.82), 最小值出现在 8 号站 (0.34) (见表 4.3.5-11)。

调查海域, 中型浮游动物多样性指数平均值为 2.81, 各站位波动范围在 2.45~3.39 之间, 最大值出现在 6 号站 (3.39), 最小值出现在 12 号站 (2.45); 均匀度指数平均值为 0.95, 各站位波动范围在 0.82~1.01 之间, 最大值出现在 8 号站 (1.01), 最小值分别出现在 12 号站 (0.82) (见 4.3.5-11)。

表4.3.5-11 浮游动物多样性指数及均匀度指数分布

站位	I型 (大网)		II型 (中网)	
	多样性指数	均匀度指数	多样性指数	均匀度指数
3#	3.00	0.77	2.72	0.97
6#	1.61	0.51	3.39	0.98
7#	1.41	0.47	2.74	0.98
8#	0.95	0.34	2.83	1.01
12#	1.43	0.48	2.45	0.82
13#	2.02	0.56	2.83	0.94
14#	1.58	0.56	2.97	0.94
17#	1.26	0.42	2.57	0.99
18#	2.71	0.73	2.51	0.97
19#	2.16	0.62	3.21	0.97
22#	2.29	0.69	2.50	0.97
24#	2.83	0.82	2.97	0.86
均值	1.94	0.58	2.81	0.95

#### ⑤结语

调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国北方海域浮游动物种类组成单纯, 个体数量大的特征。本海域调查共采集到六大类 24 种浮游动物。浮游动物主要优势种有小拟哲水蚤 (*Paracalanus parvus*)、洪氏纺锤水蚤 (*Acartia hongii*)、长腕幼虫 (*Ophiopluteus larva*)、鱼卵 (*Fish eggs*)。浮游动物总数量 I 型网和 II 型网总平均数量分别为 25.90 个/m<sup>3</sup> 和 229.85 个/m<sup>3</sup>, 各站位数量波动范围分别在 (9.32~50.60) 个/m<sup>3</sup> 之间和 (130.91~313.29) 个/m<sup>3</sup> 之间。调查海域浮游动物生物量平均值 26.95mg/m<sup>3</sup>, 各站位生物量波动范围在 (13.76~75.18) mg/m<sup>3</sup> 之间。调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 1.94, 各站位波动范围在 0.95~3.00 之间; 均匀度指数平均值为 0.58, 各站位波动范围在 0.34~0.82 之间。调查海域中型浮游动物多样性指数平均值为 2.81, 各站位波动范围在 2.45~3.39 之间; 均匀

度指数平均值为 0.95，各站位波动范围在 0.82~1.01 之间。

#### 4.3.5.3.4 底栖生物

##### (1) 材料与方法

海洋生态调查海域共布设 12 个监测站位。底栖动物调查采样用 0.05m<sup>2</sup> 抓斗式采泥器采集，每站取样 2 次，取样面积为 0.1m<sup>2</sup>，取样深度为 10-20cm。将采集到的沉积物样倒入网目为 0.5mm 底栖动物分样筛内，提水冲洗掉底泥，挑选出所有生物，装入标本瓶内，放入标签，用 5%福尔马林固定液固定，标本带回实验室分析（包括物种鉴定、称量及计算等）。具体操作方法严格按照《海洋监测规范》执行。

依据《海洋监测规范》（GB17378.7-2007），分析底栖动物多样性指数、均匀度、丰富度指数和优势度等指标。

##### (2) 底栖动物的种类组成

本次调查共鉴定出底栖动物 5 门 32 种，其中环节动物 7 种，占总种数的 29%；软体动物 7 种，占总种数的 29%；节肢动物 6 种，占总种数的 25%；棘皮动物 3 种，占总种数的 13%；纽形动物 1 种，占总种数的 4%。本海域底栖动物优势种有寡鳃齿吻沙蚕（*Nephtus oligobranchia*）、菲律宾蛤仔（*Ruditapes philippinarum*）、丛生树蛭虫（*Pista fasciata*）、紫贻贝（*Mytilus galloprovincialis*），纽虫（*Nemertinea sp.*）、轮双眼钩虾（*Ampelisca bocki*）、博氏双眼钩虾（*Ampelisca bocki*）。调查海域底栖动物的物种组成见图 4.3.5-20。

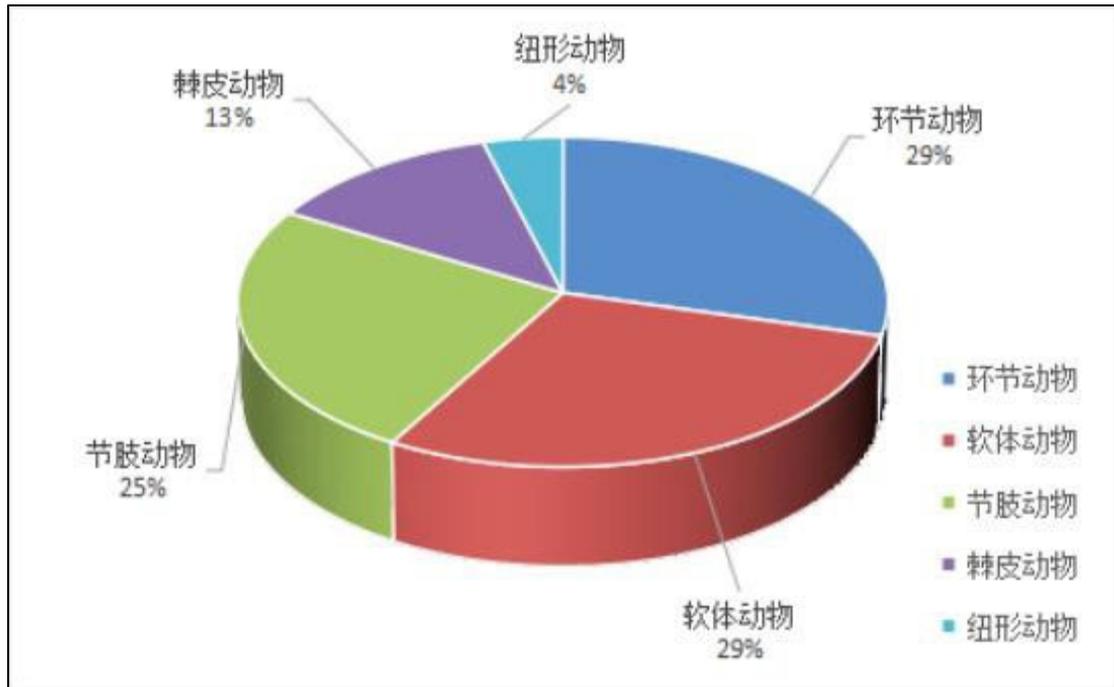


图4.3.5-28 调查海域底栖动物的物种组成

### (3) 底栖动物栖息密度

在调查海域，底栖动物平均个体密度为 431 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物最高，为 1880 个/m<sup>2</sup>，占 43.62%；其次是软体动物为 1260 个/m<sup>2</sup>，占 29.23%；节肢动物，为 710 个/m<sup>2</sup>，占 16.47%；棘皮动物为 230 个/m<sup>2</sup>，占 5.34%；纽形动物为 230 个/m<sup>2</sup>，占 5.34%。从站位分布看，8 号站位最高，为 1110 个/m<sup>2</sup>；3 号站位最低，为 110 个/m<sup>2</sup>。

3 号站位底栖动物个体密度为 110 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 18.18%；软体动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 36.36%；节肢动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 18.18%。棘皮动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 27.27%；

6 号站位底栖动物个体密度为 270 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 100 个/m<sup>2</sup>，占 37.04%；软体动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 25.93%。节肢动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 25.93%。纽形动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 11.11%。

7 号站位底栖动物个体密度为 450 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 200 个/m<sup>2</sup>，占 44.44%；软体动物为 90 个/m<sup>2</sup>，占 20.00%；节肢动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 13.33%。棘皮动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 13.33%。纽形动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 8.89%。

8 号站位底栖动物个体密度为 1110 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 440 个/m<sup>2</sup>，占

39.64%；软体动物为 350 个/m<sup>2</sup>，占 31.53%；节肢动物为 260 个/m<sup>2</sup>，占 23.42%。纽形动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 5.41%。

12 号站位底栖动物个体密度为 480 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 300 个/m<sup>2</sup>，占 62.50%；软体动物为 100 个/m<sup>2</sup>，占 20.83%；节肢动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 14.58%。棘皮动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 2.08%。

13 号站位底栖动物个体密度为 220 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 90 个/m<sup>2</sup>，占 40.91%；软体动物为 90 个/m<sup>2</sup>，占 40.91%；棘皮动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 18.18%。

14 号站位底栖动物个体密度为 260 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 120 个/m<sup>2</sup>，占 46.15%；软体动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 23.08%；棘皮动物为 50 个/m<sup>2</sup>，占 19.23%。纽形动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 11.54%。

17 号站位底栖动物个体密度为 330 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 200 个/m<sup>2</sup>，占 60.61%；软体动物为 80 个/m<sup>2</sup>，占 24.24%；节肢动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 6.06%；棘皮动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 6.06%。纽形动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 3.03%。

18 号站位底栖动物个体密度为 320 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 200 个/m<sup>2</sup>，占 62.50%；软体动物为 80 个/m<sup>2</sup>，占 25.00%；节肢动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 9.38%；棘皮动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 3.12%。

19 号站位底栖动物平均个体密度为 180 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 38.89%；软体动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 38.89%；节肢动物为 30 个/m<sup>2</sup>，占 16.67%；棘皮动物为 10 个/m<sup>2</sup>，占 5.56%。

22 号站位底栖动物个体密度为 320 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 60 个/m<sup>2</sup>，占 18.75%；软体动物为 140 个/m<sup>2</sup>，占 43.75%；节肢动物为 80 个/m<sup>2</sup>，占 25.00%；纽形动物为 40 个/m<sup>2</sup>，占 12.50%。

24 号站位底栖动物个体密度为 260 个/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 80 个/m<sup>2</sup>，占 30.77%；软体动物为 90 个/m<sup>2</sup>，占 34.62%；节肢动物为 70 个/m<sup>2</sup>，占 26.92%；纽形动物为 20 个/m<sup>2</sup>，占 7.69%。

#### (4) 底栖动物生物量分布

在调查海域，底栖动物平均生物量为 12.31g/m<sup>2</sup>，其中软体动物最高，为 47.84g/m<sup>2</sup>，占 32.39%；其次是环节动物为 36.79g/m<sup>2</sup>，占 24.91%；棘皮动物为 35.45g/m<sup>2</sup>，占 24.00%；节肢动物为 22.41g/m<sup>2</sup>，占 15.17%；纽形动物为 5.20g/m<sup>2</sup>，

占 3.52%。从站位分布看，8 号站位最高，为 32.34g/m<sup>2</sup>；19 号站位最低，仅为 7.49g/m<sup>2</sup>。

3 号站位底栖动物平均生物量为 8.63g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 1.64g/m<sup>2</sup>，占 19.00%；环节动物为 0.59g/m<sup>2</sup>，占 6.79%；节肢动物为 0.79g/m<sup>2</sup>，占 9.14%。棘皮动物为 5.61g/m<sup>2</sup>，占 65.07%；

6 号站位底栖动物平均生物量为 8.20g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 3.18g/m<sup>2</sup>，占 38.76%；环节动物为 1.78g/m<sup>2</sup>，占 21.76%。节肢动物为 2.60g/m<sup>2</sup>，占 31.70%。纽形动物为 0.64g/m<sup>2</sup>，占 7.76%。

7 号站位底栖动物平均生物量为 17.37g/m<sup>2</sup>，其中环节动物为 3.90g/m<sup>2</sup>，占 22.44%；棘皮动物为 8.27g/m<sup>2</sup>，占 47.61%；软体动物为 2.82g/m<sup>2</sup>，占 16.21%；节肢动物为 1.64g/m<sup>2</sup>，占 9.46%。纽形动物为 0.74g/m<sup>2</sup>，占 4.27%。

8 号站位底栖动物平均生物量为 32.34g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 13.37g/m<sup>2</sup>，占 41.35%；环节动物为 8.55g/m<sup>2</sup>，占 26.44%；节肢动物为 9.09g/m<sup>2</sup>，占 28.12%。纽形动物为 1.32g/m<sup>2</sup>，占 4.09%。

12 号站位底栖动物平均生物量为 13.90g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 3.75g/m<sup>2</sup>，占 26.98%；环节动物为 5.58g/m<sup>2</sup>，占 40.14%；节肢动物为 2.13g/m<sup>2</sup>，占 15.30%；棘皮动物为 2.44g/m<sup>2</sup>，占 17.56%。

13 号站位底栖动物平均生物量为 9.85g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 4.09g/m<sup>2</sup>，占 41.48%；环节动物为 1.94g/m<sup>2</sup>，占 19.70%；棘皮动物为 3.82g/m<sup>2</sup>，占 38.81%。

14 号站位底栖动物平均生物量为 12.39g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 2.21g/m<sup>2</sup>，占 17.80%；环节动物为 2.66g/m<sup>2</sup>，占 21.47%。棘皮动物为 6.86g/m<sup>2</sup>，占 55.38%。纽形动物为 0.66g/m<sup>2</sup>，占 5.34%。

17 号站位底栖动物平均生物量为 9.96g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 2.31g/m<sup>2</sup>，占 23.15%；环节动物为 4.07g/m<sup>2</sup>，占 40.88%；节肢动物为 0.20g/m<sup>2</sup>，占 2.05%；棘皮动物为 2.87g/m<sup>2</sup>，占 28.80%。纽形动物为 0.51g/m<sup>2</sup>，占 5.12%。

18 号站位底栖动物平均生物量为 11.53g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 3.56g/m<sup>2</sup>，占 30.83%；环节动物为 3.73g/m<sup>2</sup>，占 32.34%；节肢动物为 1.21g/m<sup>2</sup>，占 10.49%；棘皮动物为 3.03g/m<sup>2</sup>，占 26.31%。

19 号站位底栖动物平均生物量为 7.49g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 2.28g/m<sup>2</sup>，占

30.37%；棘皮动物为 2.55g/m<sup>2</sup>，占 33.98%；环节动物为 1.43g/m<sup>2</sup>，占 19.08%。节肢动物为 1.24g/m<sup>2</sup>，占 16.54%。

22 号站位底栖动物平均生物量为 8.24g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 4.72g/m<sup>2</sup>，占 57.23%；环节动物为 0.94g/m<sup>2</sup>，占 11.40%。节肢动物为 1.76g/m<sup>2</sup>，占 21.37%。纽形动物为 0.83g/m<sup>2</sup>，占 10.00%。

24 号站位底栖动物平均生物量为 7.49g/m<sup>2</sup>，其中软体动物为 3.94g/m<sup>2</sup>，占 50.44%；环节动物为 1.63g/m<sup>2</sup>，占 20.80%。节肢动物为 1.75g/m<sup>2</sup>，占 22.38%；纽形动物为 0.50g/m<sup>2</sup>，占 6.38%。

#### (5) 底栖动物群落结构特征

调查海域各调查站位生物群落结构特征参数见表 4.3.5-12 中。

表4.3.5-12 调查海域大型底栖动物群落结构特征参数

站位	多样性指数	均匀度	种数	栖息密度 (个/m <sup>2</sup> )	生物量 (g/m <sup>2</sup> )
3#	2.73	0.97	7	110	8.63
6#	2.90	0.97	8	270	8.20
7#	3.57	0.96	13	450	17.37
8#	4.26	0.99	20	1110	32.34
12#	3.77	0.96	15	480	13.90
13#	2.86	0.95	8	220	9.85
14#	3.06	0.97	9	260	12.39
17#	3.30	0.95	11	330	9.96
18#	3.46	0.97	12	320	11.53
19#	3.13	0.94	10	180	7.49
22#	3.04	0.96	9	320	8.24
24#	3.49	1.16	8	260	7.81
平均值	3.30	0.98	10.8	359	12.31

#### (6) 结论

调查海域共鉴定出底栖动物 5 门 32 种，表明该海域底栖动物种类较丰富，优势种有寡鳃齿吻沙蚕 (*Nephtus oligobranchia*)、菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、丛生树蛭虫 (*Pista fasciata*)、紫贻贝 (*Mytilus galloprovincialis*)，纽虫 (*Nemertinea sp.*)、轮双眼钩虾 (*Ampelisca bocki*)、博氏双眼钩虾 (*Ampelisca bocki*)。

调查海域底栖动物种类均为黄海沿岸常见种，底栖动物生物多样性一般，群

落结构基本正常。

#### 4.3.5.3.5 潮间带生物

本部分的数据采用现状调查的方法获取。在调查海域进行潮间生物调查。调查共布设三个潮间带断面，潮间带断面分为高潮区、中潮区和低潮区，每个断面高潮区布设 2 个站位，中潮区布设 3 个站位，低潮区布设 1 个站位。

##### (1) 调查方法

潮间带生物调查采样用样框采集，硬相生物取样用 0.25m×0.25m 样方框，软体生物取样用 0.25m×0.25m×0.30m 样方框取样。将采集到的沉积物样倒入网目为 0.5mm 底栖动物分样筛内，提水冲洗掉底泥，挑选出所有生物，装入标本瓶内，放入标签，用 5%福尔马林固定液固定，标本带回实验室分析（包括种类鉴定、称量及计算等）。具体操作方法严格按中华人民共和国标准《海洋监测规范》和《海洋调查规范》执行。

分析评价内容为：栖息在该区域的生物种类组成、生物量、栖息密度及空间分布状况，并计算出各站位种类多样性指数 ( $H'$ )。

生物多样性指数 ( $H'$ ) 计算同浮游植物。

##### (2) 调查结果

###### ①种类组成

潮间带调查共鉴定出潮间带生物 14 种。其中，节肢动物 3 种，占 21%；环节动物 6 种，占 43%；软体动物 5 种，占 36%；调查海区种类组成主要是节肢动物、环节动物、软体动物（见图 4.3.5-29）。



图4.3.5-29 调查海域潮间带生物种类组成比

调查海域各站位生物种类数为3~10种，其中编号为SW202309170116 (C3断面中潮区)与编号为SW202309170117 (C3断面中潮区)的站位采集到生物种类数最高，为10种；编号为SW202309170112 (C2断面低潮区)的站位采集到生物种类数最低，为3种；调查海域C1、C2、C3断面生物种类数平均值分别为6.7、4.8、8.8种（见表4.3.5-13）。

表4.3.5-13 潮间带生物生物种类数

站位号	种类数（种）	平均值	平均值
SW202309170101（C1断面高潮区）	5	6.0	6.7
SW202309170102（C1断面高潮区）	7		
SW202309170103（C1断面中潮区）	9	7.0	
SW202309170104（C1断面中潮区）	5		
SW202309170105（C1断面中潮区）	7		
SW202309170106（C1断面低潮区）	7	7.0	
SW202309170107（C2断面高潮区）	6	5.5	4.8
SW202309170108（C2断面高潮区）	5		
SW202309170109（C2断面中潮区）	6	5.0	
SW202309170110（C2断面中潮区）	5		
SW202309170111（C2断面中潮区）	4		
SW202309170112（C2断面低潮区）	3	3.0	
SW202309170113（C3断面高潮区）	8	8.0	8.8
SW202309170114（C3断面高潮区）	8		
SW202309170115（C3断面中潮区）	8	9.3	
SW202309170116（C3断面中潮区）	10		
SW202309170117（C3断面中潮区）	10		
SW202309170118（C3断面低潮区）	9	9.0	

## ② 栖息密度

调查海域各站位生物栖息密度变化范围为 80~384 个/m<sup>2</sup>。其中 SW202309170113 (C3 断面高潮区)、SW202309170114 (C3 断面高潮区) 站位生物栖息密度最高, 为 384 个/m<sup>2</sup>, SW202309170112 (C2 断面低潮区) 站位生物栖息密度最低, 为 80 个/m<sup>2</sup>; 调查海域 C1、C2、C3 断面栖息密度平均值为 200 个/m<sup>2</sup>、144 个/m<sup>2</sup>、347 个/m<sup>2</sup> (见表 4.3.5-14)。

表4.3.5-14 潮间带生物栖息密度构成

站位号	种类数 (种)	平均值	平均值
SW202309170101 (C1 断面高潮区)	144	192	220
SW202309170102 (C1 断面高潮区)	240		
SW202309170103 (C1 断面中潮区)	240	197	
SW202309170104 (C1 断面中潮区)	224		
SW202309170105 (C1 断面中潮区)	128		
SW202309170106 (C1 断面低潮区)	224	224	
SW202309170107 (C2 断面高潮区)	192	176	140
SW202309170108 (C2 断面高潮区)	160		
SW202309170109 (C2 断面中潮区)	192	144	
SW202309170110 (C2 断面中潮区)	144		
SW202309170111 (C2 断面中潮区)	96		
SW202309170112 (C2 断面低潮区)	80	80	
SW202309170113 (C3 断面高潮区)	384	384	347
SW202309170114 (C3 断面高潮区)	384		
SW202309170115 (C3 断面中潮区)	336	331	
SW202309170116 (C3 断面中潮区)	336		
SW202309170117 (C3 断面中潮区)	320		
SW202309170118 (C3 断面低潮区)	320	320	

## ③ 生物量分布

调查海域各站位生物量变化范围为 16.00~122.24g/m<sup>2</sup>, SW202309170103 (C1 断面中潮区) 站位生物量最高, 为 122.24g/m<sup>2</sup>, SW202309170111 (C2 断面中潮区) 站位生物量最低, 为 16.00g/m<sup>2</sup>, 调查海域 C1、C2、C3 断面各站位生物量平均值为 65.55g/m<sup>2</sup>、38.45g/m<sup>2</sup>、93.95g/m<sup>2</sup> (见表 4.3.5-15)。

表4.3.5-15 潮间带生物生物量构成

站位号	种类数 (种)	平均值	平均值	
SW202309170101 (C1 断面高潮区)	36.00	53.12	65.55	
SW202309170102 (C1 断面高潮区)	70.24			
SW202309170103 (C1 断面中潮区)	122.24	81.97		
SW202309170104 (C1 断面中潮区)	56.96			
SW202309170105 (C1 断面中潮区)	66.72			
SW202309170106 (C1 断面低潮区)	41.12	41.12		
SW202309170107 (C2 断面高潮区)	42.88	64.16	38.45	
SW202309170108 (C2 断面高潮区)	85.44			
SW202309170109 (C2 断面中潮区)	27.04	25.53		
SW202309170110 (C2 断面中潮区)	42.56			
SW202309170111 (C2 断面中潮区)	16.00			
SW202309170112 (C2 断面低潮区)	16.80	16.80		
SW202309170113 (C3 断面高潮区)	107.04	87.36		93.95
SW202309170114 (C3 断面高潮区)	67.68			
SW202309170115 (C3 断面中潮区)	92.96	102.83		
SW202309170116 (C3 断面中潮区)	110.08			
SW202309170117 (C3 断面中潮区)	105.44			
SW202309170118 (C3 断面低潮区)	80.48	80.48		

## ④生物多样性指数

调查海域各站位生物多样性指数变化范围为 1.52 ~ 3.25，其中 SW202309170117 (C3 断面中潮区) 站位多样性指数最高，为 3.25；SW202309170112 (C2 断面低潮区) 站位多样性指数最低，为 1.52；调查海域 C1、C2、C3 断面各站位多样性指数平均值分别为 2.51、2.12、2.97 (见表 4.3.5-16)。

表4.3.5-16 各站位潮间带生物多样性指数

站位号	种类数 (种)	平均值	平均值
SW202309170101 (C1 断面高潮区)	2.11	2.20	2.51
SW202309170102 (C1 断面高潮区)	2.30		
SW202309170103 (C1 断面中潮区)	3.11	2.67	
SW202309170104 (C1 断面中潮区)	2.16		
SW202309170105 (C1 断面中潮区)	2.75		
SW202309170106 (C1 断面低潮区)	2.65	2.65	
SW202309170107 (C2 断面高潮区)	2.36	2.30	2.12
SW202309170108 (C2 断面高潮区)	2.25		
SW202309170109 (C2 断面中潮区)	2.36	2.19	
SW202309170110 (C2 断面中潮区)	2.28		
SW202309170111 (C2 断面中潮区)	1.92		
SW202309170112 (C2 断面低潮区)	1.52	1.52	
SW202309170113 (C3 断面高潮区)	2.90	2.83	2.97
SW202309170114 (C3 断面高潮区)	2.76		
SW202309170115 (C3 断面中潮区)	2.82	3.06	
SW202309170116 (C3 断面中潮区)	3.10		
SW202309170117 (C3 断面中潮区)	3.25		
SW202309170118 (C3 断面低潮区)	2.97	2.97	

### (3) 潮间带生物调查小结

潮间带调查共鉴定出潮间带生物 14 种。调查海区种类组成主要是节肢动物 3 种、环节动物 6 种、软体动物 5 种。调查到的经济物种有：纵肋织纹螺、江户明樱蛤、脉红螺、扁玉螺、中国毛虾。

## 4.3.6 海洋生物质量现状调查与评价

大连正信检测有限公司于 2023 年 5 月和 2023 年 9 月分别进行了春秋两季海洋生物质量现状调查。

### 4.3.6.1 春季调查

#### 4.3.6.1.1 调查项目

在监测海域内 6 个站位采取双壳贝类（脉红螺）、鱼类（鲷、李氏鱼衔、棘

头梅童鱼)和甲壳类(三疣梭子蟹、口虾蛄)三类海洋生物作为受检生物,对其体内的铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、锌(Zn)、汞(Hg)、砷(As)、铬(Cr)、硒(Se)、石油烃等进行检测分析。

#### 4.3.6.1.2 分析方法

生物样品化学项目的分析方法见表 4.3.6-1。贝类样品的处理,首先用塑料刷除去贝壳外所有附着物,然后用蒸馏水漂洗每个样品,烘干至恒重,用玛瑙研钵磨碎,全部过 80 目~100 目尼龙筛,供痕量元素分析。鱼类样品的制备,用蒸馏水洗涤鱼样,将其放在工作台上,用塑料刀切除鱼鳍并切开背鳍附近自头至尾部的鱼皮。在鱼鳃附近和尾部,横过鱼体各切一刀;在腹部、鳃和尾部两侧各切一刀。四刀只切在鱼体的一侧,且不得切太深,用镊子将鱼皮与肉分离,谨防外表皮玷污肉片,用另一把塑料刀将肌肉与脊梁分离,并用镊子取下肌肉,烘干至恒重,用玛瑙研钵磨碎,全部过 80 目~100 目尼龙筛,供痕量元素分析。甲壳类样品的制备,用塑料刀将腹部与头胸部及尾部分开,小心将其内脏从腹部取出。腿全部切除。将腹部翻下,用塑料刀沿腹部外甲边缘切开,用塑料镊子取下内侧外甲并弃去。用另一把塑料刀松动腹部肌肉,并用镊子取出肌肉,烘干至恒重,用玛瑙研钵磨碎,全部过 80 目~100 目尼龙筛,供痕量元素分析。

表4.3.6-1 生物质量检测样品分析测试方法

测定项目	分析方法	仪器设备	引用标准	检出限
铜	无火焰原子吸收分光光度法	PINAAcle900H 原子吸收分光光度计	GB 17378.6- 2007	0.4( $\times 10^{-6}$ )
铅	无火焰原子吸收分光光度法	PINAAcle900H 原子吸收分光光度计		0.04( $\times 10^{-6}$ )
锌	火焰原子吸收分光光度法	PINAAcle900H 原子吸收分光光度计		0.4( $\times 10^{-6}$ )
镉	无火焰原子吸收分光光度法	PINAAcle900H 原子吸收分光光度计		0.005( $\times 10^{-6}$ )
铬	无火焰原子吸收分光光度法	PINAAcle900H 原子吸收分光光度计		0.04( $\times 10^{-6}$ )
汞	原子荧光光度法	AFS-933 原子荧光光度计		0.002( $\times 10^{-6}$ )
砷	原子荧光光度法	AFS-933 原子荧光光度计		0.2( $\times 10^{-6}$ )
石油烃	荧光分光光度法	F97 荧光分光光度计		0.2( $\times 10^{-6}$ )

### 4.3.6.1.3 调查结果及评价

#### (1) 评价方法

评价方法采取常用的标准指数法，即环境因子实测值与海洋生物质量标准值之比。凡是单因子污染指数 $\leq 1$ 者，认为该站水体没有遭受该因子的污染， $>1$ 者为水体遭受该因子污染，数值越大污染越重。

#### (2) 评价标准

根据不同的海洋动物，分别采用不同的生物质量标准进行评价。对于双壳类贝类采用《海洋生物质量》(GB18421-2001) 第一类标准进行评价(表 4.3.6-2)；鱼类和甲壳类(除 As、石油烃外)采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》(第九篇环境质量调查)中的标准进行评价，鱼类和甲壳类生物体内的石油烃采用《第二次全国海洋污染基线调查规程》(第二分册)中的标准进行评价(表 4.3.6-3)。

该海域经济海洋生物质量调查和评价结果见下面的表格。

表4.3.6-2 海洋生物质量标准 (GB18421-2001) (单位为  $10^{-6}$ )

成分 名称	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	Hg	石油烃
第一类	10	0.1	20	0.2	1.0	0.5	0.05	15

表4.3.6-3 鱼类和甲壳类生物体内残留物评价标准 (单位为  $10^{-6}$ )

成分 名称	Cu	Pb	Zn	Cd	As	Cr	Hg	石油烃
鱼类	20	2.0	40	0.6	1.5	20	0.3	20
甲壳类	100	2.0	150	2.0	1.5	1.0	0.2	20

#### (3) 调查结果

本次海洋生物质量调查，对大连庄河滨海新区周边海域的鱼类、甲壳类和双壳类等海洋生物质量进行了取样调查。

调查结果见表表 4.3.6-4。

表4.3.6-4 海洋生物质量样品分析结果 (单位为  $10^{-6}$ )

站位	样品名称	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
1#	三疣梭子蟹	0.018	0.5	0.5	0.04	0.012	5.3	0.19	8.7
2#	蛹	0.017	0.3	0.7	0.02	0.011	6.5	0.18	2.7
3#	李氏鱼衔	0.022	0.4	2.2	0.04	0.014	8.0	0.21	3.8
4#	棘头梅童鱼	0.018	0.5	1.7	0.04	0.017	7.5	0.19	2.2
5#	口虾蛄	0.019	0.3	1.4	0.03	0.015	7.3	0.17	7.9
6#	脉红螺	0.025	0.5	1.6	0.04	0.020	8.8	0.25	6.5

## (4) 生物质量单因子评价结果

单因子污染指数评价如表 4.2.6-5。

表4.3.6-5 生物单因子污染指数统计结果

站位	样品名称	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Zn	Cr	石油烃
1#	三疣梭子蟹	0.09	0.50	0.01	0.02	0.01	0.04	0.13	0.44
2#	蛹	0.06	0.02	0.04	0.01	0.02	0.16	0.12	0.14
3#	李氏鱼衔	0.07	0.02	0.11	0.02	0.02	0.20	0.14	0.19
4#	棘头梅童鱼	0.06	0.03	0.09	0.02	0.03	0.19	0.13	0.11
5#	口虾蛄	0.10	0.30	0.01	0.02	0.01	0.05	0.11	0.40
6#	脉红螺	0.13	0.50	0.16	0.40	0.10	0.44	0.50	0.43

## ● 铜

监测结果显示, 在该海域进行调查的三类生物, 生物体残毒铜含量均不高。按照各种生物相对应的质量标准, 污染指数均小于 1。因此, 可以断定该海域的生物未遭到铜的污染。

## ● 铅

监测结果显示, 三类接受调查的生物体内, 接受调查的生物铅元素的含量水平都不高。按照各种生物相对应的质量标准, 污染指数均小于 1, 说明该类生物未遭到铅的污染。

## ● 镉

监测结果显示, 三类生物的镉污染指数均小于 1, 调查海域生物未遭到镉污染。

## ● 锌

监测结果显示, 调查海域站位的三类调查生物的锌含量均低于相应的质量标

准，污染指数均小于 1。说明该类生物未遭受到锌的污染。

- 汞

监测结果显示，三类调查生物的汞含量均低于相应的质量标准，污染指数均小于 1，未发现生物汞污染现象。

- 砷

监测结果显示，本次生物质量调查，部分甲壳类的口虾蛄和背褐腹虾的污染指数较高，但小于 1，其余调查生物的污染指数也均小于 1，该海域的生物未遭到砷污染。

- 石油烃

监测结果显示，调查海域生物残毒石油烃含量均未超出生物质量标准的要求，污染指数均小于 1。

- 铬

监测结果显示，三类生物的铬污染指数均小于 1，调查海域生物未遭到铬污染。

#### 4.3.6.2 秋季调查

##### 4.3.6.2.1 调查项目

连正信检测有限公司于 2023 年 8 月以监测海域内 12 个站位采取双壳贝类和鱼类海洋生物作为受检生物进行生物质量调查与评价。调查项目和分析方法同春季。

##### 4.3.6.2.2 调查结果及评价

###### (1) 调查结果

本次海洋生物质量调查，对大连庄河滨海新区周边海域的鱼类、甲壳类和双壳贝类等海洋生物质量进行了取样调查。

调查结果见表 4.3.6-6。

表4.3.6-6 海洋生物质量样品分析结果 (单位为  $10^{-6}$ )

站位	样品名称	石油烃	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
1#	焦氏舌鳎	3.8	0.9	0.03	6.7	0.019	0.26	0.02	0.80
1#	四角蛤蜊	7.0	1.3	0.03	6.3	0.021	0.23	0.02	0.77
9#	口虾蛄	7.3	0.9	0.05	10.7	0.015	0.23	0.02	0.61
9#	梭子蟹	4.5	0.8	0.04	10.2	0.023	0.19	0.02	0.61
11#	脉红螺	7.2	1.3	0.04	7.7	0.023	0.27	0.03	0.79
11#	东方对虾	8.4	0.9	0.03	6.0	0.026	0.26	0.02	0.69

## (2) 生物质量单因子评价结果

单因子污染指数评价如表 4.2.6-7。

表4.3.6-7 生物单因子污染指数统计结果

站位	样品名称	石油烃	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷
1#	焦氏舌鳎	0.19	0.05	0.02	0.17	0.03	0.17	0.07	0.04
1#	四角蛤蜊	0.47	0.13	0.30	0.32	0.11	0.46	0.10	0.77
9#	口虾蛄	0.37	0.01	0.03	0.07	0.01	0.15	0.10	0.61
9#	梭子蟹	0.23	0.01	0.02	0.07	0.01	0.13	0.10	0.61
11#	脉红螺	0.48	0.13	0.40	0.39	0.12	0.54	0.15	0.79
11#	东方对虾	0.42	0.01	0.02	0.04	0.01	0.17	0.10	0.69

## ● 铜

监测结果显示, 在该海域进行调查的三类生物, 生物体残毒铜含量均不高。按照各种生物相对应的质量标准, 污染指数均小于 1。因此, 可以断定该海域的生物未遭到铜的污染。

## ● 铅

监测结果显示, 三类接受调查的生物体内, 接受调查的生物铅元素的含量水平都不高。按照各种生物相对应的质量标准, 污染指数均小于 1, 说明该类生物未遭到铅的污染。

## ● 镉

监测结果显示, 三类生物的镉污染指数均小于 1, 调查海域生物未遭到镉污染。

## ● 锌

监测结果显示, 调查海域站位的三类调查生物的锌含量均低于相应的质量标

准，污染指数均小于 1。说明该类生物未遭受到锌的污染。

- 汞

监测结果显示，三类调查生物的汞含量均低于相应的质量标准，污染指数均小于 1，未发现生物汞污染现象。

- 砷

监测结果显示，本次生物质量调查，部分甲壳类的口虾蛄和背褐腹虾的污染指数较高，但小于 1，其余调查生物的污染指数也均小于 1，该海域的生物未遭到砷污染。

- 石油烃

监测结果显示，调查海域生物残毒石油烃含量均未超出生物质量标准的要求，污染指数均小于 1。

- 铬

监测结果显示，三类生物的铬污染指数均小于 1，调查海域生物未遭到铬污染。

### 4.3.7 渔业资源现状调查与评价

渔业资源秋季、春季调查时间分别为 2022 年 10 月份和 2023 年 5 月份，共布设 13 个渔业资源调查站位，站位布设与春季水质调查一致见图 4.3.3-1，坐标见表 4.3.3-1。

#### 4.3.7.1 鱼卵、仔稚鱼调查结果

##### 4.3.7.1.1 种类组成

春季调查水平和垂直拖网采集的样品中，检测到鱼卵 2 目 5 科 6 种，检测到仔稚鱼 2 目 5 科 7 种（表 4.3.7-1）。

鱼卵出现：鲱形目鲱科斑鲹、鲉科赤鼻棱鲉和鲉鱼，鲈形目石首鱼科石首鱼科、鲭科蓝点马鲛、鲷科李氏鲷。

仔稚鱼出现：鲱形目鲱科斑鲹、鲉科赤鼻棱鲉和鲉鱼，鲈形目鱈科多鳞鱈、鰕鳃鱼科矛尾虾虎鱼和虾虎鱼 sp、鲷科李氏鲷。

秋季调查航次未检出鱼卵、仔稚鱼。

表4.3.7-1 春季调查海域附近鱼卵、仔鱼种类

季节	目	科	种名	拉丁文	鱼卵	仔稚鱼
春季	鲱形目	鲱科	斑鲱	<i>Konosirus punctatus</i>	▲	▲
		鳀科	赤鼻棱鳀	<i>Thryssa kammalensis</i>	▲	▲
			鳀鱼	<i>Engraulis japonicus</i>	▲	▲
	鲈形目	石首鱼科	石首鱼科	<i>Sciaenidae</i>	▲	
		鱧科	多鳞鱧	<i>Sillago sihama</i>		▲
		鰕鳃鱼科	矛尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>		▲
			虾虎鱼 sp	<i>Gobiidae sp.</i>		▲
		鲷科	李氏鲷	<i>Callionyuus richardsion</i>	▲	▲
		鲭科	蓝点马鲛	<i>Scomberomorus niphonius</i>	▲	

#### 4.3.7.1.2 数量分布及优势种

春季调查期间鱼卵平均密度为 0.71ind/m<sup>3</sup>，仔稚鱼平均密度为 0.37ind/m<sup>3</sup>。鱼卵数量分布不均匀，密度最高值出现在 20 号站位，优势种为鳀鱼。仔稚鱼数量分布不均匀，密度最高值出现在 3 号站位，优势种为赤鼻棱鳀（表 4.3.7-2 和表 4.3.7-3）。

表4.3.7-2 春季调查海域附近鱼卵、仔鱼密度（ind/m<sup>3</sup>）站位分布

站位	鱼卵	仔稚鱼
1	1.25	0.00
3	0.00	1.67
6	0.00	0.00
8	0.33	0.33
10	0.00	0.00
12	0.00	0.71
13	1.82	0.45
15	0.00	0.00
16	0.67	0.67
17	0.36	0.00
18	1.25	0.25
20	2.50	0.25
22	1.00	0.50
平均值	0.71	0.37

表4.3.7-3 春季调查海域附近鱼卵、仔鱼密度分布

种名	鱼卵	仔稚鱼
斑鲈	0.25	0.45
赤鼻棱鯧	0.25	2.17
多鳞鱧	0.00	0.25
蓝点马鲛	0.33	0.00
李氏鱯	0.25	0.25
矛尾虾虎鱼	0.00	0.71
石首鱼科	0.45	0.00
鯧鱼	7.89	0.67
虾虎鱼 sp	0.00	0.33

#### 4.3.7.1.3 结论

春季调查水平和垂直拖网采集的样品中，检测到鱼卵 2 目 5 科 6 种，检测到仔稚鱼 2 目 5 科 7 种。春季调查期间鱼卵平均密度为  $0.71\text{ind}/\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均密度为  $0.37\text{ind}/\text{m}^3$ 。

鱼卵数量分布不均匀，密度最高值出现在 20 号站位，优势种为鯧鱼。仔稚鱼数量分布不均匀，密度最高值出现在 3 号站位，优势种为赤鼻棱鯧。

秋季调查航次未检出鱼卵、仔稚鱼。

#### 4.3.7.2 游泳动物调查结果

##### 4.3.7.2.1 渔获物种类组成及平面分布

调查海域春秋两季拖网调查共鉴定游泳动物 69 种。其中，鱼类 42 种，占拖网总种数的 60.87%；虾类 10 种，占 14.49%；蟹类 11 种，占 15.94%；头足类 6 种，占 8.70%（见表 4.3.7-4 6）。

秋季拖网调查共鉴定游泳动物 56 种。其中，鱼类 32 种，占拖网总种数的 57.14%；虾类 9 种，占 16.07%；蟹类 10 种，占 17.86%；头足类 5 种，占 8.93%。春季拖网调查共鉴定游泳动物 48 种。其中，鱼类 28 种，占拖网总种数的 58.33%；虾类 7 种，占 14.58%；蟹类 9 种，占 18.75%；头足类 4 种，占 8.33%。

表4.3.7-4 调查海域春秋两季拖网渔获物种类数及百分比

类群	春季		秋季		两季	
	种数	百分比 (%)	种数	百分比 (%)	种数	百分比 (%)
鱼类	28	58.33	32	57.14	42	60.87%
虾类	7	14.58	9	16.07	10	14.49%
蟹类	9	18.75	10	17.86	11	15.94%
头足类	4	8.33	5	8.93	6	8.70%
合计	48		56		69	

如表 4.3.7-4 所示，春季种类分布较不均匀，最高值出现在 20 号站位，为 25 种，其中鱼类为 14 种，虾蟹类为 9 种，头足类 2 种；其他站位比较均匀，一般在 11-20 种之间。

如表 4.3.7-4 所示，秋季种类分布较不均匀，最高值出现在 20 号站位，为 34 种，其中鱼类为 19 种，虾蟹类为 12 种，头足类 3 种；其他站位比较均匀，一般在 16-30 种之间。

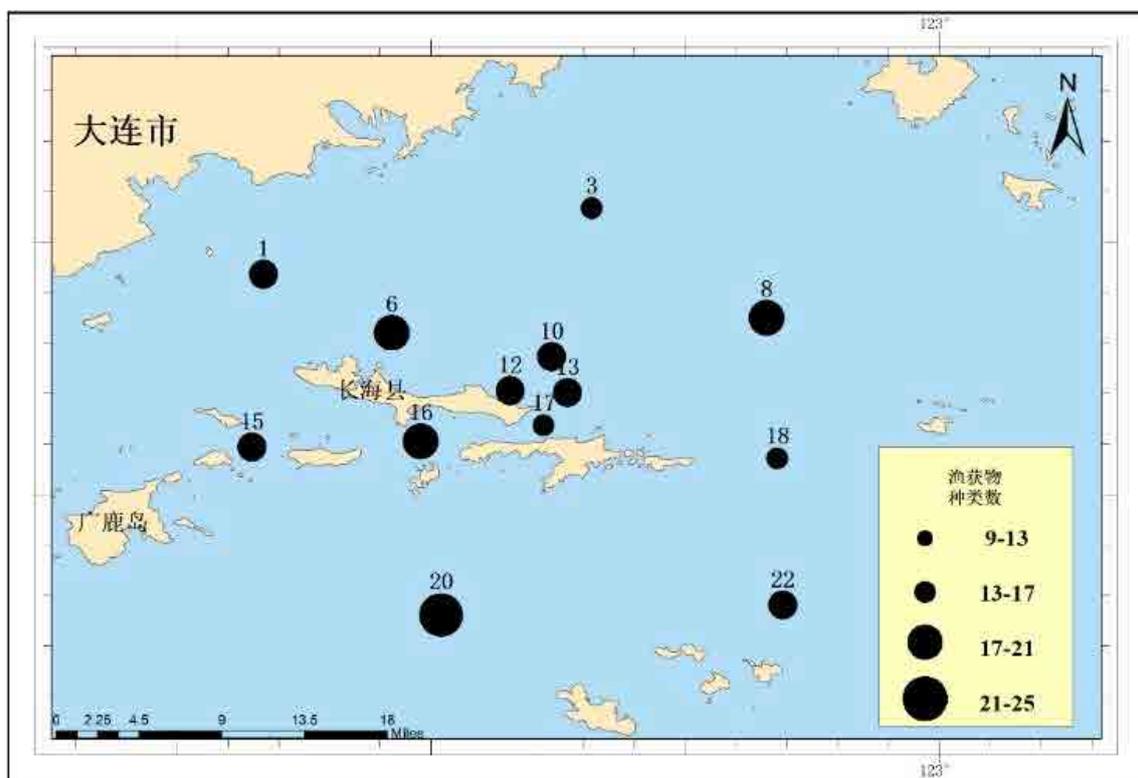


图4.3.7-1 春季渔获物种类数平面分布

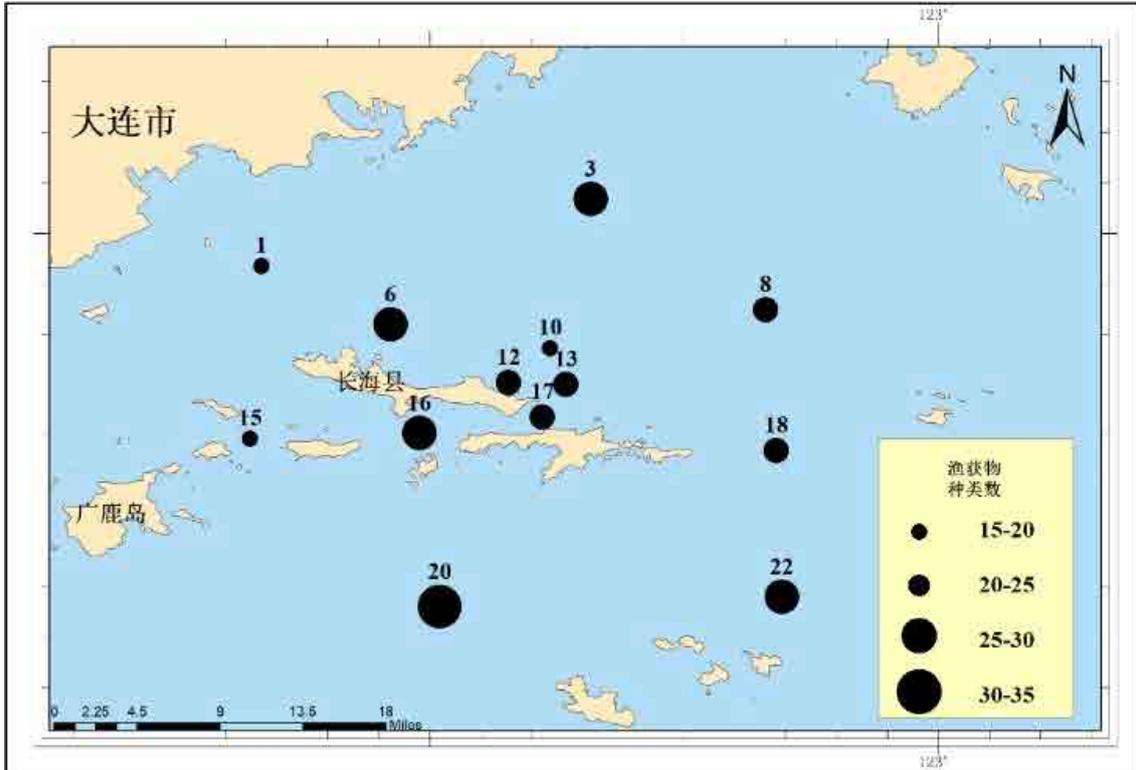


图4.3.7-2 秋季渔获物种类数平面分布

#### 4.3.7.2.2 拖网渔获物（重量、尾数）分类群组成

如表 4.3.7-5 所示，春季拖网调查渔获物重量密度中，鱼类占 69.25%，虾类占 13.00%，蟹类占 2.48%，头足类占 15.28%；尾数密度中鱼类占 74.00%，虾类占 17.89%，蟹类占 5.32%，头足类占 2.80%。

如表 4.3.7-5 所示，秋季拖网调查渔获物重量密度中，鱼类占 71.36%，虾类占 14.26%，蟹类占 6.43%，头足类占 7.95%；尾数密度中鱼类占 53.31%，虾类占 31.79%，蟹类占 4.30%，头足类占 10.60%。

表4.3.7-5 春秋两季拖网渔获物（重量、尾数）分类群百分比组成

类群	春季		秋季	
	重量密度(%)	尾数密度(%)	重量密度(%)	尾数密度(%)
鱼类	69.25	74	71.36	53.31
虾类	13	17.89	14.26	31.79
蟹类	2.48	5.32	6.43	4.3
头足类	15.28	2.8	7.95	10.6

##### 4.3.7.2.3 渔获物生态类型

春秋两季调查附近海域游泳生物，以近岸型低经济价值组成为主，大致可分为以下3种生态类型。

近岸性类型：中小型鱼虾类基本属于该类型，种类多，分布广、数量大，一年四季均有分布，如舌鳎类、虾虎鱼类、口虾蛄等，其特点是适应性和生命力强，繁殖和生长快，生命周期短，资源易于恢复。

河口性类型：既有大型鱼类，也有中小型鱼虾类，主要有刀鲚、矛尾虾虎鱼等，其特点是分布广，生长快，其中一些是增养殖的种类，也是捕捞对象。

洄游性类型：主要包括中上层鱼类，有鳀鱼、赤鼻棱鳀、斑鰹等；底层性鱼类，主要有白姑鱼、虾虎鱼、焦氏舌鳎等，多数为经济种。

##### 4.3.7.2.4 资源密度（重量、尾数）和平面分布

春季渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为  $657.07\text{kg}/\text{km}^2$  和  $46.84 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。

春季鱼类资源重量密度均值为  $455.00\text{kg}/\text{km}^2$  ( $116.0\text{kg}/\text{km}^2$ – $974.8\text{kg}/\text{km}^2$ )；虾类  $85.41\text{kg}/\text{km}^2$  ( $9.1\text{kg}/\text{km}^2$ – $269.4\text{kg}/\text{km}^2$ )；蟹类  $16.29\text{kg}/\text{km}^2$  ( $0.0\text{kg}/\text{km}^2$ – $57.6\text{kg}/\text{km}^2$ )；头足类  $100.37\text{kg}/\text{km}^2$  ( $2.2\text{kg}/\text{km}^2$ – $197.9\text{kg}/\text{km}^2$ )。

春季鱼类资源尾数密度均值为  $34.66 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$  ( $5.6\text{ind}/\text{km}^2$ – $64.2 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ )；虾类为  $8.38 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$  ( $1.4\text{ind}/\text{km}^2$ – $19.9 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ )；蟹类为  $2.49 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$  ( $0.0\text{ind}/\text{km}^2$ – $10.6 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ )；头足类为  $1.31 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$  ( $0.3\text{ind}/\text{km}^2$ – $2.4 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ )。

秋季渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为  $627.31\text{ind}/\text{km}^2$  和  $42.34 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。秋季鱼类资源重量密度均值为  $447.63\text{kg}/\text{km}^2$  ( $202.8\text{kg}/\text{km}^2$ – $753.6\text{kg}/\text{km}^2$ )；虾类  $89.46\text{kg}/\text{km}^2$  ( $227.3\text{kg}/\text{km}^2$ – $272.9\text{kg}/\text{km}^2$ )；蟹类  $40.33\text{kg}/\text{km}^2$  ( $22.0\text{kg}/\text{km}^2$ – $192.9\text{kg}/\text{km}^2$ )；头足类  $49.89\text{kg}/\text{km}^2$  ( $7.4\text{kg}/\text{km}^2$ – $141.3\text{kg}/\text{km}^2$ )。

秋季鱼类资源尾数密度均值为  $22.57 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$  ( $8.4\text{ind}/\text{km}^2$ – $38.7 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ )；虾类为  $13.46 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$  ( $1.9\text{ind}/\text{km}^2$ – $21.9 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ )；蟹类为  $1.82 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$  ( $0.2\text{ind}/\text{km}^2$ – $4.1 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ )；头足类为  $4.49 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$

( $0.5 \text{ ind/km}^2$ – $18.2 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ )。

表4.3.7-6 调查海域春秋两季拖网各类群渔业资源平均密度（重量、尾数）

类群	春季		秋季	
	重量密度(%)	尾数密度(%)	重量密度(%)	尾数密度(%)
鱼类	455	34.66	447.63	22.57
	116.0-974.8	5.6-64.2	202.8-753.6	8.4-38.7
虾类	85.41	8.38	89.46	13.46
	9.1-269.4	1.4-19.9	27.3-272.9	1.9-21.9
蟹类	16.29	2.49	40.33	1.82
	0.0-57.6	0.0-10.6	2-192.9	0.2-4.1
头足类	100.37	1.31	49.89	4.49
	2.2-197.9	0.3-2.4	7.4-141.3	0.5-18.2
合计	657.07	46.84	627.31	42.34

春季渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀，总重量密度最大值为  $1270.40 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 8 号站位；鱼类密度最大值为  $974.82 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 8 号站位；虾类密度最大值为  $269.41 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 3 号站位；蟹类密度最大值为  $57.63 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 10 号站位；头足类密度最大值为  $197.86 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 16 号站位；总尾数密度最大值为  $84.04 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 6 号站位；鱼类尾数密度最大值为  $64.21 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 6 号站位；虾类尾数密度最大值为  $19.90 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 20 号站位；蟹类尾数密度最大值为  $10.60 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 6 号站位；头足类尾数密度最大值为  $2.42 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 16 号站位。

秋季渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀，总重量密度最大值为  $986.64 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 6 号站位；鱼类密度最大值为  $753.63 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 6 号站位；虾类密度最大值为  $272.89 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 13 号站位；蟹类密度最大值为  $192.90 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 16 号站位；头足类密度最大值为  $141.32 \text{ kg/km}^2$ ，出现在 13 号站位；总尾数密度最大值为  $77.65 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 10 号站位；鱼类尾数密度最大值为  $38.65 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 10 号站位；虾类尾数密度最大值为  $21.90 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 8 号站位；蟹类尾数密度最大值为  $4.07 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 16 号站位；头足类尾数密度最大值为  $18.17 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ，出现在 10 号站位。

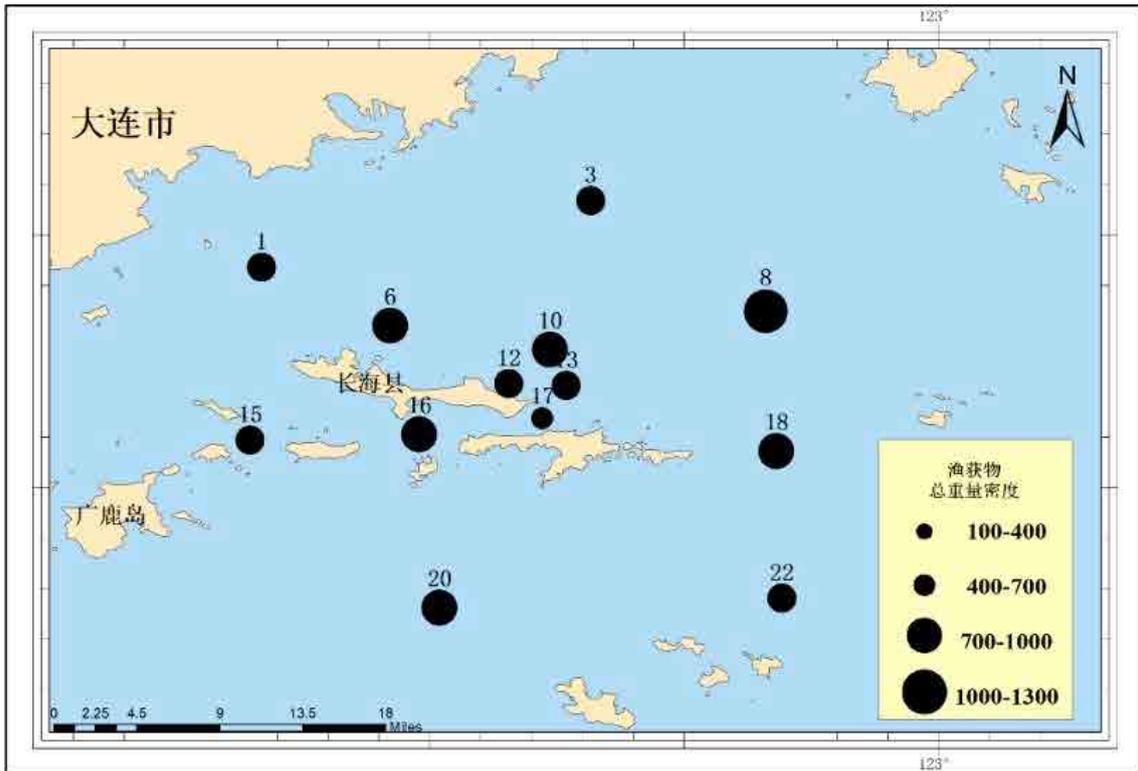


图4.3.7-3 春季长海县附近渔获物总重量 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

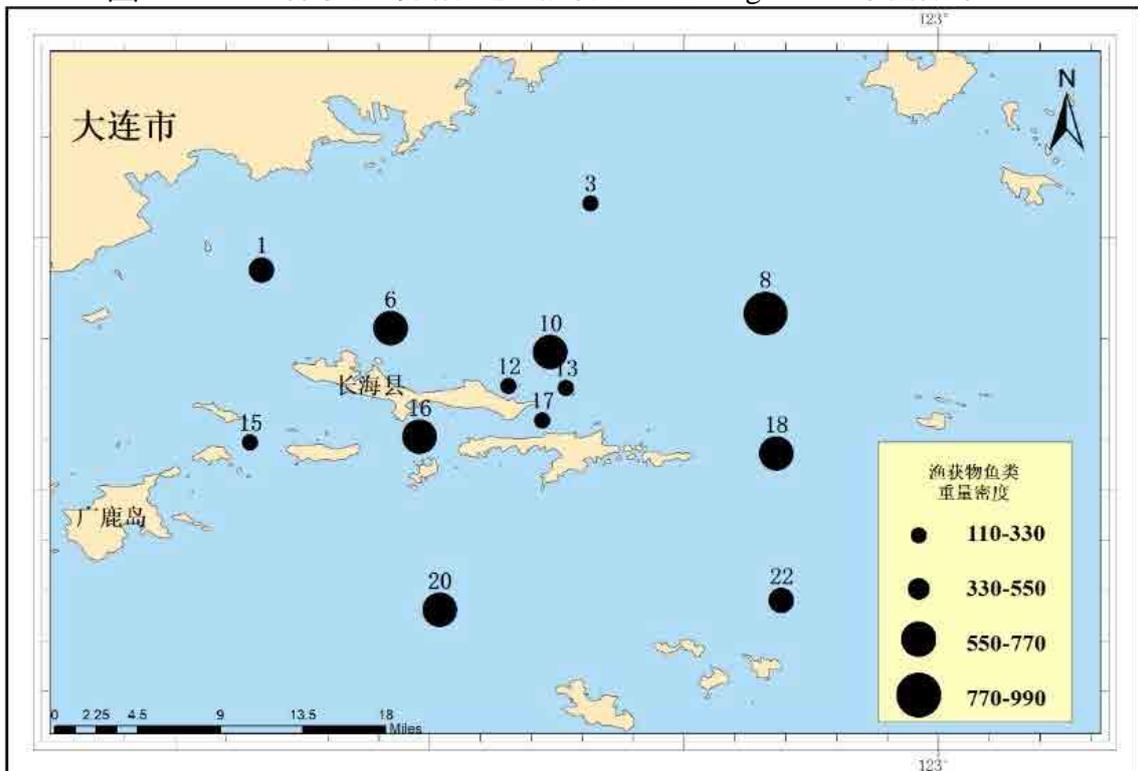


图4.3.7-4 春季长海县附近鱼类重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

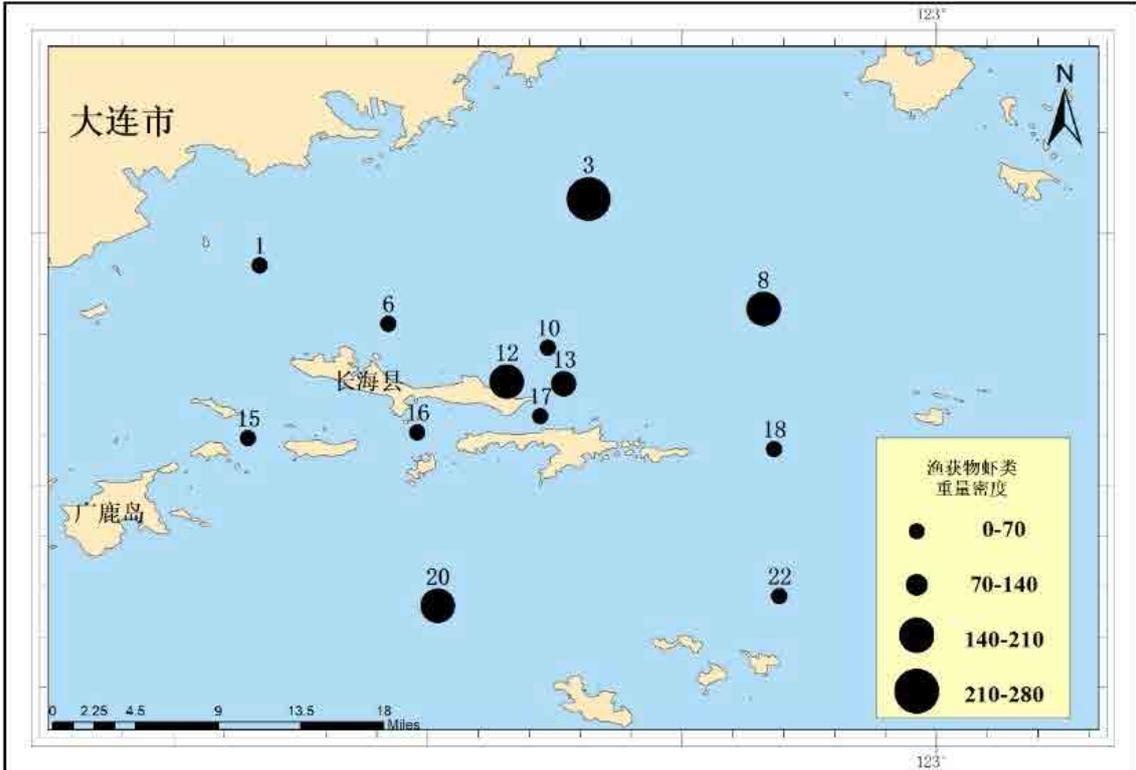


图4.3.7-5 春季长海县附近虾类重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

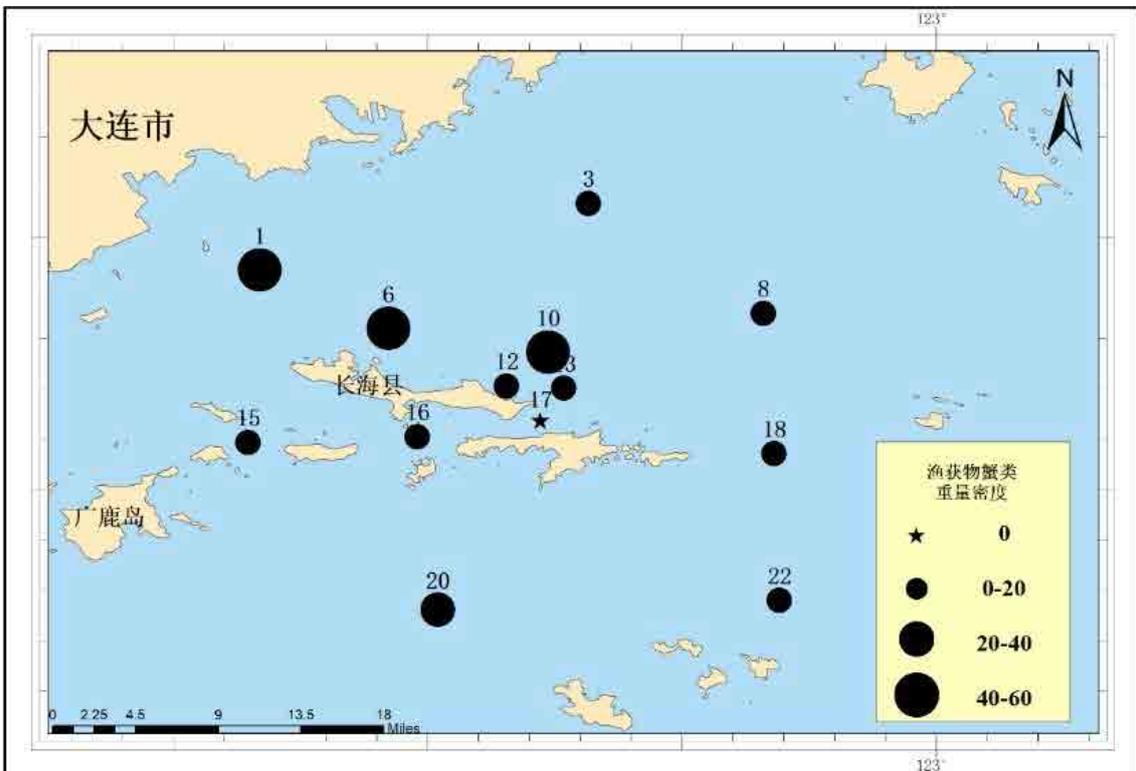
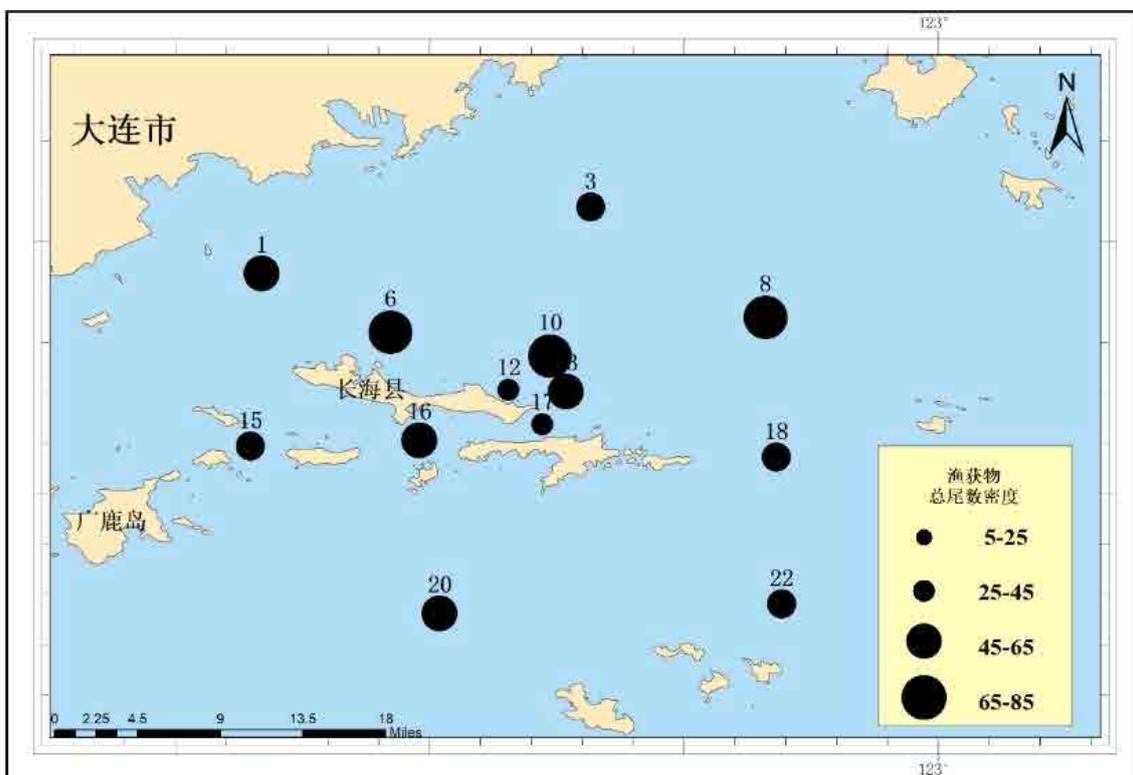
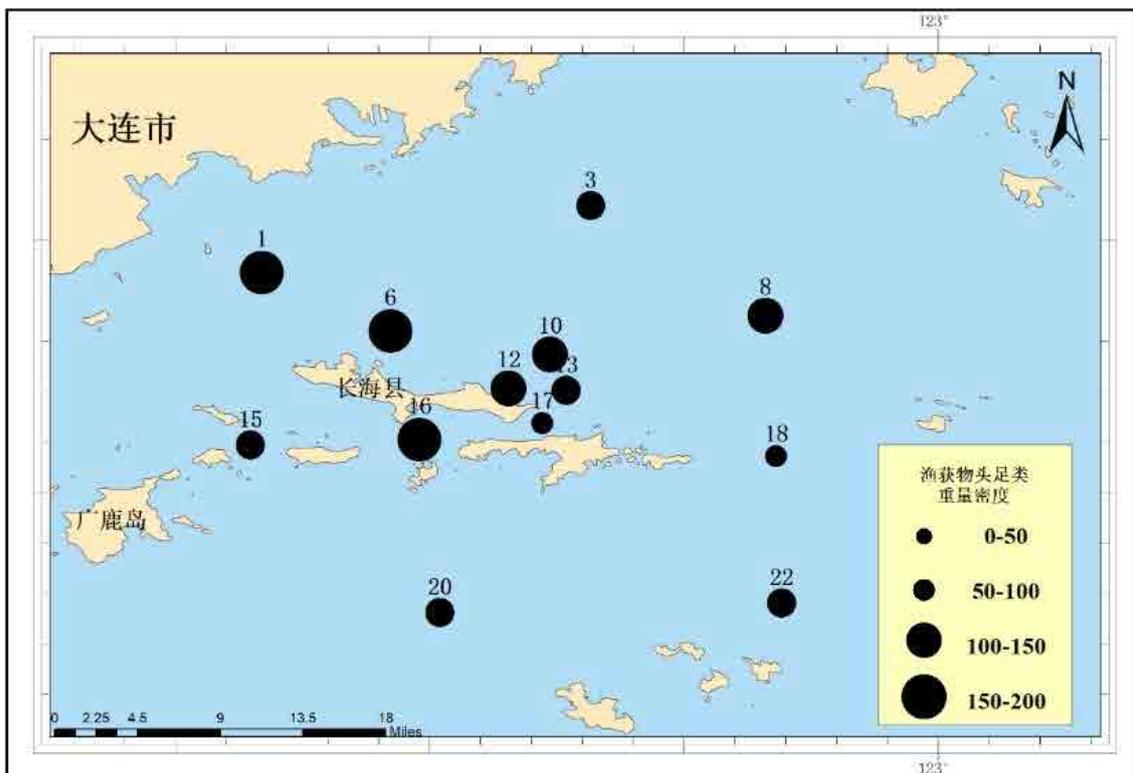


图4.3.7-6 春季长海县附近蟹类重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布



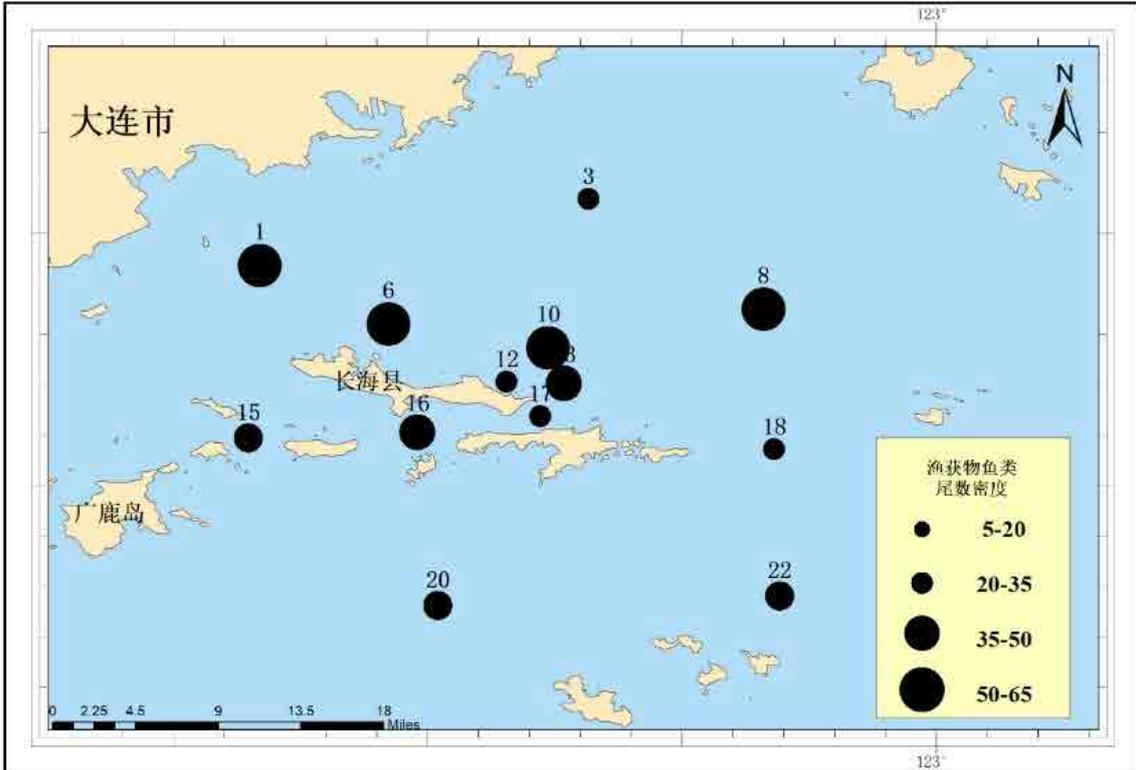


图4.3.7-9 春季长海县附近鱼类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ) 平面分布

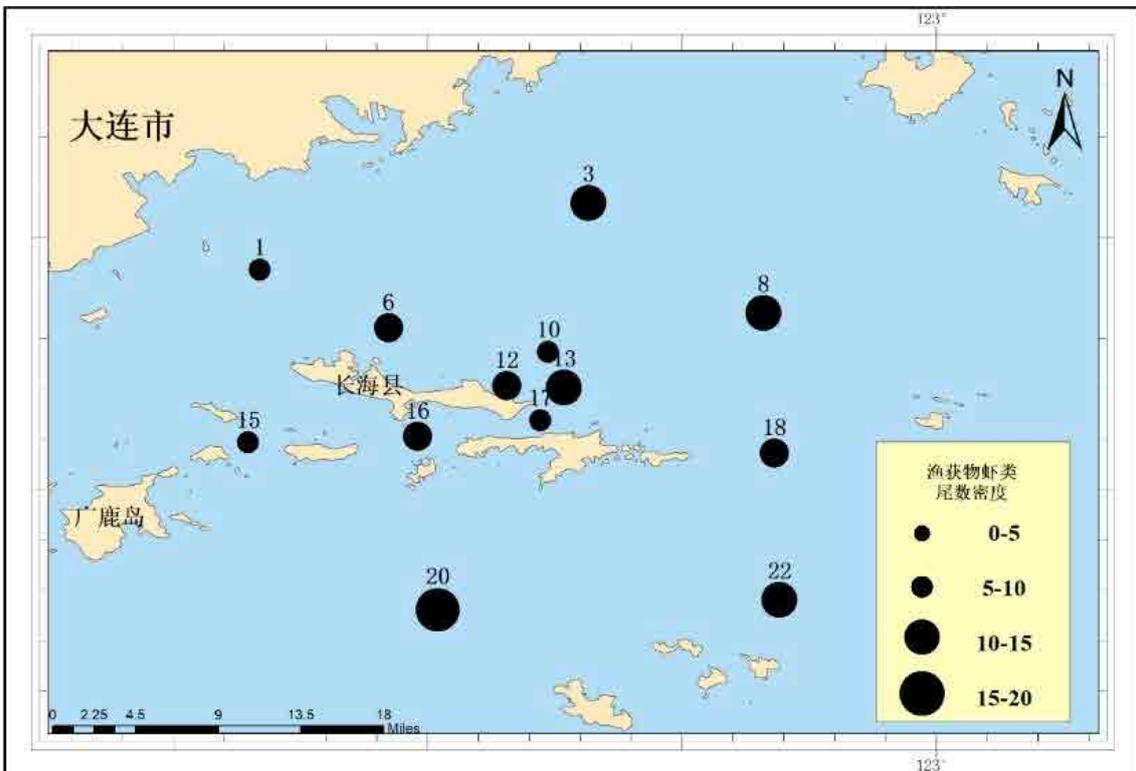


图4.3.7-10 春季长海县附近虾类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ) 平面分布

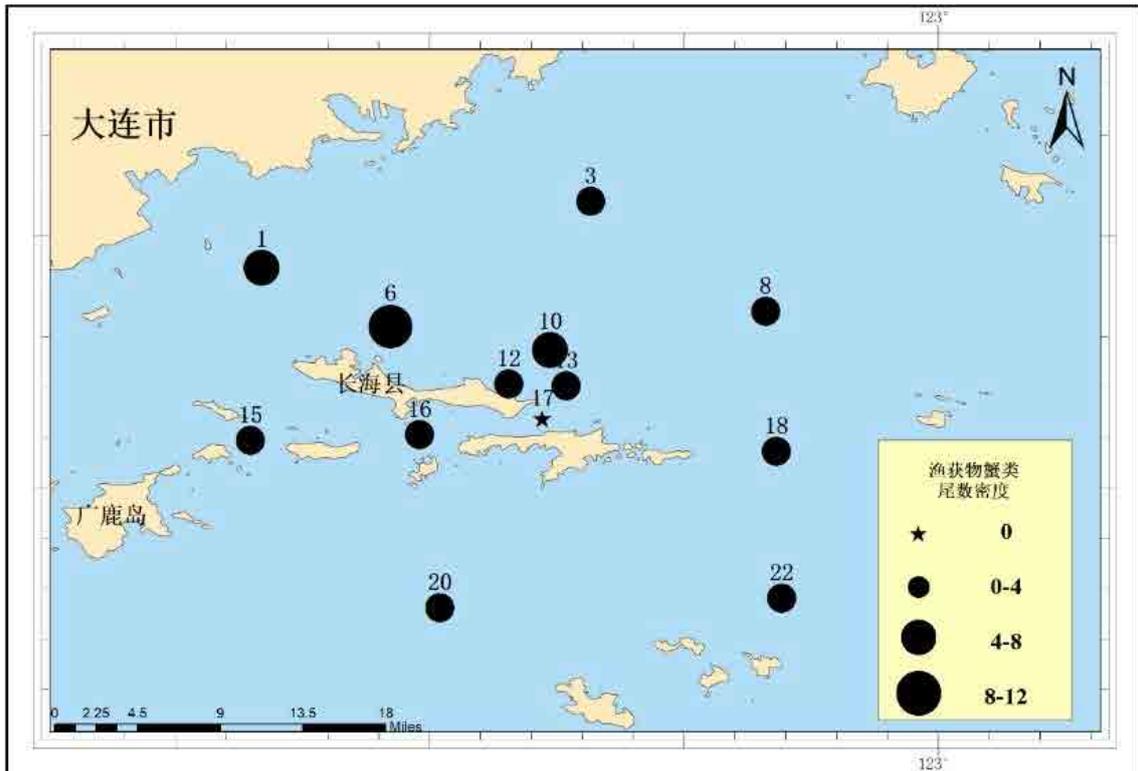


图4.3.7-11 春季长海县附近蟹类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ) 平面分布

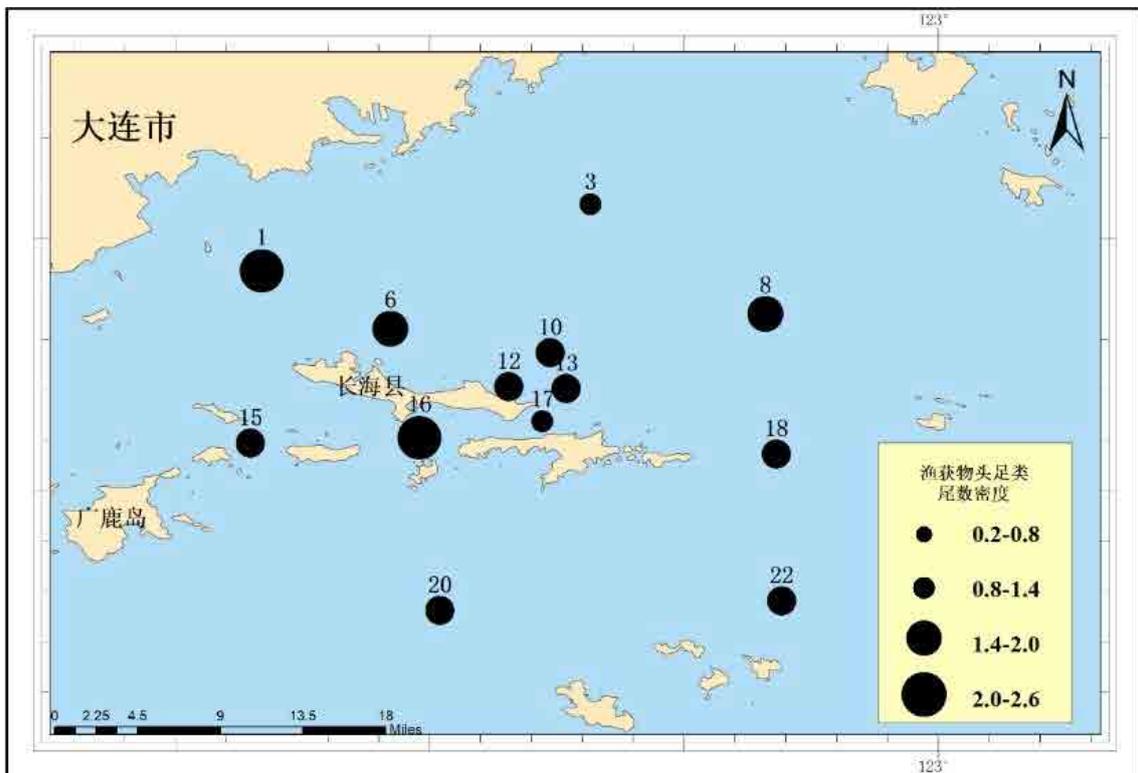


图4.3.7-12 春季长海县附近头足类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ) 平面分布

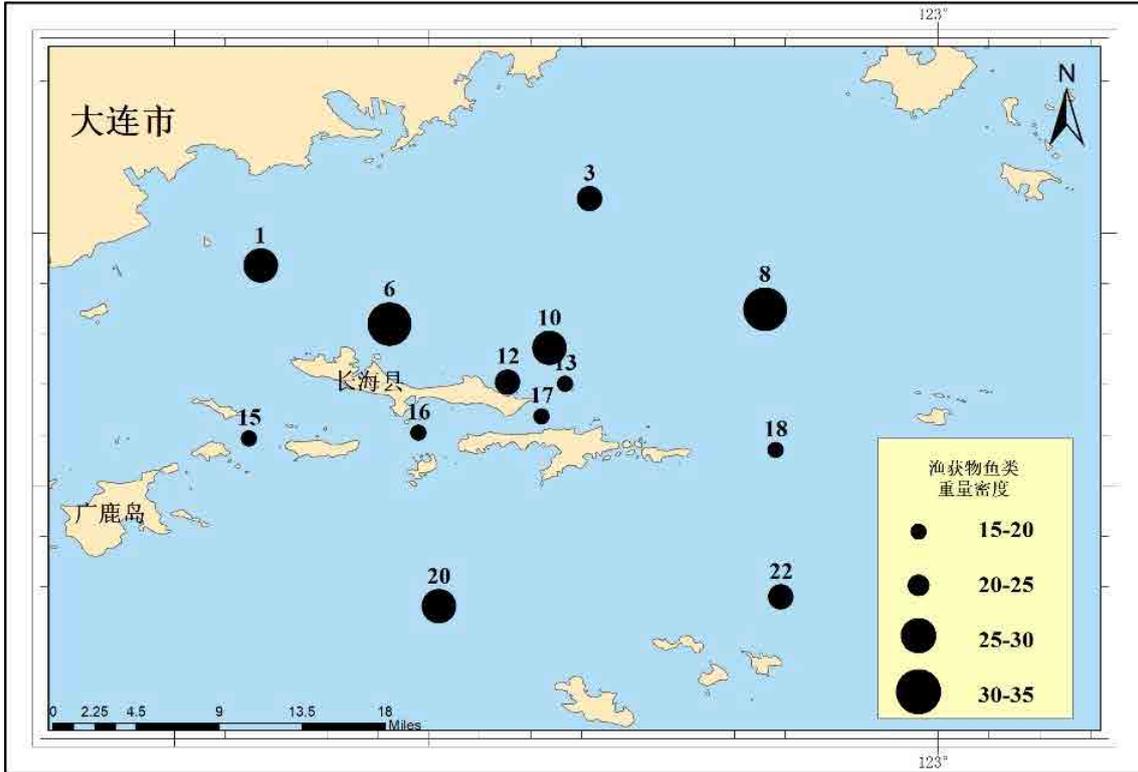


图4.3.7-13 秋季长海县附近渔获物总重量 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

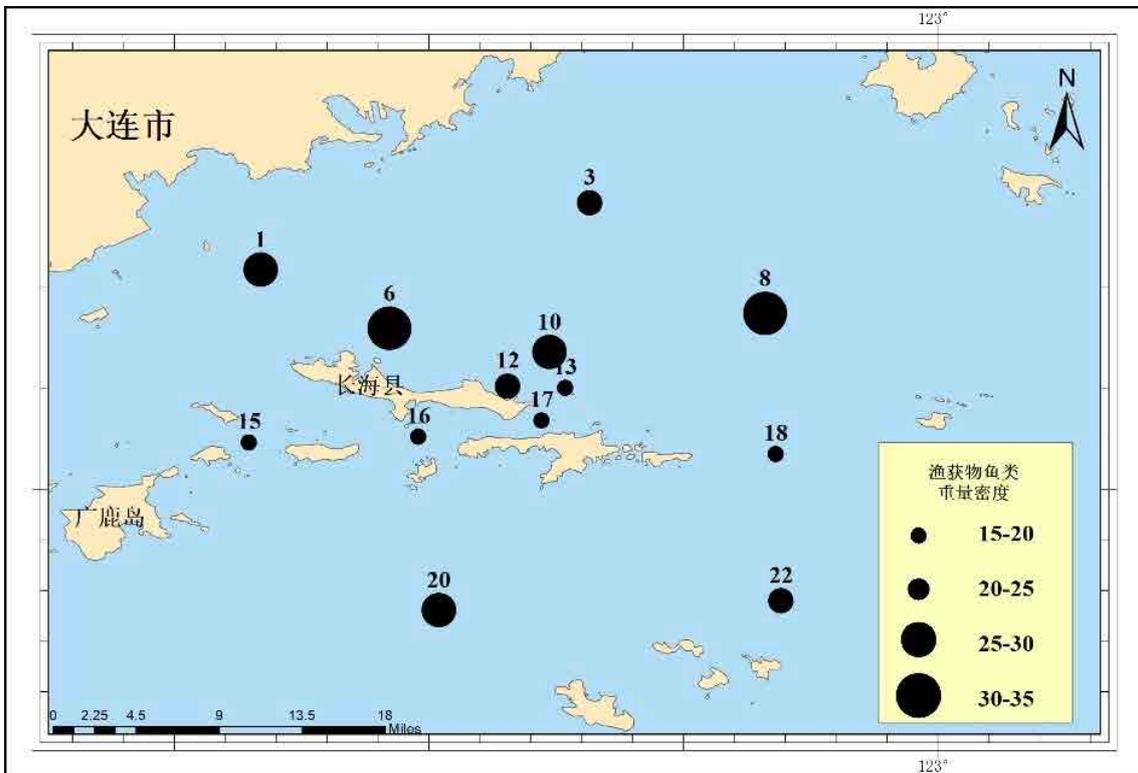


图4.3.7-14 秋季长海县附近鱼类重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

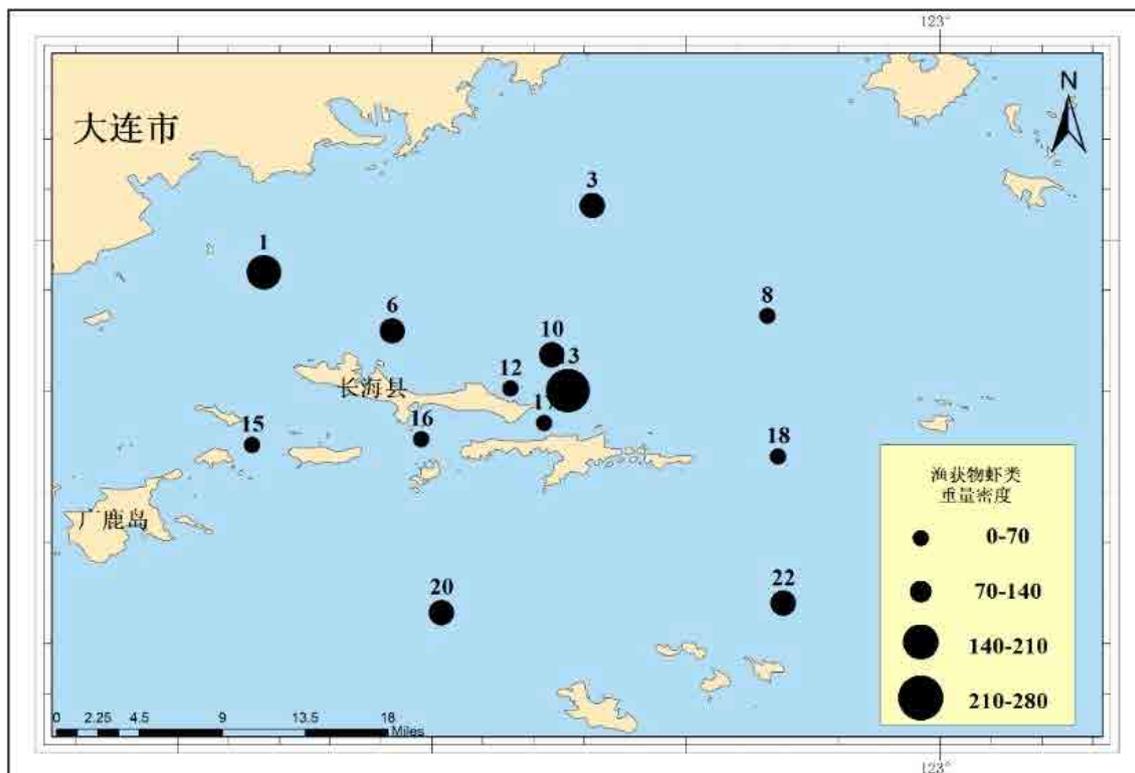


图4.3.7-15 秋季长海县附近虾类重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

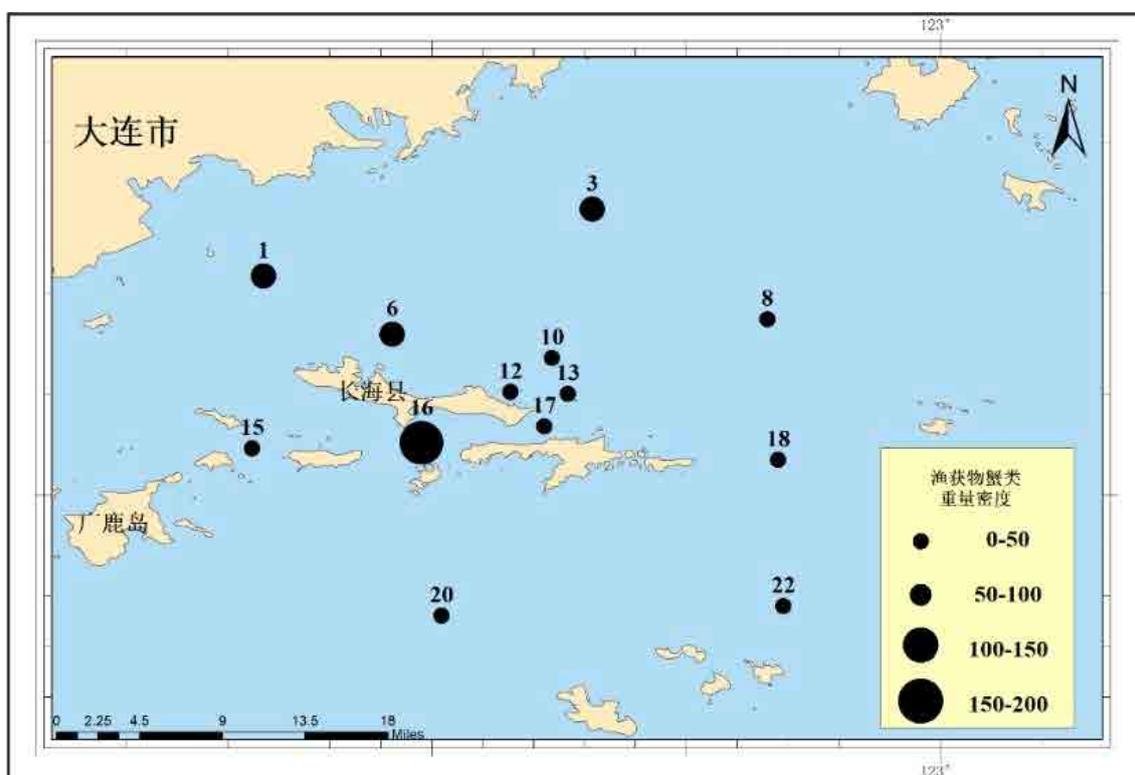


图4.3.7-16 秋季长海县附近蟹类重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

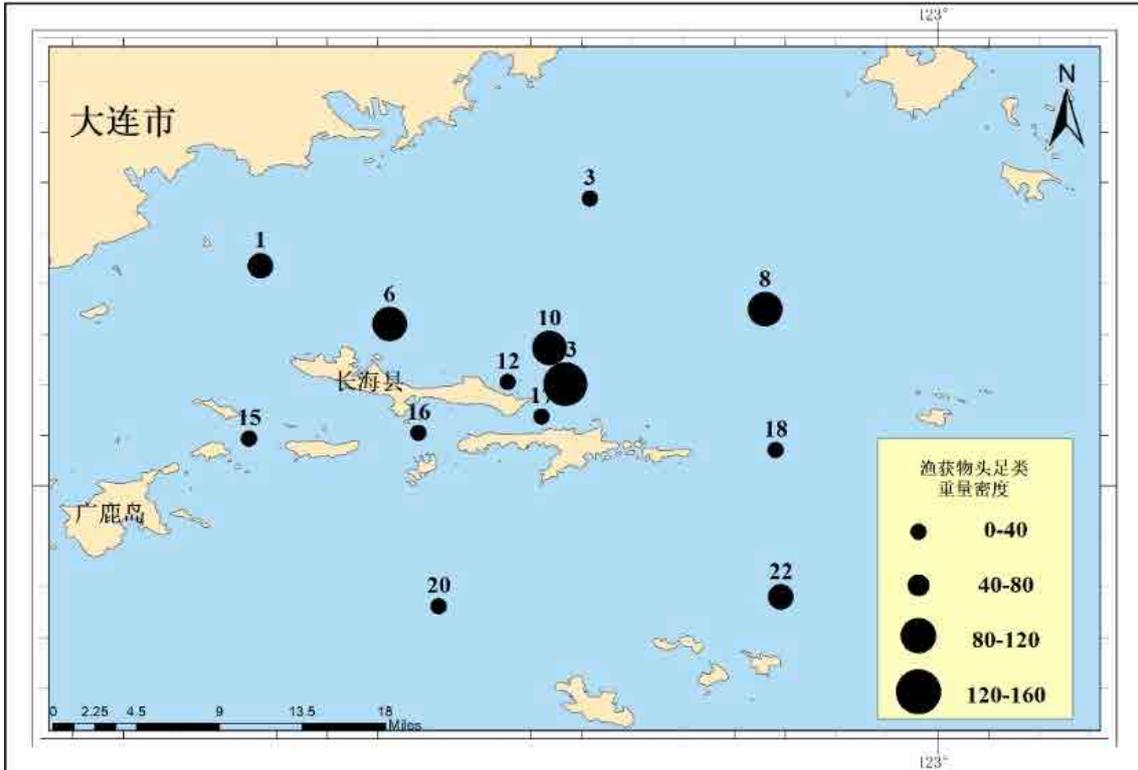


图4.3.7-17 秋季长海县附近头足类重量密度 (kg/km<sup>2</sup>) 平面分布

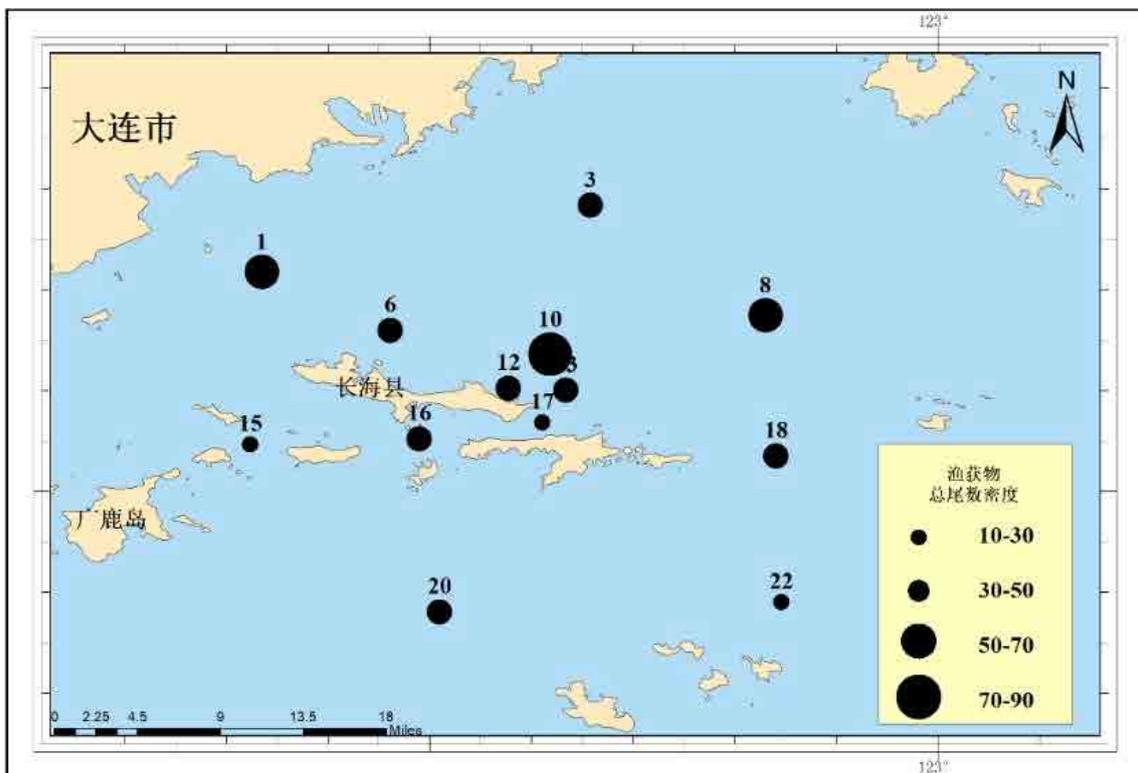


图4.3.7-18 秋季长海县附近渔获物尾数密度 (×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>) 平面分布

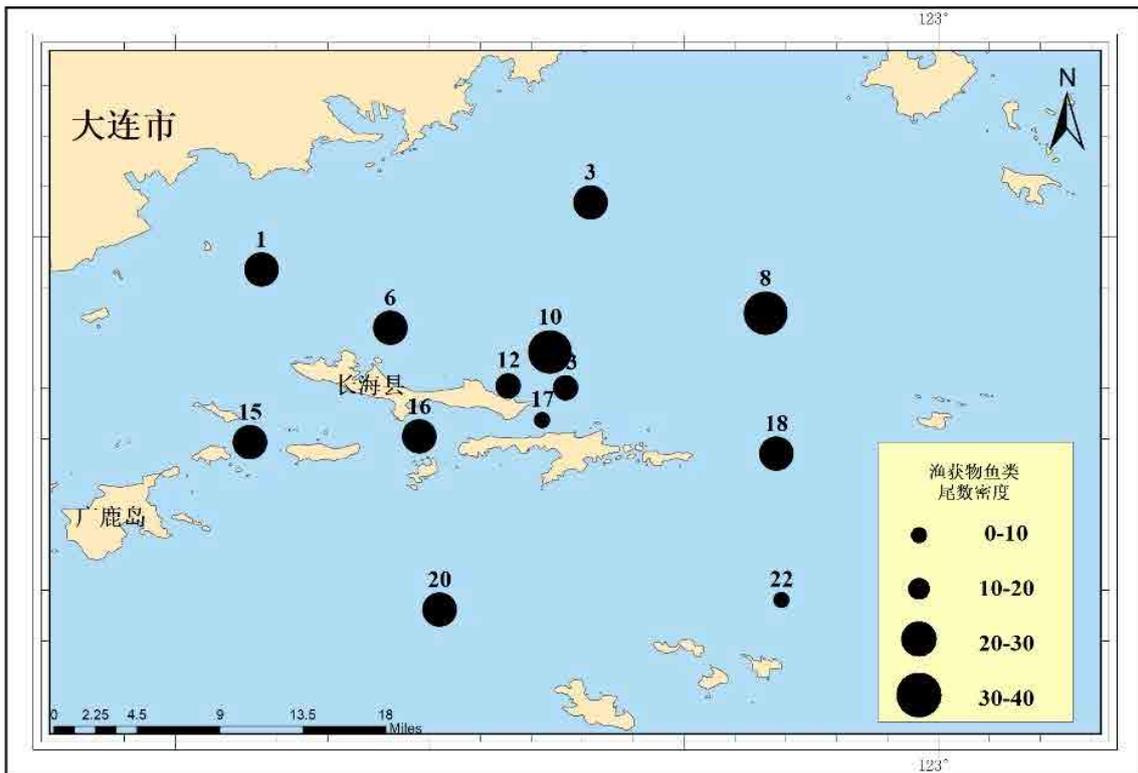


图4.3.7-19 秋季长海县附近鱼类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ) 平面分布

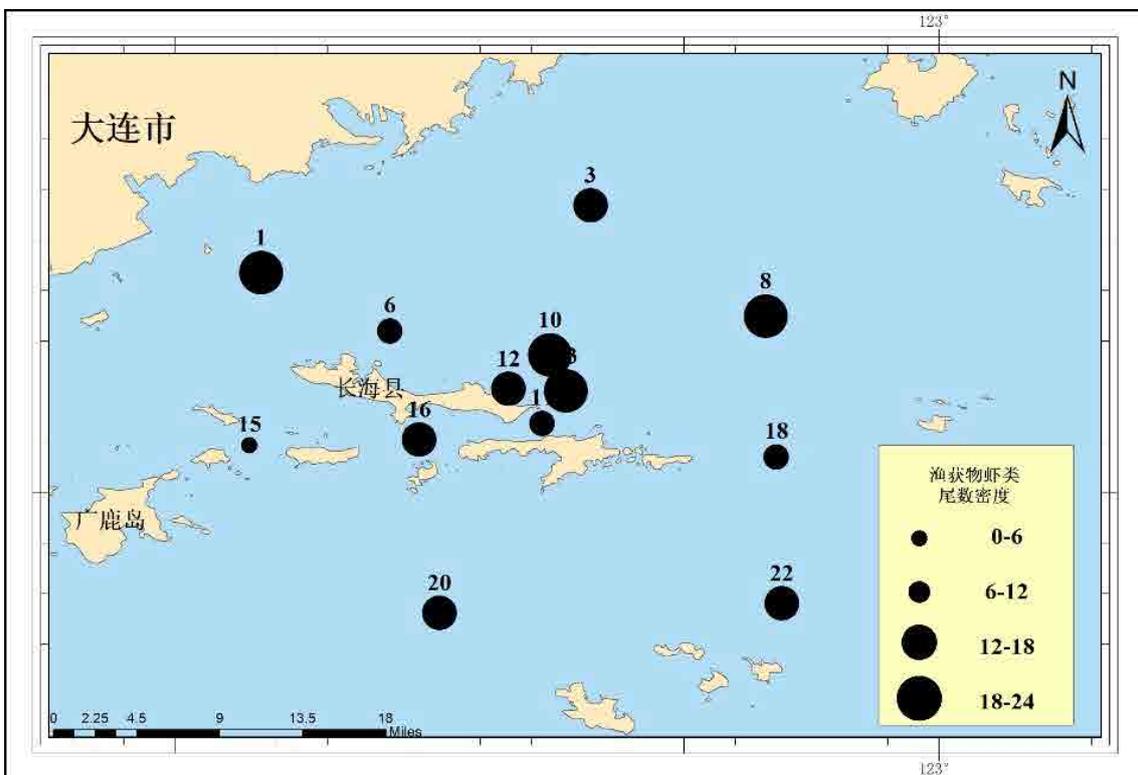


图4.3.7-20 秋季长海县附近虾类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ) 平面分布

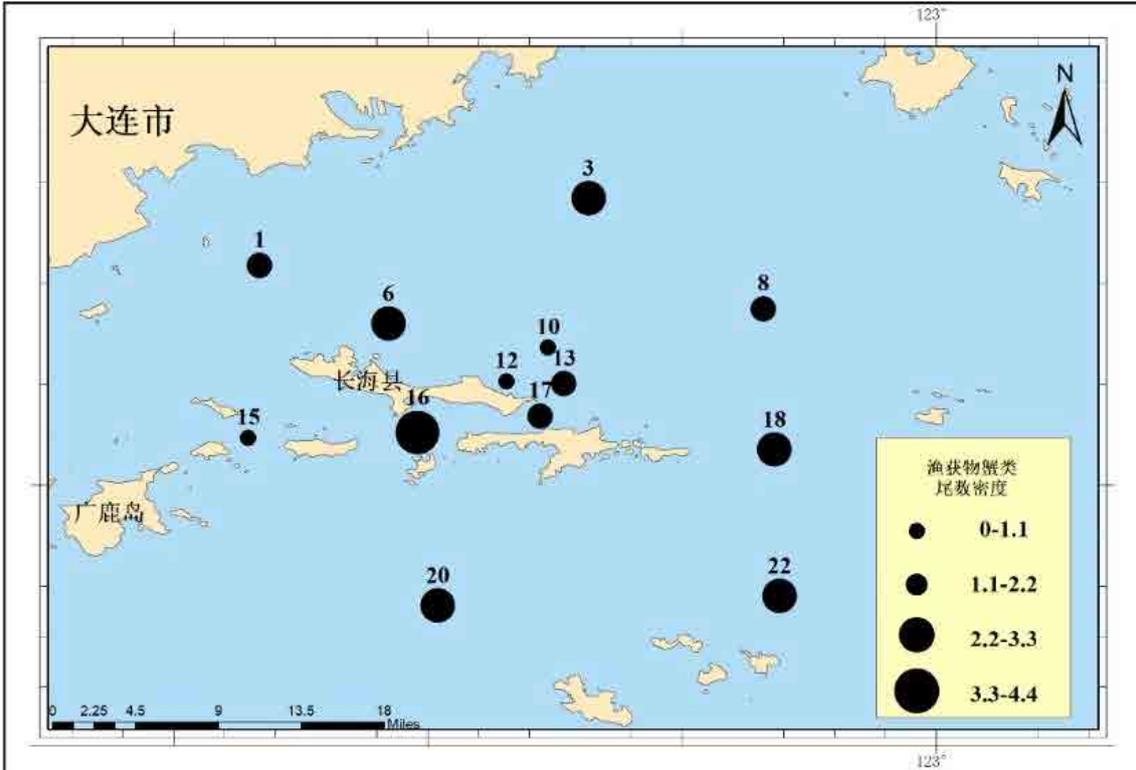


图4.3.7-21 秋季长海县附近蟹类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ind/km}^2$ ) 平面分布

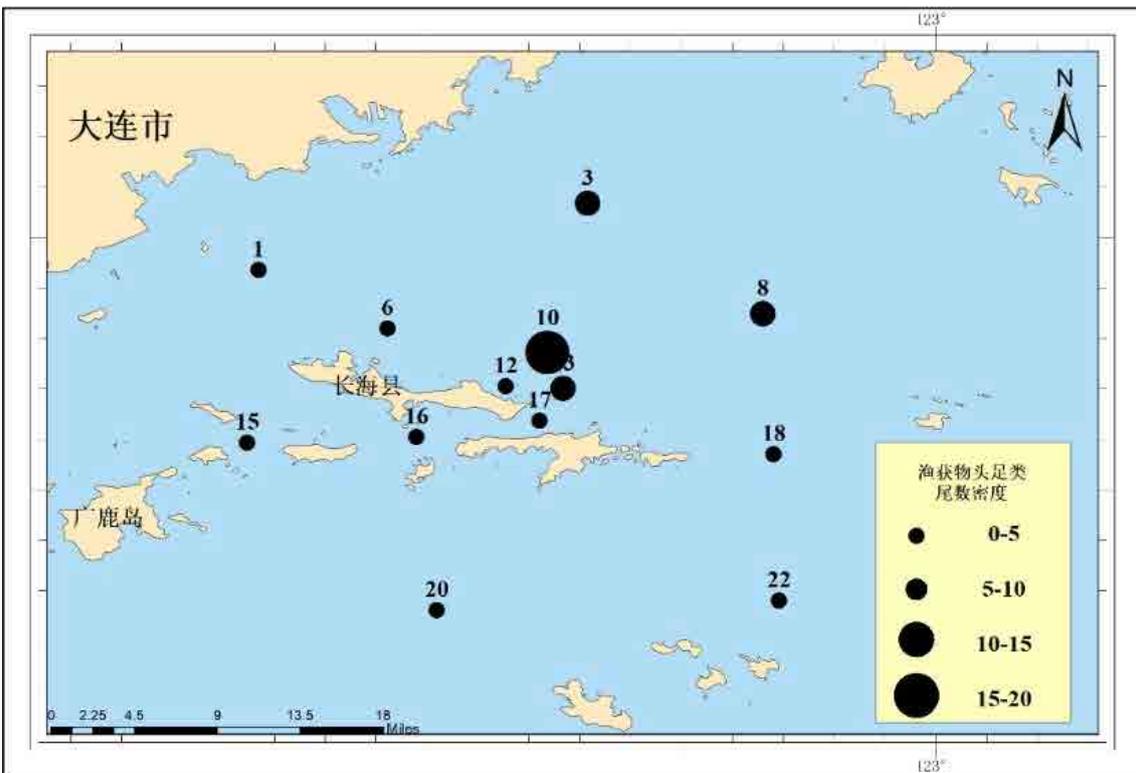


图4.3.7-22 秋季长海县附近头足类尾数密度 ( $\times 10^3 \text{ind/km}^2$ ) 平面分布

表4.3.7-7 春季拖网各站位渔业资源平均密度（重量、尾数）

站位	重量密度(kg/km <sup>2</sup> )				尾数密度(10 <sup>3</sup> ind/km <sup>2</sup> )			
	鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
1	334.29	14.54	49.59	162.10	50.51	3.16	7.97	2.16
3	115.98	269.41	2.01	58.91	19.97	12.43	0.40	0.53
6	608.64	34.32	50.36	155.27	64.21	7.46	10.60	1.77
8	974.82	155.93	0.96	138.69	63.55	12.86	0.19	1.54
10	556.41	29.10	57.63	110.68	58.90	3.14	7.26	1.37
12	144.20	173.47	3.25	107.72	14.35	8.77	0.60	1.00
13	239.91	136.25	8.10	88.92	38.57	10.95	0.62	1.39
15	316.00	25.58	2.06	92.97	22.58	4.71	0.39	1.37
16	662.00	46.12	1.35	197.86	35.25	7.26	0.35	2.42
17	222.18	9.07	0.00	2.17	5.63	1.41	0.00	0.28
18	673.90	28.58	0.36	45.88	19.62	6.48	0.18	0.90
20	607.25	144.79	28.05	69.00	28.61	19.90	3.11	1.24
22	459.45	43.21	8.05	74.69	28.80	10.44	0.72	1.08

表4.3.7-8 秋季拖网各站位渔业资源平均密度（重量、尾数）

站位	重量密度(kg/km <sup>2</sup> )				尾数密度(10 <sup>3</sup> ind/km <sup>2</sup> )			
	鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
1	516.25	177.86	68.99	54.66	29.34	18.10	1.32	4.21
3	498.71	97.75	53.67	31.67	25.46	12.64	2.23	5.79
6	753.63	79.85	57.15	94.01	25.10	9.80	2.50	4.30
8	657.56	43.09	23.76	81.67	37.00	21.90	1.40	7.70
10	581.34	124.31	22.00	106.34	38.65	20.06	0.77	18.17
12	417.45	57.03	1.97	16.38	16.60	13.40	0.20	4.80
13	315.89	272.89	30.29	141.32	16.66	18.79	1.20	6.85
15	202.80	27.33	3.98	15.93	23.51	1.85	0.56	1.76
16	319.69	45.78	192.90	7.41	22.03	12.50	4.07	0.93
17	234.68	35.95	10.47	11.19	8.41	7.40	1.40	0.47
18	321.65	41.42	17.85	24.92	20.64	8.10	2.57	0.78
20	592.39	75.41	25.12	20.38	21.07	16.05	2.55	1.57
22	407.12	84.33	16.12	42.67	8.89	14.46	2.89	1.01

#### 4.3.7.2.5 渔获物体重、体长和幼体比例

春季调查海域渔获物中，鱼类幼鱼平均占 31.35%，虾类平均占 47.64%，蟹

类平均占 13.79%，头足类为 7.37%。

鱼类平均体长 9.73cm/ind，虾类平均体长 8.18cm/ind，蟹类平均体长 3.11cm/ind，头足类平均体长 6.95cm/ind。鱼类平均体重 15.68g/ind，虾类平均体重 10.37g/ind，蟹类平均体重 6.95g/ind，头足类平均体重 77.21g/ind。

表4.3.7-9 春季拖网分类群平均体重(g)、体长(cm)和平均幼体比例(%)

类群	2023.05		
	平均体长 (cm/ind)	平均体重 (g/ind)	平均幼体比例 (%)
鱼类	9.73	15.68	31.35
虾类	8.18	10.37	47.64
蟹类	3.11	6.95	13.79
头足类	6.95	77.21	7.37

春季调查海域渔获物中各种类体重范围、平均体重、体长范围、平均体长和幼体比例见下表。

表4.3.7-10 春季渔获物各物种体重、体长和幼体比例

种名	体长 (cm)		体重 (g)		幼体比例 (%)
	均值	范围	均值	范围	
孔鳐	20.53	15.8-25.5	436.40	228.7-607.2	50.00
美鳐	23.30	23.3-23.3	510.40	510.4-510.4	0.00
赤鼻棱鲉	9.65	9.2-10.1	9.55	8.9-10.2	0.00
鳀鱼	11.10	6.5-14.1	13.77	1.3-24	0.51
刀鲚	12.83	12-14.3	18.73	11.8-26.9	0.00
斑鲚	17.00	15.3-18.9	74.20	39.9-96.9	0.00
方式云鳐	9.22	4-14.9	7.70	0.9-24.2	11.91
黄鳍刺虾虎鱼	10.00	9.5-10.5	8.90	8.4-9.4	0.00
锦鳐	14.00	14-14	31.90	31.9-31.9	0.00
李氏鳐	8.02	2-12	6.11	0.5-15.4	72.41
六丝钝尾虾虎鱼	8.71	7.1-12.5	7.29	3.3-15.5	0.00
斑尾刺虾虎鱼	56.50	56.5-56.5	88.10	88.1-88.1	0.00
矛尾虾虎鱼	11.30	5.8-21.2	15.86	2.5-61.5	7.64
绵鳐	22.40	18.3-26.5	115.65	98.5-132.8	0.00
白姑鱼	8.50	7.9-9.1	10.05	8.7-11.4	100.00
绒杜父鱼	16.20	16.2-16.2	156.30	156.3-156.3	0.00
斑纹狮子鱼	9.36	6.9-11.7	15.07	4.8-30.1	100.00
鮫	22.20	17.8-26.6	569.50	416.2-722.8	0.00
细纹狮子鱼	9.43	8-11.3	17.15	8.9-22.7	100.00
小头栉孔虾虎鱼	9.01	7.2-10.6	3.49	1.5-4.6	85.71

#### 4 环境现状调查与评价

许氏平鲉	13.43	8.3-22.4	156.93	25.3-412.2	66.67
焦氏舌鳎	14.91	5.7-19.4	22.76	1-66.7	19.61
石鲈	15.70	14.1-17.3	104.70	59.5-149.9	0.00
大泷六线鱼	18.60	5.7-45.4	59.13	3.6-110.4	28.57
银鲳	9.45	7.9-11	27.75	14.3-41.2	50.00
鲷	24.10	23.4-24.8	92.30	81.5-103.1	0.00
中国花鲈	21.10	21.1-21.1	116.10	116.1-116.1	0.00
黄鲮	22.61	15.6-27	388.21	212.3-627.7	0.00
葛氏长臂虾	6.40	6.4-6.4	3.10	3.1-3.1	0.00
脊褐腹虾	5.28	1-7.5	2.83	0.8-8.7	3.76
口虾蛄	9.66	4.6-26	14.12	1.2-459.4	69.12
日本鼓虾	4.13	3-5.3	2.13	0.8-4	14.29
鲜明鼓虾	5.18	3.5-6.6	2.83	1.5-3.9	50.00
鹰爪虾	5.20	5.2-5.2	3.60	3.6-3.6	0.00
中国明对虾	15.60	15.6-15.6	42.10	42.1-42.1	0.00
豆形拳蟹	1.59	1.3-1.8	1.49	0.8-2.3	14.29
寄居蟹	-	-	7.60	7.6-7.6	0.00
隆背黄道蟹	2.80	2.4-3.3	4.83	3.7-6.4	100.00
隆线强蟹	2.60	2.2-3.1	9.30	5.7-13.6	33.33
日本关公蟹	2.32	1.5-5.8	5.96	1.9-10.1	1.04
日本蟳	3.87	2.4-6.8	7.35	2.9-16.8	100.00
三疣梭子蟹	6.61	4.3-9.2	14.40	4.5-33.9	0.00
十一刺栗壳蟹	2.90	2.1-3.7	7.75	3.4-12.1	50.00
双斑蟳	2.60	2.3-3	3.03	2-4.5	0.00
短蛸	7.08	4-9.5	91.00	26.2-169.8	0.00
日本枪乌贼	6.77	2.4-9.3	11.67	4.7-32.6	26.32
双喙耳乌贼	3.70	3.2-4	11.45	8-14.2	0.00
长蛸	8.50	4-11	194.12	22.5-441.2	40.00

秋季调查海域渔获物中，鱼类幼鱼平均占 33.98%，虾类平均占 23.98%，蟹类平均占 22.58%，头足类为 16.00%。

鱼类平均体长 9.07cm/ind，虾类平均体长 6.88cm/ind，蟹类平均体长 4.34cm/ind，头足类平均体长 4.53cm/ind。鱼类平均体重 22.16g/ind，虾类平均体重 6.99g/ind，蟹类平均体重 17.08g/ind，头足类平均体重 15.36g/ind（表 4.3.7-11）。

表4.3.7-11 拖网分类群平均体重(g)、体长(cm)和平均幼体比例(%)

类群	2023.05		
	平均体长 (cm/ind)	平均体重 (g/ind)	平均幼体比例 (%)
鱼类	9.07	22.16	33.98
虾类	6.88	6.99	23.98
蟹类	4.34	17.08	22.58
头足类	4.53	15.36	16.00

秋季调查海域渔获物中各种类体重范围、平均体重、体长范围、平均体长和幼体比例（表 4.3.7-12）。

表4.3.7-12 秋季渔获物各物种体重、体长和幼体比例

种名	体长 (cm)		体重 (g)		幼体比例 (%)
	均值	范围	均值	范围	
孔鳐	67.08	23.5-267	287.65	80.2-507.3	0.00
日本鳀	10.23	4-19.5	12.22	0.9-39.2	24.00
赤鼻棱鳀	-	-	9.49	3.2-15.4	0.00
斑鲚	8.24	4.7-12	6.51	1-16.7	28.19
黄鲫	6.72	4.9-9.5	4.29	1.6-21	26.42
长蛇鲻	20.84	14.6-32.7	141.32	48-211.2	20.00
六丝钝尾虾虎鱼	11.88	8-15.1	14.90	1.5-26.2	9.09
矛尾虾虎鱼	7.85	6.1-10.8	4.58	2-11.5	2.22
斑尾刺虾虎鱼	18.07	14.9-21.1	34.27	22.9-70.3	27.78
绵鲷	15.27	6-24.5	18.07	7.5-45.1	18.98
方式云鲷	11.27	7-14	8.33	5.2-13.1	27.54
李氏鲷	7.27	4.2-12.5	3.97	0.7-12.7	41.95
皮氏叫姑鱼	10.03	5.5-27	57.50	2.4-627.7	54.24
白姑鱼	13.28	11.7-16.9	88.90	28.8-202.1	49.00
棘头梅童鱼	11.70	11.7-11.7	31.60	31.6-31.6	0.00
蓝点马鲛	23.28	16.2-27	331.20	119.2-467.7	0.00
小黄鱼	16.58	14.7-23.5	85.50	53.1-180.6	0.00
小头栉孔虾虎鱼	8.00	8-8	2.00	2-2	100.00
许氏平鲉	9.50	6.2-14.1	28.24	4.7-88.2	38.46
细纹狮子鱼	38.34	33.8-43.9	1958.84	1482.8-2419.4	0.00
鲷	25.42	15.1-41	274.96	70-1326	0.00
短鳍红娘鱼	-	-	51.10	51.1-51.1	6.67
大泷六线鱼	16.60	15.4-17.8	62.60	56.7-68.5	0.00
绒杜父鱼	15.50	15.5-15.5	203.90	203.9-203.9	0.00
短吻舌鲷	19.58	16.2-21.8	41.85	23.9-56.9	0.00
焦氏舌鲷	12.37	4-20.1	12.27	0.3-45.5	30.83

#### 4 环境现状调查与评价

牙鲆	22.60	22.6-22.6	296.96	224.05-383.1	0.00
钝吻黄盖鲽	16.77	14.1-19.2	132.83	68.3-215.4	0.00
髯缟虾虎鱼	7.50	7.5-7.5	28.40	28.4-28.4	0.00
黄鮟鱇	23.19	20.6-27	354.50	254.1-627.7	8.00
假睛东方鲀	15.60	14.5-16.2	162.10	112.6-222.3	0.00
角木叶鲽	13.57	12.3-15.1	65.20	50.2-80.2	0.00
葛氏长臂虾	4.54	2.5-6.9	1.36	0.3-3.7	25.00
脊褐腹虾	4.98	3.3-8.5	1.69	0.5-4.6	12.99
口虾蛄	8.90	3.4-16.7	12.44	0.9-52.1	44.08
日本鼓虾	4.79	2.7-6.5	3.13	0.4-6.6	9.75
鲜明鼓虾	4.23	3.5-5.1	3.03	0.9-5.9	33.33
日本囊对虾	11.20	11.2-11.2	19.20	19.2-19.2	0.00
鹰爪虾	5.78	3.2-9.7	2.82	0.5-8.3	7.58
中国对虾	16.45	15.2-18.5	56.80	38.3-95.2	0.00
脊尾白虾	6.90	6-7.8	5.73	3.4-11.2	0.00
豆形拳蟹	1.10	0.9-1.2	0.53	0.4-0.7	0.00
红线黎明蟹	4.50	4.5-4.5	11.40	11.4-11.4	0.00
寄居蟹	3.98	2.4-7.9	17.05	1.2-101.7	76.32
隆背黄道蟹	4.10	4.1-4.1	55.20	55.2-55.2	0.00
隆线强蟹	2.71	1.4-5.3	10.06	2.2-22.1	16.00
日本关公蟹	2.87	2-3.9	6.19	0.8-10.9	0.00
日本诺关公蟹	0.90	0.9-0.9	7.50	7.5-7.5	0.00
三疣梭子蟹	8.96	4.6-12.1	42.05	6.3-92.5	16.67
双斑蟳	2.45	1.9-3.2	5.67	1.5-10.8	28.57
火枪乌贼	4.97	3.2-9.2	4.85	1.3-13.1	29.27
日本枪乌贼	4.09	2.9-8.3	4.33	1.3-55.2	13.92
长蛸	9.35	5.1-12.4	176.45	22.8-311.3	25.00
短蛸	6.22	4.2-15.5	61.02	12.5-521.7	20.93
金乌贼	5.70	5.7-5.7	212.20	212.2-212.2	0.00

#### 4.3.7.2.6 渔获物优势种

##### (1) 渔获物优势种

春季调查海域中，IRI 大于 500 的鱼类优势种共有 5 种，分别为方式云鲷、李氏鳮、矛尾虾虎鱼、鯷鱼和斑纹狮子鱼；IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 4 种，分别为黄鮟鱇、焦氏舌鳎、孔鲷和六丝钝尾虾虎鱼（表 4.3.7-13）。

春季调查海域中，IRI 大于 500 的虾类优势种共有 2 种，分别为口虾蛄和脊腹褐虾；IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 1 种，为日本鼓虾（表 4.3.7-13）。

春季调查海域中，IRI 大于 500 的蟹类优势种共有 3 种，分别为日本关公蟹、三疣梭子蟹和日本蛄；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 2 种，分别为豆形拳蟹和隆背黄道蟹。

春季调查海域中，IRI 大于 500 的头足类优势种共有 3 种，分别为短蛸、日本枪乌贼和长蛸；IRI 值在 100-500 之间的头足类常见种共有 1 种，为双喙耳乌贼（表 4.3.7-13）。

表4.3.7-13 春季渔获物各类群优势种及 IRI 值

调查时间	类别	分类	种类	W(%)	N(%)	F	IRI
春季	鱼类	优势种 (IRI>500)	方式云鳎	16.61	40.36	76.92%	4382.50
			李氏鳊	7.09	23.02	100.00%	3010.79
			矛尾虾虎鱼	16.81	12.97	100.00%	2978.14
			鳀鱼	8.30	8.37	84.62%	1410.84
			斑纹狮子鱼	7.23	7.97	69.23%	1052.70
		常见种 (IRI=100~500)	黄鮟鱇	16.66	0.63	23.08%	398.92
			焦氏舌鳎	3.62	2.14	61.54%	354.90
			孔鳐	9.96	0.50	30.77%	321.95
	六丝钝尾虾虎鱼		1.01	1.86	46.15%	132.48	
	虾类	优势种 (IRI>500)	口虾蛄	90.57	65.21	100.00%	15577.39
			脊褐腹虾	8.15	31.28	92.31%	3639.35
		常见种 (IRI=100~500)	日本鼓虾	0.51	2.45	46.15%	136.85
	蟹类	优势种 (IRI>500)	日本关公蟹	46.55	55.91	46.15%	4728.88
			三疣梭子蟹	35.56	16.62	46.15%	2407.98
			日本蛄	6.97	6.32	53.85%	715.45
		常见种 (IRI=100~500)	豆形拳蟹	2.68	11.89	23.08%	336.12
			隆背黄道蟹	2.99	4.02	15.38%	107.80
	头足类	优势种 (IRI>500)	短蛸	81.95	70.02	92.31%	14027.96
			日本枪乌贼	3.14	20.25	84.62%	1979.27
长蛸			14.30	5.59	30.77%	611.74	
常见种 (IRI=100~500)		双喙耳乌贼	0.62	4.14	23.08%	109.79	

秋季调查海域中，IRI 大于 500 的鱼类优势种共有 3 种，分别为李氏鳊、细纹狮子鱼、方式云鳎；IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 10 种，分别为白姑鱼、黄鮟鱇、斑鳊、矛尾虾虎鱼、焦氏舌鳎、皮氏叫姑鱼、绵鳎、鲷、日本鳀、蓝点马鲛（表 4.3.7-14）。

秋季调查海域中，IRI 大于 500 的虾类优势种共有 2 种，分别为口虾蛄和鹰

爪虾；IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 3 种，分别为日本鼓虾、脊褐腹虾和葛氏长臂虾（表 4.3.7-14）。

秋季调查海域中，未发现 IRI 大于 500 的蟹类优势种；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 1 种，为三疣梭子蟹（表 4.3.7-14）。

秋季调查海域中，IRI 大于 500 的头足类优势种有 1 种，为日本枪乌贼；IRI 值在 100-500 之间的头足类常见种有 2 种，为长蛸和短蛸（4.3.7-14）。

表4.3.7-14 秋季渔获物各类群优势种及 IRI 值

调查时间	类别	分类	种类	W(%)	N(%)	F	IRI
秋季	鱼类	优势种 (IRI>500)	李氏鲷	5.94	30.84	100.00%	3677.31
			细纹狮子鱼	21.11	0.16	61.54%	1308.82
			方式云鲷	3.02	5.13	61.54%	501.55
		常见种 (IRI=100~500)	白姑鱼	4.87	1.53	76.92%	492.46
			黄鮫鰵	8.33	0.40	46.15%	402.89
			斑鰵	1.63	2.34	92.31%	367.28
			矛尾虾虎鱼	1.50	2.84	84.62%	366.96
			焦氏舌鰵	1.58	1.99	92.31%	329.01
			皮氏叫姑鱼	2.67	0.95	76.92%	278.01
			绵鰵	2.53	2.21	53.85%	254.86
			鲷	3.92	0.19	46.15%	189.74
			日本鳀	0.97	1.18	84.62%	181.85
			蓝点马鲛	2.63	0.13	38.46%	106.45
			虾类	优势种 (IRI>500)	口虾蛄	10.86	13.38
	鹰爪虾	1.40			9.29	84.62%	904.13
	常见种 (IRI=100~500)	日本鼓虾		0.61	3.65	69.23%	294.74
		脊褐腹虾		0.23	3.13	46.15%	155.22
		葛氏长臂虾		0.12	1.59	76.92%	131.61
	蟹类	常见种 (IRI=100~500)	三疣梭子蟹	4.65	1.20	61.54%	360.12
	头足类	优势种 (IRI>500)	日本枪乌贼	1.85	8.35	100.00%	1019.36
常见种 (IRI=100~500)		短蛸	3.35	1.35	84.62%	397.62	
		长蛸	2.34	0.20	46.15%	117.19	

## (2) 渔获物主要优势种生态特征及其分布

### 方式云鲷 (*Enedrias fangi*)

锦鲷科云鲷属的鱼类。

地理分布：仅见于我国北方海区我国仅分布于黄海和渤海。

生活习性：方氏云鲷为近岸季节集群性小型底层冷水性鱼类,黄、渤两海均有

分布。黄海北部及渤海主要群体每年 10~11 月集中在北纬 38°00'~39°00'近岸水域产卵，群体中 IV 个世代，雌雄性成熟均为 II 龄。

2023 年 5 月调查，方氏云鳎重量密度范围为 0-254.98 kg/km<sup>2</sup>，最大值出现在 6 号站位；尾数密度范围为(0-45.36)×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>，最大值出现在 6 号站位。

2022 年 10 月调查，方氏云鳎重量密度范围为 0-75.34kg/km<sup>2</sup>，最大值出现在 8 号站位；尾数密度范围为(0-8.70)×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>，最大值出现在 20 号站位。

#### 口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*)

口虾蛄头胸甲前缘中央有一片能活动的梯形额角板，其前方有能活动的眼节和触角节。腹部宽大，共六节，最后另有宽而短的尾节，其背面有中央脊，后缘具强棘。第一触角柄部细长，分三节，末端具三条触鞭，司触觉。第二触角柄部二节，上生有一条触鞭和一个长圆形鳞片。地理分布：舟山群岛以北的的东海北部及黄海海域，日本沿岸。

地理分布：口虾蛄分布范围极广，从俄罗斯的大彼得海湾到日本及中国沿海、菲律宾、马来半岛、夏威夷群岛均有分布。

生活习性：虾蛄多穴居，常在浅海沙底或泥沙底掘穴，穴多为“U”字形。口足类动物为肉食性，多捕食小型无脊椎动物。此类动物能以尾肢摩擦尾节腹面或以掠肢打击而发声。

2023 年 5 月调查，口虾蛄重量密度范围为 5.62-263.85kg/km<sup>2</sup>，最大值出现在 3 号站位；尾数密度范围为 (0.28-12.86) ×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>，最大值出现在 20 号站位。

2022 年 10 月调查，口虾蛄重量密度范围为 7.45-266.77kg/km<sup>2</sup>，最大值出现在 13 号站位；尾数密度范围为 (0.86-16.75) ×10<sup>3</sup>ind/km<sup>2</sup>，最大值出现在 13 号站位。

#### 日本关公蟹 (*Dorippe japonica*)

日本关公蟹为关公蟹科关公蟹属的动物。

地理分布：分布于日本、朝鲜、台湾岛以及中国大陆的广西、广东、福建、浙江、江苏、山东、辽东湾、辽东半岛等地，生活环境为海水，多见于潮间带及近岸水深 20-130 米的泥沙底。

生活习性：生活于近岸水深 50—130 米的泥沙底上，常用后两对步足握住贝壳等物，置于背上，掩护自己。

2023 年 5 月调查，日本关公蟹重量密度范围为 0.00-37.70kg/km<sup>2</sup>，最大值出现

在 6 号站位；尾数密度范围为 $(0.00-7.46) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，最大值出现在 6 号站位。

#### 日本枪乌贼 (*Loligo japonica*)

头足纲，枪乌贼科，头足纲，枪乌贼科，胴部细长，胴长最大可达 15 厘米，形状类似鱿鱼，个体比鱿鱼短而小，体短而宽。一般胴长 12~20 厘米，长度为宽度的 4 倍。肉鳍长度稍大于胸部的 1/2，略呈三角形。腕吸盘 2 行，其胶质环外缘具方形小齿。触腕超过胴长。内壳角质，薄而透明。眼背部具浓密的紫色斑点。

地理分布：在我国黄、渤海沿海分布较广，主要产于东海和黄海，每年冬春以石岛南部沿海产量最为集中。

生活习性：喜群栖于海洋中下层，有时也活跃于水面，为底曳网的捕捞对象之一。

2023 年 5 月调查，日本枪乌贼重量密度范围为 0.0-6.40kg/km<sup>2</sup>，最大值出现在 10 号站位；尾数密度范围为  $(0.0-0.62) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，最大值出现在 10 号站位。

2022 年 10 月调查，日本枪乌贼重量密度范围为 0.1-76.49kg/km<sup>2</sup>，最大值出现在 10 号站位；尾数密度范围为  $(0.07-16.45) \times 10^3 \text{ind/km}^2$ ，最大值出现在 10 号站位。

#### 4.3.7.2.7 渔获物物种多样性

春季调查海域渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.65 (1.64-3.67)；均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.66 (0.47-0.81) (015)。调查海域渔获物尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.56 (1.41-3.32)；均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.64 (0.41-0.79) (表 4.3.7-15)。

秋季调查海域渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 3.31 (2.62-3.91)；均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.72 (0.58-0.82) (015)。调查海域渔获物尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 3.13 (2.13-3.88)；均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.68 (0.53-0.79) (表 4.3.7-15)。

表4.3.7-15 春秋两季调查海域渔获物多样性指数值

站位	春季								秋季							
	重量多样性				尾数多样性				重量多样性				尾数多样性			
	<i>C</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>d</i>	<i>C</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>d</i>	<i>C</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>d</i>	<i>C</i>	<i>H'</i>	<i>J'</i>	<i>d</i>
1	0.28	2.45	0.61	1.64	0.49	1.96	0.49	0.94	0.23	2.71	0.64	1.86	0.25	2.67	0.63	1.15
3	0.42	1.64	0.47	1.14	0.46	1.41	0.41	0.67	0.1	3.82	0.8	2.87	0.15	3.45	0.72	1.74
6	0.23	2.63	0.63	1.75	0.33	2.35	0.56	1.04	0.16	3.51	0.72	2.92	0.11	3.88	0.79	1.89
8	0.11	3.49	0.81	1.84	0.14	3.18	0.73	1.17	0.1	3.74	0.82	2.38	0.2	2.98	0.65	1.43
10	0.18	2.88	0.72	1.57	0.22	2.69	0.67	0.93	0.15	3.24	0.75	1.96	0.18	2.99	0.69	1.17
12	0.23	2.61	0.67	1.6	0.19	2.86	0.73	0.96	0.28	2.62	0.58	2.46	0.23	2.82	0.62	1.46
13	0.22	2.65	0.7	1.46	0.37	2.07	0.54	0.83	0.19	3.03	0.69	2.09	0.2	3.06	0.7	1.3
15	0.19	3.02	0.74	1.82	0.2	2.88	0.7	1.08	0.15	3.14	0.79	1.88	0.41	2.13	0.53	1.02
16	0.24	2.7	0.65	1.73	0.22	2.92	0.7	1.1	0.13	3.71	0.77	2.95	0.17	3.37	0.7	1.77
17	0.5	1.64	0.48	1.27	0.22	2.74	0.79	0.78	0.29	2.8	0.62	2.69	0.15	3.33	0.74	1.56
18	0.38	2.19	0.59	1.26	0.23	2.71	0.73	0.81	0.15	3.42	0.76	2.54	0.16	3.24	0.72	1.47
20	0.1	3.67	0.79	2.47	0.15	3.32	0.72	1.53	0.1	3.91	0.77	3.48	0.15	3.47	0.68	2.15
22	0.19	2.87	0.74	1.52	0.37	2.19	0.56	0.91	0.15	3.39	0.71	2.86	0.16	3.24	0.68	1.76
平均值	0.25	2.65	0.66	1.62	0.28	2.56	0.64	0.98	0.17	3.31	0.72	2.53	0.19	3.13	0.68	1.53
幅度	0.10- 0.50	1.64- 3.67	0.47- 0.81	1.14- 2.47	0.14- 0.49	1.41- 3.32	0.41- 0.79	0.67- 1.53	0.1-0.29	2.62- 3.91	0.58- 0.82	1.86- 3.48	0.11- 0.41	2.13- 3.88	0.53- 0.79	1.02- 2.15

#### 4.3.7.2.8 结论

##### (1) 游泳动物种类组成

春季拖网调查共鉴定游泳动物 48 种。其中，鱼类 28 种，占拖网总种数的 58.33%；虾类 7 种，占 14.58%；蟹类 9 种，占 18.75%；头足类 4 种，占 8.33%。

秋季拖网调查共鉴定游泳动物 56 种。其中，鱼类 32 种，占拖网总种数的 57.14%；虾类 9 种，占 16.07%；蟹类 10 种，占 17.86%；头足类 5 种，占 8.93%。

##### (2) 渔业资源密度（重量、尾数）

春季调查海域渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为  $657.07\text{kg}/\text{km}^2$  和  $46.84 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为  $455.00 \text{kg}/\text{km}^2$ ；虾类  $85.41\text{kg}/\text{km}^2$ ；蟹类  $16.29\text{kg}/\text{km}^2$ ；头足类  $100.37 \text{kg}/\text{km}^2$ 。鱼类资源尾数密度均值为  $34.66 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；虾类为  $8.38 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；蟹类为  $2.49 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；头足类为  $1.31 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。

秋季调查海域渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为  $627.31\text{kg}/\text{km}^2$  和  $42.34 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为  $447.63\text{kg}/\text{km}^2$ ；虾类  $89.46 \text{kg}/\text{km}^2$ ；蟹类  $40.33\text{kg}/\text{km}^2$ ；头足类  $49.89\text{kg}/\text{km}^2$ 。鱼类资源尾数密度均值为  $22.57 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；虾类为  $13.46 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；蟹类为  $1.82 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ ；头足类为  $4.49 \times 10^3 \text{ind}/\text{km}^2$ 。

##### (3) 渔获物优势种

春季航次调查海域中，IRI 大于 500 的鱼类优势种共有 5 种，分别为方式云鳎、李氏鳊、矛尾虾虎鱼、鲢鱼和斑纹狮子鱼，IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 4 种，分别为黄鮟鱇、焦氏舌鳎、孔鲷和六丝钝尾虾虎鱼；IRI 大于 500 的虾类优势种共有 2 种，分别为口虾蛄和脊腹褐虾，IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 1 种，为日本鼓虾；IRI 大于 500 的蟹类优势种共有 3 种，分别为日本关公蟹、三疣梭子蟹和日本蟳，IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 2 种，分别为豆形拳蟹和隆背黄道蟹；IRI 大于 500 的头足类优势种共有 3 种，分别为短蛸、日本枪乌贼和长蛸，IRI 值在 100-500 之间的头足类常见种共有 1 种，为双喙耳乌贼。

秋季航次调查海域中，IRI 大于 500 的鱼类优势种共有 3 种，分别为李氏鳊、细纹狮子鱼、方式云鳊，IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 10 种，分别为白姑鱼、黄鮟鱇、斑鳊、矛尾虾虎鱼、焦氏舌鳎、皮氏叫姑鱼、绵鳎、鲷、日本鳀、蓝点马鲛；IRI 大于 500 的虾类优势种共有 2 种，分别为口虾蛄和鹰爪虾，IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 3 种，分别为日本鼓虾、脊褐腹虾和葛氏长臂虾；未发现 IRI 大于 500 的蟹类优势种；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 1 种，为三疣梭子蟹；IRI 大于 500 的头足类优势种有 1 种，为日本枪乌贼；IRI 值在 100-500 之间的头足类常见种有 2 种，为长蛸和短蛸。

#### （4）渔获物幼体比例

春季调查海域渔获物中，鱼类幼鱼平均占 31.35%，虾类平均占 47.64%，蟹类平均占 13.79%，头足类为 7.37%。

秋季调查海域渔获物中，鱼类幼鱼平均占 33.98%，虾类平均占 23.98%，蟹类平均占 22.58%，头足类为 16.00%。

#### （5）渔业资源评价结论

统计分析结果表明，春季调查海域渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.65 (1.64- 3.67)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.66 (0.47-0.81)。春季调查海域渔获物尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.56 (1.41-3.32)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.64 (0.41-0.79)。秋季调查海域渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 3.31 (2.62-3.91)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.72 (0.58-0.82)。秋季调查海域渔获物尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 3.13 (2.13- 3.88)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.68 (0.53-0.79)。

除了个别站位物种分布不均匀外，大部分站位种间个体分布均匀，群落结构稳定。综合各生态指标，可见，调查水域渔业资源资源密度较好，经济种类密度一般。

### 4.3.8 鸟类资源现状调查与评价

本章节内容依据《国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目鸟类影响评价专题报告》。

#### 4.3.8.1 数据来源与调查内容

##### 4.3.8.1.1 数据来源

本项目数据来源于如下：

- 5年来野生动物疫源疫病监测数据；
- 2006年以来辽宁鸟类资源的研究数据（《辽宁的鸟类资源》辽宁林业科技2006.6）；
- 2017年至2019年的鸟类卫星跟踪数据；
- 2023年2月、4月、7月、10月的现场调查数据。

##### 4.3.8.1.2 调查内容

调查内容包括：

- （1）鸟类生境类型；
- （2）鸟类种类组成、数量、居留型；
- （3）主要鸟种的迁徙行为、飞行模式、活动规律等；
- （4）国家重点保护鸟、世界濒危鸟类种群状况。

##### 4.3.8.1.3 现场调查调查方法

根据前期踏查结果，结合本项目区域特点及对鸟类产生的影响做出初步评估后，按照《陆生野生动物监测技术指南（试行）》、《生物多样性观测技术导则鸟类》（HJ 710.4-2014）的要求，评价区海域采用样线法，陆域调查采用样点法。

样线法：在计划的样线上，按照 1-2km/h 的速度行进，调查时借助双、单筒望远镜进行观测。同时记录观察到的物种相关信息，如物种名称、数量、行为、生境等。

- （1）样带单侧宽度设置：根据调查区域的生境类型设置样带的宽度 500m。
- （2）调查通常在晴朗、风力不大（一般在 3 级以下）的天气条件下进行，并选择最佳调查时间（清晨和傍晚）。
- （3）调查员只记录位于前方及两侧的鸟类，包括飞过样带的个体。

(4) 样线要涵盖项目评价区域内所有的生境，在不同的区域均有设置。

样点法：样线调查行进过程中，如遇鸟类集中分布区域，则采取样点法直接计数，逐一统计样点中鸟类种类和数量，得出观测区域内鸟类总种数和个体数量。

#### 4.3.8.2 评价区鸟类资源状况及评价

##### 4.3.8.2.1 历史数据分析

通过资料查询、走访，搜集评价区鸟类历史研究资料及文献对评价区鸟类状况分析，见表 4.3.8-1。

统计表明，评价区主要分布的鸟类共有 16 目 25 科 131 种。近岸河口及滩涂湿地，数据显示区内多数为水鸟，林鸟相对较少。其中：

按保护类型划分：国家一级保护鸟类 4 种，为黑嘴鸥 *Saundersilarus saundersi*、遗鸥 *Ichthyaetus relictus*、黑脸琵鹭、黄嘴白鹭。国家二级保护鸟类 25 种，为鸿雁 *Anser cygnoid*、白额雁 *Anser albifrons*、鸳鸯 *Aix galericulata*、花脸鸭 *Sibirionetta formosa*、小杓鹬 *Numenius minutus*、白腰杓鹬 *Numenius arquata*、大杓鹬 *Numenius madagascariensis*、翻石鹬 *Arenaria interpres*、大滨鹬 *Calidris tenuirostris*、海鸬鹚 *Phalacrocorax pelagicus*、白琵鹭 *Platalea leucorodia*、凤头蜂鹰 *Pernis ptilorhynchus*、白尾鹞 *Circus cyaneus*、鹊鹞 *Circus melanoleucos*、赤腹鹰 *Accipiter soloensis*、日本松雀鹰 *Accipiter gularis*、雀鹰 *Accipiter nisus*、苍鹰 *Accipiter gentilis*、灰脸鵟鹰 *Butastur indicus*、普通鵟 *Buteo buteo*、大鵟 *Buteo hemilasius*、红隼 *Falco tinnunculus*、红脚隼（阿穆尔隼）*Falco amurensis*、燕隼 *Falco subbuteo*、游隼 *Falco peregrinus*。

按生态类群划分，有水鸟 82 种，其中涉禽 45 种，其余 38 种为游禽。

按居留型划分，旅鸟有 93 种，为大多数鸟种；留鸟有 4 种，环颈雉、小鸺鹠、黑尾鸥、西伯利亚银鸥；夏候鸟有 39 种，主要为鹭科、鸥科、鸬鹚科鸟类；冬候鸟 19 种，主要为鸭科、鸬鹚科和鹰科鸟类。

按动物区系划分，古北种 107 种，东洋种 2 种，广布种 24 种。

在这 16 目 131 种鸟类中，鸻形目有 52 种，占比 39.7%；雁形目为 24 种，占比 18.3%；鹬形目为 14 种，占比 10.7%；鹰形目为 10 种，占比 7.6%，这 4 目占

到总鸟种的 76%，见图 4.3.8-1。雀形目代表了风电场所在区域的山林、灌木、农田中的鸟类（不同季节经过该区域的林鸟），鸽形目代表了滨海滩涂的鸟类，雁形目代表了冬季越冬的鸭类，鹈形目代表了海岛区及周边养殖池、水库等的鹭科鸟类，鹰形目代表区内的猛禽鸟类。

历史数据和现场监测数据表明，项目区共记录鸟类 16 目 45 科 186 种（见表 4.3.8-1）。

表4.3.8-1 项目及其周边鸟类历史数据

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
<b>I. 鸡形目 GALLIFORMES</b>									
一. 雉科 Phasianidae									
1. 鹌鹑	<i>Coturnix japonica</i>		—	—			√		√
2. 环颈雉	<i>Phasianus colchicus</i>					—	√		
<b>II. 雁形目 ANSERIFORMES</b>									
二. 鸭科 Anatidae									
3. 鸿雁	<i>Anser cygnoid</i>	II		—			√		
4. 豆雁	<i>Anser fabalis</i>			—			√		
5. 白额雁	<i>Anser albifrons</i>	II		—			√		
6. 灰雁	<i>Anser anser</i>			—			√		
7. 赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>			—			√		
8. 翘鼻麻鸭	<i>Tadorna tadorna</i>			—			√		
9. 长尾鸭	<i>Clangula hyemalis</i>				—		√		
10. 鸳鸯	<i>Aix galericulata</i>	II	—				√		
11. 赤颈鸭	<i>Mareca penelope</i>			—			√		
12. 罗纹鸭	<i>Anas falcata</i>			—			√		
13. 赤膀鸭	<i>Mareca strepera</i>			—			√		
14. 花脸鸭	<i>Sibirionetta formosa</i>	II		—	—		√		
15. 绿翅鸭	<i>Anas crecca</i>			—	—		√		
16. 绿头鸭	<i>Anas platyrhynchos</i>			—	—		√		
17. 斑嘴鸭	<i>Anas zonorhyncha</i>		—	—	—		√		
18. 针尾鸭	<i>Anas acuta</i>			—	—		√		

4 环境现状调查与评价

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
19. 白眉鸭	<i>Spatula querquedula</i>			—	—		√		
20. 琵嘴鸭	<i>Spatula clypeata</i>			—	—		√		
21. 红头潜鸭	<i>Aythya ferina</i>			—	—		√		
22. 凤头潜鸭	<i>Aythya fuligula</i>			—	—		√		
23. 丑鸭	<i>Histrionicus histrionicus</i>			—	—		√		
24. 鹊鸭	<i>Bucephala clangula</i>			—	—		√		
25. 红胸秋沙鸭	<i>Mergus serrator</i>			—	—		√		
26. 普通秋沙鸭	<i>Mergus merganser</i>			—	—		√		
<b>III. 鸊鷉目 Podicipediformes</b>									
三. 鸊鷉科 Podicipedidae									
27. 小鸊鷉	<i>Tachybaptus ruficollis</i>					—			√
28. 凤头鸊鷉	<i>Podiceps cristatus</i>		—				√		
<b>IV. 鸽形目 COLUMBIFORMES</b>									
四. 鸠鸽科 Columbidae									
29. 山斑鸠	<i>Streptopelia orientalis</i>		—	—					√
<b>V. 夜鹰目 Caprimulgiformes</b>									
五. 夜鹰科 Caprimulgidae									
30. 普通夜鹰	<i>Caprimulgus indicus</i>			—					√
六. 雨燕科 Apodidae									
31. 白喉针尾雨燕	<i>Hirundapus caudacutus</i>			—					√
32. 普通雨燕	<i>Apus apus</i>			—			√		
33. 白腰雨燕	<i>Apus pacificus</i>			—			√		
<b>VI. 鸊形目 CUCULIFORMES</b>									

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
七. 杜鹃科 Cuculidae									
34. 北棕腹杜鹃	<i>Hierococcyx hyperythrus</i>			—				√	
35. 四声杜鹃	<i>Cuculus micropterus</i>		—	—					√
36. 大杜鹃	<i>Cuculus canorus</i>		—	—					√
<b>VII. 鹤形目 GRUIFORMES</b>									
八. 秧鸡科 Rallidae									
37. 董鸡	<i>Gallicrex cinerea</i>		—				√		
38. 黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>		—						√
39. 白骨顶	<i>Fulica atra</i>								√
<b>VIII. 鹧鸪形目 Charadriiformes</b>									
九. 彩鹧鸪科 Rostratulidae									
40. 彩鹧鸪	<i>Rostratula benghalensis</i>			—			√		
十. 蛎鹧科 Haematopodidae									
41. 蛎鹧	<i>Haematopus ostralegus</i>			—			√		
十一. 反嘴鹧鸪科 Recurvirostridae									
42. 黑翅长脚鹧	<i>Himantopus himantopus</i>						√		
43. 反嘴鹧	<i>Recurvirostra avosetta</i>						√		
十二. 鹧鸪科 Charadriidae									
44. 凤头麦鸡	<i>Vanellus vanellus</i>						√		
45. 灰头麦鸡	<i>Vanellus cinereus</i>						√		
46. 金鹧	<i>Pluvialis fulva</i>						√		
47. 灰鹧	<i>Pluvialis squatarola</i>						√		
48. 长嘴剑鹧	<i>Charadrius placidus</i>						√		

4 环境现状调查与评价

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
49. 金眶鸻	<i>Charadrius dubius</i>		—						√
50. 环颈鸻	<i>Charadrius alexandrinus</i>		—				√		
51. 蒙古沙鸻	<i>Charadrius mongolus</i>			—			√		
52. 东方鸻	<i>Charadrius veredus</i>			—			√		
十三. 鹬科 Scolopacidae									
53. 丘鹬	<i>Scolopax rusticola</i>		—				√		
54. 姬鹬	<i>Lymnocyptes minimus</i>			—			√		
55. 孤沙锥	<i>Gallinago solitaria</i>			—			√		
56. 拉氏沙锥	<i>Gallinago hardwickII</i>			—			√		
57. 针尾沙锥	<i>Gallinago stenura</i>			—			√		
58. 大沙锥	<i>Gallinago megala</i>			—			√		
59. 扇尾沙锥	<i>Gallinago gallinago</i>			—			√		
60. 黑尾塍鹬	<i>Limosa limosa</i>			—			√		
61. 斑尾塍鹬	<i>Limosa lapponica</i>			—			√		
62. 小杓鹬	<i>Numenius minutus</i>	II		—			√		
63. 中杓鹬	<i>Numenius phaeopus</i>			—			√		
64. 白腰杓鹬	<i>Numenius arquata</i>	II		—			√		
65. 大杓鹬	<i>Numenius madagascariensis</i>	II		—					√
66. 鹤鹬	<i>Tringa erythropus</i>			—			√		
67. 红脚鹬	<i>Tringa totanus</i>			—			√		
68. 青脚鹬	<i>Tringa nebularia</i>			—			√		
69. 白腰草鹬	<i>Tringa ochropus</i>			—			√		
70. 翘嘴鹬	<i>Xenus cinereus</i>			—			√		

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
71. 矶鹬	<i>Actitis hypoleucos</i>			—			√		
72. 灰尾漂鹬	<i>Tringa brevipes</i>			—			√		
73. 翻石鹬	<i>Arenaria interpres</i>	II		—			√		
74. 大滨鹬	<i>Calidris tenuirostris</i>	II		—			√		
75. 红腹滨鹬	<i>Calidris canutus</i>			—			√		
76. 红颈滨鹬	<i>Calidris ruficollis</i>			—			√		
77. 青脚滨鹬	<i>Calidris temminckII</i>			—			√		
78. 长趾滨鹬	<i>Calidris subminuta</i>			—			√		
79. 尖尾滨鹬	<i>Calidris acuminata</i>			—			√		
80. 弯嘴滨鹬	<i>Calidris ferruginea</i>			—			√		
81. 黑腹滨鹬	<i>Calidris alpina</i>			—			√		
十四. 三趾鹬科 Turnicidae									
82. 黄脚三趾鹬	<i>Turnix tanki</i>			—			√		
十五. 鸥科 Laridae									
83. 黑嘴鸥	<i>Saundersilarus saundersi</i>	I		—			√		
84. 遗鸥	<i>Ichthyaetus relictus</i>	I		—			√		
85. 黑尾鸥	<i>Larus crassirostris</i>					—	√		
86. 普通海鸥	<i>Larus canus</i>			—			√		
87. 西伯利亚银鸥	<i>Larus smithsonianus</i>			—		—	√		
88. 灰背鸥	<i>Larus schistisagus</i>			—			√		
89. 红嘴鸥	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>		—	—			√		
90. 普通燕鸥	<i>Sterna hirundo</i>		—				√		
91. 白额燕鸥	<i>Sternula albifrons</i>		—						√

4 环境现状调查与评价

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
<b>IX. 潜鸟目 Gaviiformes</b>									
十六. 潜鸟科 Gaiidae									
92. 红喉潜鸟	<i>Gavia stellata</i>		—	—	—		√		
93. 黑喉潜鸟	<i>Gavia arctica</i>			—			√		
<b>X. 鸂鶒目 Suliformes</b>									
十七. 鸂鶒科	Phalacrocoracidae								
94. 普通鸂鶒	<i>Phalacrocorax carbo</i>		—		—				√
95. 绿背鸂鶒	<i>Phalacrocorax capillatus</i>		—		—		√		
96. 海鸂鶒	<i>Phalacrocorax pelagicus</i>	II	—				√		
<b>XI. 鹈形目 pelecaniformes</b>									
十八. 鹈科 Threskiornithidae									
97. 白琵鹭	<i>Platalea leucorodia</i>	II	—				√		
98. 黑脸琵鹭	<i>Platalea minor</i>	I	—				√		
十九. 鹭科 Ardeidae									
99. 苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>		—						√
100. 草鹭	<i>Ardea purpurea</i>		—						√
101. 大白鹭	<i>Ardea alba</i>		—						√
102. 白鹭	<i>Egretta garzetta</i>		—				√		
103. 黄嘴白鹭	<i>Egretta eulophotes</i>	I	—				√		
104. 池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>		—				√		
105. 绿鹭	<i>Butorides striata</i>		—				√		
106. 夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>		—						√
107. 黄斑苇鹀	<i>Ixobrychus sinensis</i>		—				√		

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
108. 紫背苇鵂	<i>Ixobrychus eurhythmus</i>		—						√
109. 栗苇鵂	<i>Ixobrychus cinnamomeus</i>		—					√	
110. 大麻鵂	<i>Botaurus stellaris</i>		—				√		
<b>XII. 鹰形目 Accipitriformes</b>									
二十. 鹰科 Accipitridae									
111. 凤头蜂鹰	<i>Pernis ptilorhyncus</i>	II		—				√	
112. 白尾鹞	<i>Circus cyaneus</i>	II	—					√	
113. 鹊鹞	<i>Circus melanoleucos</i>	II	—					√	
114. 赤腹鹰	<i>Accipiter soloensis</i>	II	—					√	
115. 日本松雀鹰	<i>Accipiter gularis</i>	II	—	—				√	
116. 雀鹰	<i>Accipiter nisus</i>	II		—				√	
117. 苍鹰	<i>Accipiter gentilis</i>	II		—				√	
118. 灰脸鵟鹰	<i>Butastur indicus</i>	II		—				√	
119. 普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	II		—	—			√	
120. 大鵟	<i>Buteo hemilasius</i>	II		—	—			√	
<b>XIII. 犀鸟目 BUCEROTIFORMES</b>									
二十一. 戴胜科 Upupidae									
121. 戴胜	<i>Upupa epops</i>			—					√
<b>XIV. 佛法僧目 CORACIIFORMES</b>									
二十二. 翠鸟科 Alcedinidae									
122. 普通翠鸟	<i>Alcedo atthis</i>		—						√
二十三. 佛法僧科 Coraciidae									
123. 三宝鸟	<i>Eurystomus orientalis</i>			—					√

4 环境现状调查与评价

中文名称	学名	保护级别	居留型				区系从属		
			夏	旅	冬	留	古北	东洋	广布
<b>XV. 啄木鸟目 PICIFORMES</b>									
二十四. 啄木鸟科 Picidae									
124. 棕腹啄木鸟	<i>Dendrocopos hyperythrus</i>			—			√		√
125. 白背啄木鸟	<i>Dendrocopos sleucotos</i>			—			√		
126. 大斑啄木鸟	<i>Dendrocopos major</i>			—			√		
127. 灰头绿啄木鸟	<i>Picus canus</i>			—					√
<b>XVI. 隼形目 Falconiformes</b>									
二十五. 隼科 Falconidae									
128. 红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	II	—						√
129. 红脚隼 (阿穆尔隼)	<i>Falco amurensis</i>	II		—			√		
130. 燕隼	<i>Falco subbuteo</i>	II		—			√		
131. 游隼	<i>Falco peregrinus</i>	II		—			√		

注：“I”为国家一级保护鸟类；“II”为国家二级保护鸟类。

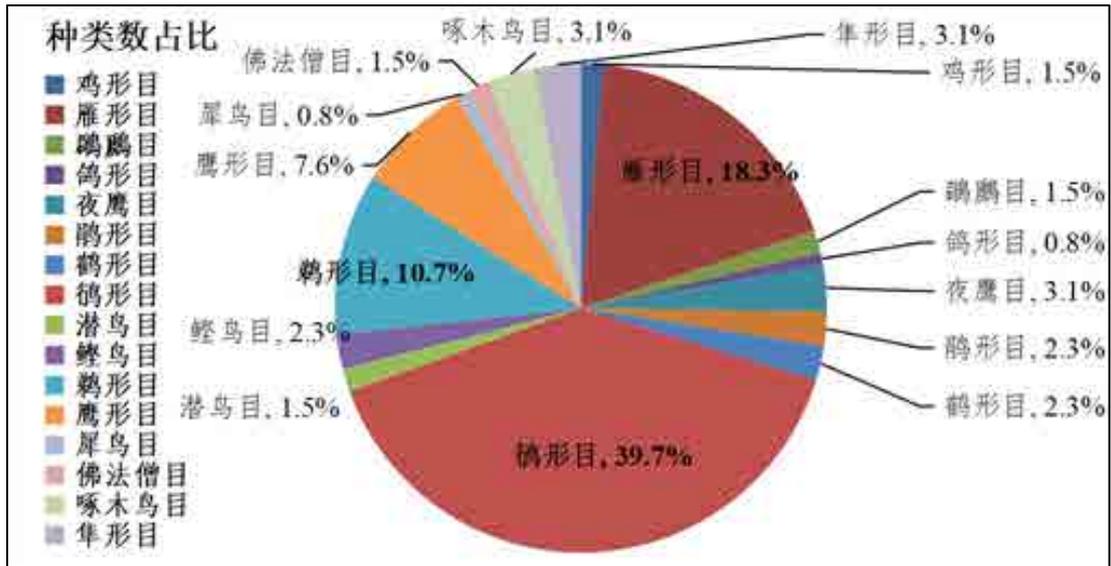


图4.3.8-1 种类数占比

#### 4.3.8.2.2 评价区鸟类现场调查结果

##### (1) 海域

2023年2月至10月在评价区海域开展连续季节的现场监测，结果显示，共记录鸟类4目4科7种（见表4.3.8-2~4.3.8-3），未调查到国家重点保护鸟种，均为常见鸟种。

表4.3.8-2 评价区秋季鸟类现场调查数据

种类	鸟种数量			
	春季	夏季	秋季	冬季
黑尾鸥	++	++	++	++
红胸秋沙鸭	+			+
西伯利亚银鸥	++	++	+	
白鹭			+	
红嘴鸥	+	+	+	++
鹊鸭			+	++
暗绿背鸬鹚	+			+

注：“+”代表数量为1~9；“++”代表数量为10~99。

表4.3.8-3 评价区鸟类统计

编号	中文名称	学名	样线最大数	飞行高度(m)	行为
<b>一、雁形目 ANSERIFORMES</b>					
<b>(一) 鸭科 Anatidae</b>					
1	鹊鸭	<i>Bucephala clangula</i>	12	0-15	游泳、飞行
2	红胸秋沙鸭	<i>Mergus serrator</i>	3	0-15	游泳、飞行
<b>二、鸬形目 CHARADRIIFORMES</b>					
<b>(二) 鸥科 Laridae</b>					
3	黑尾鸥	<i>Larus crassirostris</i>	44	0-200	游泳、飞行
4	西伯利亚银鸥	<i>Larus smithsonian</i>	17	0-50	游泳、飞行
5	红嘴鸥	<i>Larus ridibundus</i>	11	0-15	游泳、飞行
<b>三、鹈形目 PELECANIFORMES</b>					
<b>(三) 鸬鹚科 Phalacrocoracidae</b>					
6	暗绿背鸬鹚	<i>Phalacrocorax capillatus</i>	6	0-20	飞行
<b>四、鹳形目 CICONIIFORMES</b>					
<b>(四) 鹭科 Ardeidae</b>					
7	白鹭	<i>Egretta garzett</i>	2	0-20	飞行

现场调查数据显示，评价区海域处于空旷海域，鸟类分布的种类和数量相对较少，其中，评价区中，数量最多的是黑尾鸥，为44只，占项目区总调查数量的67.8%。

#### (2) 陆域—近岸滩涂区域

##### ①春季

共调查到鸟类6目6科16种共计7445只，见图4.3.8-2。

其中，鸭科的种类数占比最高，为38%；鸥科的数量占比最高，为65.1%。鸥科、隼科、鸭科三科鸟类的种类数占比超80%；鸭科和鸥科的数量占比总和超过99%。

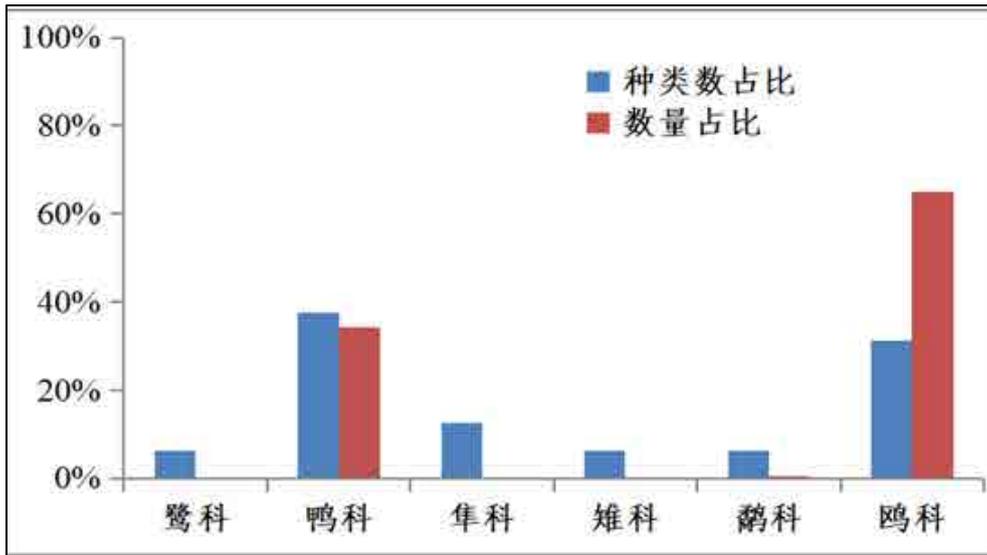


图4.3.8-2 春季各科鸟类种类数、数量占比对比

## ②夏季

共调查到鸟类 5 目 9 科 26 种共计 6558 只，见图 4.3.8-3。其中，鸺科的种类数和数量占比均为最高，占比分别为 27%和 73.1%；鸭科、鸥科、鸺科、鸺科四科鸟类的种类数占比超 70%；鸺科和鸥科的数量占比总和超过 95%。

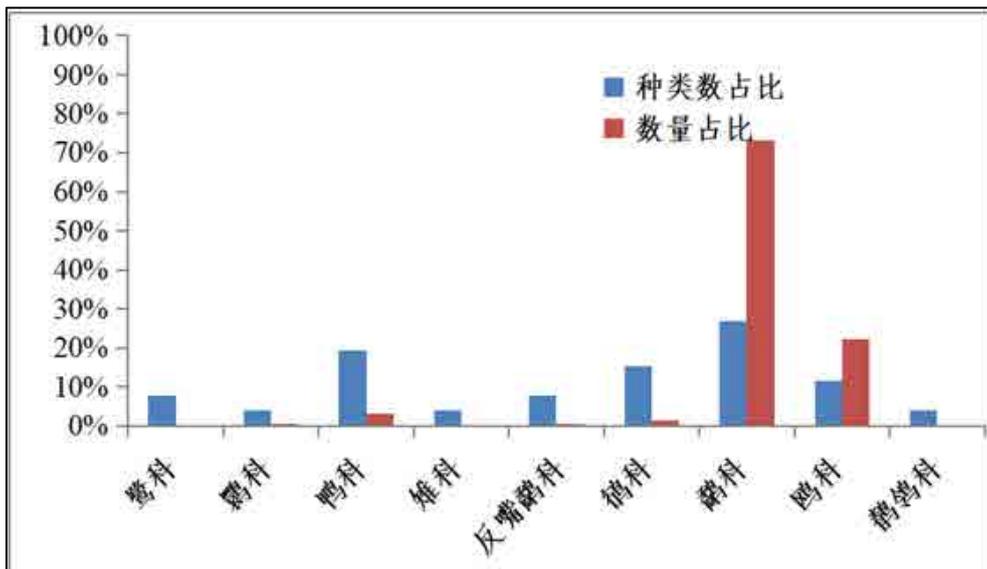


图4.3.8-3 夏季各科鸟类种类数、数量占比对比

## ③秋季

共调查到鸟类 3 目 5 科 11 种共计 2069 只，见图 4.3.8-4。其中，鸥科的种类数占比最高，为 36.7%；鸺科的数量占比最高，为 80.7%。鸥科、鸺科、鹭科三科鸟类的种类数占比超 80%；鸺科和鸥科的数量占比总和超过 97%。

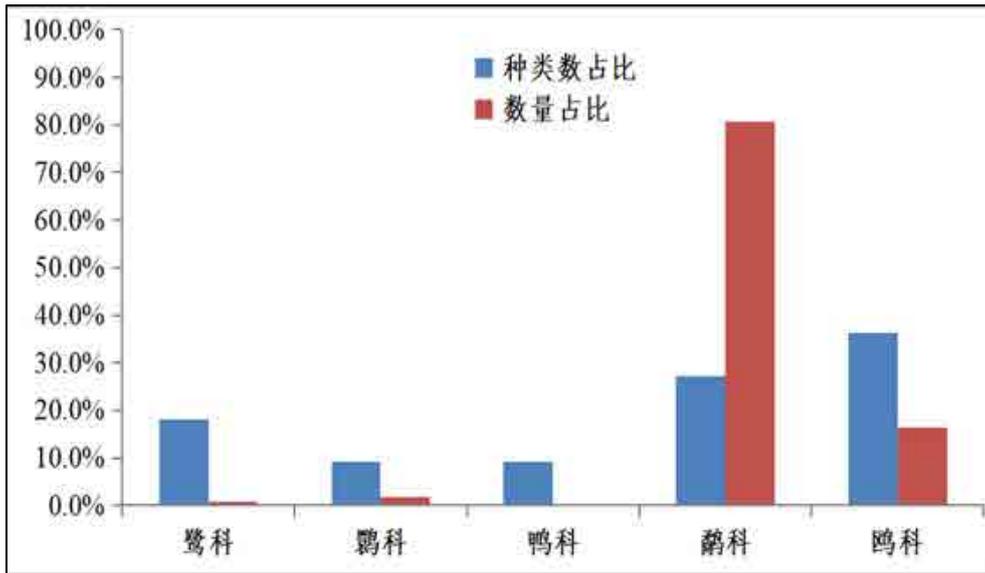


图4.3.8-4 秋季各科鸟类种类数、数量占比对比

④冬季

共调查到鸟类 4 目 5 科 13 种共计 4402 只，见图 4.3.8-5。其中，鸥科和鸭科的种类数最高，均为 31%，鸭科的数量占比最高，为 62.9%；鸥科、鹈科、鸭科三科鸟类的种类数占比超 84%；鸭科和鸥科的数量占比总和超过 93%。

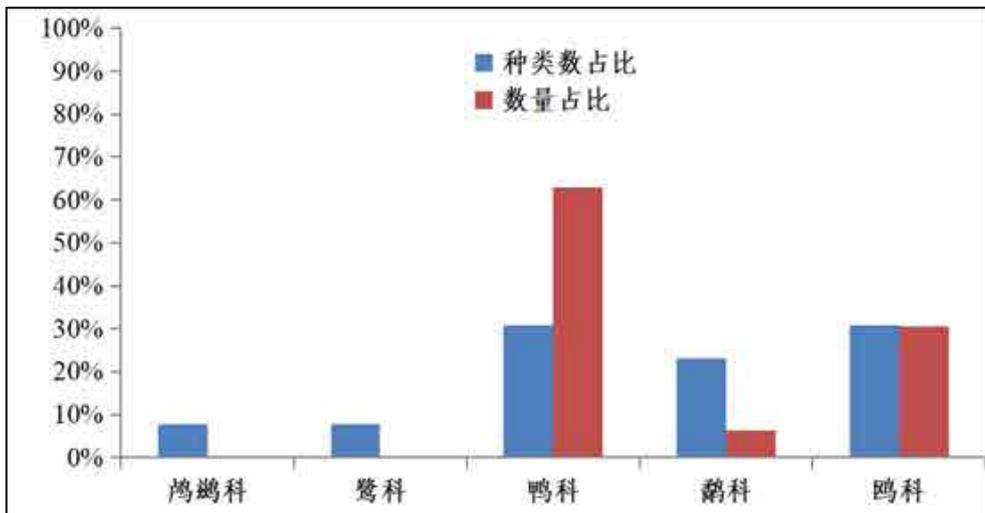


图4.3.8-5 冬季各科鸟类种类数、数量占比对比

(3) 陆域—海岛岛陆区域

①春季

共调查到鸟类 3 目 3 科 5 种共计 6197 只，见图 4.3.8-6 和 4.3.8-7。其中，鸻形目和鲣鸟目鸟类的种类数最高，均为 40%，鸻形目鸟类数量占比最高，为 89%，主要是黑尾鸥。

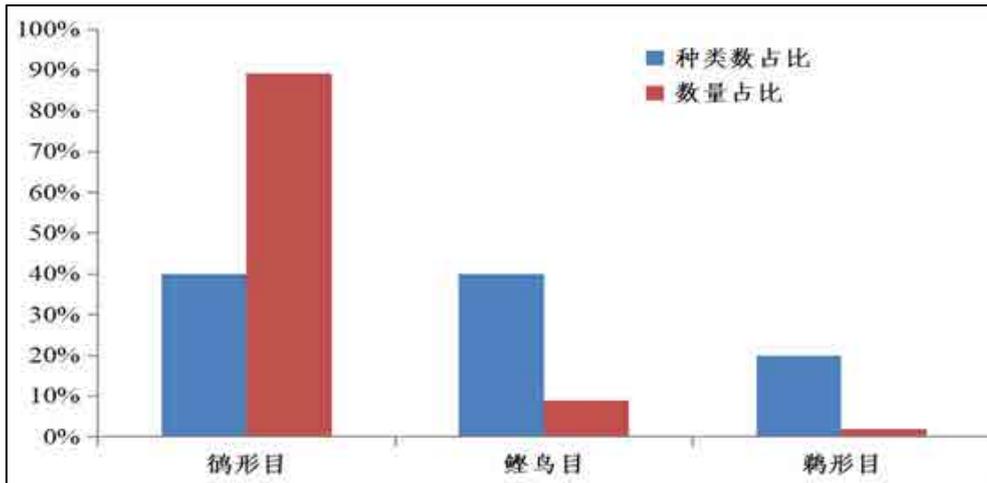


图4.3.8-6 春季各科鸟类种类数、数量占比对比

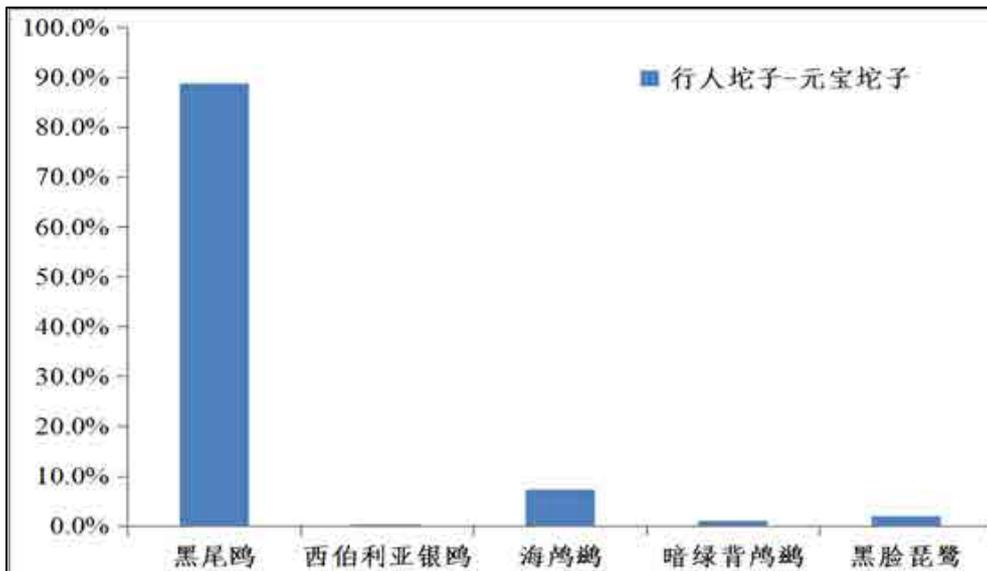


图4.3.8-7 春季行人坨-元宝岛鸟类数量

## ②秋季

共调查到鸟类 6 目 8 科 13 种共计 336 只，见图 4.3.8-8 和 4.3.8-9。其中，鸽形目、鳾鸟目和鸺形目种类数占比最高，均为 25%，鸽形目鸟类的数量占比最高，为 53.4%，主要是黑尾鸥和西伯利亚银鸥；其次是鳾鸟目鸟类，数量占比为 45.1%，主要是暗绿背鸬鹚和海鸬鹚。

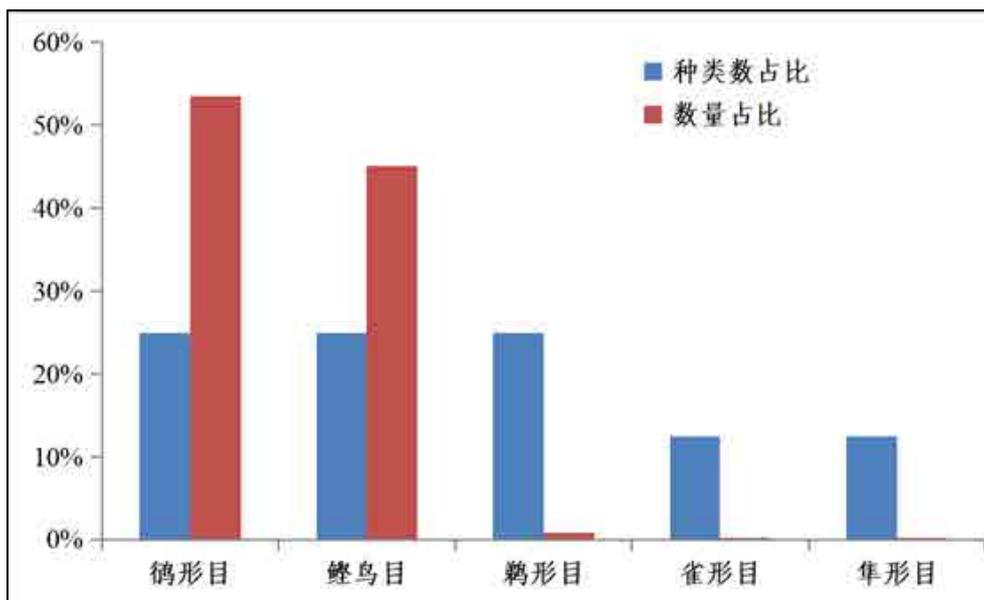


图4.3.8-8 秋季各科鸟类种类数、数量占比对比

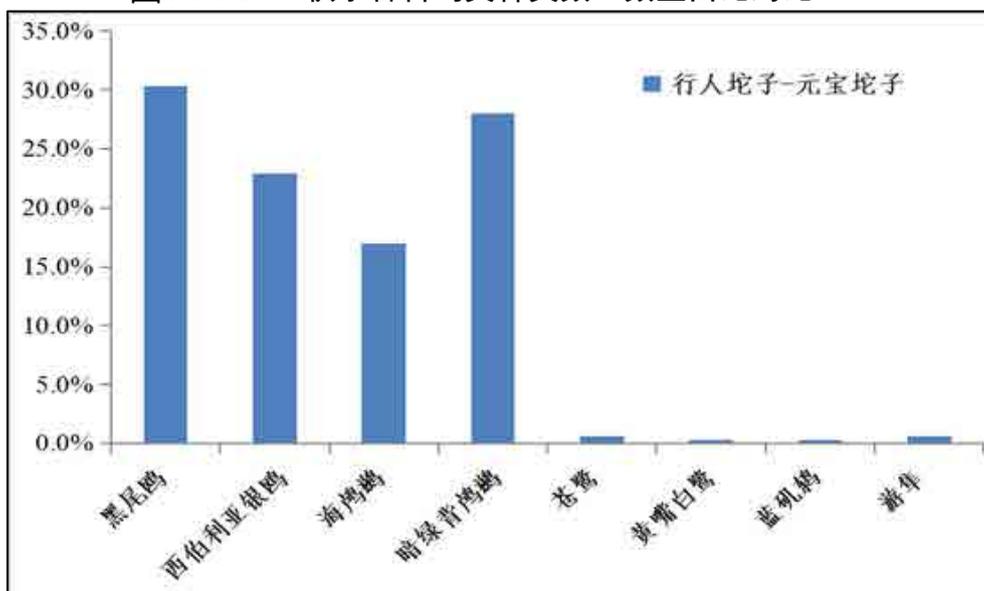


图4.3.8-9 秋季行人坨-元宝岛鸟类数量

### 4.3.8.3 敏感鸟类资源状况

调查表明，评价区的敏感鸟类涉及以黑脸琵鹭、黄嘴白鹭、遗鸥、黑尾鸥为代表的国家一级保护鸟类、以白腰杓鹬、大杓鹬为代表的国家二级保护鸟类和以翘鼻麻鸭、绿头鸭、鹊鸭、黑腹滨鹬、黑尾鸥、红嘴鸥等为代表的优势种鸟类。

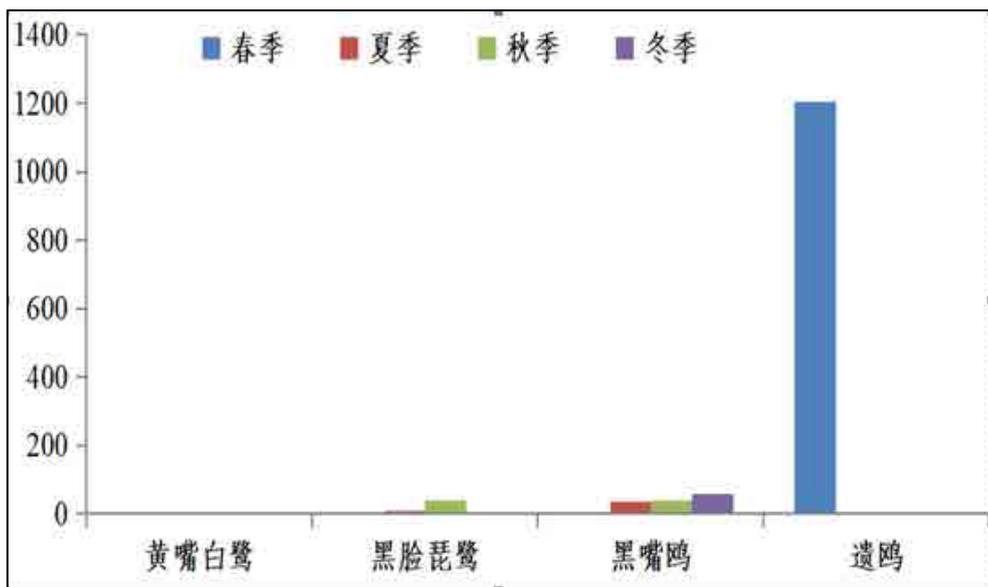


图4.3.8-10 国家一级保护鸟类数量对比

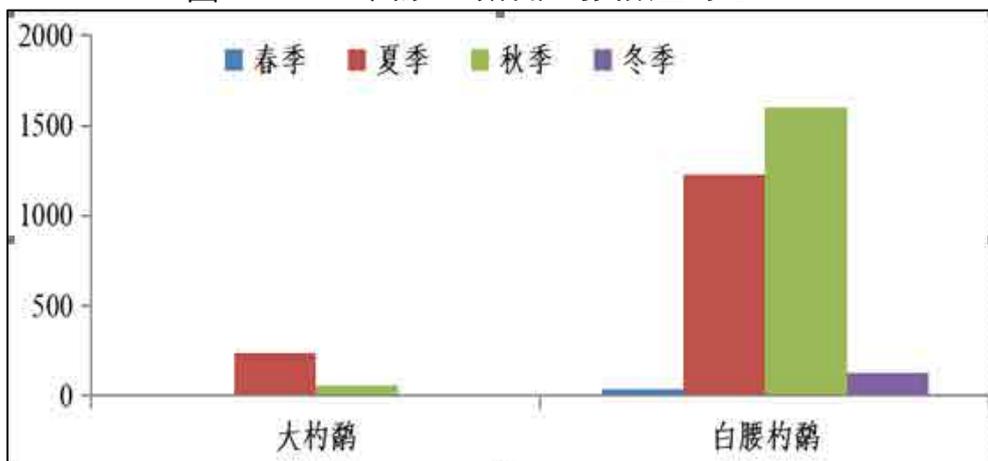


图4.3.8-11 国家二级保护鸟类数量对比

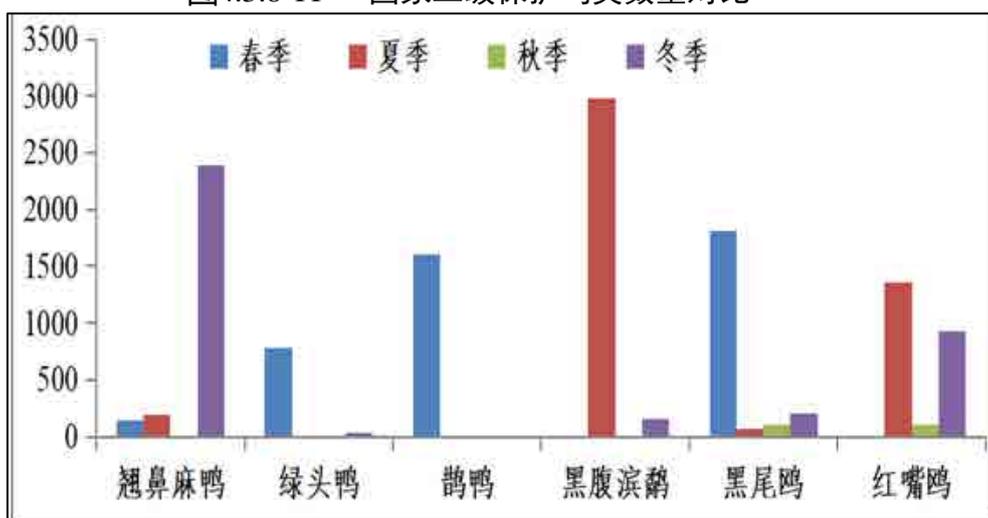


图4.3.8-12 优势鸟种数量对比

具体介绍如下：

**黑脸琵鹭 (*Platalea minor*)**：中等体型的涉禽，属于全球濒危野生动物，已被列入世界自然保护联盟（IUCN）濒危物种红色名录和国家重点保护野生动物一级保护动物名录。分布区域较为狭窄，仅见于亚洲东部，现只活跃于东亚及东南亚地区，迁徙路线南北纵贯我国近岸海岛。一般栖息于内陆湖泊、水塘、河口、芦苇沼泽、水稻田以及沿海岛屿和海滨沼泽地带等湿地环境，以小鱼、虾、蟹、昆虫及软体动物和甲壳类动物为食。每年 3 月底从台湾南部飞来，在庄河石城乡的牛心坨、行人坨上筑巢繁殖，10 月下旬陆续飞回台湾越冬。大连庄河是中国大陆已发现的最大的黑脸琵鹭繁殖地。2006 年大连市成立了石城乡黑脸琵鹭市级自然保护区，总面积 13950 公顷，是以黑脸琵鹭、黄嘴白鹭等珍稀鸟类及其生境为主要保护对象的野生动物类型自然保护区。据 2023 年初开展的全球黑脸琵鹭同步普查数据显示，目前全球记录数量为 6603 只。庄河的行人坨子和元宝岛（牛心坨子）是国内最大的繁殖地。2023 年，在庄河记录到的成鸟数量最多为 400 只（**数据来源：庄河市野保部门发布数据**）。监测显示，近岸滩涂 7~10 月均有记录，数量较少，主要是繁殖觅食种群。

**黄嘴白鹭 (*Egrettaeulophotes*)**：中型涉禽，属国家一级保护动物。黄嘴白鹭栖息于沿海岛屿、海岸、海湾、河口及其沿海附近的江河、湖泊、水塘、溪流、水稻田和沼泽地带，以各种小型鱼类为食，也吃虾、蟹、蝌蚪和水生昆虫等动物性食物。黄嘴白鹭 4 月下旬飞至繁殖地，10 月开始南迁越冬。每年 4 月和 11 月进行春秋两季的迁徙活动。近年周边记录黄嘴白鹭最大数量近千只，主要分布范围包括庄河三河口湿地、行人坨子、元宝岛以及长海县海岛等，评价区近岸滩涂区域夏季有少量分布。

**鸬鹚类**：鸬鹚类水鸟数量庞大，种类繁多，在世界各地有着广泛分布。鸬鹚类为典型的湿地鸟类，对生境要求较高，其主要生境类型包括：沿海滩涂、湖畔、河滩等水域地带。当时区域内植被覆盖率大于 60% 或水域小于区域总面积 20% 是，鸬鹚类基本不出现；在同时具备水域、植被和裸地三种景观要素时，植被覆盖率为 10%~20% 时，鸬鹚数量最多（**唐承佳，2002**）。每年 3 月开始，鸬鹚类开始长距离迁徙，从南半球的澳大利亚、新西兰来到俄罗斯远东、中国东北、华北地区繁殖，数量达数百万只。庄河沿岸的鸬鹚类种类较多，以大杓鹚、白腰杓鹚、

中杓鹬、斑尾塍鹬、黑腹滨鹬、灰鹬、环颈鹬等为主。以大杓鹬为例：**大杓鹬** (*Numenius madagascariensis*)：国家二级保护动物。栖息于低山丘陵和平原地带的河流、湖泊、芦苇沼泽、水塘，以及附近的湿草地和水稻田边，有时也出现于林中小溪边及附近开阔湿地。主要以甲壳类、软体动物、蠕形动物、昆虫和幼虫为食。有时也吃鱼类、爬行类和无尾两栖类等脊椎动物。评价区的鹬鹬类，以大杓鹬、白腰杓鹬为代表，主要活跃在近岸滩涂，尤其是低潮时候。作为迁徙鸟类，它们主要在滨海泥滩上觅食，在附近养殖塘高地或农田里休息，春秋迁徙季数量较为集中。

**雁鸭类(Anatidae)**：雁形目鸟类的统称。是中、大型游禽。分布全世界，大多具有季节性迁徙的习性。该目有 23 科，其中鸭科是一类重要资源，全世界约有 150 种。庄河沿岸有绿头鸭、赤麻鸭、翘鼻麻鸭、斑嘴鸭、长尾鸭、天鹅、豆雁、豆雁等。以翘鼻麻鸭为例：**绿头鸭** (*Anas platyrhynchos*)：通常栖息于淡水湖畔，亦成群活动于江河、湖泊、水库、海湾和沿海滩涂盐场等水域。以植物为主食，也吃无脊椎动物和甲壳动物。冬季和迁徙期间也出现于开阔的湖泊、水库、江河、沙洲和海岸附近沼泽和草地。属迁徙型鸟类，春季迁徙在 3 月初至 3 月末，秋季迁徙在 9 月末至 10 月末，部分迟至 11 月初。绿头鸭在我国的种群数量较丰富且分布范围广，评价区滩涂有大群绿头鸭在此栖息越冬，数量近千只。

**鸥类**：鸥类鸟类归属于鸥科(Laridae)，在动物分类学上是鸟纲鸻形目中的一个科。包括鸥亚科(Larinae)的鸥及燕鸥亚科(Sterninae)的燕鸥。庄河沿岸栖息的主要为鸥科鸟类，常见的有红嘴鸥、黑尾鸥、银鸥、普通海鸥以及国家一级保护鸟类黑嘴鸥。以黑嘴鸥为例：**黑嘴鸥** (*Larus saundersi*)：黑嘴鸥是辽宁地区的夏候鸟，每年 3 月初迁来，3 月 20 日开始逐渐增多，至 3 月底达到高峰。在辽宁度过漫长的夏季，10 月中下旬开始迁离辽宁，11 月中旬迁徙完毕。辽宁是迄今为止已知的世界上面积最大的黑嘴鸥繁殖地，也是黑嘴鸥繁殖种群数量最多的地区，主要集中在盘锦等地。春秋迁徙季在庄河沿岸有少量黑嘴鸥分布，集中在庄河三河口沿岸，花园口区 8~10 月有零星分布，暂未发现繁殖种群。

#### 4.3.8.4 重要迁徙通道影响情况分析

按照 2023 年 9 月出台的《辽宁省林业和草原局关于公布重要候鸟迁徙通道范

围的通知》要求，涉及大连市的鸟类重要迁徙通道有 6 条，其中庄河市有 2 条，各重要迁徙通道范围与项目评价区的位置关系详见表 4.3.8-4

表4.3.8-4 评价区与各重要迁徙通道范围的位置关系

序号	行政区域	重要候鸟迁徙通道名称	通道范围	与评价区的最近距离
1	大连市	辽宁形人坨子	同大连黑脸琵鹭市级自然保护区范围	17km
2		辽宁庄河仙人洞	同辽宁仙人洞国家级自然保护区范围	48km
3		辽宁城山头	同大连城山头海滨地貌国家级自然保护区范围	53km
4		辽宁长山列岛	同大连长山列岛海洋生物市级自然保护区范围	12km
5		辽宁长海广鹿岛	同大连长山群岛国家级海洋公园范围	
6		辽宁大连市蛇岛老铁山	同辽宁蛇岛老铁山国家级自然保护区范围	140km

由位置关系表可见，评价区距离辽宁形人坨子候鸟重要迁徙通道最近，距离大连黑脸琵鹭市级自然保护区核心区行人坨子岛的距离为 17km；距离庄河仙人洞候鸟重要迁徙通道距离为 48km；距离辽宁城山头候鸟重要迁徙通道距离为 53km；距离长山列岛候鸟重要迁徙通道最短距离为 12km；距离大连市蛇岛老铁山候鸟重要迁徙通道最远，距离为 140km。

#### 4.3.8.5 鸟类 GPS 追踪数据分析

##### 4.3.8.5.1 黄嘴白鹭

(1) 2017 年 16 只黄嘴白鹭在评价区附近的活动路线

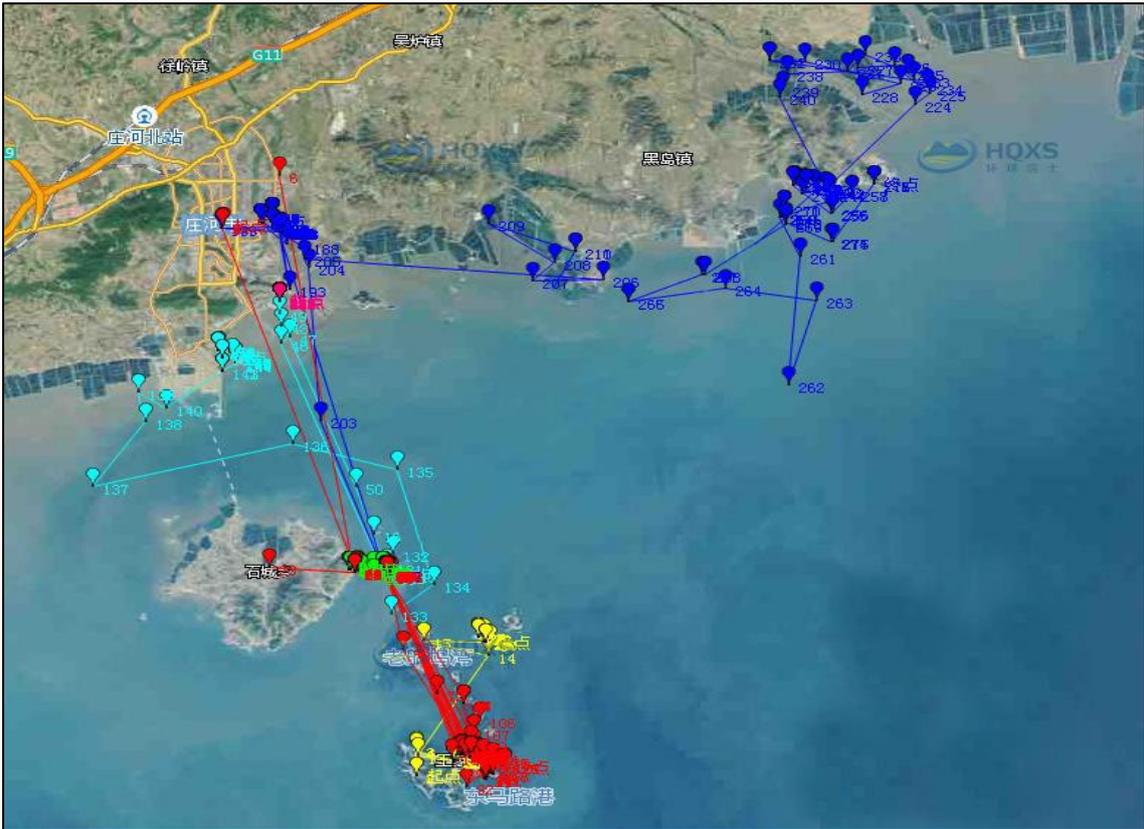


图4.3.8-13 2017年16只黄嘴白鹭在评价区附近的活动路线

由图可见，迁飞活动显示结果其活动与评价区暂无交集。

(2) 2018年黄嘴白鹭在评价区附近的迁徙路线

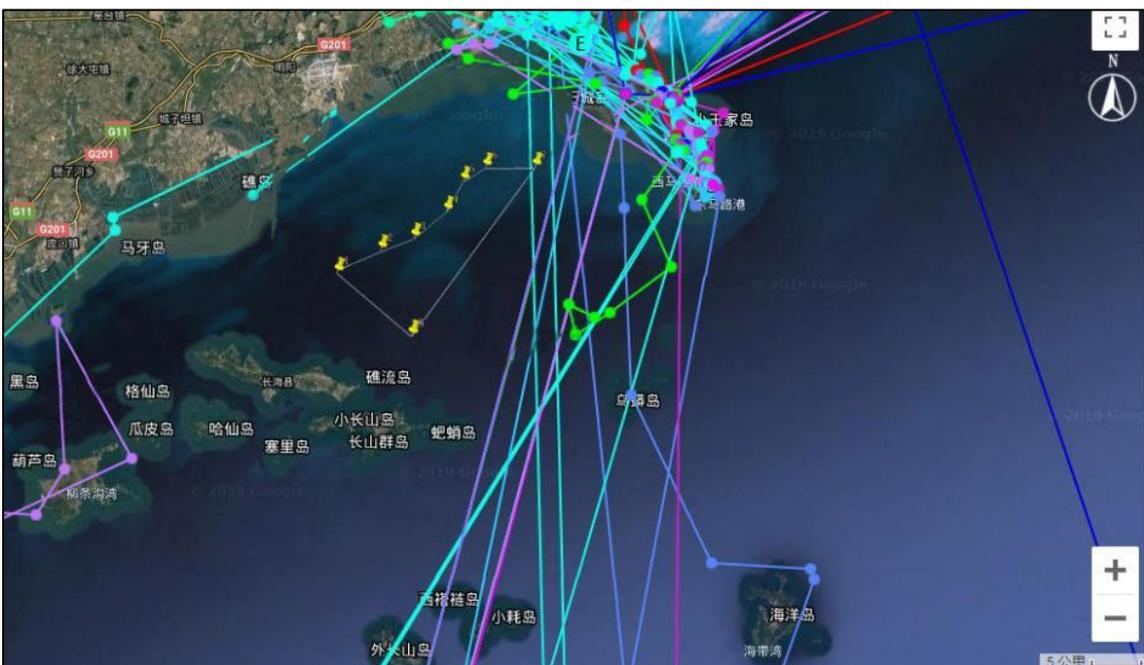


图4.3.8-14 2018年黄嘴白鹭在评价区附近的迁徙路线

从 GPS 数据来看，黄嘴白鹭有穿越项目区的行为情况，但未收集到项目区范围的点位信息。

(3) 2019 年 19 只黄嘴白鹭在评价区附近的活动路线

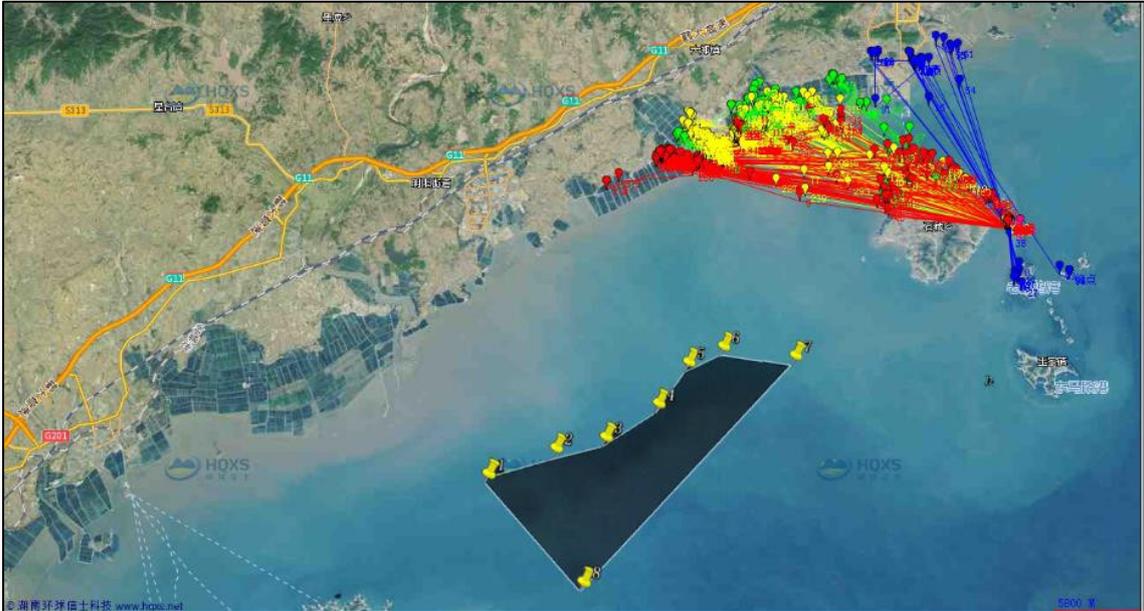


图4.3.8-15 2019 年石城岛黄嘴白鹭活动路线

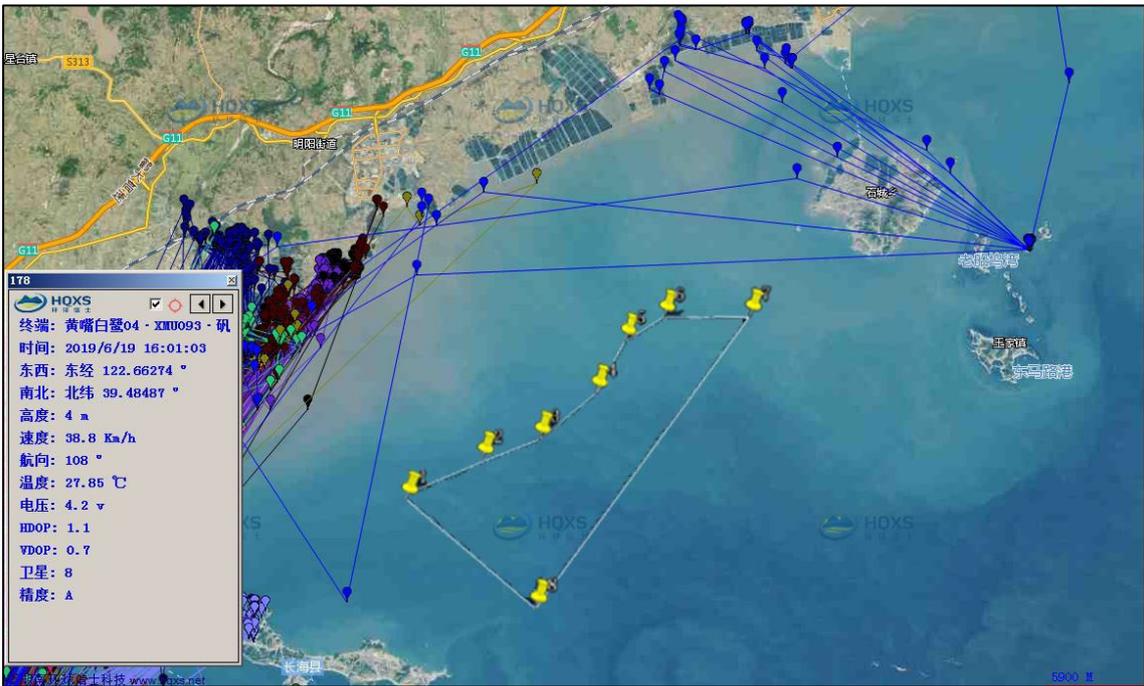


图4.3.8-16 2019 年广鹿岛黄嘴白鹭活动路线

由图可见，迁飞活动显示结果其活动与评价区暂无交集。

(4) 数据分析

通过将黄嘴白鹭卫星跟踪的活动路线与评价区域位置的叠加可以看出，监测到的黄嘴白鹭主要集中在庄河三河口、庄河港、碧流河入海口及沿岸养殖塘等处活动，监测中，多数迁飞活动显示结果与现场监测结果一致，与评价区暂无交集，但有个别黄嘴白鹭在评价区范围内有活动记录，活动记录在滨海养殖塘和内陆水库水塘间迁飞经过了项目区周边。黄嘴白鹭离岛后，多沿着黄海海岸向大连方向迁移，个别个体沿着外长山列岛在黄海海上向南迁移。目前资料显示，经过评价区的情况为少数。

#### 4.3.8.5.2 黑脸琵鹭

##### (1) 2017年6只黑脸琵鹭在评价区附近的活动路线

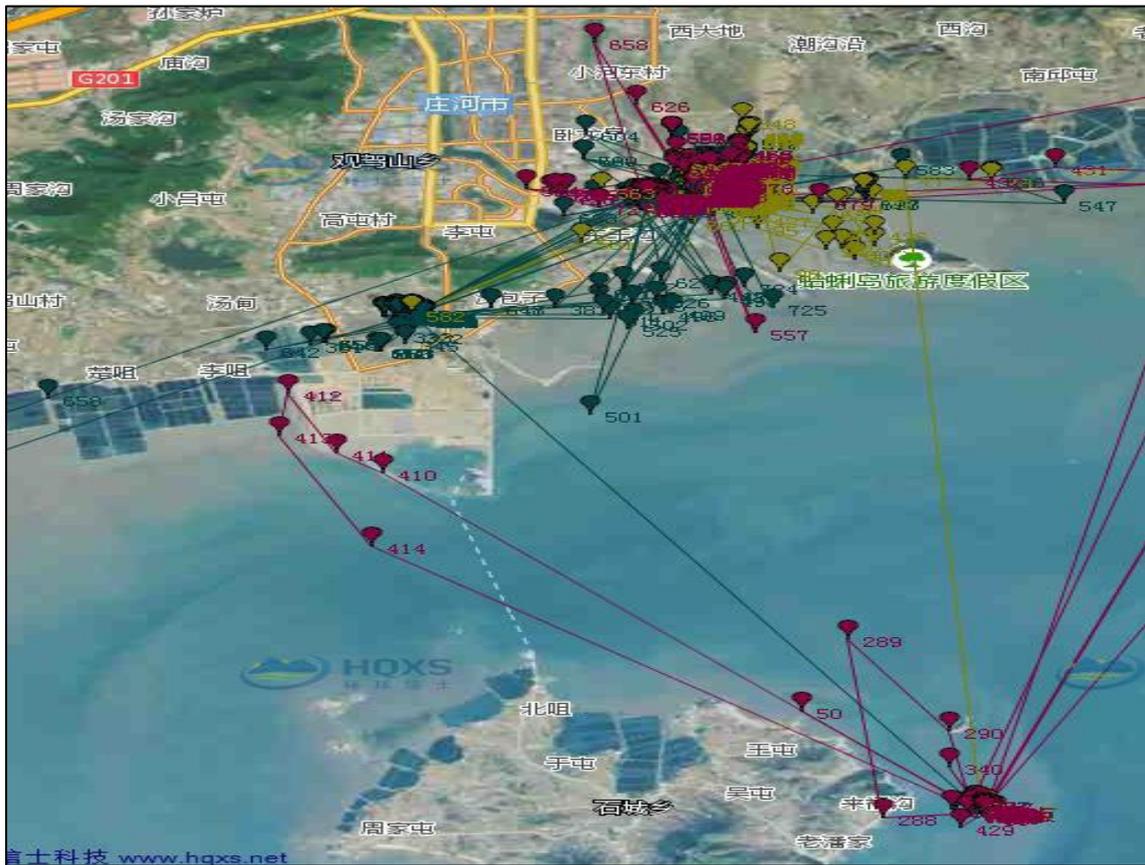


图4.3.8-17 2017年黑脸琵鹭繁殖季节活动路线

由图可见，迁飞活动显示结果其活动与评价区暂无交集。

##### (2) 2017年3只黑脸琵鹭在评价区附近的迁徙路线

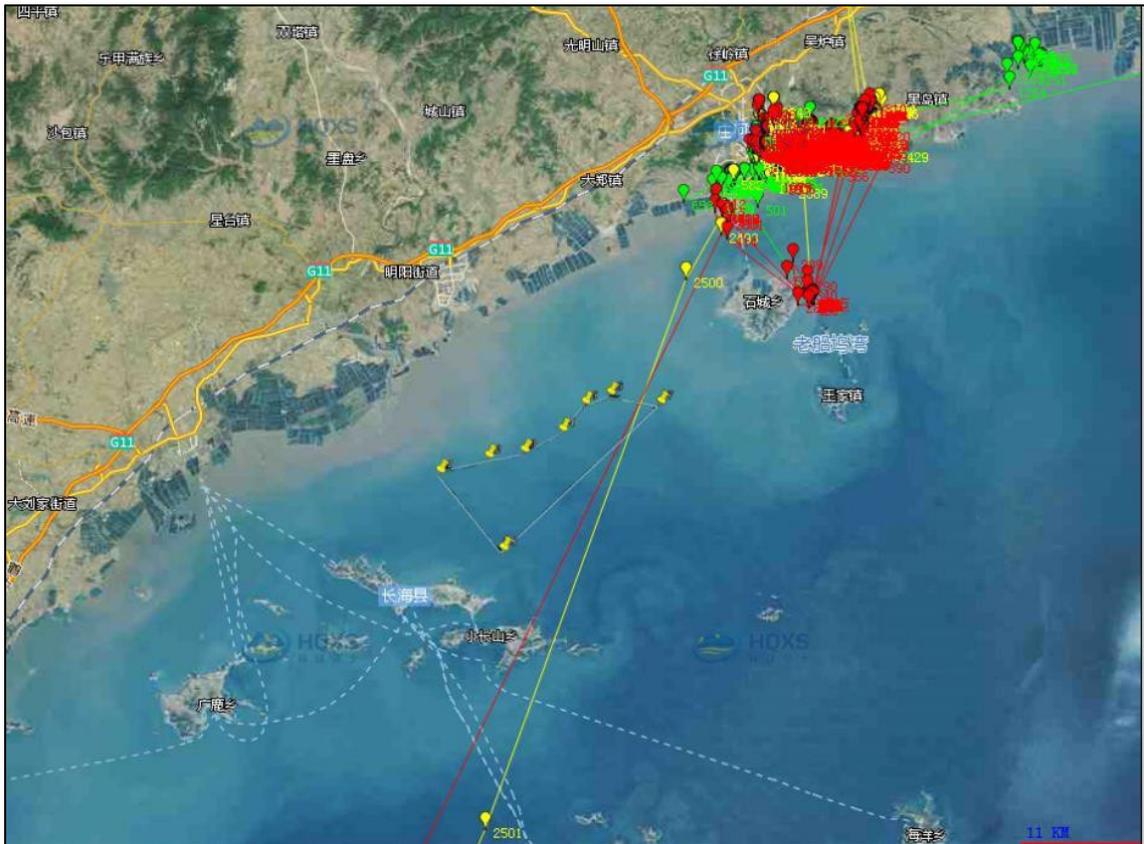


图4.3.8-18 2017年秋季黑脸琵鹭迁徙路线-1



图4.3.8-19 2017年秋季黑脸琵鹭迁徙路线-2

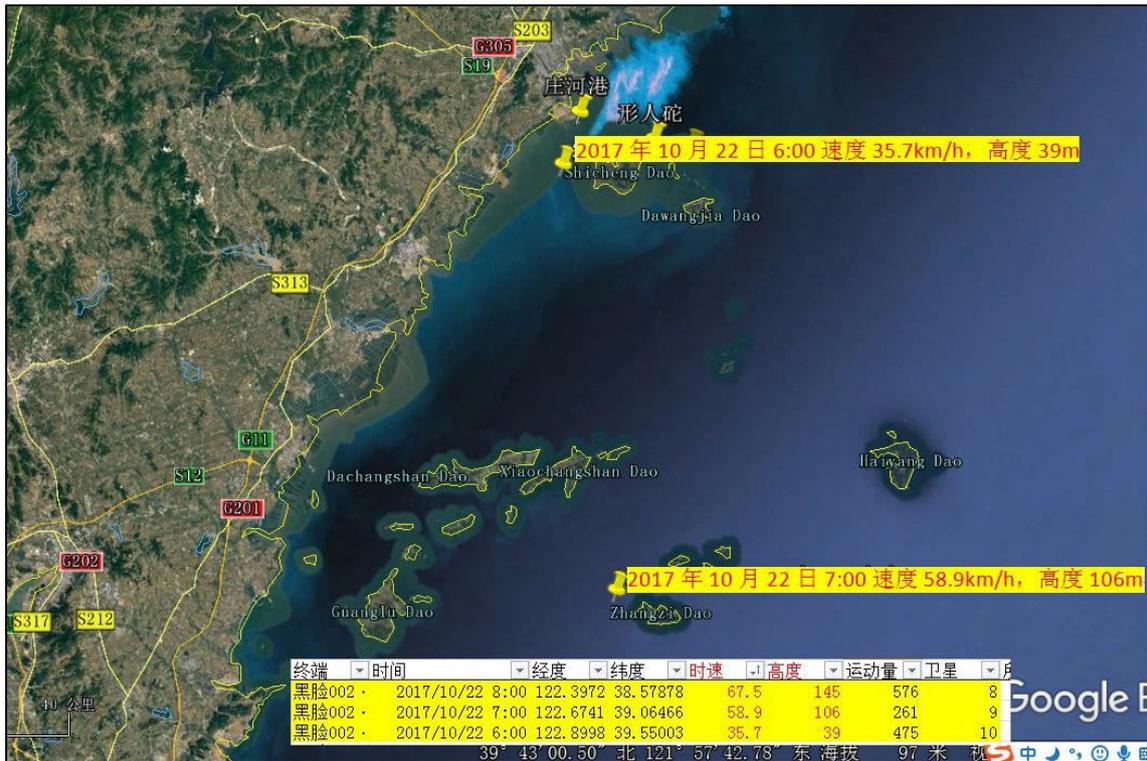


图4.3.8-20 2017年秋季黑脸琵鹭迁徙高度

从 GPS 数据来看，黑脸琵鹭有穿越项目区的行为情况，但未收集到项目区范围的点位信息，从穿越前后的两个点位信息来看，其飞行高度从 39m 经过一小时爬升至 106m，均在风机运行的范围内。

### (3) 2018 年 3 只黑脸琵鹭在评价区附近的迁徙路线



图4.3.8-21 2018年黑脸琵鹭迁徙路线

由图可见，迁飞活动显示结果其活动与评价区暂无交集。

(4) 2019年黑脸琵鹭在评价区附近的的活动路线



图4.3.8-22 2019年6-7月黑脸琵鹭活动路线

由图可见，迁飞活动显示结果其活动与评价区暂无交集。

#### (5) 数据分析

通过将黑脸琵鹭卫星跟踪的活动路线与评价区域位置的叠加可以看出，监测到的黑脸琵鹭主要集中在庄河三河口、庄河港、碧流河入海口及沿岸养殖塘等处活动，多数迁飞活动显示结果与现场监测结果一致，与评价区暂无交集，但监测中，有个别黑脸琵鹭在评价区范围内有活动记录，且穿越评价区前后监测到的鸟类飞行高度均在风机运行范围内。

#### 4.3.8.5.3 鸕鹚类

鸕鹚类水鸟数量庞大，种类繁多，在世界各地有着广泛分布。迁徙季，庄河所处的黄渤海地区是鸕鹚类最为集中分布区域，调查显示，该区域北迁时期支持着超过 200 万只鸕鹚类水鸟（陈克林等，2006 年）。毗邻的丹东鸭绿江口湿地每年往来迁徙的鸕鹚类约 15 万只，庄河口作为其倒数第二站，每年也迎来数以万计的鸕鹚类鸟类。沿岸广阔的滩涂能够为长途旅行的鸕鹚鸟类提供及时的补给。建议项目施工避开春、秋迁徙季开展。

#### 4.3.8.5.4 雁鸭类

以鸿雁为例，有文献显示（Nyambayar Batbayar, 2011），评价区以东 80km 处的鸭绿江是鸿雁从鄱阳湖到蒙古迁徙的中转地，迁飞途中，部分鸿雁选择途径鸭绿江口，个别鸿雁在庄河周边停留（图 4.3.8-23 所示），但是否经过项目区有待进一步观察探讨，但从总数量来看，途径庄河地区的鸿雁个体仍为少数。

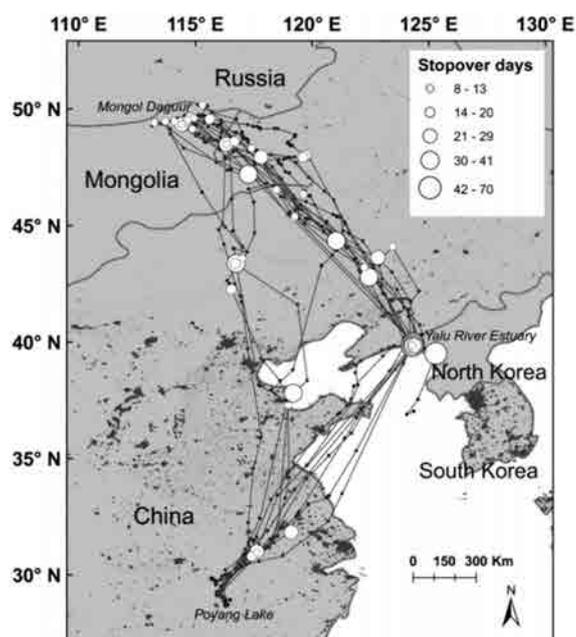


图4.3.8-23 鸿雁的迁飞活动路线（2006年3只，2008年15只（Nyambayar Batbayar,2011））

### 4.3.9 声环境现状调查与评价

#### 4.3.9.1 水上声环境现状调查

##### 4.3.9.1.1 监测点位

监测点位于大连花园口海上风电场范围内，共进行4个点位监测，具体监测位置坐标见表4.3.9-1和图4.3.9-1。

表4.3.9-1 监测点位表

序号	检测点位	经纬度
1#	花园口海上风电场范围内	E: 122.794783°N: 39.413239°
2#		E: 122.81757°N: 39.427998°
3#		E: 122.828968°N: 39.417167°
4#		E: 122.803499°N: 39.401304°



图4.3.9-1 水上噪声监测点位图

#### 4.3.9.1.2 检测方法及项目

监测标准及分析方法见下表

表4.3.9-2 噪声监测项目及分析方法

监测项目	检测方法标准	使用仪器名称及型号	检出限
环境噪声	声环境质量标准	多功能声级计 AWA5688ZRJC-YQGL-213	/

#### 4.3.9.1.3 检测时间和频率

本次检测时间为2023年11月15日。

监测频次：监测1天，昼间1次，夜间1次。

#### 4.3.9.1.4 检测结果

噪声检测结果见下表。

表4.3.9-3 噪声检测结果

检测项目	检测点位	检测日期	测点编号	测量值 (L <sub>eq</sub> )	单位
环境噪声	△1 水上 1	11月15日	1145-1N1-1 (昼间)	46	dB (A)
			1145-1N1-2 (夜间)	41	dB (A)
	△2 水上 2	11月15日	1145-1N2-1 (昼间)	45	dB (A)
			1145-1N2-2 (夜间)	41	dB (A)
	△3 水上 3	11月15日	1145-1N3-1 (昼间)	44	dB (A)
			1145-1N3-2 (夜间)	42	dB (A)
	△4 水上 4	11月15日	1145-1N4-1 (昼间)	44	dB (A)
			1145-1N4-2 (夜间)	41	dB (A)

根据上表检测结果:

项目处昼夜间噪声监测结果均达到《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的1类标准。

#### 4.3.9.2 水下噪声环境现场调查

本次海域水下噪声监测引用厦门大学编制的《中船大连市庄河II(300MW)工程水下噪声及电磁辐射对海洋生物影响专题研究报告》内容作为类比。

##### 4.3.9.2.1 监测站位

厦门大学课题组于2016年11月26日对大连市庄河II(300MW)海上风电场项目工程海域的声环境质量进行了现场调查。根据国家海洋局关于《海上风电项目海洋环境影响评价技术规范》的通知(2014.4)要求,在工程海域共设置8个噪声调查站点(各站点均开展水上、水下声测量),各站点经纬度坐标分别是:

表4.3.9-4 监测点位表

序号	经纬度
1#	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E
2#	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E
3#	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E
4#	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E
5#	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E
6#	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E
7#	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E
8#	39°31'56.79"N 123°10'15.39"E



图4.3.9-2 大连市庄河 II 海上风电场项目海域声环境调查站点布设示意图

根据各站点不同的海域深度，设置 3 个水层深度（表层：1m，中层：约一半水深，底层：接近海底）进行同步测量，测量记录时间均为 3 min 以上。

#### 4.3.9.2.2 监测时间及海况

2016 年 11 月 26 日课题组对大连市庄河 II（300 MW）海上风电场项目工程海域开展了声环境现场调查。声环境调查期间，天气阴，海况 1-2 级，工程海域布设各站点在进行水上、水下声环境调查时的环境条件见表 4.3.9-5。

表4.3.9-5 各站点开展声环境调查时的环境条件

站点编号	风速与风向	水深 (m)	海况 (级)	天气	潮汐	水温 (1m 深)
#1	4.1 m/s东南	8.0	2	阴	退潮	7.7 m/s
#2	4.8 m/s东北	11.0	2	阴	退潮	7.7 °C
#3	3.7 m/s东北	14.0	2	阴	退潮	8.3 °C
#4	3.7 m/s东北	14.0	2	阴	退潮	8.2 °C
#5	2.6 m/s东	18.0	2	阴	退潮	7.6 °C
#6	2.7 m/s北	20.0	2	阴	低平潮	9.2 °C
#7	4.0 m/s东	16.0	2	晴	涨潮	8.1 °C
#8	2.7 m/s东北	11.0	2	晴	涨潮	7.6 C

#### 4.2.9.2.3 监测内容及方法

调查内容为频带声压级、声压谱级以及各测点的峰值声压级。

(1) 水下噪声频带声压级  $L_{pf}$

$$L_{pf} = 20 \lg \frac{P_f}{P_0}$$

式中： $L_{pf}$ —噪声频带声压级，单位为分贝（dB）；

$P_f$ —测量所得的某频带噪声声压，单位为帕（Pa）；

$P_0$ —基准声压，单位为帕（Pa），通常取  $p_0 = 1 \mu \text{Pa}$

(2) 水下噪声声压谱[密度]级  $L_{ps}$

在海洋中基准声压的谱密度级为  $1 \mu \text{Pa} / \text{Hz}$ ，当声能在  $\Delta f$  中均匀分布时：

式中： $L_{ps}$ —噪声声压谱级，又称为等效谱级，单位为分贝（dB），基准值为  $1 \mu \text{Pa} / \text{Hz}$ ；

测得的中心频率为  $f$  的频带声压级，单位为分贝（dB），基准值为  $1 \mu \text{Pa}$ ；

$\Delta f$ —带通滤波器的有效带宽。

(3) 背景噪声测量修正值  $K$

在水下噪声测量中，为减小背景干扰噪声对测量目标的影响，应对测得的结果进行修正，即将实测频带声压级  $L_{pf0}$  减去修正值  $K$ ，得到修正后的频带声压级  $L_{pf}$ ，如下式所示：

$$L_{pf} = L_{pf0} - K$$

本工程所进行的海洋背景噪声测量用船载方式进行，测量中船位抛锚并关闭发动机和辅机，水下没有其它的干扰声源存在，因此干扰噪声修正值  $K=0$ 。

(4) 全频带累积声压级

频率不同的声波是不相干的，不会形成相干干涉，所以，声信号总的声能量是各个频率分量上的能量叠加之和。在获取 1/3 倍频程频带声压级的基础上，可以运用不同频带上的声压级叠加原理，对 1/3 倍频程带宽频带声压级进行累加，求取全频带累积声压级，表示为  $L_p$ ，用于描述各水下测量点上的环境噪声强度。

$$L_p = 10 \lg (10^{0.1L_{pf1}} + 10^{0.1L_{pf2}} + \dots + 10^{0.1L_{pfN}})$$

$L_{pf}$ ——中心频率为 $f$ 的1/3倍频程频带声压级，单位为分贝（dB）。

#### 4.2.9.2.4 监测结果

##### (1) 峰值声压

表4.3.9-6 各站点设计的测量深度与对应的峰值声压级

站点编号	站点位置	测点深度 (m)	峰值声压 (dB/1uPa)	全频带累积声压级 $L_p$ (dB/1uPa)		
				各测量点	各站点平均值	调查海域平均值
#1	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E	1	161	117	123	123
		4	162	132		
		7	160	121		
#2	39°32'52.68"N 123°13'43.98"E	1	162	120	124	
		5	168	131		
		10	163	122		
#3	39°29'37.69"N 123°20'22.15"E	1	154	119	120	
		7	157	124		
		13	154	118		
#4	39°29'34.64"N 123°12'38.37"E	1	155	129	128	
		7	161	133		
		13	156	121		
#5	39°26'44.76"N 123°13'25.44"E	1	159	126	124	
		9	161	129		
		17	159	118		
#6	39°23'49.80"N 123°12'12.42"E	1	154	122	126	
		10	158	129		
		19	154	127		
#7	39°27'47.39"N 123°10'17.98"E	1	155	128	123	
		8	157	122		
		15	157	120		
#8	39°31'56.79"N 123°10'15.39"E	1	157	118	117	
		5	157	119		
		10	155	115		

##### (2) 工程海域频带声压级和声压谱级

调查结果见表 4.3.9-7~4.3.9-10。

表4.3.9-7 工程海域水下噪声环境调查结果—声压谱级（1）单位：dB (re $\mu$ Pa/ $\sqrt{HZ}$ )

站点 编号	站点位置	测量 深度	声压谱级															
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
#1	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E	1	102	99	97	101	98	94	92	92	89	88	85	83	84	80	77	76
		4	119	118	117	108	106	107	100	95	94	97	96	90	89	90	98	97
		7	107	102	100	100	98	98	98	96	94	95	95	93	92	92	85	87
#2	39°32'52.68"N 123°13'43.98"E	1	102	99	96	100	98	94	90	89	87	87	84	83	82	80	79	77
		5	117	116	116	106	105	106	99	95	93	96	95	90	89	90	97	96
		10	105	99	99	98	98	98	97	95	94	95	94	93	93	86	89	83
#3	39°29'37.69"N 123°20'22.15"E	1	104	107	100	102	101	94	94	95	92	94	89	84	83	80	80	80
		7	110	108	107	101	99	96	94	91	90	89	86	86	83	83	86	83
		13	101	100	99	99	98	97	94	92	92	90	89	87	85	82	85	82
#4	39°29'34.64"N 123°12'38.37"E	1	108	108	108	108	108	105	102	100	98	97	91	95	97	95	92	91
		7	118	117	115	106	104	103	97	95	91	92	91	86	85	87	95	93
		13	106	103	99	99	97	95	92	92	89	89	87	84	83	82	83	82
#5	39°26'44.76"N 123°13'25.44"E	1	107	106	106	107	107	103	99	99	97	95	90	93	94	94	92	89
		9	118	118	119	108	104	103	98	96	91	94	94	88	85	86	95	89
		17	100	97	94	93	94	94	91	88	88	89	86	85	83	83	84	81
#6	39°23'49.80"N 123°12'12.42"E	1	107	106	103	102	102	96	94	95	94	96	92	93	92	91	89	86
		10	117	115	111	104	100	100	95	94	91	95	92	87	87	86	86	87
		19	103	100	97	97	96	95	93	92	92	92	89	88	87	87	87	83
#7	39°27'47.39"N 123°10'17.98"E	1	109	110	101	104	102	95	96	93	92	90	86	85	84	85	79	78
		8	106	106	104	99	96	98	94	91	90	92	91	86	83	81	81	79
		15	99	98	95	94	95	93	91	89	89	87	87	85	82	82	79	79
#8	39°31'56.79"N 123°10'15.39"E	1	92	92	89	89	90	85	81	80	82	87	82	85	86	85	82	79
		5	103	100	98	93	90	93	89	89	88	92	90	88	87	83	81	77
		10	102	98	95	93	92	90	88	88	86	90	87	87	85	81	79	76

表4.3.9-8 工程海域水下噪声环境调查结果—声压谱级(2) 单位: dB (re $\mu$ Pa/ $\sqrt{HZ}$ )

站点 编号	站点位置	测量 深度	声压谱级														
			800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k	12.5k	16k	20k
#1	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E	1	75	74	73	73	72	72	72	71	70	67	66	64	62	60	58
		4	89	85	81	75	73	72	71	71	69	67	67	63	62	60	57
		7	81	77	76	74	73	73	72	76	69	67	68	65	62	62	60
#2	39°32'52.68"N 123°13'43.98"E	1	76	75	74	73	73	73	73	72	71	69	67	65	63	61	60
		5	88	84	80	75	73	73	72	71	71	69	68	67	63	61	60
		10	82	78	77	75	74	73	73	78	70	68	69	66	63	62	60
#3	39°29'37.69"N 123°20'22.15"E	1	80	80	75	77	74	75	71	70	69	66	64	63	61	59	56
		7	79	78	79	74	72	73	71	69	70	66	64	62	60	59	56
		13	79	79	75	74	74	73	72	69	68	67	64	62	61	59	58
#4	39°29'34.64"N 123°12'38.37"E	1	89	81	77	74	73	72	72	71	70	68	67	65	64	61	59
		7	87	83	78	74	72	72	70	71	69	68	67	65	63	61	59
		13	79	76	77	74	74	72	71	79	70	68	70	66	65	62	61
#5	39°26'44.76"N 123°13'25.44"E	1	86	83	78	74	74	73	72	71	70	68	67	66	64	62	60
		9	85	81	76	74	71	72	70	70	69	69	68	66	64	62	61
		17	79	79	76	74	72	72	72	76	70	69	69	66	64	63	62
#6	39°23'49.80"N 123°12'12.42"E	1	85	82	79	77	75	75	73	71	69	66	64	63	60	58	56
		10	82	79	76	74	72	70	70	68	67	66	64	63	60	58	56
		19	82	80	78	76	73	74	71	75	68	66	67	62	61	60	59
#7	39°27'47.39"N 123°10'17.98"E	1	78	76	74	72	72	73	69	68	68	66	65	63	62	59	58
		8	77	75	74	71	69	69	68	68	68	66	65	63	61	60	57
		15	77	76	75	72	71	70	69	74	67	66	66	64	62	61	60
#8	39°31'56.79"N 123°10'15.39"E	1	75	71	71	70	71	69	70	69	67	65	63	61	59	57	55
		5	76	73	74	71	71	71	72	71	67	65	63	62	59	57	55
		10	74	74	74	74	72	70	71	75	67	65	66	62	61	59	60

4 环境现状调查与评价

表4.3.9-9 工程海域水下噪声环境调查结果—频带声压级（1） 单位：dB/1uPa

站点 编号	站点位置	测量 深度	1/3oct 倍频程频带声压级															
			20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
#1	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E	1	106	104	105	108	107	104	102	101	105	103	100	99	101	99	97	97
		4	126	125	127	118	117	118	114	110	110	113	113	108	107	110	118	118
		7	112	106	106	106	106	108	109	108	109	110	109	110	110	105	107	105
#2	39°32'52.68"N 123°13'43.98"E	1	111	107	108	112	111	107	106	105	104	105	104	103	103	102	102	102
		5	124	124	126	118	117	118	113	110	110	113	113	108	108	110	118	119
		10	111	107	109	109	108	110	110	108	109	111	111	110	111	107	110	107
#3	39°29'37.69"N 123°20'22.15"E	1	110	114	104	108	108	102	102	103	101	105	100	98	98	97	98	99
		7	118	117	117	112	112	109	108	106	104	104	103	102	102	104	107	105
		13	105	107	106	108	106	106	106	104	103	104	104	103	102	101	103	102
#4	39°29'34.64"N 123°12'38.37"E	1	118	119	118	119	119	118	117	115	114	114	110	114	117	117	116	115
		7	127	127	126	118	116	117	112	110	108	109	108	106	105	110	118	118
		13	116	112	108	107	106	108	106	106	106	106	105	104	104	107	108	104
#5	39°26'44.76"N 123°13'25.44"E	1	112	112	115	117	117	114	112	113	111	111	107	109	111	113	113	111
		9	122	123	125	116	114	113	110	110	109	111	109	106	104	108	115	111
		17	106	104	103	103	103	106	106	102	102	105	102	102	102	105	108	102
#6	39°23'49.80"N 123°12'12.42"E	1	112	111	111	111	112	107	105	104	106	107	108	110	110	109	110	107
		10	125	124	121	116	112	112	110	109	109	112	111	107	107	108	110	109
		19	117	113	112	113	113	113	112	112	113	113	113	113	113	115	118	113
#7	39°27'47.39"N 123°10'17.98"E	1	121	123	115	118	119	112	112	111	113	110	106	108	106	107	104	104
		8	113	118	114	111	108	108	108	104	105	107	106	105	104	103	103	101
		15	110	109	107	107	110	107	107	107	107	109	107	106	106	105	106	104
#8	39°31'56.79"N 123°10'15.39"E	1	98	98	100	102	104	100	97	97	102	105	103	106	109	110	108	106
		5	112	110	109	105	104	105	103	105	105	107	107	106	105	104	104	100
		10	98	97	100	99	98	99	100	99	98	104	105	105	103	101	100	99

表4.3.9-10 工程海域水下噪声环境调查结果—频带声压级（2） 单位：dB/1uPa

站点 编号	站点位置	测量 深度	1/3oct 倍频程频带声压级														
			800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10k	12.5k	16k	20k
#1	39°36'38.40"N 123°15'13.32"E	1	98	97	97	98	98	100	100	100	100	99	100	98	97	97	95
		4	113	109	105	101	99	99	100	100	100	99	99	98	97	96	95
		7	103	100	101	100	100	100	100	100	102	99	100	100	98	98	98
#2	39°32'52.68"N 123°13'43.98"E	1	101	101	101	101	101	101	102	101	101	100	98	98	97	96	95
		5	113	110	106	102	100	99	100	100	100	99	98	98	96	95	94
		10	105	103	103	102	102	101	102	103	101	101	100	99	99	98	103
#3	39°29'37.69"N 123°20'22.15"E	1	100	102	101	102	101	100	100	99	99	98	98	97	96	95	93
		7	103	102	102	100	99	100	99	99	100	98	96	96	95	94	93
		13	101	101	101	100	100	100	100	98	98	98	96	96	95	94	103
#4	39°29'34.64"N 123°12'38.37"E	1	113	109	106	104	103	102	101	101	101	101	100	100	99	98	97
		7	112	110	105	102	101	100	100	101	101	100	100	100	100	98	97
		13	103	103	103	102	102	102	101	102	101	101	101	101	100	99	101
#5	39°26'44.76"N 123°13'25.44"E	1	109	107	104	102	101	101	101	102	101	100	100	99	98	97	96
		9	107	104	101	100	99	99	100	100	100	100	101	100	99	98	97
		17	103	102	102	101	100	100	100	101	100	100	100	99	99	97	104
#6	39°23'49.80"N 123°12'12.42"E	1	106	103	102	101	100	100	100	99	99	98	97	96	95	94	93
		10	107	104	101	99	98	99	98	98	97	98	97	96	95	95	93
		19	111	110	109	108	107	108	108	108	106	106	106	104	104	104	113
#7	39°27'47.39"N 123°10'17.98"E	1	103	102	101	101	102	101	99	99	99	98	98	97	96	95	94
		8	100	99	100	98	98	97	98	98	98	98	98	97	96	95	95
		15	104	102	102	101	100	99	99	100	99	98	98	98	97	96	104
#8	39°31'56.79"N 123°10'15.39"E	1	103	97	96	97	99	99	101	100	98	97	96	95	94	93	92
		5	100	98	99	98	98	100	100	100	98	97	96	95	93	93	92
		10	97	98	98	100	99	100	99	100	97	97	97	96	96	96	102

(3) 各站点的时域波形、频带声压级和声压谱级图图中各物理量说明如下：

① 时域图：直观显示各站点噪声声压幅度随时间的变化情况，并提取了该测量时间段内的峰值声压；

② 频带声压级：通过不同带宽的滤波器从一个能量连续分布的随机噪声中提取出该带宽内的噪声声压级，用符号  $L_{pf}$  表示，本报告中的频带声压级  $L_{pf}$  采用 1/3oct 频谱分析；

③ 声压谱级：也称为功率谱级，定义为噪声通过带宽 1 Hz 的理想滤波器后的声压级，用符号  $L_{ps}$  表示；

④ 假设噪声在  $\Delta f$  内均匀分布，声压谱级  $L_{ps}$  与频带声压级  $L_{pf}$  之间的关系可表达为式 4.2.9-2。

站点 1:

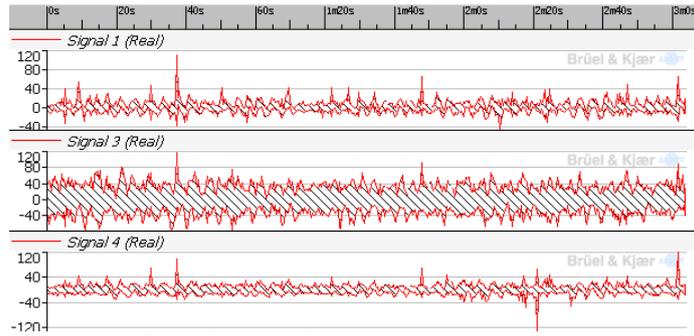


图4.3.9-3 站点 1 水听器在 1m、4m、7m 处所测时域图

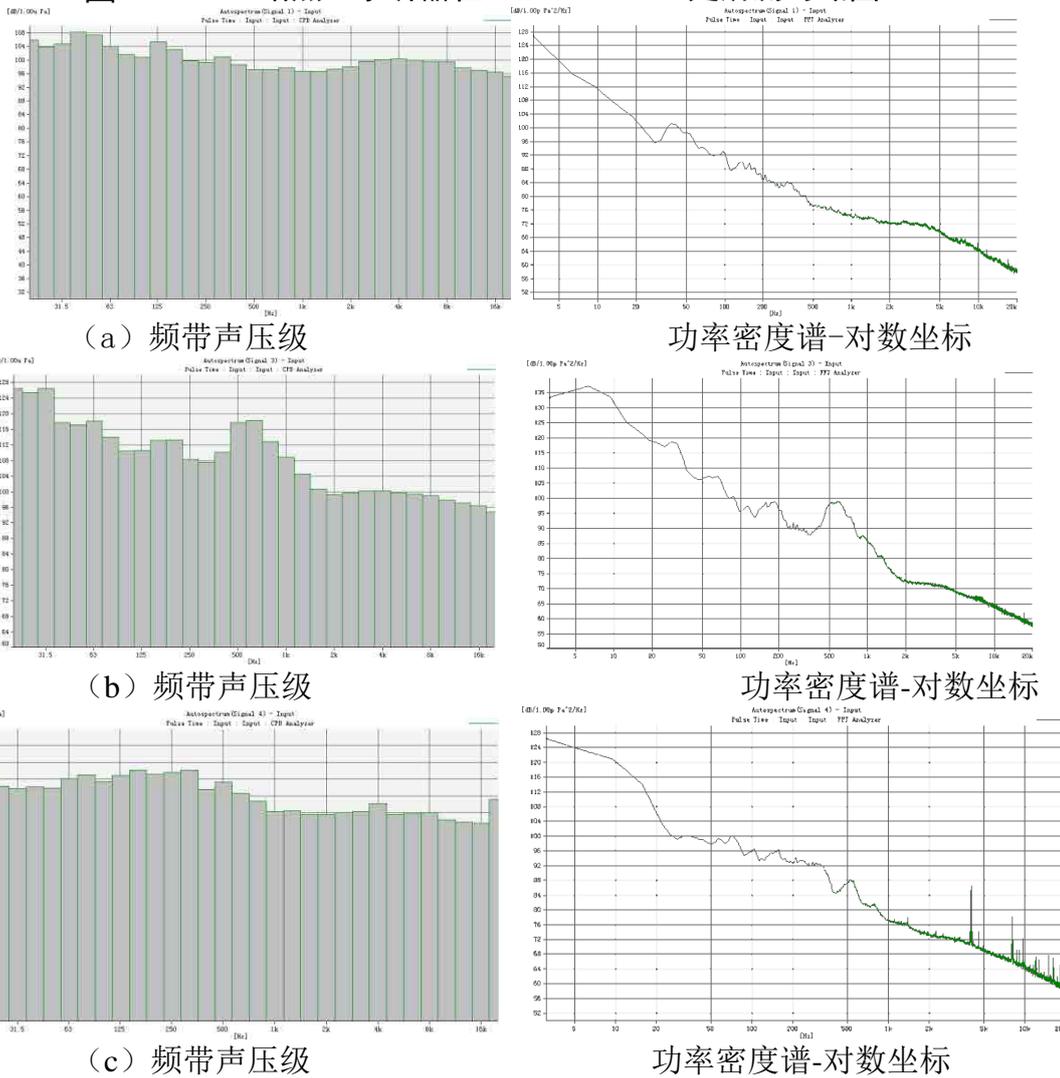


图4.3.9-4 站点 1 水深 1m (a)、4m (b)、7m (c) 处噪声分析结果

站点 2:

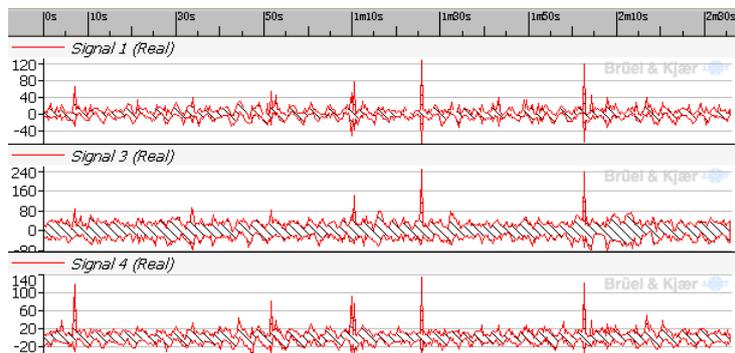
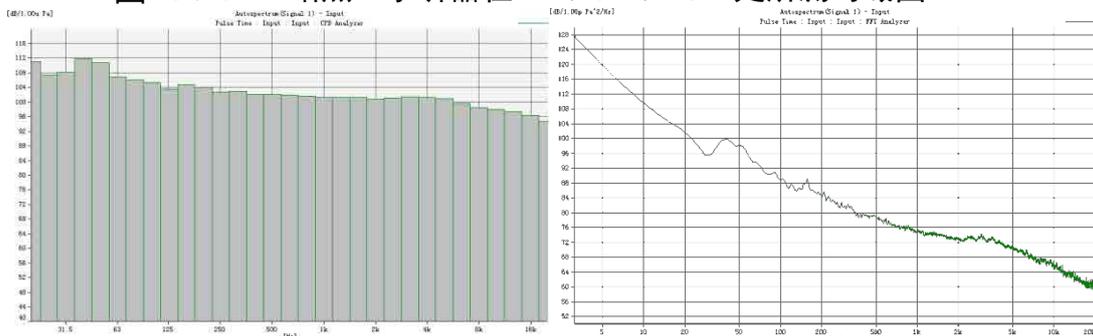
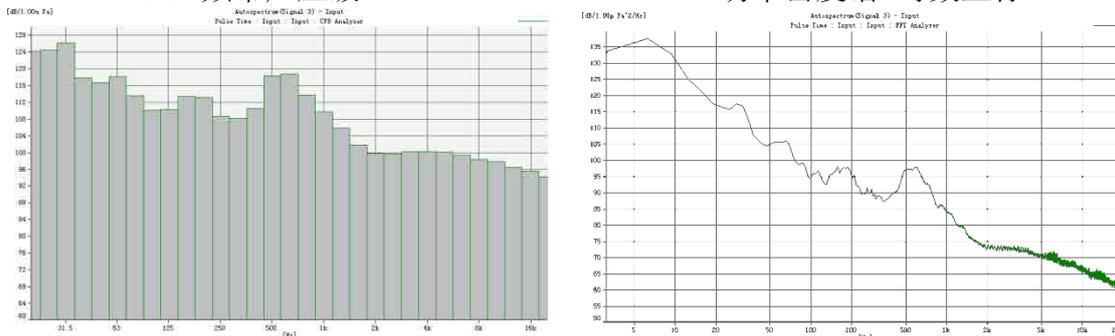


图4.3.9-5 站点 2 水听器在 1m、5m、10m 处所测时域图



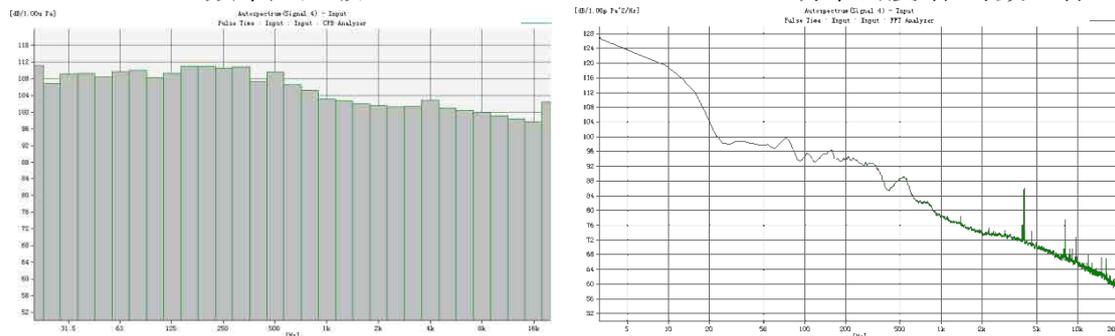
(a) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(c) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

图4.3.9-6 站点 2 水深 1m (a)、5m (b)、10m (c) 处噪声分析结果

站点 3:

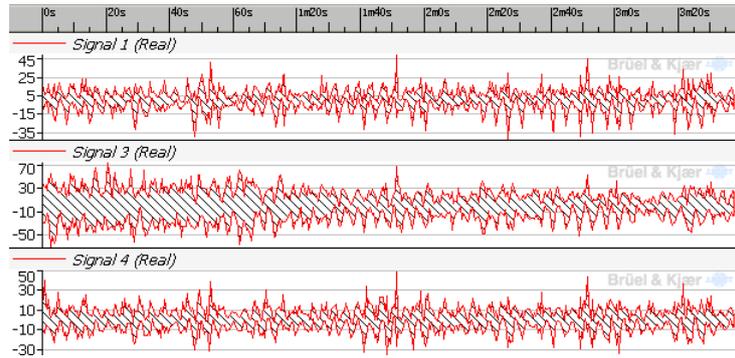
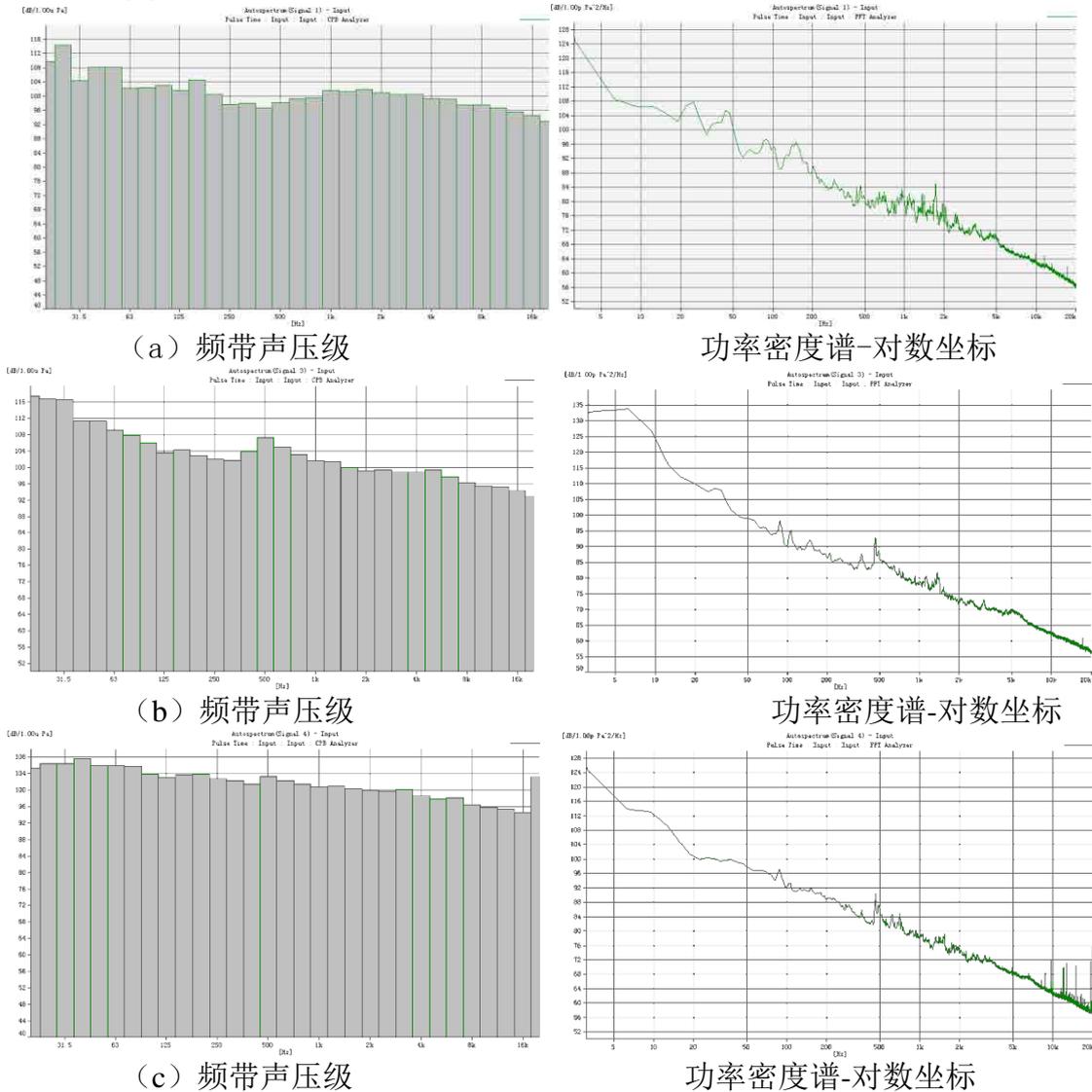


图4.3.9-7 站点 3 水听器在 1m、7m、13m 处所测时域图



(a) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

(b) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

(c) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

图4.3.9-8 站点 3 水深 1m (a)、7m (b)、13m (c) 处噪声分析结果

站点 4:

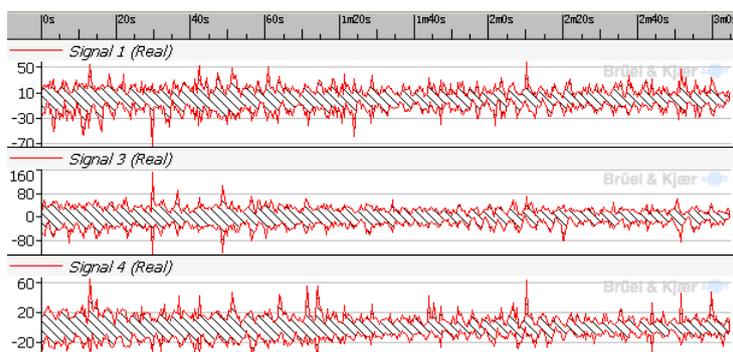
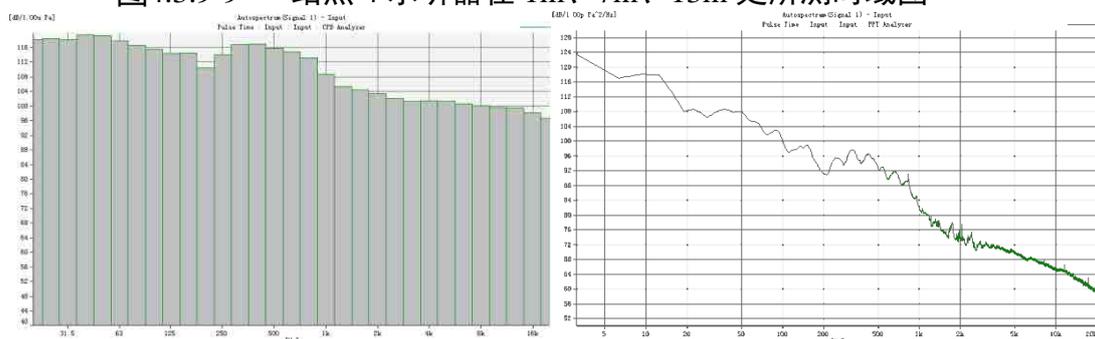
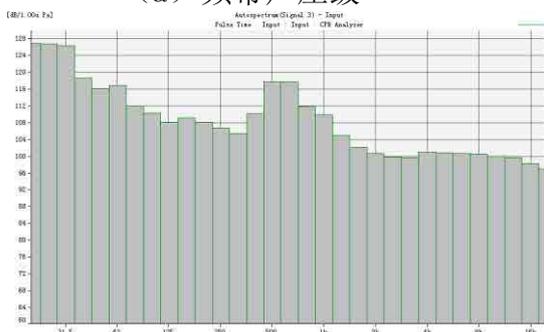


图4.3.9-9 站点 4 水听器在 1m、7m、13m 处所测时域图

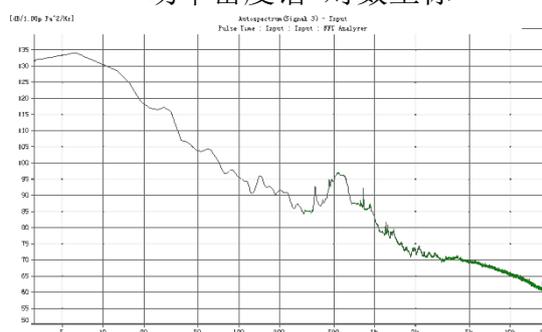


(a) 频带声压级

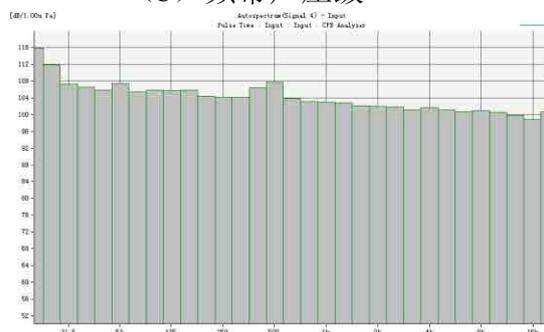
功率密度谱-对数坐标



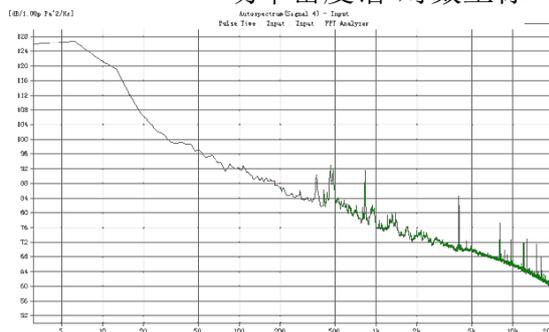
(b) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标



(c) 频带声压级



功率密度谱-对数坐标

图4.3.9-10 站点 4 水深 1m (a)、7m (b)、13m (c) 处噪声分析结果

站点 5:

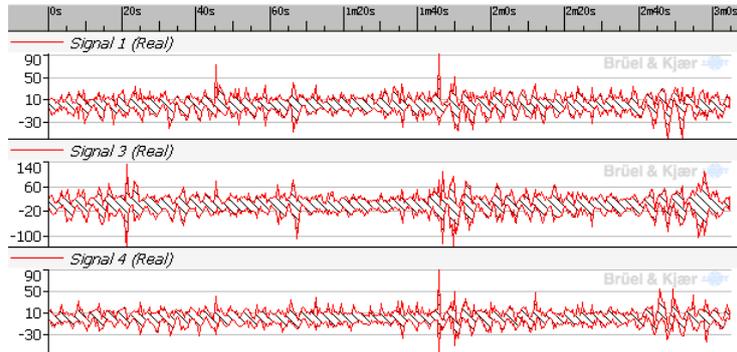
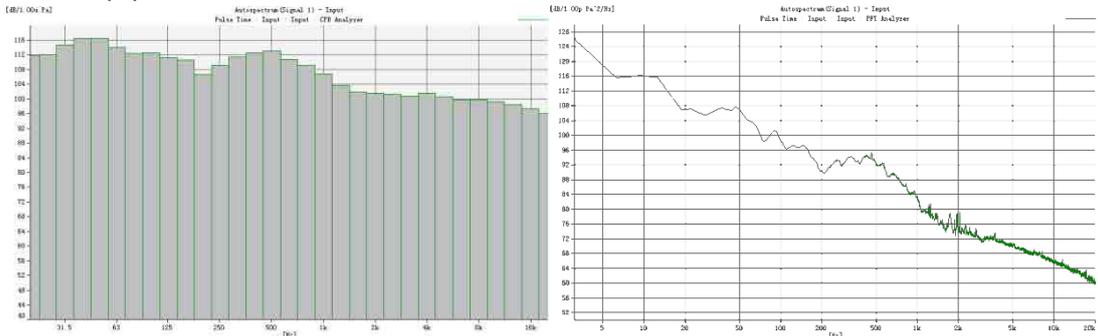
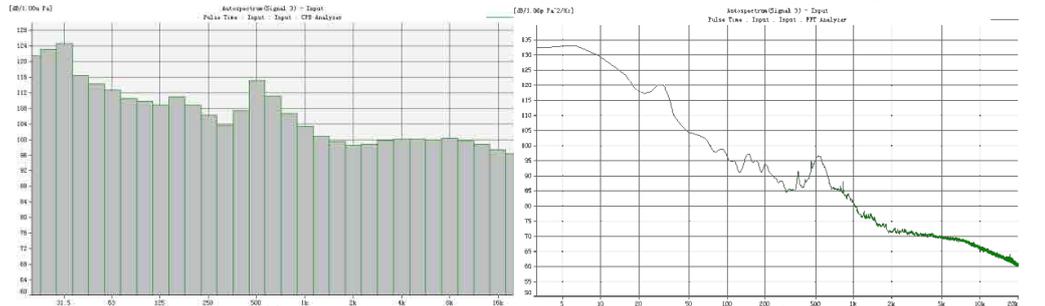


图4.3.9-11 站点 2 水听器在 1m、9m、17m 处所测时域图



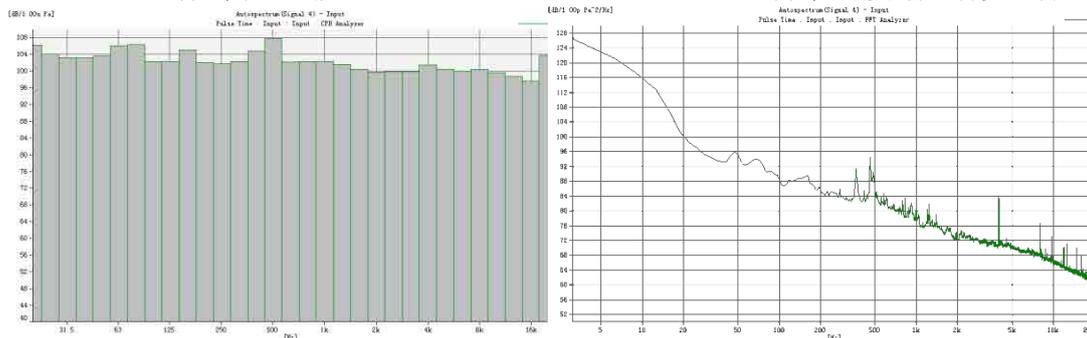
(a) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(c) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

图4.3.9-12 站点 5 水深 1m (a)、9m (b)、17m (c) 处噪声分析结果

站点 6:

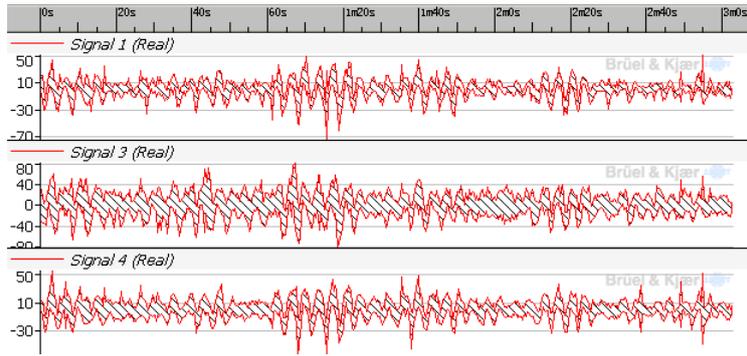


图4.3.9-13 站点 6 水听器在 1m、10m、19m 处所测时域图

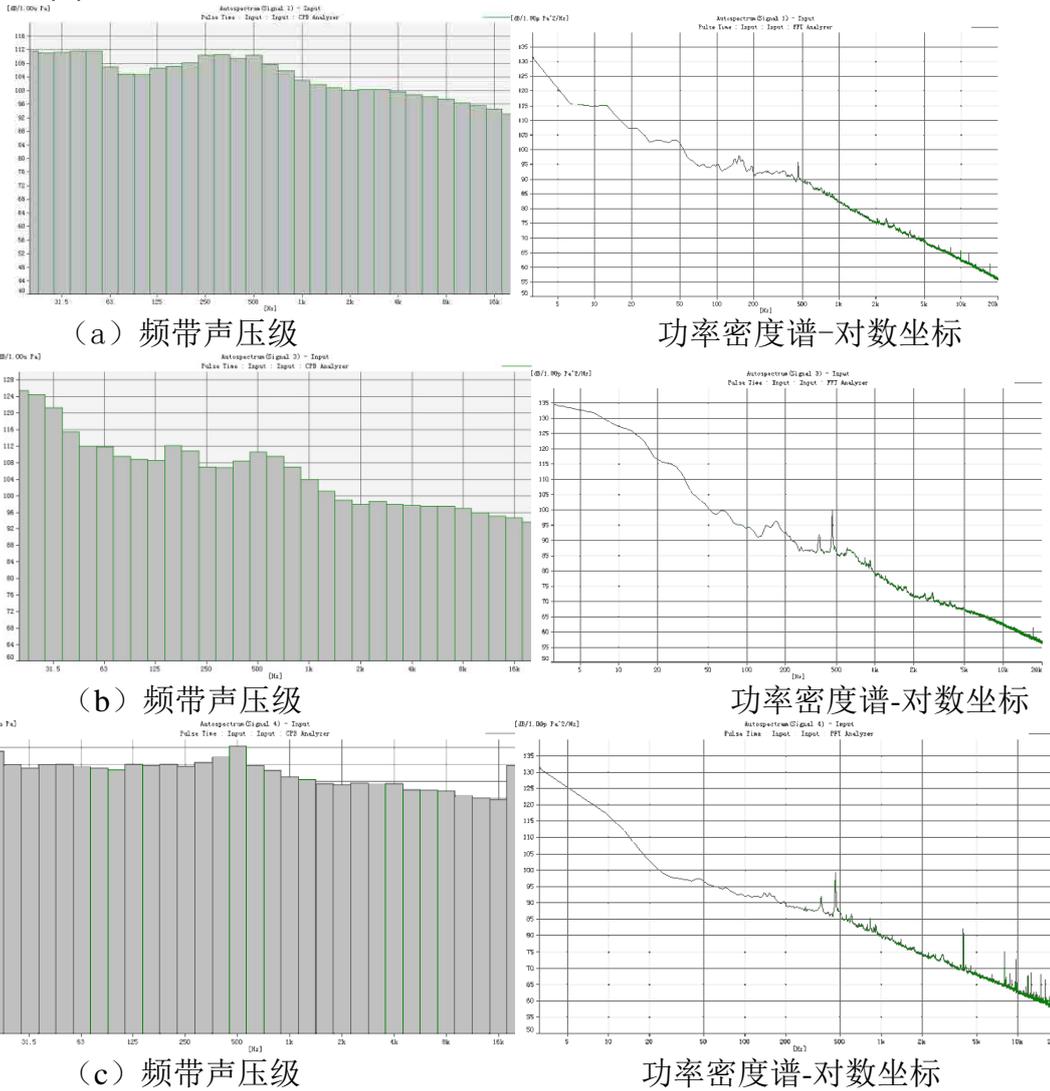


图4.3.9-14 站点 6 水深 1m (a)、10m (b)、19m (c) 处噪声分析结果

站点 7:

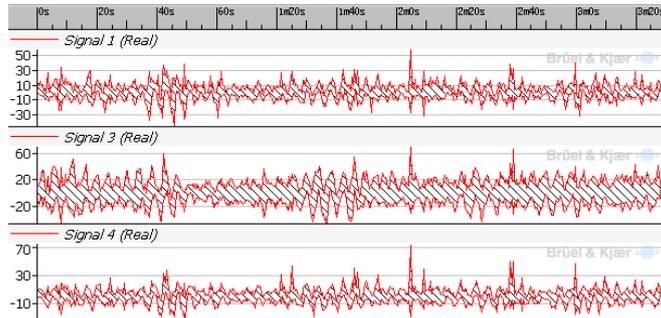
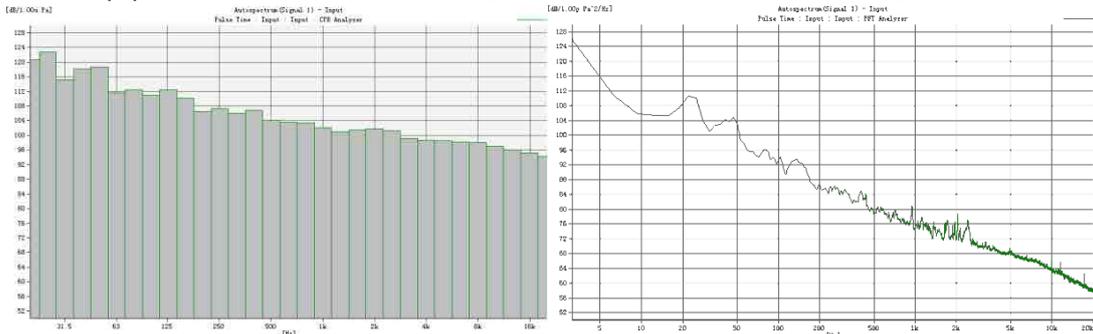
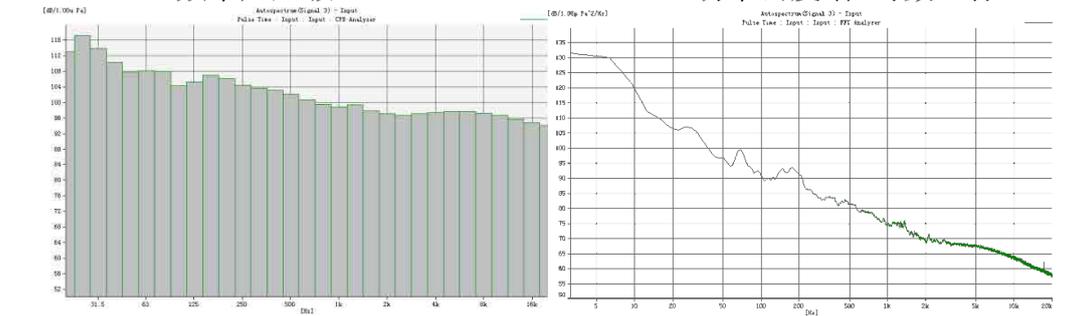


图4.3.9-15 站点 7 水听器在 1m、8m、15m 处所测时域图



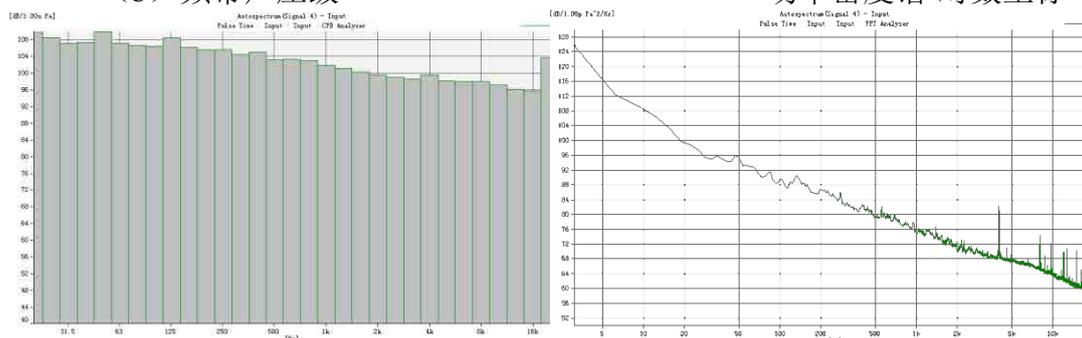
(a) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(c) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

图4.3.9-16 站点 7 水深 1m (a)、8m (b)、15m (c) 处噪声分析结果

站点 8:

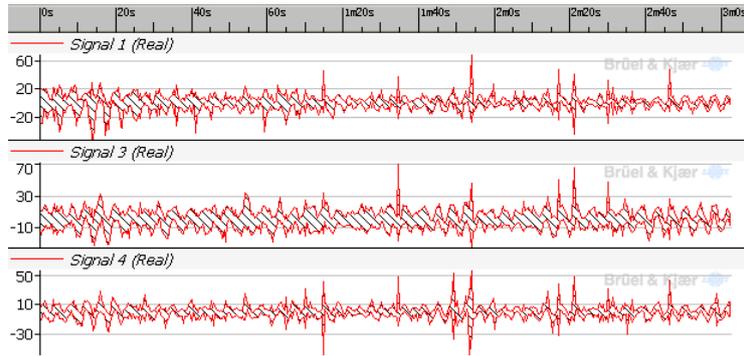
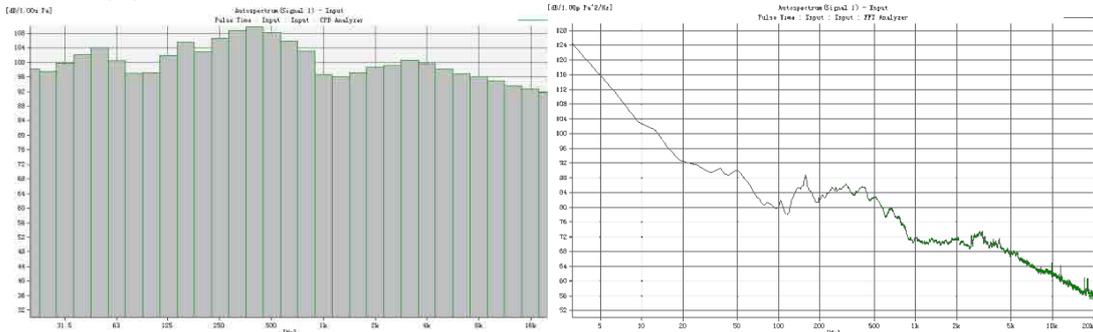
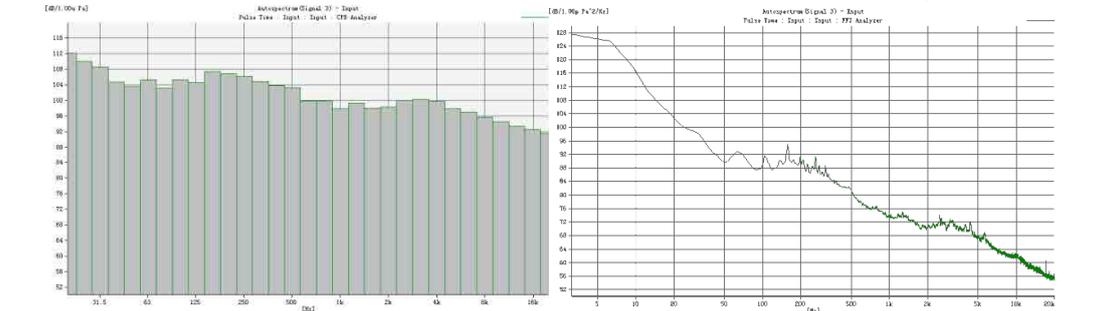


图4.3.9-17 站点 8 水听器在 1m、5m、10m 处所测时域图



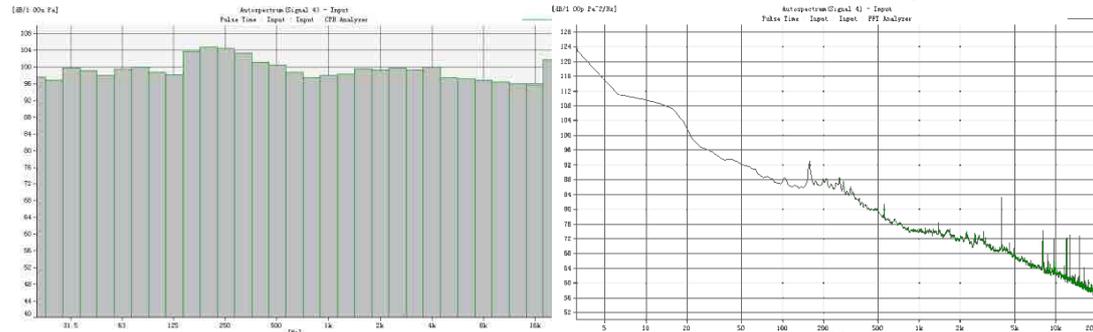
(a) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(b) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标



(c) 频带声压级

功率密度谱-对数坐标

图4.3.9-18 站点 8 水深 1m (a)、5m (b)、10m (c) 处噪声分析结果

#### 4.2.9.2.5 监测结果评价

通过分析各站点水下环境背景噪声调查结果可知：该工程海域水下噪声全频带累积声压级的平均值为 126.4dB；在 20Hz~20kHz 的频带内，声压谱级的变化范围为 119dB~55dB，并随着频率增高而减小。100Hz 以上频率的噪声声压谱级分布在 100dB 以下，500Hz 以上的声压谱级在 98dB 以下，1kHz 以上的声压谱级在 85dB 以下，而在 5kHz 以上的声压谱级在 71dB 以下。

#### 4.3.10 环境空气质量现状调查与评价

本次评价选取 2022 年作为评价基础年，根据大连市生态环境局发布的《2022 年大连市生态环境状况公报》，大连市 2022 年空气质量现状评价情况见下表。

表4.3.10-1 大连市空气质量现状评价表 单位：CO 为 mg/m<sup>3</sup>，其余为 μg/m<sup>3</sup>

污染物	年评价指标	现状浓度/	标准值/	占标率/%	达标情况
SO <sub>2</sub>	年平均质量浓度	9	60	15.00	达标
NO <sub>2</sub>	年平均质量浓度	24	40	60.00	达标
PM <sub>10</sub>	年平均质量浓度	41	70	58.57	达标
PM <sub>2.5</sub>	年平均质量浓度	24	35	68.57	达标
O <sub>3</sub>	日最大 8h 滑动平均值 第 90 百分位数	145	160	90.63	达标
CO	24h 平均质量浓度第 95 百分位数	1.0	4.0	25.00	达标

由表可见，2022 年大连市区空气质量监测的六项基本污染物 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 的年均浓度，以及 CO 的 24h 平均浓度第 95 百分位数、O<sub>3</sub> 的日最大 8h 滑动平均值第 90 百分位数均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中的二级标准限值要求，据此判定大连市 2022 年属于环境空气质量达标区。

## 5 环境影响预测与评价

### 5.1 水文动力环境影响预测与评价

国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目位于花园口南侧海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，由I（220MW）场址和II（180MW）场址两块场址组成。花园口I海上风电和花园口II海上风电同时施工并整体运行，因此本次水文动力环境预测以花园口I海上风电和花园口II海上风电整体进行。

#### 5.1.1 数学模型

模型基于二维平面不可压缩雷诺（Reynolds）平均纳维埃-斯托克斯（Navier-Stokes）浅水方程建立，对水平动量方程和连续方程在 范围内进行积分后可得到下列二维深度平均浅水方程。

##### 5.1.1.1 控制方程

连续性方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = S \quad (1)$$

水平方向上 x 和 y 的动量方程分别为：

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial Pa}{\partial x} - \\ \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) \\ + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \bar{h}\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial \bar{h}\bar{u}\bar{v}}{\partial x} = & -f\bar{u}\bar{h} - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial Pa}{\partial y} - \\
\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right) & \quad (3) \\
+ \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + h\nu_s S &
\end{aligned}$$

上述方程中： $t$ 为时间； $x$ 、 $y$ 为笛卡尔坐标系坐标； $\eta$ 为水位； $h$ 为总水深； $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 分别为 $x$ 、 $y$ 方向上的垂线平均流速； $Pa$ 为当地大气压； $g$ 为重力加速度； $\rho$ 为水的密度； $\rho_0$ 为参考水密度； $f$ 是科氏力参数； $S$ 为源项； $T_{xx}$ 、 $T_{xy}$ 、 $T_{yx}$ 、 $T_{yy}$ 为水平粘滞应力项； $\tau_{sx}$ 、 $\tau_{sy}$ 分别为海面风摩阻在 $x$ 、 $y$ 方向上的分量； $\tau_{bx}$ 、 $\tau_{by}$ 分别为海底摩阻在 $x$ 、 $y$ 方向上的分量。

#### 5.1.1.2 计算海域网格制作及开边界设置

数值计算模型选择北黄海海域，具体范围见图 5.1-1，包括长海群岛、庄河沿岸附近海域，包括风电场工程区附近海域，模型东西长约 125km，南北长约 115 km。为满足工程计算的精度，采用网格局部加密的方法，一方面模型从外海至近岸区域网格尺寸逐渐减小，另一方面在风电桩基海域进行网格细化，其中外海网格尺度为 4000m，近岸附近网格尺寸为 900m，风电桩基区域外网网格尺度为 10m，桩基附近的网格尺度为 2m，大范围、风电场区域及桩基附近网格分别见图 5.1-2~图 5.1-4，工程前计算域内网格共 61041 个单元，30986 个节点，工程后计算域内网格共 60073 个单元，30692 个节点。

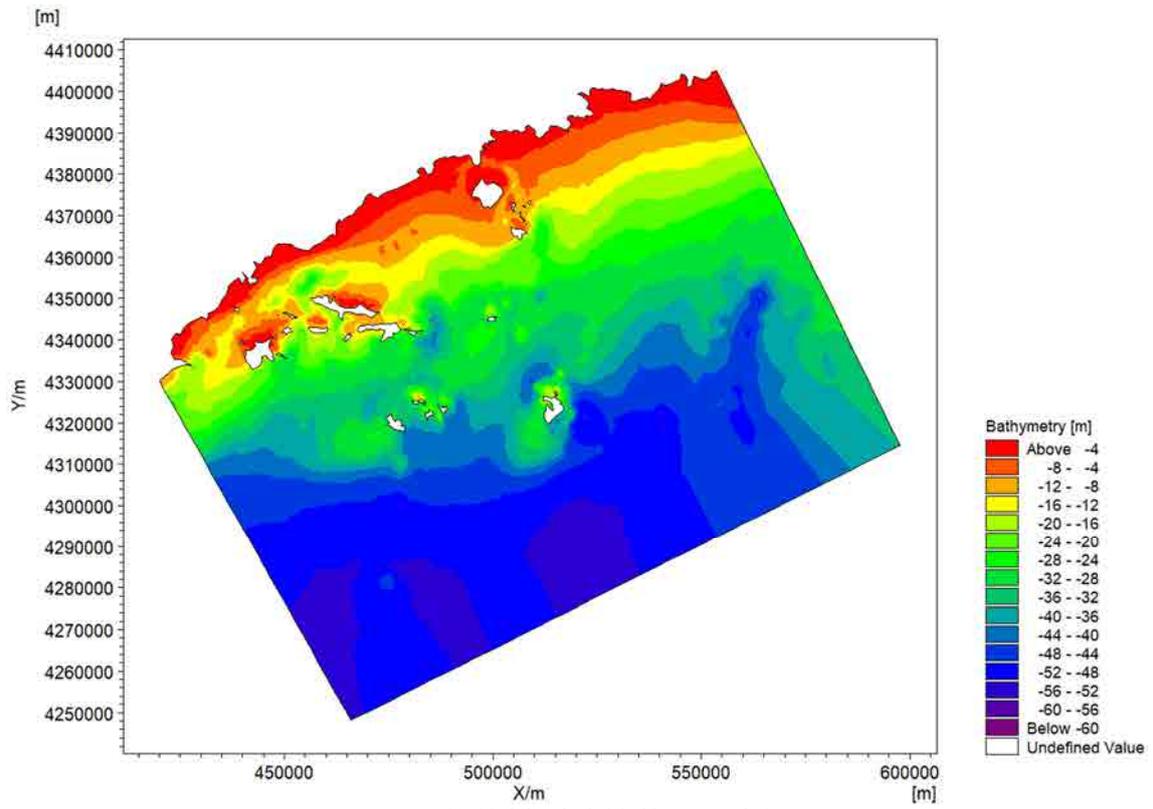


图5.1-1 数值模型计算范围及水深图

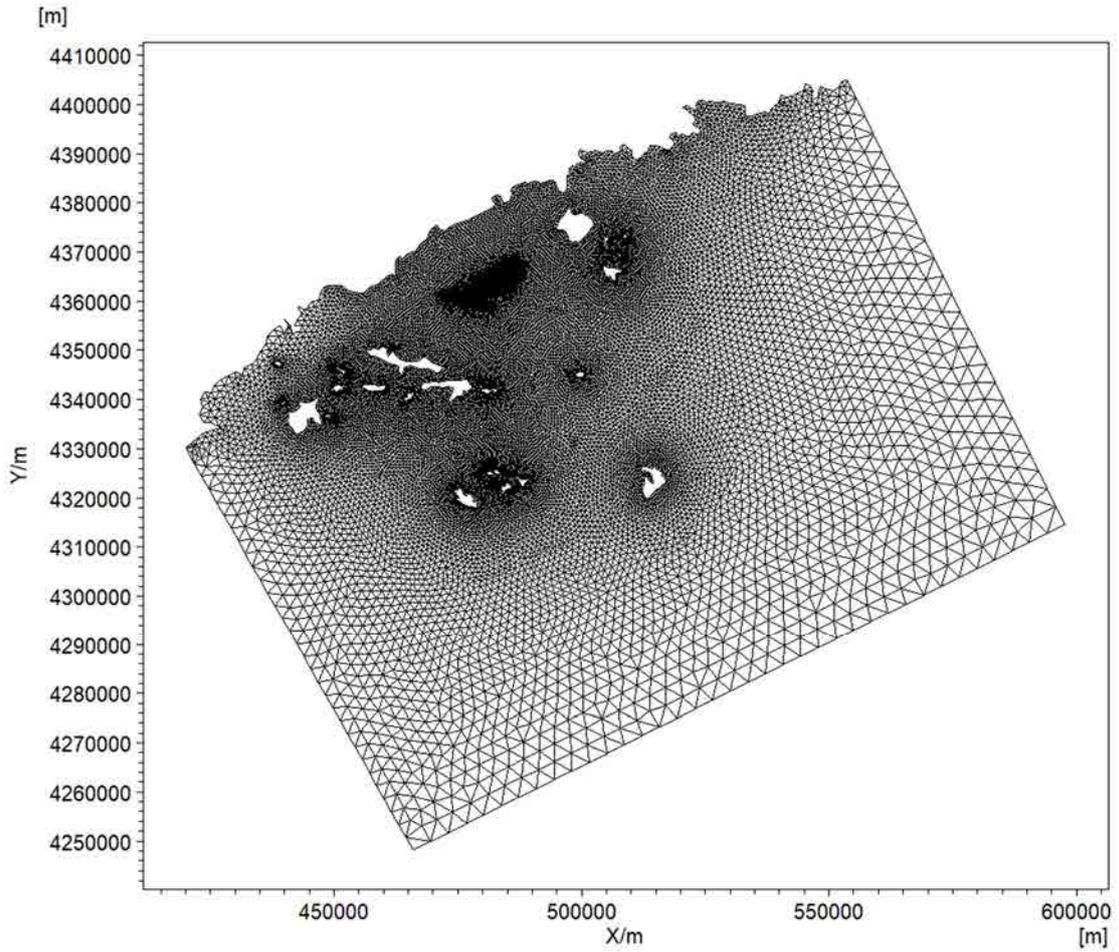


图5.1-2 数值模型计算网格图

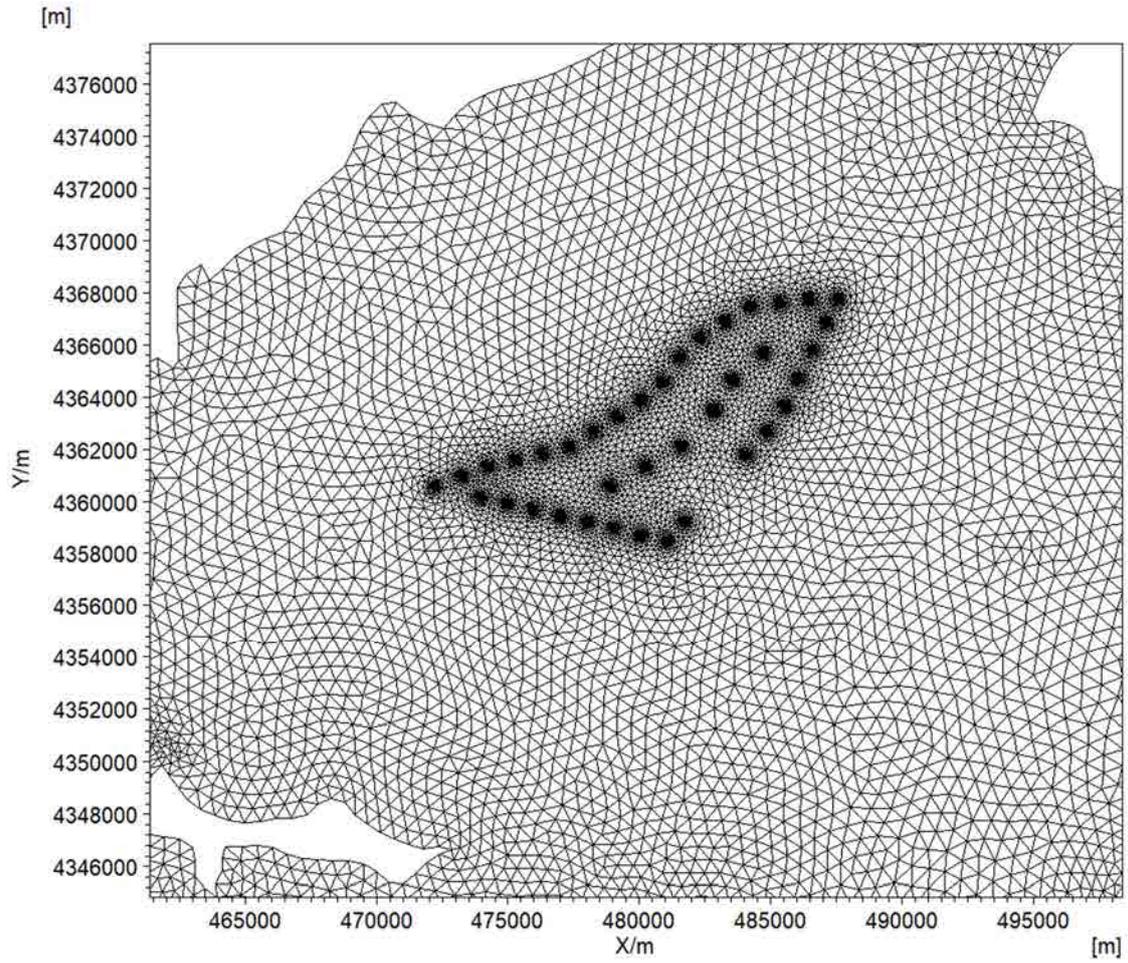


图5.1-3 风电场工程区附近局部网格图

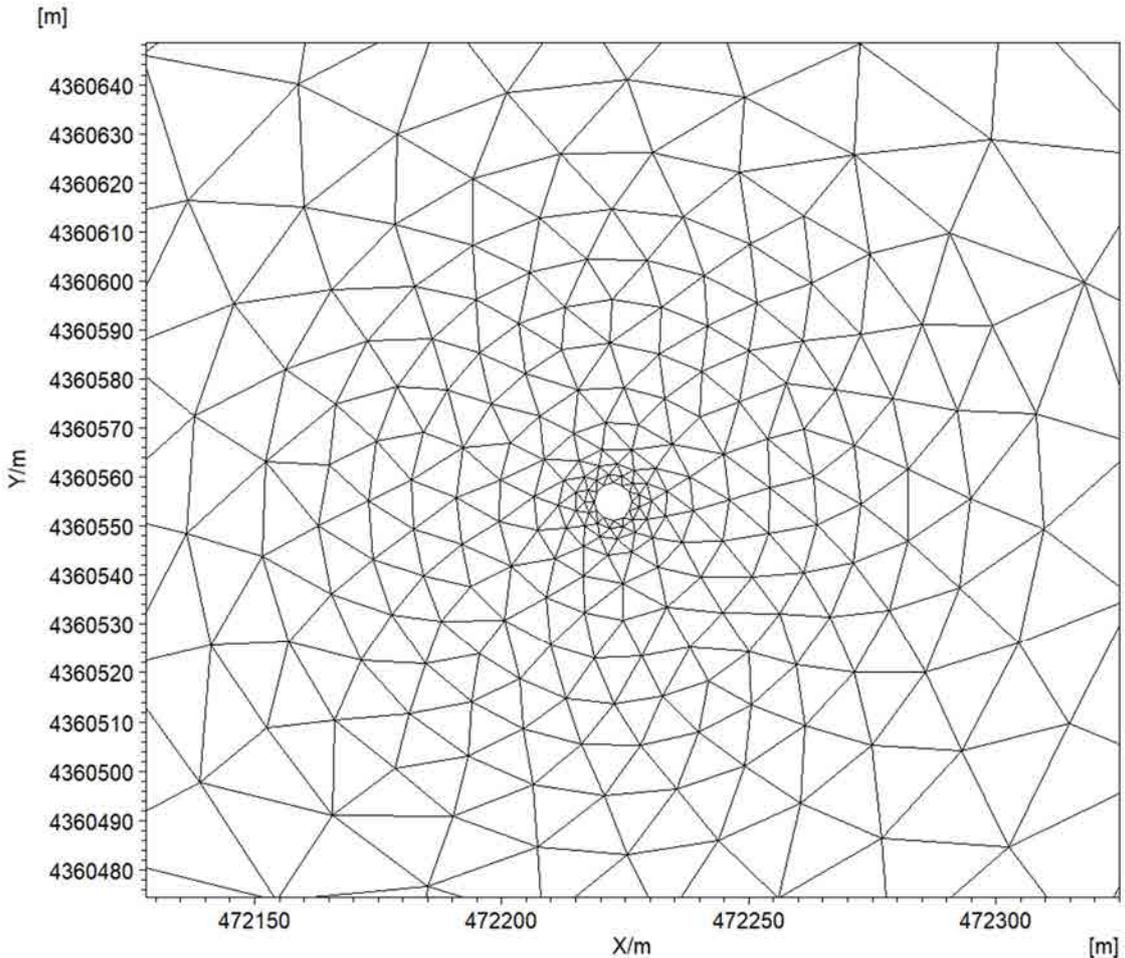


图5.1-4 风电场桩基附近局部网格图

### 5.1.2 数学模型率定验证

首先对水动力数值计算结果进行分析，验证模型的计算精度。模拟选取 2019 年的潮位（T1）及六个潮流验证点（P1、P2、P3、P4、P5、P6）分别对模拟区域的潮位、流速流向进行了验证。各站位具体坐标见表 2-1，位置分布如图 5.1-5 所示。潮流验证资料分别取自 2019 年 4 月 6 日 10 时—2019 年 4 月 7 日 11 时(大潮期)，潮位验证资料取自 2019 年 4 月 5 日 4 时—2019 年 4 月 8 日 15 时的实测数据。模型的计算时间为 2019 年 4 月 1 号 0 时—2019 年 5 月 1 号 0 时。时间步长设为 3600s，最小时间步长为 0.1s，计算中，模型可根据 CFL 条件动态调节时间步长。并在投放风电桩附近位置选取了 46 个参考点用于分析投放风电桩前后局地潮流流速的变化情况。

表5.1-1 水文全潮测验水文测站坐标表 (WGS-84 坐标)

站位	纬度	经度
T1	39°16'22.98"N	122°41'56.67"E
P1	39°28'38.48"N	122°46'23.96"E
P2	39°26'13.62"N	122°50'0.04"E
P3	39°24'3.08"N	122°52'30.26"E
P4	39°25'36.18"N	122°41'5.88"E
P5	39°23'40.52"N	122°44'41.87"E
P6	39°20'3.00"N	122°47'31.15"E

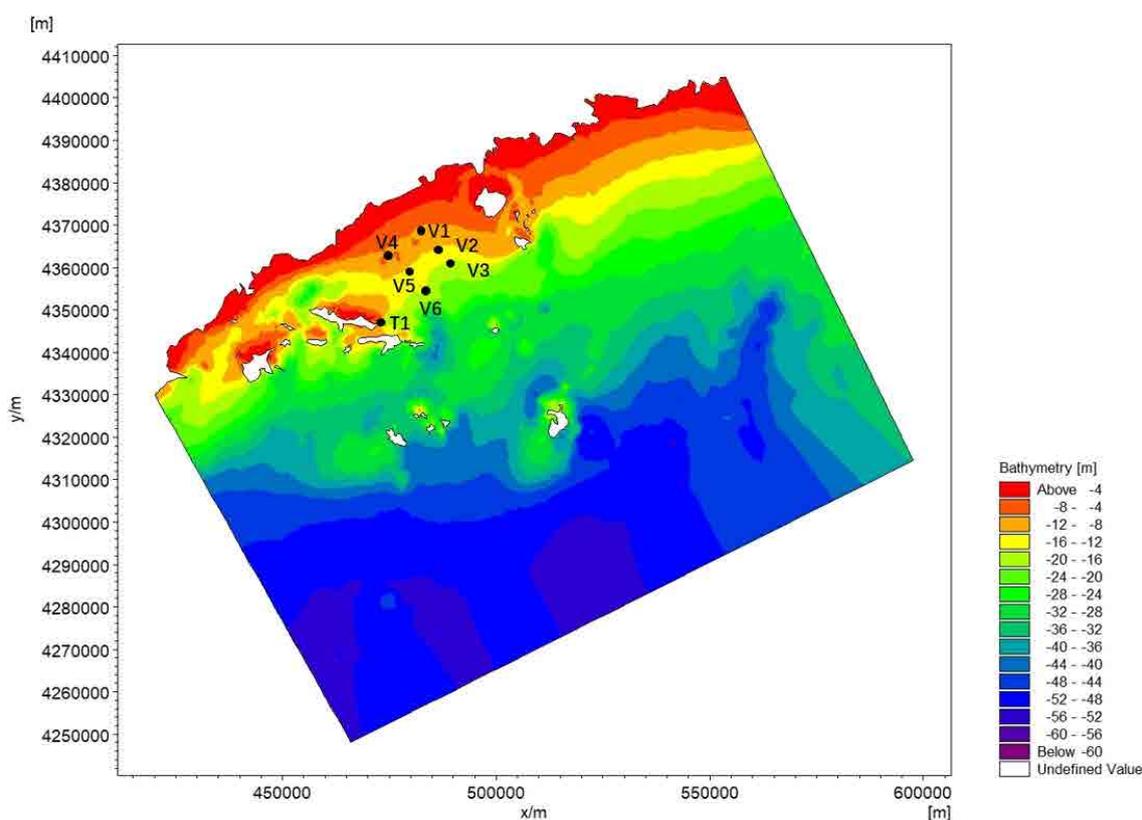


图5.1-5 验证站位图

风电场工程位于辽宁省管区的庄河海域。庄河海域位于辽东半岛沿海，东邻丹东，西接大连，是一片典型的开敞性海域。图 5.1-6 给出了潮位站点 (T1) 模拟潮位和实测潮位的对比，由模型验证结果图可见：大潮期间，实测潮位与模拟计算的潮位拟合的较好，最高、最低潮位的模拟误差在 10cm 以内，涨、落潮的主峰都拟合的较好，个别点的流速、流向与实测值有一定偏差，这可能和岸线概化、地形等因素有关。潮周期平均的涨、落急流速的误差绝对值均在 0.1m/s 左右，

除个别点个别时刻外，其它各验证整点流速相对误差均控制在 10% 以内，流向验证误差在 10° 以内。

总体上说，模型模拟结果基本反映了庄河海域及风电场工程区域的潮流流态及潮汐特征，模型能够复演该海域的水动力过程，模型可进一步对该海域风电桩投放后的水动力特性进行分析

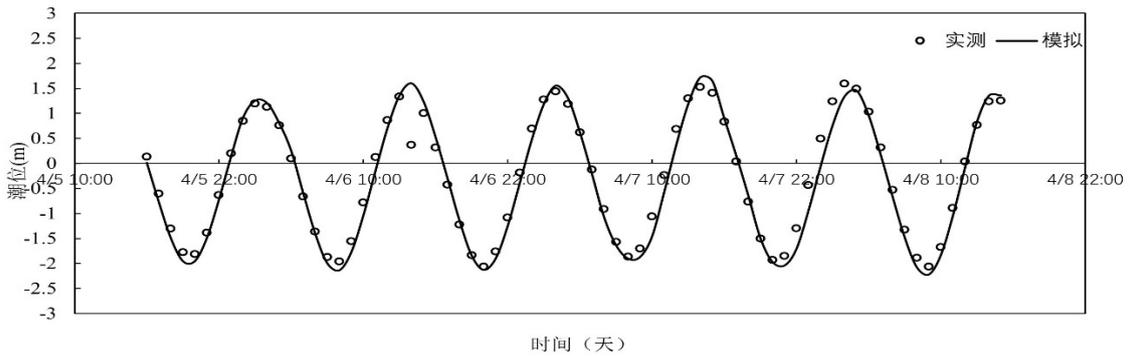
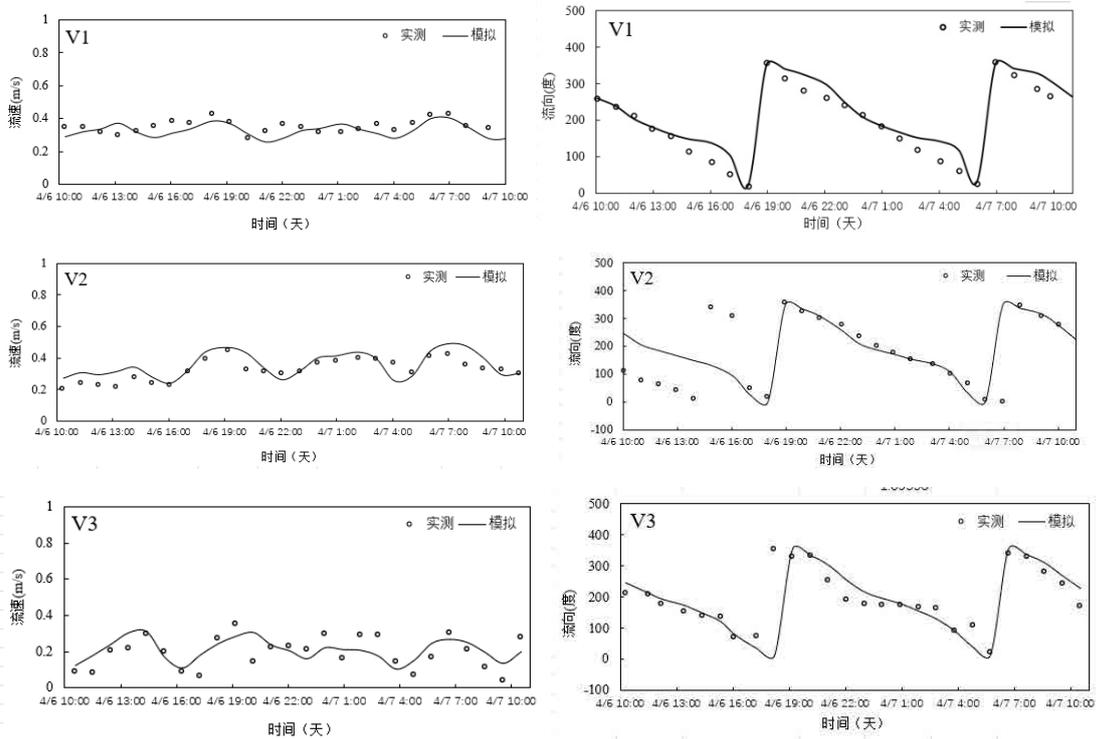


图5.1-6 T1 测点模拟潮位和实测潮位的对比



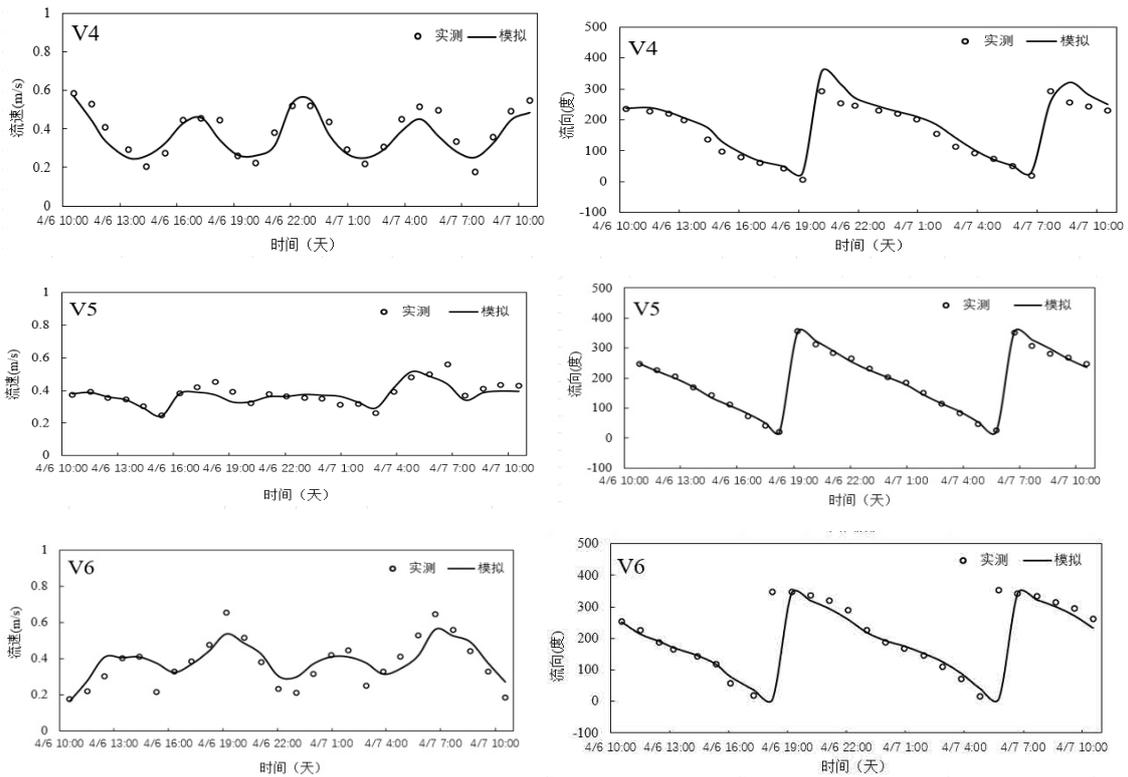


图5.1-7 4月5日—6日流速流向验证

### 5.1.3 工程前潮流场分析

工程前大范围大潮涨、落急流场图，见图 5.1-8~5.1-9，风电场区域的附近海域大潮涨、落急流场图，见图 5.1-10~5.1-11。

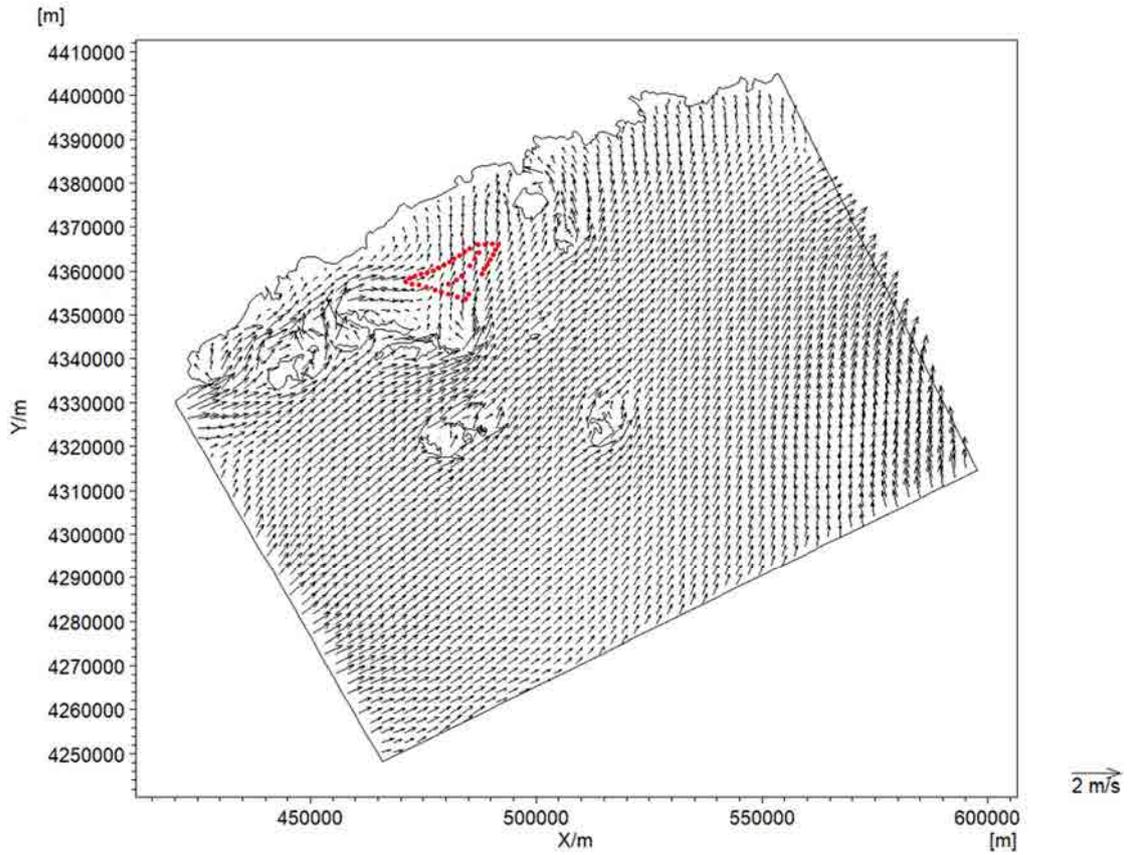


图5.1-8 工程前大范围大潮涨急流场图

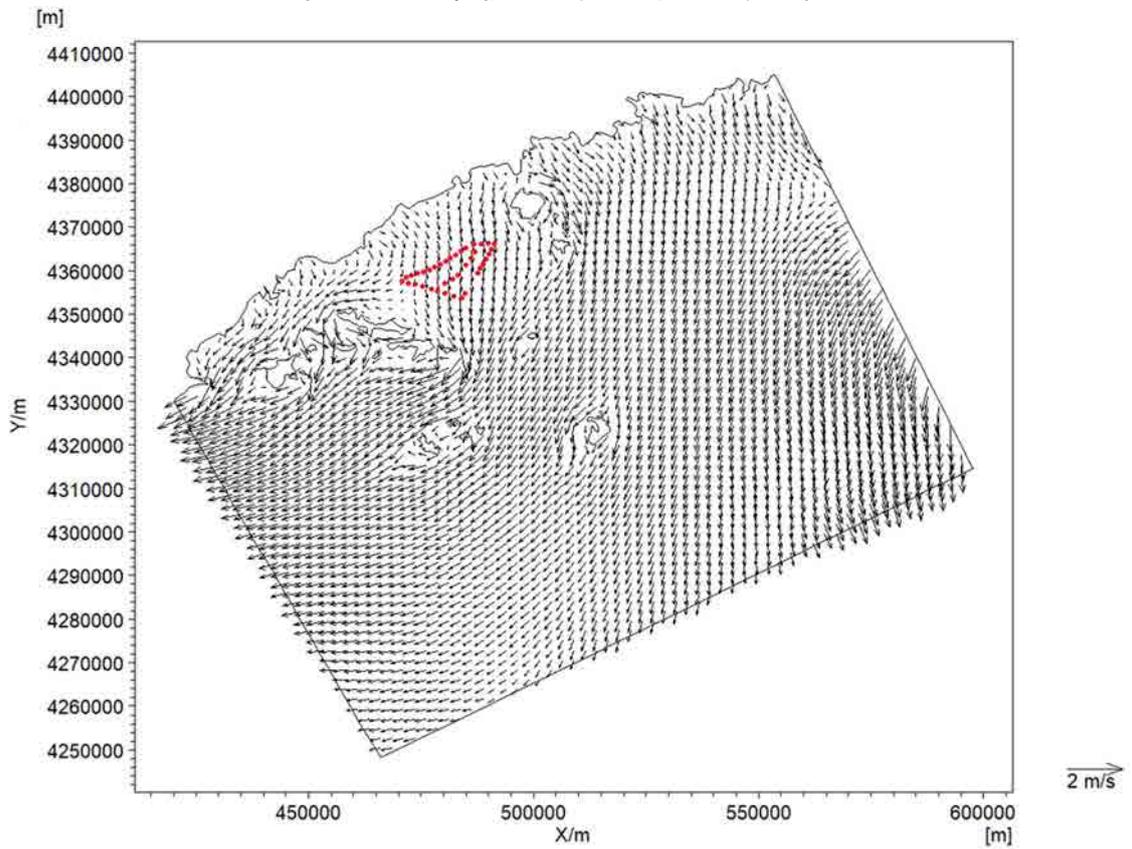


图5.1-9 工程前大范围大潮涨急流场图

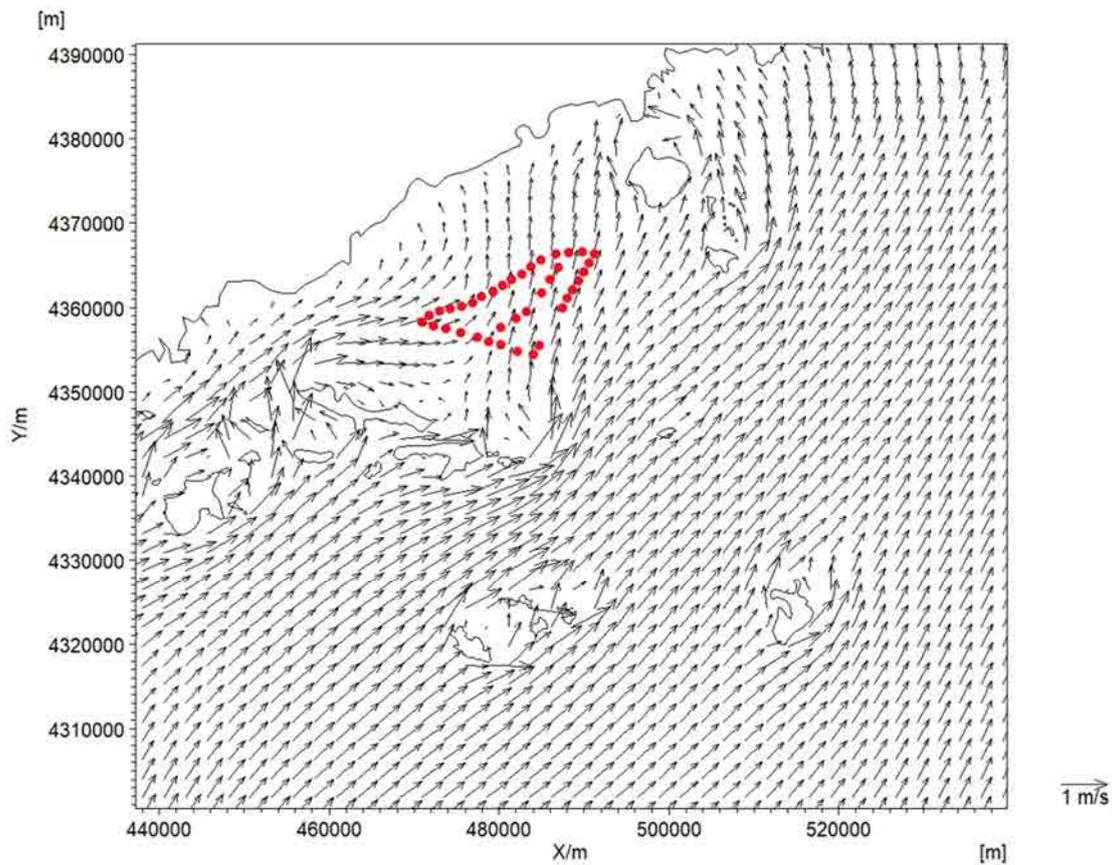


图5.1-10 风电场附近海域大潮涨急流场图

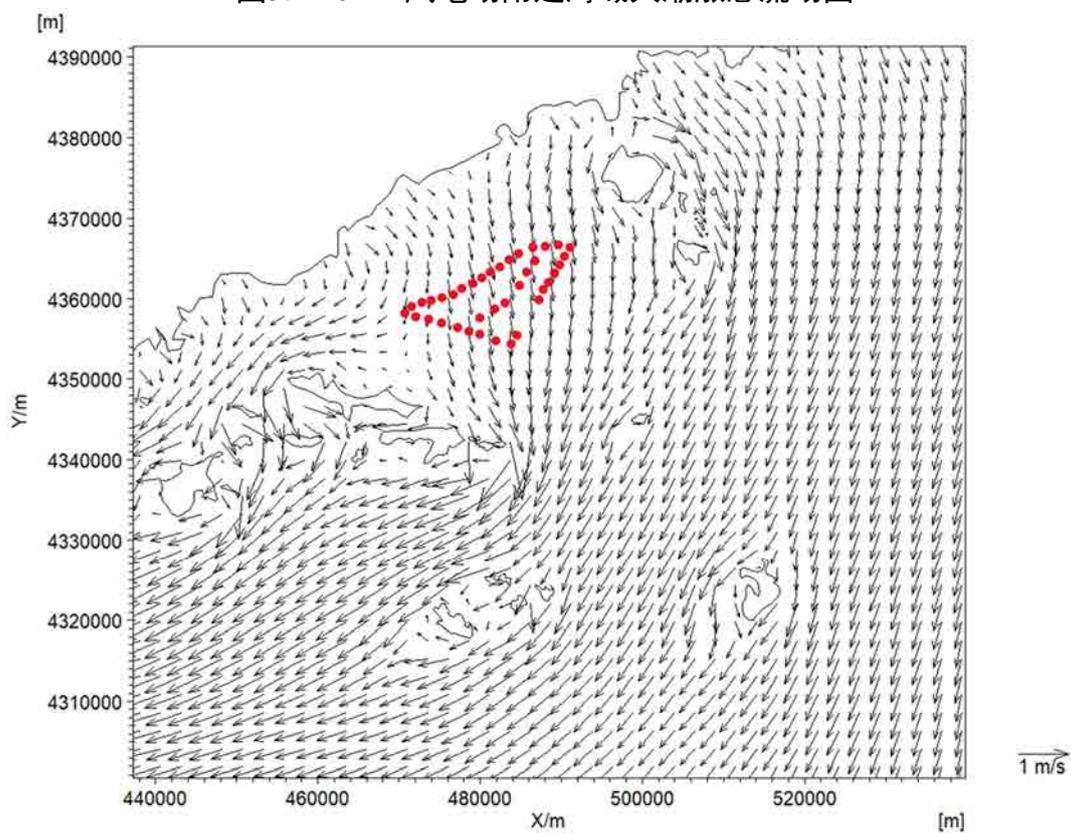


图5.1-11 风电场附近海域大潮落急流场图

由上述图可以看出：

涨潮时，潮波从西南向外海流入风电场区域，涨急时的流向为东北向，在向岸传播过程中流向逐渐偏向西北，随着流向的偏转，近岸水体逐渐由涨转落，落急时流向为西南向，随着水位降低流向转为东南向。潮流在近岸区域和岛屿附近潮流整体沿着岸线或等深线流动，并在石城岛和海洋岛附近出现绕流现象。模拟得到外海大范围的涨落潮呈旋转流形态，而岛屿间水道和近岸呈现往复流特征，风电场海域以旋转流特征为主。落急流速大于涨急流速，风电场场区涨急流向基本在  $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$  之间，落急流向基本在  $200^{\circ}\sim 210^{\circ}$  之间。

#### 5.1.4 工程后潮流场分析

工程后大范围大潮涨、落急流场图，见图 5.1-12~5.1-13，本工程桩基直径在 30m 左右，桩基之间的距离均在 600m 以上，风电场对外海整体的潮流场影响较小，主要影响单个桩基附近的局部流场，工程后风机基础局部涨、落急流场见图 5.1-14~5.1-15。受风电桩基阻流影响，会导致桩基背流区流速减小，而两侧流速略有增大，且随着涨落潮流向的转变，流速影响区域也发生改变。

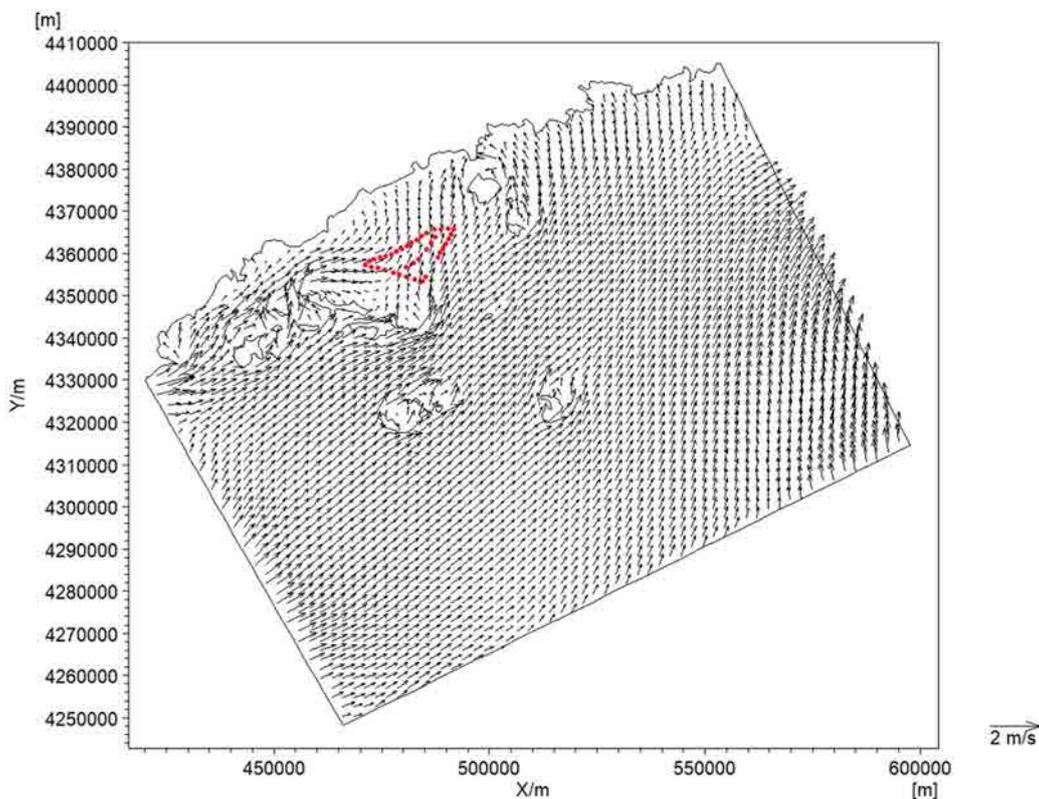


图5.1-12 工程后大范围涨急流场图

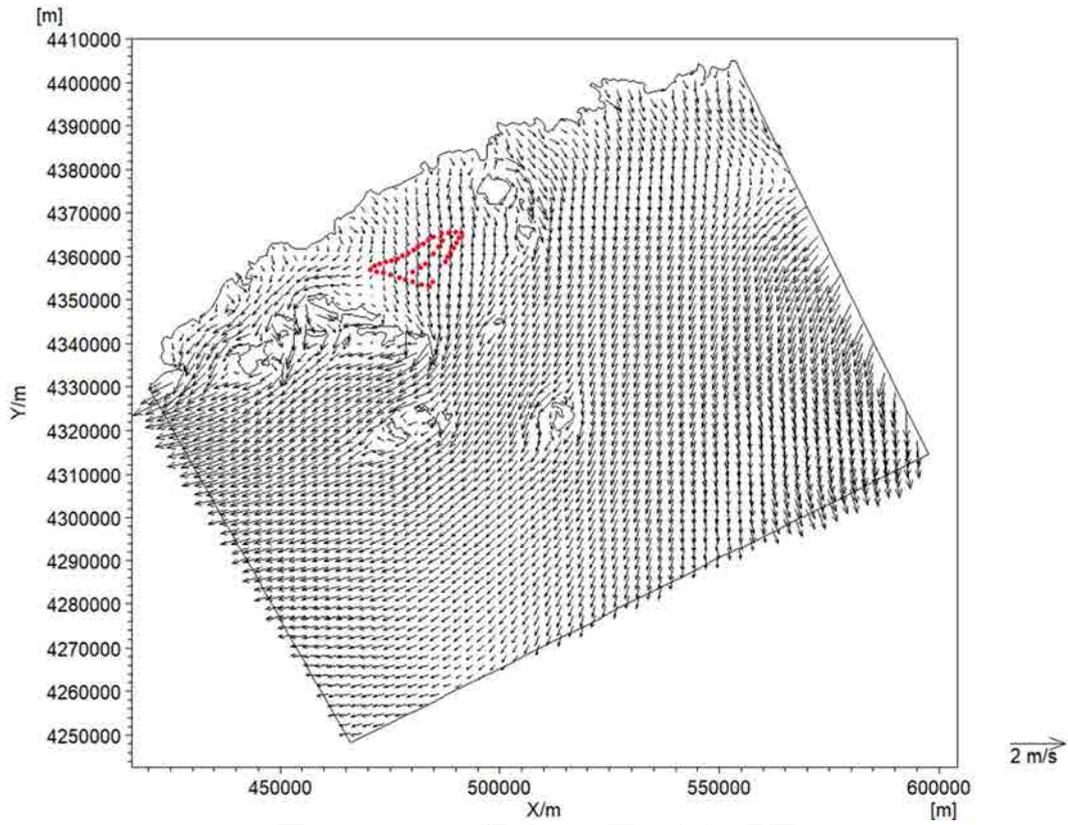


图5.1-13 工程后大范围落急流场图

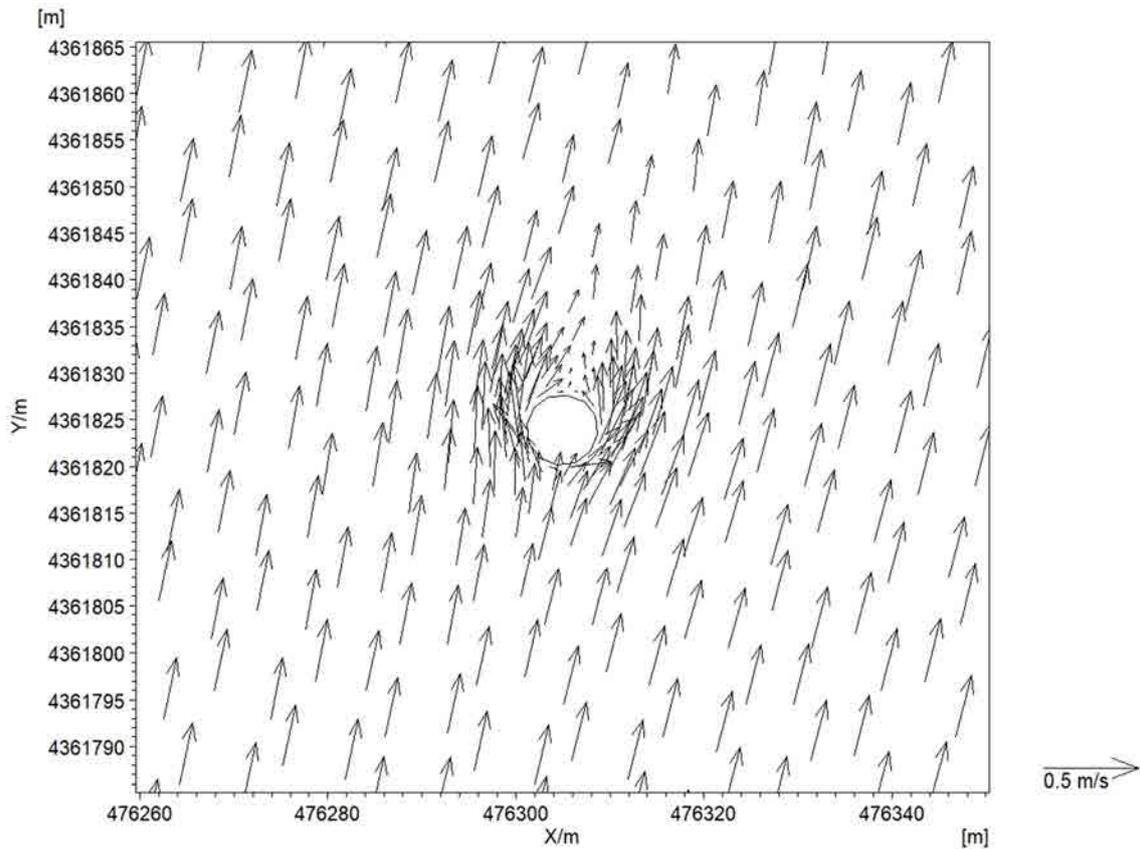


图5.1-14 单个风电桩基局部涨急流场图

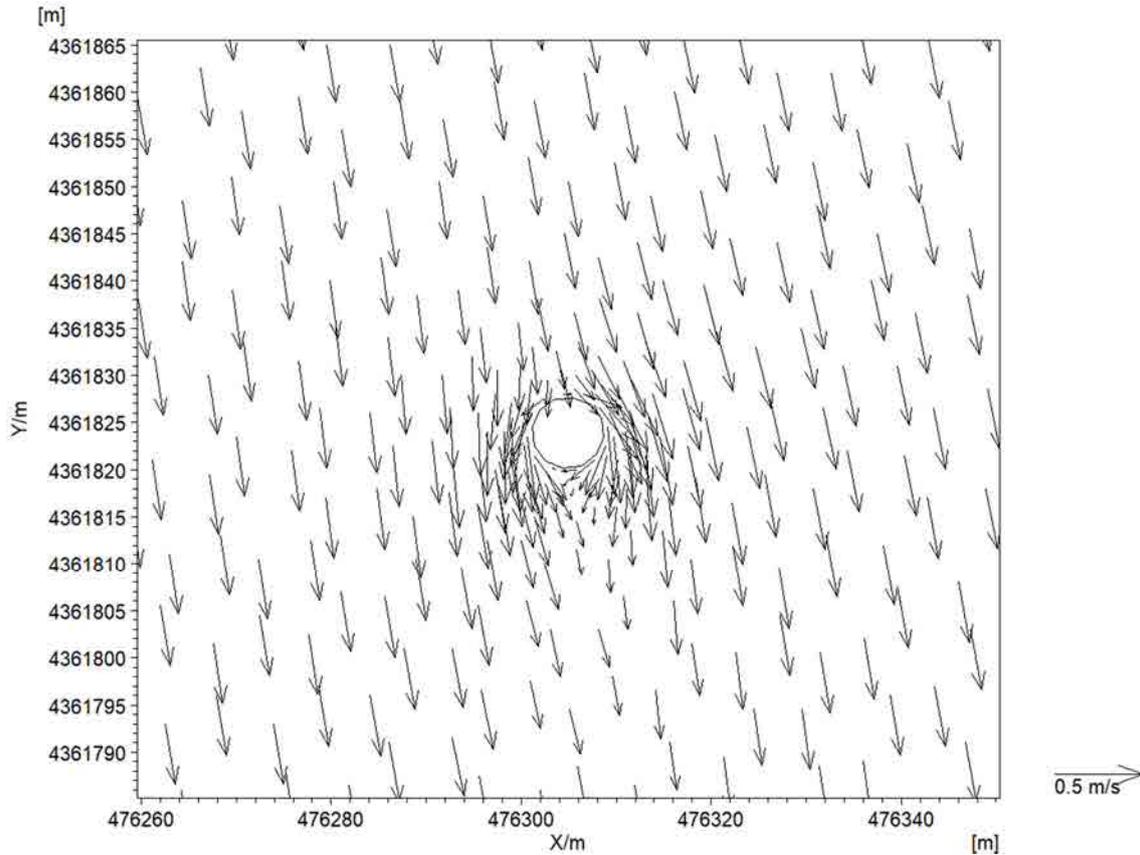


图5.1-15 单个风电桩基局部急流场图

### 5.1.5 工程建设对潮流动力的影响

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，并用工程后涨、落急流速减去工程前涨、落急流速，得到工程建设前后工程场区及附近涨落急流速变化图，分别见图 5.1-16~5.1-17，单个桩基局部的流速改变见图 5.1-18~5.1-19。

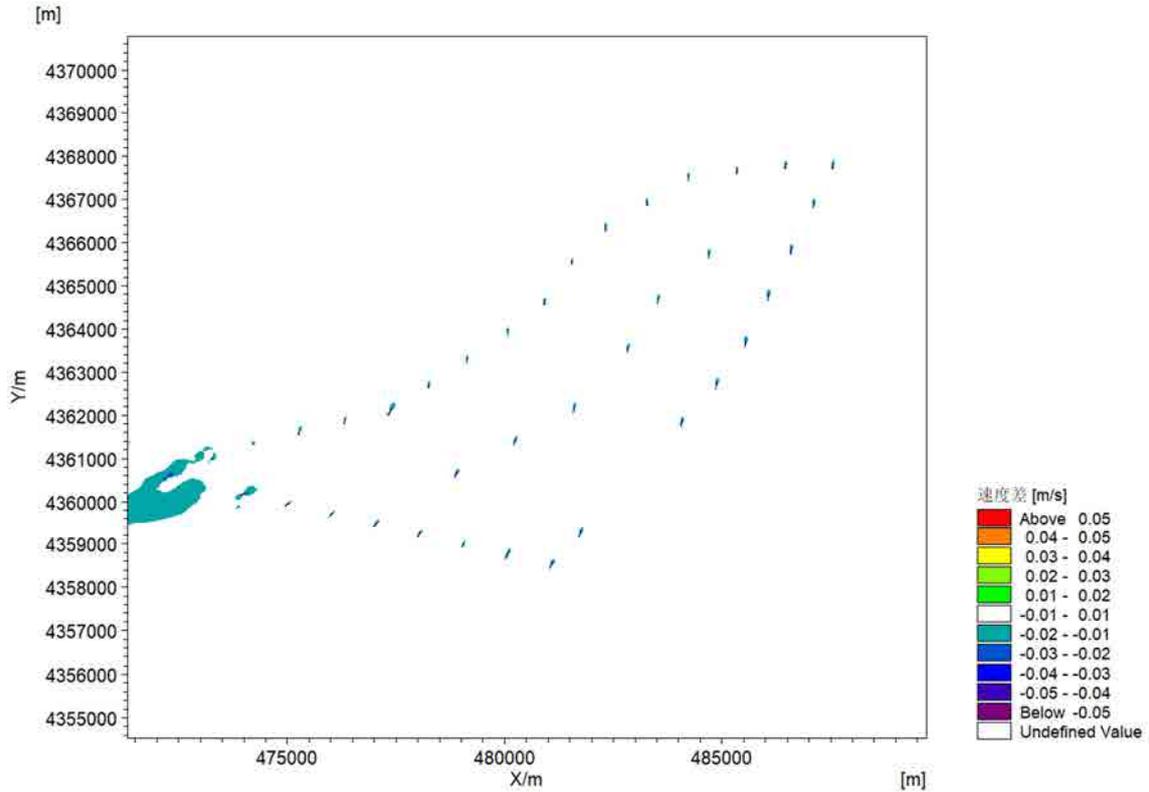


图5.1-16 风电场建成前后工程海域涨急流速差值图

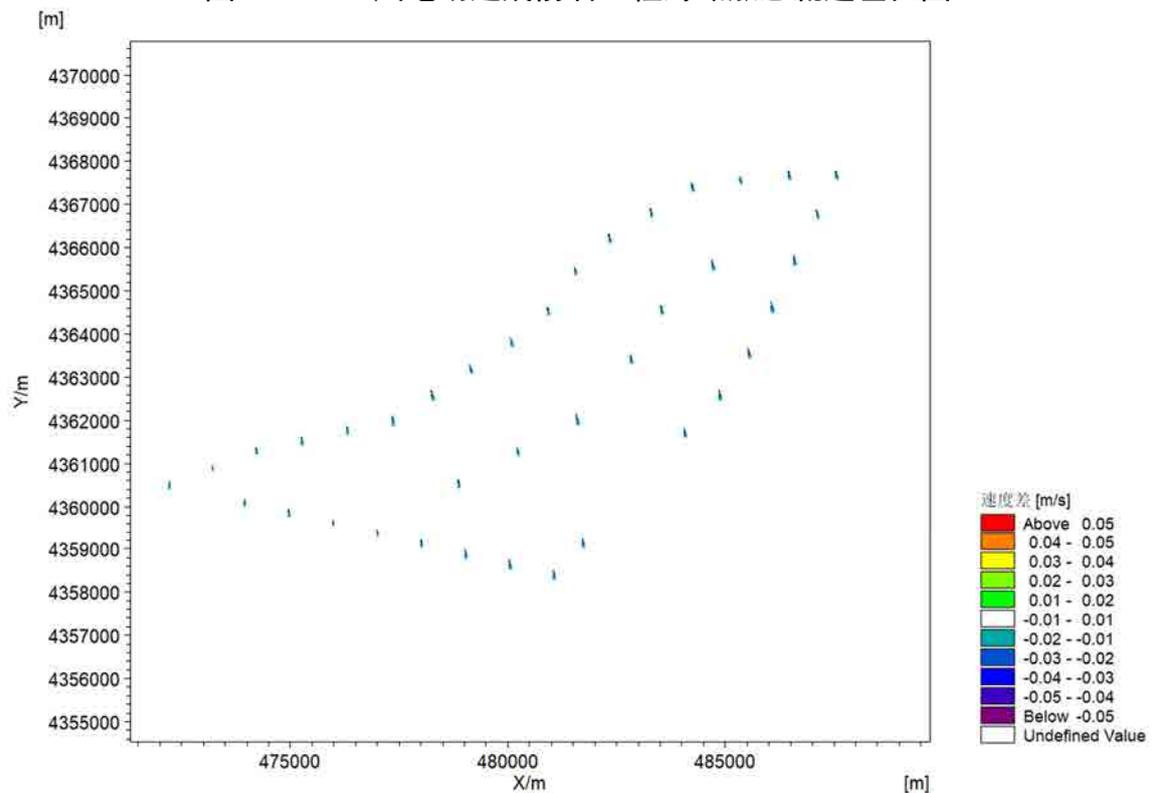


图5.1-17 风电场建成前后工程海域落急流速差值图

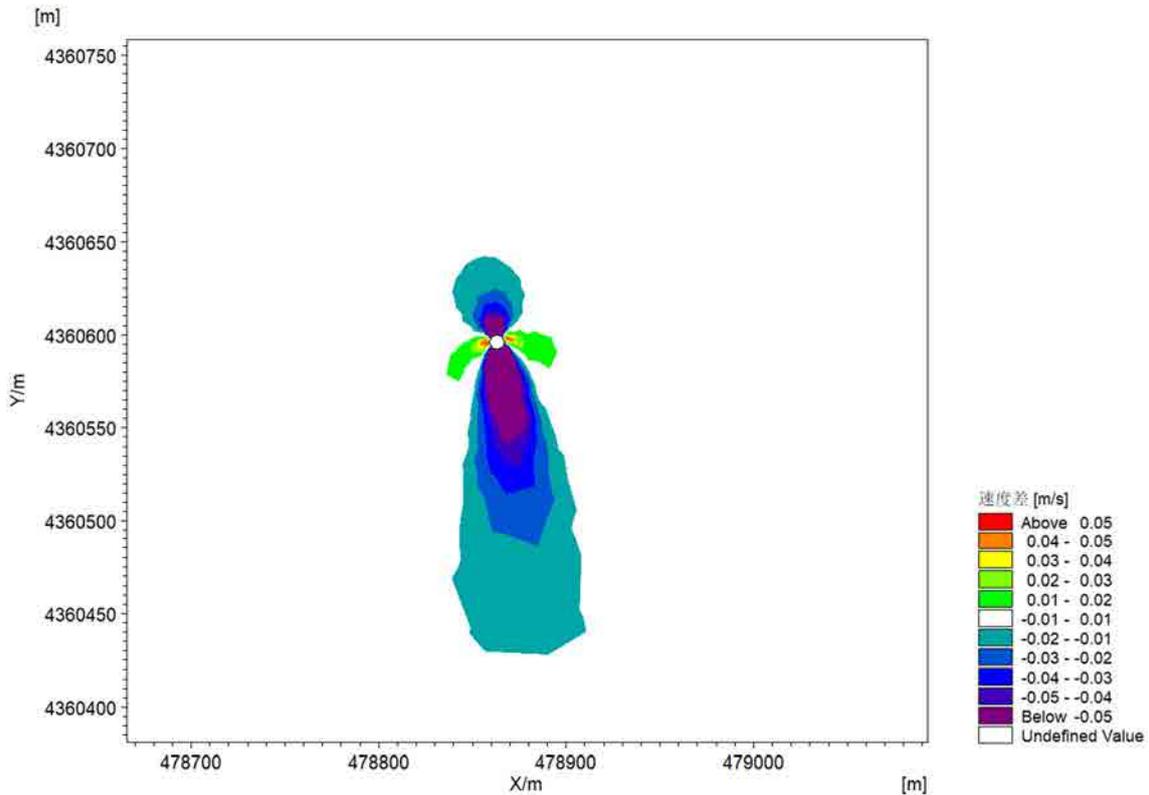


图5.1-18 风电场建成前后桩基局部涨急流速差值图

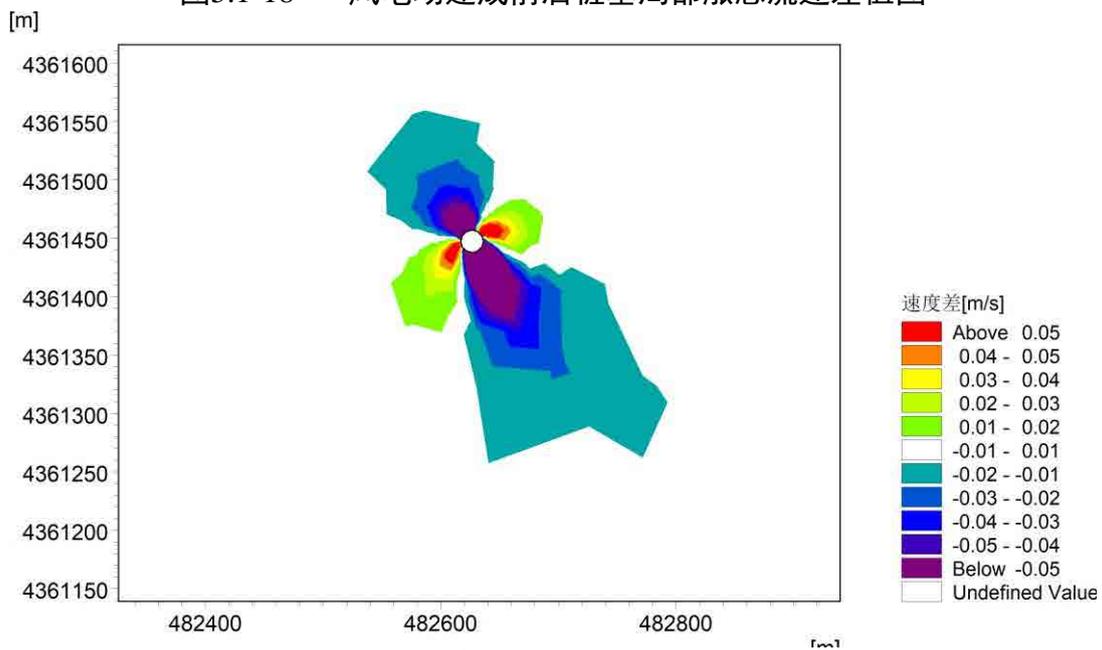


图5.1-19 风电场建成前后桩基局部落急流速差值图

由图可见，由于桩基的阻水作用，桩基迎流侧及背流侧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，而垂直于来流方向即风机基础两侧的流速有所增大，风电场场区内流速以减小为主。涨急时，最大流速增幅约 0.08m/s，最大流速减幅约 0.22m/s。落急时，最大流速增幅约 0.06m/s，

最大流速减幅约 0.14m/s。

大潮涨急时，流速减幅大于 0.05m/s 的范围，在迎流面基本为桩前 0~30m 左右，背流面范围则相对较大，但大部分出现在桩后 0~60m 附近；而流速增幅大于 0.05m/s 的范围主要集中在桩基根部两侧 10m 范围内，增幅大于 0.01m/s 的范围主要集中在垂直于风机基础涨落急潮流方向 70m 范围内。

大潮落急时，流速减幅大于 0.05m/s 的范围较涨急略小，在迎流面基本为桩前 0~20m 左右，背流面范围出现在桩后 0~55m 附近；流速增幅大于 0.05m/s 的范围主要集中在桩基根部两侧 10m 范围内，增幅大于 0.01m/s 的范围主要集中在垂直于风机基础涨落急潮流方向 60m 范围内。

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 46 个特征点，点位及编号见图 5.1-20，以分析工程前后的流速变化情况。

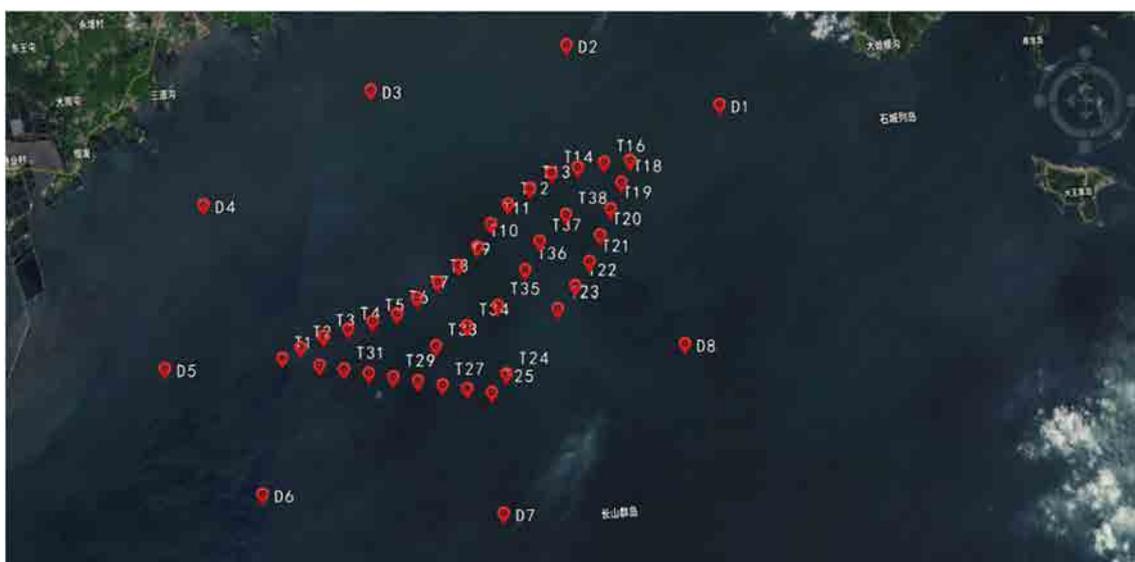


图5.1-20 工程前后风电场海域潮流流速比较分析点位置

表5.1-2 工程实施前后流速变化（流速单位：m/s）

对比点	工程前后流速对比差					
	涨急			落急		
	工程前	工程后	变化量	工程前	工程后	变化量
D1	0.458	0.459	0.002	0.454	0.456	0.002
D2	0.399	0.397	-0.002	0.423	0.420	-0.003
D3	0.328	0.329	0.000	0.353	0.352	-0.001
D4	0.378	0.377	-0.001	0.374	0.373	-0.001
D5	0.465	0.461	-0.004	0.346	0.347	0.001
D6	0.388	0.390	0.002	0.336	0.339	0.003
D7	0.368	0.369	0.001	0.413	0.415	0.002
D8	0.437	0.437	0.000	0.423	0.422	-0.001
T1	0.405	0.396	-0.009	0.305	0.306	0.001
T2	0.381	0.380	-0.001	0.363	0.359	-0.003
T3	0.372	0.371	-0.002	0.339	0.339	0.000
T4	0.331	0.329	-0.001	0.342	0.344	0.001
T5	0.361	0.362	0.001	0.363	0.364	0.002
T6	0.311	0.306	-0.005	0.380	0.382	0.002
T7	0.337	0.337	0.000	0.386	0.386	0.000
T8	0.360	0.362	0.001	0.392	0.392	0.000
T9	0.350	0.348	-0.001	0.386	0.387	0.000
T10	0.366	0.365	-0.001	0.392	0.394	0.002
T11	0.390	0.391	0.001	0.434	0.434	0.000
T12	0.382	0.383	0.001	0.418	0.419	0.001
T13	0.375	0.377	0.002	0.412	0.410	-0.002
T14	0.376	0.377	0.001	0.413	0.413	0.000
T15	0.387	0.388	0.001	0.425	0.426	0.002
T16	0.397	0.398	0.000	0.428	0.429	0.001
T17	0.410	0.410	0.000	0.436	0.437	0.001
T18	0.418	0.417	-0.001	0.444	0.444	0.000
T19	0.417	0.415	-0.002	0.439	0.439	0.001
T20	0.414	0.411	-0.003	0.430	0.430	0.000
T21	0.418	0.416	-0.002	0.426	0.427	0.000
T22	0.405	0.404	-0.001	0.413	0.413	0.001
T23	0.396	0.394	-0.002	0.395	0.394	-0.001
T24	0.393	0.390	-0.002	0.382	0.382	0.000
T25	0.385	0.385	0.000	0.373	0.375	0.002
T26	0.369	0.370	0.000	0.354	0.354	0.000
T27	0.348	0.352	0.003	0.335	0.334	-0.001

T28	0.338	0.337	-0.001	0.313	0.314	0.000
T29	0.326	0.326	0.000	0.300	0.301	0.001
T30	0.338	0.338	0.000	0.330	0.330	0.000
T31	0.368	0.364	-0.004	0.340	0.340	0.000
T32	0.336	0.325	-0.012	0.325	0.326	0.001
T33	0.379	0.379	-0.001	0.378	0.378	0.000
T34	0.385	0.385	0.000	0.381	0.383	0.001
T35	0.380	0.379	-0.001	0.385	0.386	0.001
T36	0.403	0.401	-0.001	0.420	0.420	0.000
T37	0.423	0.423	0.000	0.443	0.444	0.001
T38	0.401	0.402	0.001	0.433	0.433	0.000

由表 5.1-2 可知，对整体风电场海域来说，风电场工程造成的流速改变有限。工程前桩基不同位置处涨急时刻流速在 0.31~0.46m/s 之间，各个特征点处流速改变值在-0.009~0.002m/s 之间。工程前桩基不同位置处落急时刻流速在 0.30~0.45m/s 之间，各个特征点处流速改变值在-0.003~0.002m/s 之间。根据前述分析，显而易见，在桩基迎流侧及背流侧区域，越接近桩基位置处流速变化越大，越远离桩基位置处影响越小。根据各个特征点流速变化值，在距离桩基迎流侧及背流侧 300m 处，流速变化值已降低至 0.001m/s，对所在海域已无实际影响。

综上所述，风电场建设对海域的潮流影响主要集中在桩基局部，并以流速减小为主，涨落急时迎流侧和背流侧的流速均有所减小，且背流侧变化幅值及范围更大，随涨落潮过程中的流向改变，其影响范围也发生改变。风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响较小，周边海域流速变化基本在 0.01m/s 以内。

## 5.2 地形地貌与冲淤环境预测与评价

国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目位于花园口南侧海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，由I（220MW）场址和II（180MW）场址两块场址组成。花园口I海上风电和花园口II海上风电同时施工并整体运行，因此本次地形地貌与冲淤环境预测以花园口I海上风电和花园口II海上风电整体进行。

### （1）计算公式

#### ①悬沙扩散方程

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial x} (h D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}) + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial y} (h D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y}) + Q_L C_L \frac{1}{h} - s \quad (1)$$

式中： $\bar{c}$ 为垂线平均含沙量，单位  $\text{kg}/\text{m}^3$ ； $D_x$ 、 $D_y$ 为泥沙扩散系数，单位  $\text{m}^2/\text{s}$ ； $S$ 为床沙侵蚀或淤积速率，单位  $\text{kg}/\text{m}^3$ ； $Q_L$ 为泥沙输入源强，单位  $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ ； $C_L$ 为泥沙输入源强中的含沙量，单位  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

### ②床面淤积计算

就粘性泥沙而言，床面淤积速率基于 Krone 公式计算

$$S_D = W_s C_b p_d \quad (2)$$

式中， $W_s$ 为泥沙沉速，单位  $\text{m}/\text{s}$ ； $C_b$ 为近底含沙量，单位  $\text{kg}/\text{m}^3$ ； $p_d$ 为床沙淤积概率，认为与水流有效切应力呈正相关关系，即：

$$p_d = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}, \tau_b \leq \tau_{cd} \quad (3)$$

式中， $\tau_b$ 、 $\tau_{cd}$ 分别为水流底部切应力和床沙临界淤积切应力。

对于非粘性泥沙而言，床沙淤积速率基于下式表达：

$$S_d = -w_s \left( \frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{h_s} \right), \bar{c}_e < \bar{c} \quad (4)$$

### ③床面侵蚀计算

就粘性泥沙而言，考虑床沙固结程度的床面侵蚀速率基于 Mehta et al 公式估算，对于固结粘性床沙有：

$$S_E = E \left( \frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1 \right)^n, \tau_b > \tau_{ce} \quad (5)$$

式中  $E$ 为经验系数，单位  $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$ ； $\tau_{ce}$ 为床沙临界侵蚀切应力， $n$ 为经验常数。

对于未固结粘性床沙侵蚀速率有：

$$S_E = E \exp[\alpha(\tau_b - \tau_{ce})^{0.5}], \tau_b > \tau_{ce} \quad (6)$$

式中， $\alpha$ 为经验系数，单位  $\text{m}/\text{N}^{0.5}$ 。

非粘性床沙侵蚀速率基于下式计算：

$$S_e = -w_s \left( \frac{\bar{c}_e - \bar{c}}{h_s} \right), \bar{c}_e > \bar{c} \quad (7)$$

## ④床面变形计算

床面变形基于下式计算，

$$Bat^{(n+1)} = Bat^{(n)} + netsed^{(n)} \quad (8)$$

$$netsed^{(n)} = \sum_{i=1}^m (D^{i(n)} - E^{i(n)}) \Delta t \quad (9)$$

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：

$$S = 0.0273 \rho_s V^2 / (gh) \quad (10)$$

根据《大连市庄河 III (300MW) 海上风电项目水文专题调查报告》(2017 年 4 月)，工程附近海域冬季大、中、小潮期悬砂平均粒径分别为 0.024mm、0.038mm 和 0.042mm。春季大、中、小潮期悬砂平均粒径分别为 0.027mm、0.033mm 和 0.044mm，平均值为 0.035mm，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 的海岸定义为粉砂质海岸， $D_{50} < 0.031\text{mm}$  的海岸为淤泥质海岸， $D_{50} > 0.125\text{mm}$  的海岸为砂质海岸。本工程所在海域悬砂中值粒径平均为 0.035mm，属于粉砂质海岸。

## (2) 冲淤模型设置

## ①模型范围及边界

泥沙数值模型计算与潮流场模型计算为同一网格，外海边界含沙量由大范围模型生成，大范围模型与水动力计算模型一致。

计算域初始时刻的悬沙浓度场初值基于窦国仁 (1995) 挟沙力公式：

$$S_{C^*} = \alpha \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma} \frac{u^3}{C^2 h \omega_s} \quad (11)$$

式中， $\gamma$ 、 $\gamma_s$  分别为水流和泥沙容重，分别取值为  $1000\text{kg/m}^3$  和  $2650\text{kg/m}^3$ ， $C$  为谢才系数， $\alpha$  为率定系数，本次数值模型中取值为 0.025， $\omega_s$  为泥沙沉速。

## ②模型参数设定

## ✚ 糙率系数

泥沙模块基于 Nikuradse 糙率系数和垂线平均流速推求水流底部剪切应力，对

于沙质海岸取 2.5 倍的中值粒径，而对于淤泥质海岸，除了要考虑沙粒阻力，还需要考虑沙波阻力，一般取值为 0.001m。

#### 泥沙粒径组分

在模型中，将床沙区分为砂质（0.063-2mm）、粗粉砂质（0.03-0.063mm）以及进入水体后存在絮凝的细颗粒泥沙（<0.03mm）三种组分。

#### 底床分层

底床在垂向上的泥沙动力学性质随着深度变化，所以一般要对底床进行分层，每层分别给出泥沙性质参数。泥沙冲刷从表面第一层开始，只有当第一层完全冲刷侵蚀后，才会启动下面一层的计算。

根据以往的经验，结合本次工程底质情况，最表层取 0m，即初始的时候，仅作为落淤之用，第二层取 1m。

#### 悬沙沉降速度

因模型中未加入盐度计算，在本次搭建的泥沙模型中将颗粒泥沙的絮凝沉降问题采用《海港水文规范》推荐方法进行概化处理。对于粒径大于 0.03mm 的泥沙，不考虑絮凝沉降的影响，相应沉速采用张瑞谨公式计算：

$$\omega_0 = -4 \frac{k_2}{k_1} \frac{v}{d_{50}} + \sqrt{\left(4 \frac{k_2}{k_1} \frac{v}{d_{50}}\right)^2 + \frac{4}{3k_1} \frac{\gamma_c - \gamma}{\gamma} g d_{50}} \quad (12)$$

式中， $k_1$ 、 $k_2$  为经验系数，分别取值为 1.22 和 4.27。

本次构建的泥沙模型，根据上文悬沙中值粒径 0.035mm，计算得到悬沙沉降速度为 0.001m/s。

#### 悬沙临界淤积切应力

因粘性泥沙的模型的淤积模式基于 Krone 提出的理论，模型的基本假定为：泥沙颗粒沉降到底部时会以一定的概率沉积下来，其沉积概率在 0-1 之间变化。单位时间内沉积在单位面积上的泥沙质量可由下式计算：

$$S_D = CW_s \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cd}}\right), \tau_b \leq \tau_{cd} \quad (13)$$

式中， $C$  为近底含沙量， $W_s$  为泥沙沉迷， $\tau_{cd}$  为床沙临界侵蚀切应力，一般取值为 0.05-0.1N/m<sup>2</sup>。本次数值模型中经过模型率定取为 0.01N/m<sup>2</sup>。

### ✚ 悬沙临界冲刷切应力

床面侵蚀速率基于 Mehta et al 公式估算，对于固结粘性床沙有：

$$S_E = E \left( \frac{\tau_b}{\tau_{cd}} - 1 \right)^n, \tau_b > \tau_{cd} \quad (14)$$

式中  $E$  为冲刷速率，一般取决与底床的物理化学性质，本次数值模型中取值为  $0.000005\text{kg/m}^3/\text{s}$ 。对于床面第一层，即半固结层， $\tau_{ce}$  取值为  $0.12\text{N/m}^2$ ；对于床面第二层，即硬泥层， $\tau_{ce}$  取值为  $0.25\text{N/m}^2$ 。

### (3) 计算结果

根据前述节冲淤计算模式，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。计算得出风电场实施后区域海床的年冲淤变化，见图 5.2-1，单个桩基局部的冲淤变化见图 5.2-2。

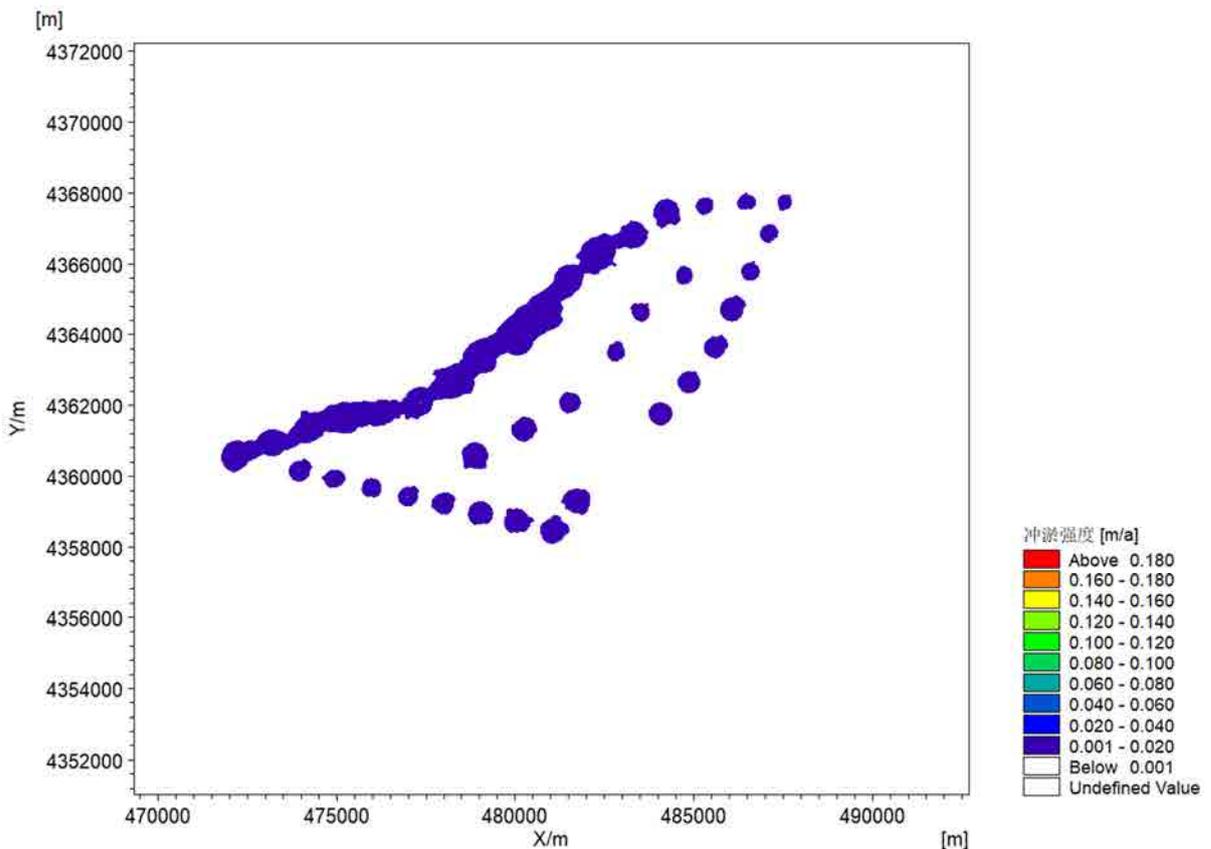


图5.2-1 工程后风电场区域海床年冲淤变化图

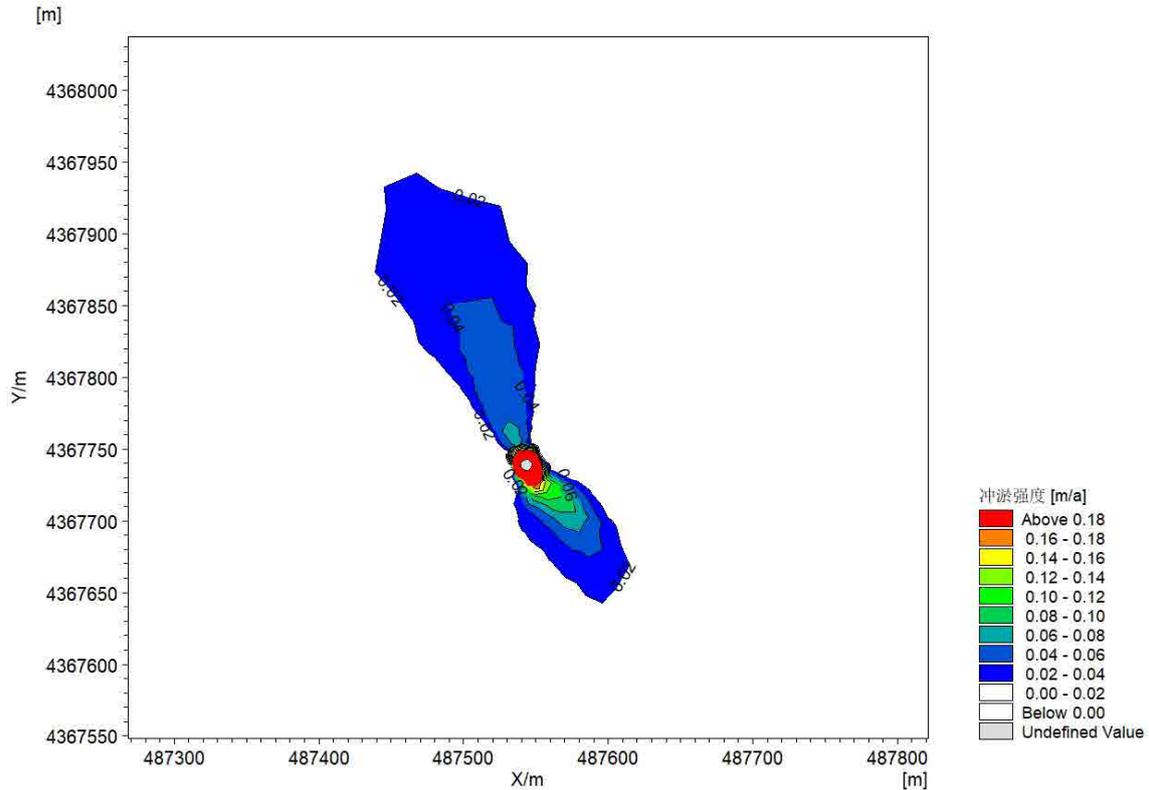


图5.2-2 工程后风电桩基局部的海床年冲淤变

由图 5.2-1 和图 5.2-2 可见，由于桩基阻流导致其附近流速的降低，工程实施后风电场区域以冲刷为主，最大年冲刷量约 0.25m/a，仅限桩基局部，冲刷幅值在 0.05m/a 的最大距离约 70m，淤积幅值在 0.02m/a 的最大距离约 150m。

工程对整体海域的冲淤趋势影响有限，不会改变原有大范围海域的冲淤平衡状态。

主要考虑工程前后流速改变带来的冲淤变化，冲淤计算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；同时桩基附近一般受下降流及上升流等因素影响会产生局部冲刷现象，为防止局部冲刷的出现，本工程在桩基附近采取了一定的防护措施，可一定程度上避免该问题的出现，因此在后续施工期及运行期可进一步加强对工程周边海域及敏感目标的冲淤监测，以制定相应的预防措施。

## 5.3 海水水质环境影响预测与评价

### 5.3.1 海缆施工悬浮物扩散影响预测与评价

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

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 之间，施工海域的上、下水层的流速有所差异，海缆海底开挖悬浮物扬起进入受纳水体后，水体中悬浮物浓度自下而上将产生一个梯度，由于该垂向浓度梯度的存在，导致不同水深层的悬浮物浓度场分布有所差异，且随着水深的加大，差异将愈加明显。因此，本报告在前述海域潮流计算模型的基础上，采用 MIKE2 FM 水动力模块耦合泥沙输运模块，对花园口I和花园口II海上风电工程海缆敷设进行二维非恒定流和物质扩散数学模拟，以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。

#### 5.3.1.1 基本方程

在施工过程中，较粗泥沙很快沉降海底，较细泥沙颗粒较长时间悬浮于水体中并随海流输移扩散，形成悬浮泥沙场。

悬浮泥沙的输移扩散模式，采用考虑悬浮物沉降的二维输移扩散方程。

$$\frac{\partial P}{\partial t} + U \frac{\partial P}{\partial y} + V \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial P}{\partial y} \right) + S_d + S_s \quad (1)$$

式中： $P$  为悬沙浓度；

$D_x$ 、 $D_y$  分别是  $x$  和  $y$  方向上的水平涡动扩散系数，采用经验公式  $D_i = K\Delta X_i U_i$ ；

$K$  为经验系数，这里取 0.05；

$\Delta X_i$  分别为  $x$  和  $y$  方向的网格尺度；

$U_i$  分别为  $x$ 、 $y$  方向的速度；

$S_d$  是沉降项， $S_s$  是源强项。

### 5.3.1.2 网格设置

模型计算与上述水动力模型设置基本一致。

### 5.3.1.3 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。考虑到模型的范围足够大，取流入计算域浓度值为零。

#### (2) 初始条件

计算初始时刻水域中各点的浓度值，计算中取为零。

### 5.3.1.4 计算参数

#### (1) 床面摩阻

采用粗糙高度表征底床摩阻，取值根据水动力模型预测中曼宁值，由公示  $ks=(25.4/M)^6$  计算得到，其中  $ks$  为粗糙高度， $M$  为曼宁系数。

#### (2) 模型计算时间步长

模型采用的时间步长  $\Delta t=60s$ 。

#### (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

$$D_x = 5.93\sqrt{g|u|h/c} \quad (2)$$

$$D_y = 5.93\sqrt{g|v|h/c} \quad (3)$$

#### (4) 泥沙沉降速度

本工程海缆路由所在区域沉积物平均中值粒径为  $0.06mm$ ，根据文献（淤泥质、粉沙质及沙质海岸航道回淤统一计算方法，刘家驹，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  $0.0004\sim 0.0005m/s$  沉降，其当量粒径取  $0.03mm$ ，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， $\omega$  计算公式采用下式：

$$w_s = \frac{(\rho_s - \rho)gd^2}{18 \cdot \rho\nu} \quad (4)$$

式中： $\rho_s$ 为泥沙颗粒密度，取  $2650\text{kg/m}^3$ ； $\rho$ 为海水密度，取  $1000\text{kg/m}^3$ ；

$g$  为重力加速度，取  $9.8\text{m/s}^2$ ；

$d$ 为泥沙粒径（m），取沉积物平均粒径为  $0.06\text{mm}$ ；

$\nu$ 为海水的运动粘滞系数，取  $1 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ 。

计算得到沉积物沉降速度为  $0.003\text{m/s}$ 。

#### （5）泥沙沉降机率

泥沙沉降机率  $\alpha$  取值  $0.54$ 。

### 5.3.1.5 施工方式及源强

#### （1）悬浮物源强计算

根据工程分析，花园口海上风电工程-2m 等深线以上滩涂区域不开挖电缆沟，该部分海缆长度约  $1.5\text{km}$ ；-2m 等深线以下中  $1.6\text{km}$  长海缆采用落潮施工方式，每个落潮期施工 3 小时，施工速度控制在  $1\text{m}/\text{min}$ ；往外海至-5m 等深线处，海缆正常施工，铺设速度控制在  $1\text{m}/\text{min}$ ；-5m 等深线以下，海底电缆铺设速度控制在  $2\text{m}/\text{min}$ 。海缆沟深度为  $3\text{m}$ ，海缆沟槽底宽约  $0.3\text{m}$ ，顶宽约  $0.5\text{m}$ ，则 -5m 等深线以上电缆施工的悬浮物源强为  $1085 \times 1.2 \times 15\% / 60 = 3.26\text{kg/s}$ ，-5m 等深线以下电缆施工的悬浮物源强为  $1085 \times 2.4 \times 15\% / 60 = 6.51\text{kg/s}$ 。

#### （2）悬浮物预测点设置

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排放点进行悬浮物扩散计算，排放点的间隔为  $50\text{m}$  一个，利用该点代表  $50\text{m}$  场的电缆施工产生的悬浮泥沙源强，根据电缆施工进度，每个点源的排放时间在  $30\text{min}$  左右，悬浮物排放点位置示意图见下图。

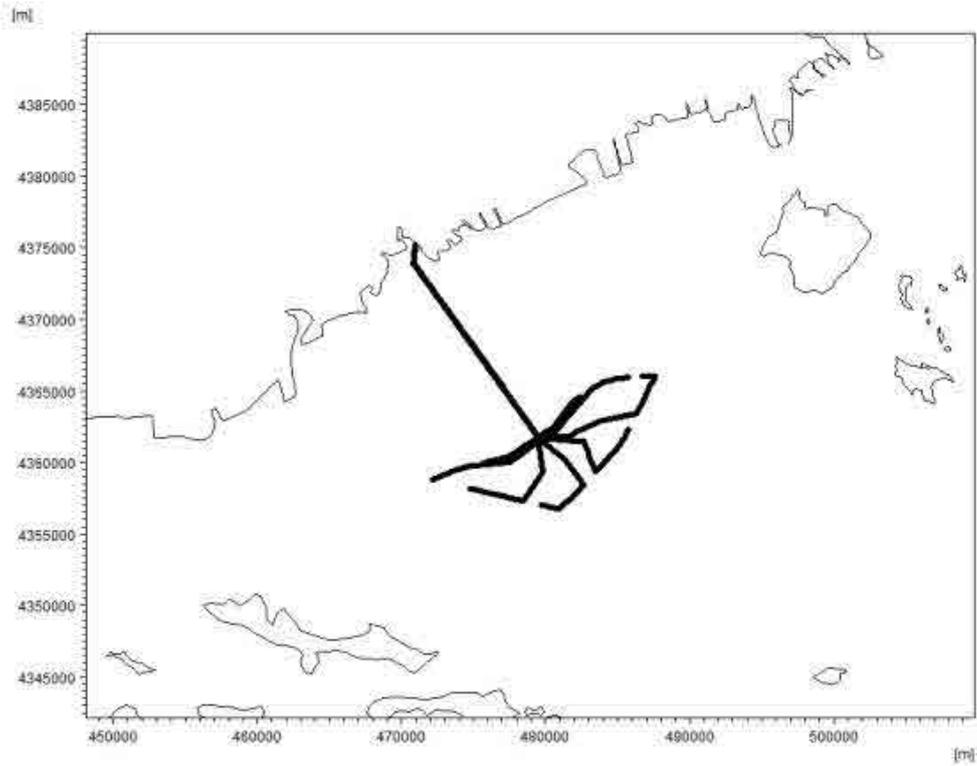


图 5.3-1 施工期海缆路由悬浮物扩散排放源示意图

### 5.3.1.6 预测结果与分析

施工期内悬浮物扩散各层最大扩散范围见下图。

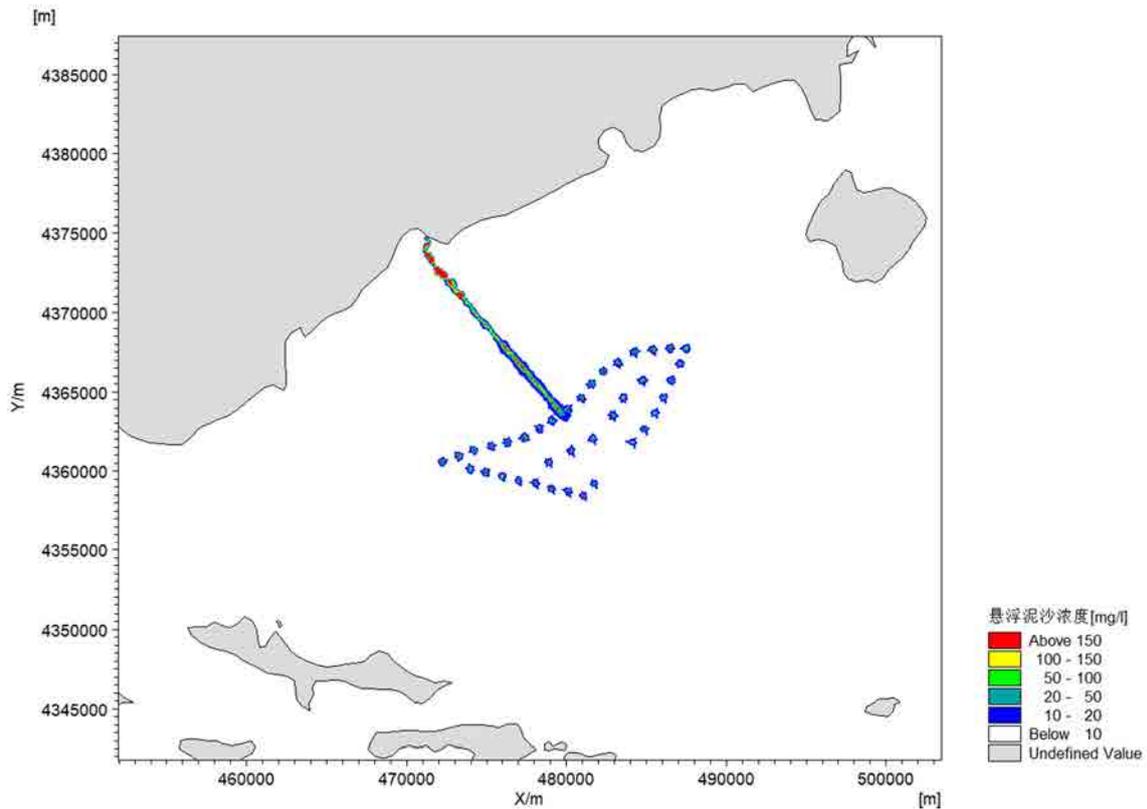


图 5.3-2 电缆沟施工期各典型点悬浮物扩散最大影响范围

表 5.2-1 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、100~150mg/L、>150mg/L 等浓度增量范围的包络面积。

表 5.3-1 悬浮泥沙增量各浓度的影响范围

序号	分区浓度	分区面积(km <sup>2</sup> )	水质标准面积(km <sup>2</sup> )
1	10-20mg/L	10.5	18.356
2	20-50mg/L	6.124	
3	50-100mg/L	1.732	
4	100-150mg/L	0.506	0.506
5	>150mg/L	1.158	1.158

从以上图表中可以看出，项目引起悬浮泥沙超二类水质标准范围（10mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 18.356km<sup>2</sup>，悬浮泥沙超三类水质标准范围（100mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 0.506km<sup>2</sup>，悬浮泥沙超四类水质标准范围（150mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 1.158km<sup>2</sup>。

### 5.3.2 打桩施工及防冲刷施工水质影响分析

#### (1) 桩基础打桩施工

根据分析，单桩非嵌岩基础沉桩施打会引起周围 100m 半径范围内悬浮泥沙增加 ( $>10\text{mg/L}$ )。本工程共布置 21 台风机，打桩引起悬浮物浓度增量超过  $10\text{mg/L}$  的面积按半径为 100m 的范围计算，则风机桩基施工悬浮物影响范围约为  $16.49\text{hm}^2$ 。

#### (2) 防冲刷施工

本阶段防冲刷方案推荐采用固化土进行防护，并且预留一定冲刷深度来保证在风机基础结构在运行中的结构安全。

固化土防护即在沉桩完成后，通过泵送拌制的固化土到桩基周围，形成具有一定刚性的防护壳保护桩周土体免于冲刷。淤泥、固化材料之间发生一系列的水解和水化反应，产生大量胶凝物质和结晶物质，胶结、包裹淤泥中土颗粒，并通过激发剂激发淤泥中次生矿物的活性，促进、稳定反应进程，使淤泥具备一定的结构强度等特性，且在较长时间内控制强度稳定的增长。

固化土具有较大粘性，对水质影响总量较小。

### 5.3.3 牺牲阳极对水质影响分析

牺牲阳极附着在钢管桩上，均暴露于水中，根据王恕昌等的研究成果，海水中无机锌  $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Zn}(\text{OH})^+$  及  $\text{Zn}(\text{CO}_3)$  的形式存在，近岸及河口含量相对较高。其存在形式有颗粒态、不稳定态、弱结合态和结合态。较大颗粒态锌会较快沉降下来。由于新的形态转化、与沉积物、生物的交流较为复杂，目前尚缺乏系统研究。

工程海域 2023 年春季锌平均浓度为  $0.020\text{mg/L}$ ，2023 年夏季锌平均浓度为  $0.012\text{mg/L}$ 、2023 年秋季锌平均浓度为  $0.011\text{mg/L}$ 。

锌是海水中所含的常见物质之一，锌释放到海水中后易随海水扩散进入大范围的循环。由于风电场区地处开阔海域，溶解出的锌会随着海水的运动较快扩散。总体来看，风机基础牺牲阳极锌释放量小，对工程海域水环境影响程度是可接受的。

### 5.3.4 废水环境影响分析

#### 5.3.4.1 施工期污废水排放影响分析

本工程海上施工期间生活污水产生量约为  $4.4\text{m}^3/\text{d}$ ，陆域施工期生活污水产生量为  $8.8\text{m}^3/\text{d}$ 。船舶生活污水禁止排海，经收集后统一运至岸上，经庄河港码头污水处理设施处理后达到辽宁省《污水综合排放标准》后，排入庄河港污水处理厂管网

施工基地需设置隔油沉淀装置，冲洗废水采取隔油沉淀处理，废水处理系统产生的沉淀污泥应集中收集并交由有资质单位处理，出水用于施工场区和道路洒水，对陆域地表水环境基本不产生影响。

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。本工程施工船舶含油污水主要产生环节为机舱水，为各种阀门和管路中漏出的水与轮机润滑油、燃料油等混合在一起的油污水，产生总量平均约  $20.14\text{t}/\text{d}$ ，海上作业时，上述机舱含油污水暂存于船舱油污水柜中，靠岸后交由有资质单位接收处理。

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。

#### 5.3.4.2 运行期污废水影响分析

海上运维船舶生活污水收集后经庄河码头污水处理设施处理达标后，排入到庄河港污水处理厂管网，不外排。

海上生产废水主要为设备检修产生的含油废水和船舶产生的含油废水。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，预计本工程含油废水量约为  $2\text{m}^3/\text{a}$ 。主要污染物浓度约为：COD  $200\text{mg}/\text{L}$ ，SS  $300\text{mg}/\text{L}$ ，石油类  $100\text{mg}/\text{L}$ ，经统一收集后运至陆上交由相关单位外运处置，避免直接排海，不会对海洋环境造成影响。

## 5.4 海洋沉积物环境影响预测与评价

### 5.4.1 施工期沉积物环境影响分析

#### (1) 电缆敷设对沉积物环境的影响

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

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

工程海域周边的海洋保护区、旅游娱乐区等对海洋悬浮物浓度较为敏感。根据模型计算，由于 220kV 海底电缆埋设穿越庄河黑岛工业与城镇用海区，且由于近岸施工不易于悬浮物扩散，220kV 海底电缆紧邻庄河黑岛港口航运区，施工会造成其水质变劣，可能对其水质造成短期不利影响。虽然工程海缆施工期间对工程附近工业与城镇用海区、港口航运区、渔业区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）迅速衰减至背景浓度值，在施工结束后不会影响工业与城镇用海区、港口航运区。工程距离长山群岛重要渔业水域（限制类红线区）/海王九岛及其邻近海域（限制类红线区）和乌蟒岛及邻近海域（限制类红线区）较远，造成其悬浮物增量较小，不会对红线区水质造成影响。

根据海缆的施工方式，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。此外，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时，当停止施工，悬浮物扩散将迅速减小。

因此，施工引起的悬浮物扩散主要限于施工时。

#### (2) 桩基础沉桩施工及防冲刷施工对沉积物环境的影响

根据分析，在沉柱施打施工过程中，会引起施工区域附近海域沉积物环境的扰动。在防冲刷施工过程中固化土泄漏，影响周围沉积物环境。

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

### (3) 施工船舶污废水及固废对沉积物环境的影响

施工船舶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，海上船舶生活污水收集后经庄河港码头基地污水处理设施处理达标后，排入庄河港污水处理厂管网，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。

## 5.4.2 营运期沉积物环境影响分析

本工程运行期，仅少量风机基础牺牲阳极保护装置中锌释放到海水中，无其他污染物排入海。风机基础钢构架的牺牲阳极采用应用较为广泛的铝-锌-镉系合金。根据估算，本工程单台风机基础每年牺牲阳极年锌释放量约为 9.6kg，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 1.25kg。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  $9.95 \times 10^{-7}$ ，以 25 年计，累积增量为  $24.87 \times 10^{-6}$ ，叠加工程海域沉积物中锌含量最大本底值  $69 \times 10^{-6}$ ，则沉积物中锌含量为  $93.87 \times 10^{-6}$ ，低于《海洋沉积物质量》(GB18668-2002) 中第一类的标准值  $150 \times 10^{-6}$ 。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 25 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。

## 5.5 海洋生态和渔业资源环境影响预测与评价

### 5.5.1 施工期对海洋生态和渔业的影响预测分析

#### 5.5.1.1 对浮游生物的影响

施工过程产生的入海泥沙对浮游生物的影响首先主要反映在悬浮泥沙入海将导致海水的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的光合作用，对浮游生物的生长起到抑制作用，降低单位水体中浮游植物的数量。此外还表现对浮游动物的增长率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等的影响。

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，悬沙对浮游植物生物的影响非常显著，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%。当疏浚作业停止，悬沙将迅速沉淀，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增长率、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。

李纯厚等所做的疏浚泥悬浮物毒性试验表明，疏浚淤泥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挠足类的急性毒性试验结果分别为：96hLC<sub>50</sub> 为 71.6mg/L（卤虫无节幼体），48hLC<sub>50</sub> 为 61.3mg/L（浮游挠足类）。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，从而导致其种群的内禀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，低于这一浓度则对该轮虫无显著影响。

泥沙入海将对一定范围内的浮游植物光合作用、浮游动物和鱼卵仔鱼的存活率产生一定的影响，这种影响是不可避免的。施工期若能避开鱼类的繁殖期进行施工，则对浮游生物和鱼卵、仔鱼影响较小。施工过程引起的入海悬浮泥沙是暂时和有限的。随着上述工程的结束，泥沙的沉降作用，水质将逐渐恢复，浮游生物会逐渐恢复正常。有关资料表明，浮游生物群落重新建立需要几天到几周时间。

### 5.5.1.2 对底栖生物的影响

大型底栖动物主要类群为多毛类、软体动物、甲壳类和棘皮动物，悬浮物泥沙对大型底栖动物的影响主要表现在滤食性贝类的影响（宋伦，2012），相关实验研究表明（马明辉，2004）低浓度的悬浮物（<230mg/L）对贝类致死效应不强。

花园口I和花园口II海上风电工程悬浮物增量>100mg/L 为 1.664km<sup>2</sup>，且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人为增加的悬浮物浓度较快减至 10mg/L 以下，因此本工程悬浮泥沙对海洋大型底栖生物影响不大且影响可逆。

根据前文 3.2.2 章节分析，本项目施工造成的潮下带生境临时压占面积为 122842.13m<sup>2</sup>。根据《辽宁省海洋及海岸工程海洋生物损害评估技术规范》（DB21/T2150-2013），本工程海域属于 H7 海洋资源生物区（东港外海、长山群岛海域、海洋岛海域），底栖生物生物量为 22.55g/m<sup>2</sup>。根据底栖生物现状调查，2023 年 5 月（春季）底栖生物生物量平均值为 19.73g/m<sup>2</sup>，2023 年 8 月（夏季）底栖生物生物量平均值为 10.72g/m<sup>2</sup>，2023 年 9 月（秋季）底栖生物生物量平均值为 12.31g/m<sup>2</sup>。取生物量最大值作为损失计算依据，则项目施工造成底栖生物损失量为 2.7639t。

表 5.5-1 底栖生物损失量计算表

影响性质	项目名称	影响面积	生物量
临时占压	海缆敷设、桩周冲刷防护等	122842.13m <sup>2</sup>	2.7639t

### 5.5.1.3 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）长江口疏浚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) 悬浮物对渔业资源影响

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 $\leq 10\text{mg/L}$ ，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，花园口海上风电工程施工引起的

悬浮泥沙扩散浓度为 10~100mg/L、100~150mg/L、>150mg/L 的叠加包络线面积分别为 18.356km<sup>2</sup>、0.506km<sup>2</sup>、1.158km<sup>2</sup>。

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。

### 5.5.1.4 对渔业生产的影响

项目施工期附近海域施工船只往来频繁、施工现场水质变差和施工结束后所需的生态恢复期，都将导致附近海域短期内无法进行捕捞作业，使可从事捕捞作业的时间缩短。

## 5.5.2 营运期对海洋生态和渔业的影响预测分析

### 5.5.2.1 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。

根据工程分析相关章节，本工程 21 台风机桩基础共占用潮下带面积为 23.3835hm<sup>2</sup>。

### 5.5.2.2 对渔业资源的影响

运行期，由于风电场的占用影响，对场址范围内的养殖生产会造成排他性影响，使该部分区域丧失海水养殖功能。

因此，本工程建设前建设单位已与地方渔业行政主管部门进行了充分的协商沟通，并就相关补偿事宜签订协议，对受影响的养殖生产者进行合理的补偿，避免产生利益冲突和纠纷。

运营期，由于本工程风机行列间距较大，且风电场采用开放式管理方法，因此运行期风电场范围内除风机基础、电缆埋设直接用海面积外的其余区域仍可用于水产养殖作业。但考虑到风电场正常运行和电缆安全，在电缆埋设区域将禁止进行养殖生产和进行拖网等渔业生产。工程建设前建设单位应加强与养殖生产者的协商和沟通，以提高海域的综合利用效率，工程运行期风电场对渔业生产的影响是可控的。

### 5.5.2.3 对渔业生产的影响

#### (1) 渔业经济现状

2021 年末长海县船只 9160 艘，比上年减少 1290 艘。总计中机动渔船数 9116 艘，减少 1176 艘。其中捕捞 1714 艘，减少 346 艘；养殖 7263 艘，减少 792 艘。全县捕捞产量 22.5 万吨，比上年增长 1.2%。其中鱼类 14.4 万吨、头足类 0.67 万吨。

长海县较大港口是四块石港和鸳鸯港。此外，还有金蟾港码头、棠梨沟码头、金盆港码头。

2021 年底，全县已开发利用海域面积 717.89 万亩，其中底播 691.16 万亩、浮筏 25.38 万亩、其它 1.35 万亩。近年来长海县加快新品种的引进试验的步伐，实现养殖品种的更新换代。从养殖方式看，普通网箱 38.8 万平方米，底播 30.9 万公顷，成为主要的二种方式。浮筏多品种养殖的局面正在形成，但虾夷扇贝主导品种的地位仍然没有改变。

#### (2) 项目建设对捕捞活动的影响

本项目主体位于《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的“长山群岛农渔业区”，《大连市海洋功能区划（2013-2020 年）》将其细化为“长山群岛养殖区”。该海域风机场址水深主要在 10 米~15 米之间，是传统的渔业捕捞作业水域。由于鱼类等游泳生物具有较强的运动能力，具有回避污染的效应，因此，项目施工期悬浮物含量增高不会对附近海域的成鱼等渔业资源产生重大的损失性影响，但施工活动可能造成其生境被人为分割、破碎，在一定程度上会对其分布产生影响。

项目施工期附近海域施工船只往来频繁、施工现场水质变差和施工结束后所需的生态恢复期，都将导致附近海域短期内无法进行捕捞作业，使可从事捕捞作

业的时间缩短；另外，虽然根据海域使用管理方面的要求，风电场用海是非排他性的，各风机之间的海域待工程建成后可继续用于捕捞、增殖放流等渔业资源利用和保护，但为保障风电场安全运行，风机基础和输电电缆及其保护范围（两侧各 500 米）内将严禁各类船只抛锚、捕捞等作业活动，本项目海底电缆管道布设较多，风电场建成后整个场区内仅有零星区域可以从事养殖、捕捞，大大地限制了捕捞区的使用面积，造成渔业生产海域面积减小，渔业产值受到一定损失。但通过配备 AIS 设备的渔船活动水域数据分析，附近渔船大部分是在风电场水域外侧进行作业。

不过，同时也应该看到，在划定海底电缆管道保护区后，禁止开展养殖和捕捞活动，相当于人为划定了一块渔业资源养护区，水下噪声和电磁辐射专题报告研究表明，工程运营期噪声和辐射对渔业资源的影响不大，所以工程建设对于渔业资源的合理利用也具有一定的作用。

大连市海洋水产科学研究所编制的《国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目对渔业资源与捕捞影响专题报告》得出相似的结论，该报告认为：风机基础可以在一定程度上起到人工鱼礁的作用，但是风机基础的不同类型，建造时所使用的不同技术、不同尺寸和材质，会有不同的生态效果。本项目海底电缆管道布设较多，两侧各延伸 500 米后，整个风电场区域内仅有零星区域可以进行一定作业方式的捕捞生产（禁止底拖捕捞、张网），项目的建设将导致可从事捕捞作业的时间和范围减小。所以，项目的建设对在该区域以捕捞为生的渔民有一定的影响。

由于风电场的占用影响，对场址范围内的养殖业会产生排他影响，使该部分区域丧失海水养殖功能。但由于本工程风机行列间距较大，且通常风场采用开放式管理方法，因此运营期风电场范围内除风机基础、电缆埋设保护的面积外，其余区域仍可用于海水养殖作业。

### 5.5.2.4 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、滩涂养殖生产、污染净化及科学研究等 4 个方面的主导功能。

### （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，且本工程主体全部位于海上，离岸约 12km，基本避开了候鸟迁徙通道，对鸟类的迁徙影响较小。

### （2）滩涂养殖生产

海洋生态系统通过初级生产与次级生产，合成与生产人类生存必需的有机质及其产品。工程海域主要提供滩涂养殖海产品。工程建设仅在电缆沟开挖阶段短时占用养殖滩涂，电缆埋设后马上进行土方回填恢复滩涂生境，此外本工程集控中心基本位于潮上带。且所占面积较小，其对滩涂养殖基本无影响。

### （3）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。

### （4）科学研究

潮间带区域作为一种独特的地理单元和生存环境，在科学研究中有着重要的地位。本工程建设不改变原有的科学研究功能。

## 5.5.3 海洋生态资源损失量

### （1）生物资源损失预测方法

①参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）（以下简称《规程》），因工程建设需要，占用渔业水域，使渔业水域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失，各种类生物资源损害量，按下述公式进行计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

$W_i$ ——第*i*种生物资源受损量，单位为尾或个或千克（kg），在这里指大型底栖生物、浮游生物和渔业资源的资源受损量。

$D_i$ ——评估区域内第*i*种生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km<sup>2</sup>]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km<sup>3</sup>]或千克每平方千米（kg/km<sup>2</sup>）。在此为平均生物量或平均细胞丰度。

$S_i$ ——第*i*种生物占用的水域面积或体积，单位为平方千米（km<sup>2</sup>）或立方千米（km<sup>3</sup>）。

②参照《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中通过生物资源密度，浓度增量区的面积，对生物资源损失率的相关公式计算。

持续性平均受损量计算方法如下：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

$W_i$ ——第*i*种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾或个或千克(kg)；

$D_{ij}$ ——某一污染物第*j*类浓度增量区第*i*种类生物资源密度，单位为尾平方千米、个平方千米或千克平方千米（kg/km<sup>2</sup>）；

$S_j$ ——某一污染物第*j*类浓度增量区面积，单位为平方千米（km<sup>2</sup>）；

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

$n$ ——某一污染物浓度增量分区总数；

$M_i$ ——第*i*种类生物资源累计损失量，单位为尾或个或千克(kg)；

$T$ ——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

## （2）损失范围和期限

根据《规程》，生物资源损害补偿年限（倍数）的确定按如下原则：

——各类工程施工对水域生态系统造成不可逆影响的，其生物资源损害的补

偿年限均按不低于 20 年计算；

——占用渔业水域的生物资源损害赔偿，占用年限低于 3 年的，按 3 年补偿；占用年限 3 年~20 年的，按实际占用年限补偿；占用年限 20 年以上的，按不低于 20 年补偿；

——一次性生物资源的损害赔偿为一次性损害额的 3 倍；

——持续性生物资源损害的补偿分 3 种情况，实际影响年限低于 3 年的，按 3 年补偿；实际影响年限为 3 年~20 年的，按实际影响年限补偿；影响持续时间 20 年以上的，补偿计算时间不应低于 20 年。

### (3) 生物资源损失估算依据

本项目位于大连市长海县海域，根据《辽宁省海洋功能区划》（2011-2020 年）对海区的划分，本项目所在海域的海洋功能区划为“长山群岛农渔业区（B1-01）”。根据《辽宁省海洋及海岸工程海洋生物损害评估技术规范》（DB21/T2150-2013）（以下简称《规范》），本项目位于“H7 长山群岛海域”，根据规范中表 1 中海洋建设项目对海洋生物损害评估内容，本项目对鱼卵，仔稚鱼和底栖生物进行损失估算。其平均生物量以及现状海域进行的现状调查数据对比见下表，从保护海洋生态资源的角度考虑，取两者中较大值作为估算依据。

表 5.5-2 海洋生物资源平均生物量

项目	长山群岛海洋生物资源区平均生物量	现状调查海洋生物资源区平均生物量			两者中较大者
		2023 年 5 月	2023 年 8 月	2023 年 9 月	
底栖生物 (g/m <sup>2</sup> )	22.55	19.73	10.72	12.31	22.55
鱼卵 (个/m <sup>3</sup> )	0.2562	0.71	/	0	0.71
仔稚鱼 (尾/m <sup>3</sup> )	0.6013	0.37	/	0	0.6013
游泳生物 (kg/km <sup>2</sup> )	1805.1276	657.07	/	627.31	1805.1276

### (4) 本工程损失范围和期限

#### ① 占用渔业水域的海洋生物资源量损失范围和期限

##### 🚧 施工期

本项目施工造成的潮下带生境临时压占面积包括海缆施工作业带、桩基固化土防护压占，扣除风机基础防冲刷临时占压面积与海缆施工扰动重复面积，施工

造成的潮下带生境临时压占面积为 122842.13m<sup>2</sup>。

#### 运行期

本项目风机基础会永久压占潮下带和潮间带生境，造成永久损失，21 台风机永久压占面积约 233835m<sup>2</sup>。

影响期限：本项目申请用海期限为 25a，因此影响期限定为 20a。

#### ②污染物扩散范围内的海洋生物资源量损失范围和期限

损失范围：根据本工程水质预测结果，结合《规程》附录 B 对悬浮沙浓度分区及生物资源损失率的相关规定，见下表。

表 5.5-3 花园口I海上风电工程施工悬浮物扩散对渔业资源损失计算参数

渔业资源	悬浮物浓度	超标倍数	影响面积	资源密度	水深	损失率
鱼卵	10-20mg/L	$Bi \leq 1$ 倍	2.10km <sup>2</sup>	0.71 ind./m <sup>3</sup>	15m	5%
	20-50mg/L	$1 < Bi \leq 4$ 倍	1.225km <sup>2</sup>			20%
	50-100mg/L	$4 < Bi \leq 9$ 倍	0.260km <sup>2</sup>			40%
	>100 mg/L	$Bi \geq 9$ 倍	0.133km <sup>2</sup>			50%
仔鱼	10-20mg/L	$Bi \leq 1$ 倍	2.10km <sup>2</sup>	0.6013 ind./m <sup>3</sup>		5%
	20-50mg/L	$1 < Bi \leq 4$ 倍	1.225km <sup>2</sup>			20%
	50-100mg/L	$4 < Bi \leq 9$ 倍	0.260km <sup>2</sup>			40%
	>100 mg/L	$Bi \geq 9$ 倍	0.133km <sup>2</sup>			50%
游泳生物	10-20mg/L	$Bi \leq 1$ 倍	2.10km <sup>2</sup>	1805.1276 kg/km <sup>2</sup>	5%	
	20-50mg/L	$1 < Bi \leq 4$ 倍	1.225km <sup>2</sup>		20%	
	50-100mg/L	$4 < Bi \leq 9$ 倍	0.260km <sup>2</sup>		40%	
	>100 mg/L	$Bi \geq 9$ 倍	0.133km <sup>2</sup>		50%	

影响期限：按照《规程》要求，本项目施工产生的悬浮泥沙入海造成的海洋影响年限低于 3 年，按 3 年补偿。

#### (5) 项目建设占用海域对海洋生物资源的损失估算

##### ①底栖生物损失

施工期底栖生物损失量 ( $W_i$ ) = 临时压占面积 ( $D_i$ ) × 平均生物量 ( $S_i$ )  
 $= 122842.13\text{m}^2 \times 22.55\text{g/m}^2 \times 10^{-6} = 2.7639\text{t}$ 。

运营期底栖生物损失量 ( $W_i$ ) = 占海面积 ( $D_i$ ) × 平均生物量 ( $S_i$ )  
 $= 233835\text{m}^2 \times 22.55\text{g/m}^2 \times 10^{-6} = 5.2613\text{t}$ 。

综上所述，本工程建设占用海域造成底栖生物损失量为 8.0252t。

##### ②渔业资源损失

##### 鱼卵损失量

$$0.71 \times 233835 \times 15 = 2.4903 \times 10^6 \text{ 个。}$$

✚ 仔稚鱼损失量

$$0.6013 \times 233835 \times 15 = 2.1091 \times 10^6 \text{ 尾。}$$

✚ 游泳生物损失量

$$1805.1276 \times 10^{-3} \times 233835 \times 10^{-6} = 0.4221 \text{ t。}$$

根据计算结果，本工程桩基占用海域造成鱼卵  $2.4093 \times 10^6$  个，仔稚鱼  $2.1091 \times 10^6$  尾，游泳生物 0.4221t 受损。

#### (6) 项目海缆施工产生的悬浮沙对海洋生物资源的损失估算

✚ 鱼卵损失量

$$0.71 \times 2.10 \times 10^6 \times 15 \times 5\% + 0.71 \times 1.225 \times 10^6 \times 15 \times 20\% + 0.71 \times 0.260 \times 10^6 \times 15 \times 40\% + 0.71 \times 0.133 \times 10^6 \times 15 \times 50\% = 5.5433 \times 10^6 \text{ 个。}$$

✚ 仔稚鱼损失量

$$0.6013 \times 2.10 \times 10^6 \times 15 \times 5\% + 0.6013 \times 1.225 \times 10^6 \times 15 \times 20\% + 0.6013 \times 0.260 \times 10^6 \times 15 \times 40\% + 0.6013 \times 0.133 \times 10^6 \times 15 \times 50\% = 4.6946 \times 10^6 \text{ 尾。}$$

✚ 游泳生物损失量

$$1805.1276 \times 10^{-3} \times 2.10 \times 5\% + 1805.1276 \times 10^{-3} \times 1.225 \times 20\% + 1805.1276 \times 10^{-3} \times 0.260 \times 40\% + 1805.1276 \times 10^{-3} \times 0.133 \times 50\% = 0.9396 \text{ t。}$$

根据计算结果，本工程悬浮泥沙扩散共造成鱼卵  $5.5433 \times 10^6$  个，仔稚鱼  $4.6946 \times 10^6$  尾，游泳生物 0.9396t 受损。

#### (7) 工程总生物量补偿估算

根据前述分析，本工程总生物损失量如下：

本工程施工期底栖生物损失量 2.7639t、运营期运营期底栖生物损失量 5.2613t。桩基占用对生物资源造成损失量为：鱼卵  $2.4093 \times 10^6$  个，仔稚鱼  $2.1091 \times 10^6$  尾，游泳生物 0.4221t。

项目施工产生的悬浮物对生物资源造成损失量为：鱼卵  $5.5433 \times 10^6$  个，仔稚鱼  $4.6946 \times 10^6$  尾，游泳生物 0.9396t。

仔稚鱼折算成商品鱼苗进行计算，鱼卵生长到商品鱼苗按 1%成活率计算，仔稚鱼生长到商品鱼苗按 5%成活率计算。本次评价底栖生物价值按照 1 万元/t、鱼卵按 1.0 元/个、仔稚鱼仔鱼按 1.0 元/尾、游泳生物按海鱼的平均价格计算（15

元/kg)，项目建设造成的海洋生态补偿额计算如下：

①底栖生物： $2.7639t \times 3a \times 1 \text{ 万元}/t + 5.2613t \times 20a \times 1 \text{ 万元}/t = 113.5177 \text{ 万元}$

②鱼卵： $5.5433 \times 10^6 \text{ 个} \times 1\% \times 3a \times 1 \text{ 元}/\text{个} + 2.4093 \times 10^6 \times 1\% \times 20a \times 1 \text{ 元}/\text{个} = 64.8159 \text{ 万元}$

③仔鱼： $4.6946 \times 10^6 \text{ 尾} \times 5\% \times 3a \times 1 \text{ 元}/\text{尾} + 2.1091 \times 10^6 \times 5\% \times 20a \times 1 \text{ 元}/\text{尾} = 281.329 \text{ 万元}$

④游泳生物： $939.6\text{kg} \times 3a \times 15\text{kg}/\text{元} + 422.1 \times 20a \times 15\text{kg}/\text{元} = 16.8912 \text{ 万元}$

本工程对海洋生态环境的影响为项目占用海域导致底栖生物等的生存空间丧失，悬浮物扩散造成的鱼卵、仔鱼等生物资源的损失，经核算总损失额 476.5538 万元。建议建设单位通过增殖放流的方式进行生态补偿。

## 5.6 对鸟类及其生境影响预测与评价

《国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目鸟类影响评价专题报告》依据历史数据及现状调查分析了施工期及营运期对鸟类的影响并提出了保护与减缓措施、鸟类生境及补偿措施。

本章节内容依据《国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目鸟类影响评价专题报告》。

### 5.6.1 施工期对鸟类的影响分析

#### 5.6.1.1 项目施工对鸟类栖息地及鸟类活动的影响分析

项目位于空旷海上，离周边其他的鸟类聚集地较远，鸟类分布较少，未发现珍稀濒危等国家重要保护鸟类，现场调查记录较多的为鸥类和鸬鹚类，如黑尾鸥等。项目施工对海面停歇栖息和潜水觅食为主的鸟类，尤其是船舶往来与工程作业将占据鸟类原本可以利用的海域空间；频繁的人为活动和工程机械产生的噪声也会对靠近项目场址的鸟类取食、迁飞活动有一定影响，使鸟类产生趋避反应、远离施工区域。但调查显示，仅有个别鸟类在本区栖息，影响范围较少。

### 5.6.1.2 施工交通对鸟类的影响分析

庄河海域处于黄海北部，渔业和航运业比较发达，日常海上交通中，客船、货船、渔船等各类船只活动数量多，频率大，鸟类已经对过往的船只和渔业等常规性人为活动习以为常。加之在项目区活动的鸟类非常少，所以本项目交通运输等船只活动不会对鸟类造成明显影响。

### 5.6.1.3 施工期产生的污染物对鸟类影响的分析

本工程拟采用的高桩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筒作为混凝土的模板，不需修建围堰。

本项目产生的污染主要包括：悬浮物、废水、废油、固体废物以及噪声污染、光污染等等。

#### （1）悬浮物对鸟类的影响分析

本工程施工对水体水质产生影响主要是对底质产生扰动，从而使得细小的泥沙扩散到水中，使水中的悬浮物浓度增加，使水质浑浊，项目区域的水生生物的分布，会对该区域潜水捕食比如鸕鹚等鸟类视力产生干扰。

不过，本区分布的鸟类中主要是黑尾鸥，而来自于行人砣和元宝岛的鸕鹚，在现场调查中未有记录，但不排除有个别个体来本区取食，但本区海域开阔，此类鸟会重新选择取食环境，且施工海域水深在 10~25m，因而对本区潜水捕食的鸟类影响非常不明显。

#### （2）废水废油对鸟类的影响分析

本工程施工机械基本不产生废水和废油，施工运输的船舶所产生的含油污水也不排入海水，均集中收集处理，不会发生污染，因此不会对海域生态环境产生不良影响。

#### （3）固体废物对鸟类的影响分析

本项目主要为海水施工，基本不产生固体废弃物，因而不存在对鸟类产生影响的问题。运输船舶产生垃圾，将统一收集后送入指定垃圾处理站统一处理，因此不会给环境带来污染。

因此，本工程污水处理应严格按照污水处理规定，处理达标后排放。

#### 5.6.1.4 施工期噪声对鸟类的影响分析

噪声主要来源于施工机械和施工船舶。施工活动、机械噪声等将直接影响鸟类的取食和迁飞。据研究表明：鸟类对声音的感受范围基本与人相似，但在通常条件下，不像人类那样听到低频声，其最佳听阈范围为 1~5kHz。当噪声值为 60dB(A)时，鸟类感受不到噪声影响。当最大噪声级  $L_{max} > 60\text{dB(A)}$ 时，鸟类将感受到噪声影响。由于鸟类有避害天性，会向远离人类活动的地区转移。当等效连续 A 声级  $L_{Aeq}$ ，24h 超过 50dB(A)时，噪声对鸟类栖息繁殖产生影响。由于鸟类避害天性的驱使，会向远离噪声的地区转移。

本项目施工机械噪声均小于 60dB(A)，满足企业厂界环境噪声标准 GB12348-2008 的 2 类标准限值。但可能会因施工机械较多时噪声叠加，会对迁飞路过的鸟类会造成趋避效应。由于海域开阔，故噪声不会对迁飞路过的鸟类产生明显影响。

本项目评价区内没有鸟类集中分布地，评价区内鸟类种类和数量均很少，且施工机械噪声昼间影响范围为 100 米以内，夜间影响范围为 800 米以内。所以，施工期噪声对本地活动的鸟类不会有明显影响，对迁飞路过的鸟类可能会产生趋避效应，但施工区周边同质生境非常广阔，因而施工噪声不会对迁飞路过的鸟类产生明显影响。

为了使噪声对鸟类产生的影响降至最低，本工程仍需采取降噪措施：选用低噪声施工设备，从源头控制噪声污染；对生产噪声级较大的施工机械应合理安排施工时间；做好施工机械和运输车辆的调度和交通疏导工作，合理疏导进入施工区域的车辆，减少汽车会车时的鸣笛噪声。施工船舶噪声采取施工船舶进入港区航道后减速行驶的降噪措施。

### 5.6.2 项目运营期对鸟类的影响分析

#### 5.6.2.1 风电场屏障作用对鸟类迁徙的影响分析

本工程距离鸟类栖息地、取食地均在 17km 左右，位于空旷的海上。

对照前述跟踪数据所形成的迁徙路线可以看出，个别黑脸琵鹭、黄嘴白鹭迁徙活动会飞经项目区。

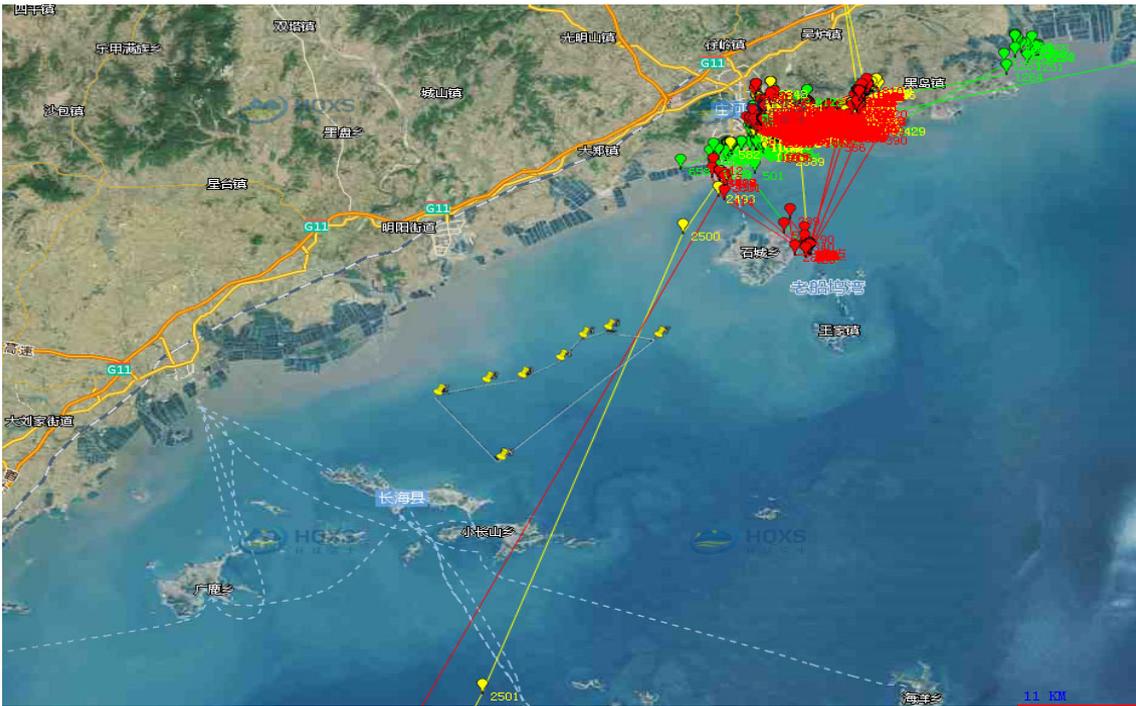


图 5.6-1 2017 年 3 只黑脸琵鹭在评价区附近的迁徙路线

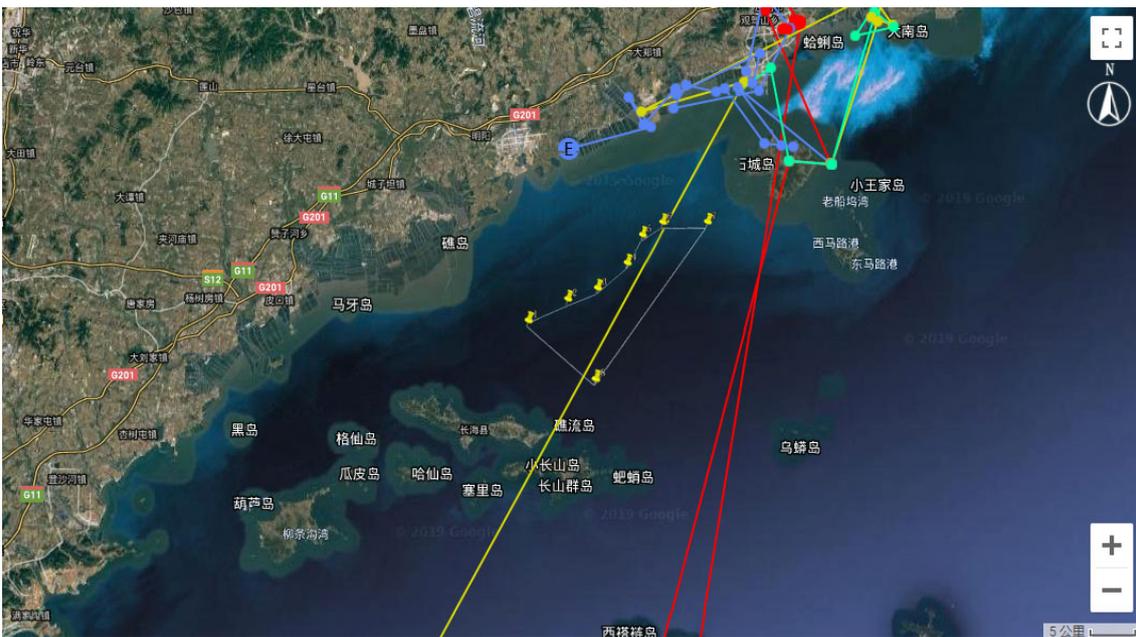


图 5.6-2 2018 年秋季 3 只黑脸琵鹭在评价区附近的迁徙路线

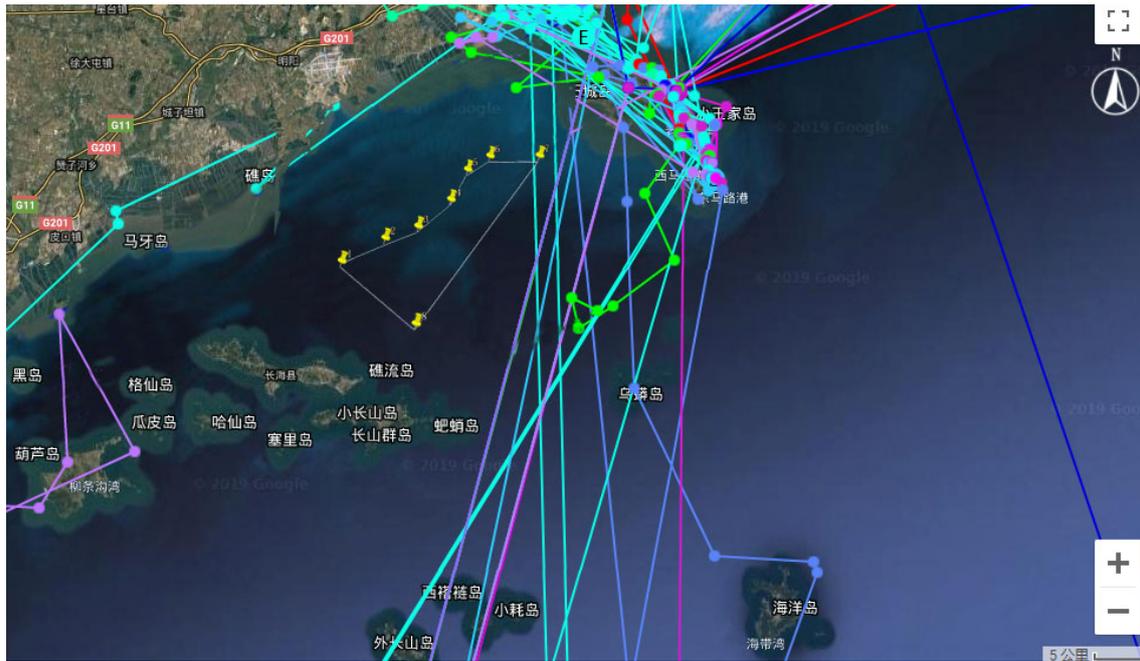


图 5.6-3 2018 年 9 只黄嘴白鹭在评价区附近的迁徙路线

由上图可以看出，项目建设将对黑脸琵鹭、黄嘴白鹭的迁徙造成一定影响，包括两方面：

一是使其改变飞行高度。卫星跟踪数据表明，黑脸琵鹭、黄嘴白鹭迁徙通过项目区的飞行高度为 145m。本项目风机机组轮毂高程最高 115m，叶轮直径 142m。总高约 200m，超过了黑脸琵鹭飞行的高度。如果黑脸琵鹭迁徙时坚持通过此区，黑脸琵鹭、黄嘴白鹭必须抬高飞行高度至少 60m，物理障碍作用比较明显。

二是可能使其改变迁徙路线。本项目风电场走向与岸线基本平行，西北界距已规划的工业与城镇用海区 10km，距长山列岛和石城岛 10km 以上。该风电场横向跨度约 5.0km~9.5km，纵向约 19.1km，涉海面积约 63.2km<sup>2</sup>。从项目区与庄河口相对位置来看，在项目区东侧有 10km 左右的空旷海域，项目建设后，黑脸琵鹭、黄嘴白鹭很可能改变迁徙路线，避开项目区，从项目区东侧绕过。



图 5.6-4 黑脸琵鹭、黄嘴白鹭改变迁徙路线示意图

### 5.6.2.2 风电场运行对鸟类觅食的影响分析

研究表明，风电场对繁殖鸟类产生最大影响的距离是 300m。本项目所在区域距离鸟类繁殖地在 17km 以上，因此，对形人坨子、元宝坨子繁殖的黄嘴白鹭、黑脸琵鹭、海鸬鹚等国家二级保护鸟类以及黑尾鸥、大白鹭、普通鸬鹚等其他繁殖鸟类，不会产生明显影响。

历史数据、现场调查、卫星跟踪等各类数据均未记录到有黑脸琵鹭、黄嘴白鹭飞经项目区，仅偶见鸬鹚、鸥类等鸟类飞经此区，多为单独个体。所以，风机方阵可能会对个别鸟类构成威胁，但因为鸟类对风电场能够产生避让行为，所以威胁不大。

### 5.6.2.3 运营期风电场噪声对鸟类的影响分析

风电场噪声的第一个危害是对周边鸟类的干扰作用。

本项目风机行内间距为 1042m~1572m，行间距为 969~2324m，按照《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4—2021）中规定的噪声衰减模式和叠加模式进行预测，在距离风机 300m 以外，可达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的

1 类标准的要求，因此噪声的叠加作用不明显，且邻近周边区域没有鸟类繁殖地和必选取食地，所以干扰作用不明显。

风电场噪声的第二个作用是使本区附近活动的鸟类重新选择生境。不过，因本区活动的鸟类数量稀少，加之本区生境与周边海域生境相比对鸟类不具有任何生境选择优势，周边可供重新选择的生境非常之多，所以，风电场噪声对本区活动的鸟类的影响不明显。

风电场噪声的第三个作用是对迁徙鸟类产生警示和驱离作用。鸟类对噪声具有非常高的敏感性，风机的噪声会对迁飞通过的鸟类提前警示，令迁飞通过的鸟类提前避让。

本项目运营期主要噪声来源是风机运转时产生的噪声，单台风机在海平面产生的噪声为 55dB (A)。

本区域施工场地距离鸟类繁殖地较远，由于施工机械噪声昼间影响范围为 100m 以内，夜间影响范围为 800m 以内。

所以，运营期噪声对繁殖地鸟类影响极小，迁飞路过的鸟类会造成趋避效应，使得路过的鸟类远离该区，由于海域开阔，故噪声不会对迁飞路过的鸟类产生明显影响。

### 5.6.3 光污染影响分析

本项目施工光污染影响虽然是阶段性的，但如果不加限制，在鸟类迁徙期间施工产生的光污染，可能会导致鸟撞事件发生，尤其是在食虫鸟类的迁徙跨海期间。

项目运营期的照明强度较大，如果不进行科学管理，将对鸟类产生如下影响：一是干扰夜间鸟类的休息。光污染容易引起鸟类错觉，无法辨别是夜晚还是黎明，从而导致生物钟紊乱，影响鸟类的正常活动。

二是招引昆虫，引起捕食鸟发生鸟撞致死。昆虫是鸟类的食物，夜间，昆虫具有趋光性，容易被明亮的灯光吸引，由此吸引食虫鸟类前来捕食，从而引起鸟撞致死。

三是干扰鸟类迁徙。候鸟中，尤其是迁徙鸟类，只有部分大型鸟类及猛禽

(如鹰、雕类)均在白天活动、觅食,夜间休息,无趋光性。而小型鸟类为躲避猛禽的捕食,大部分种类在黄昏、黎明或者夜间迁徙。它们依靠自然夜光,即月光和星光作为导航。所以,在鸟类迁徙期间,人工灯光不仅会干扰迁徙鸟类的飞行方向,使夜间迁徙的鸟类失去方向感。

本项目施工会安装节能灯和少量的其他灯具,会对鸟类迁飞产生影响。但由于迁飞通过本区的鸟类较少,极少鸟类在此休息,所以影响不明显。

#### 5.6.4 综合评价结论

##### (1) 施工期对鸟类影响的综合评价

该海域日常海上交通中,客船、货船、渔船等各类船只活动数量较多,频率大,鸟类对过往的船只和人为活动习以为常,加之项目区鸟类数量少,所以本项目交通运输等船只活动不会对鸟类造成明显影响。

本项目产生的悬浮物、固体废物以及噪声污染、光污染等等,对该区域潜水捕食鸟类产生干扰,但本区鸟类数量少,且海域开阔,适合鸟类重新选择的取食环境多,因而对本区潜水捕食的鸟类影响不明显。

噪声主要来源于施工。本区域施工场地距离鸟类繁殖地 17km 以上,施工期噪声对繁殖地鸟类无影响;对迁飞路过的鸟类会造成趋避效应。但由于海域开阔,故噪声对迁飞路过的鸟类产生影响不明显。

施工期人为活动对鸟类有趋避效应。由于项目区距离鸟类繁殖地在 17km 以上,人员活动对繁殖地鸟类不会造成影响,主要影响迁飞通过的鸟类,使其产生趋避效应,改变迁飞路线,建议采取一定警示、监测、救助措施。

##### (2) 营运期对鸟类影响的综合评价

本项目距离鸟类栖息地、取食地均在 17km 左右,位于空旷的海上。

黑脸琵鹭、黄嘴白鹭迁徙路线穿过项目区东南角,项目运营将对黑脸琵鹭、黄嘴白鹭的迁徙造成一定影响,一是使其改变飞行高度,抬高飞行高度至少 60m,物理障碍作用比较明显。二是可能使其改变迁徙路线。从项目区与庄河口相对位置看,在项目区东侧有 10km 左右的空旷海域,项目建设后,黑脸琵鹭、黄嘴白鹭很可能改变迁徙路线,避开项目区,从项目区东侧绕过。三是在大雾天气,可

能会导致鸟撞风机事件。

## 5.7 电磁环境影响预测与评价

工程建设 66kV 海底输电电缆，本项目与花园口Ⅱ海上风电场共用海上升压站、220kV 输电电缆及陆上集控中心。

海上升压站、220kV 海底电缆及陆上集控中心的电磁辐射环境影响已在花园口Ⅱ海上风电场中分析，故在本项目中不再进行分析。海底电缆在运行过程中将产生电场和磁场，工程电压等级为 66kV，采用 50Hz 交流电。输电线路运行产生的工频电场、工频磁场强度大小与线路的电压等级、运行电流、导线排列及周围环境有关。

### 5.7.1 工程电磁环境影响预测

本次工程电磁环境影响预测采用类比监测评价方法。由于目前陆上埋地电缆运用较多，陆上电缆电磁场传播介质为空气，海底电缆电磁场传播介质为海水，但海底电缆与陆上电缆均埋设于地下，海水和土层对电磁场均有一定的屏蔽作用，且额定电压相同，因此类比陆上同功率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，本项目 66kV 海底电缆通过参考粤电阳江青洲一海上风电场 400MW 项目 66kV 海底电缆数模预测结果进行分析。

#### (1) 数模预测分析

粤电阳江青洲一海上风电场海底电缆在电压等级、电缆结构、外围环境方面与本工程海底电缆较为相似；敷设深度为泥面下 3~5m，本工程海底电缆敷设深度 3.0~5.5m，与本工程产生的工频电磁场影响相近。因此，选用中粤电阳江青洲一海上风电场海底电缆数模分析结果进行参考分析是合适的。

#### (2) 数模分析结果

粤电阳江青洲一海上风电场项目 66kV 海底电缆叠加效应评估采用 6 根平行排列的海底电缆来分析，采用 Ansoft Maxwell 2D 软件中的交流传导场进行仿真评估。

图 5.7-1 和图 5.7-2 分别为 66kV 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。

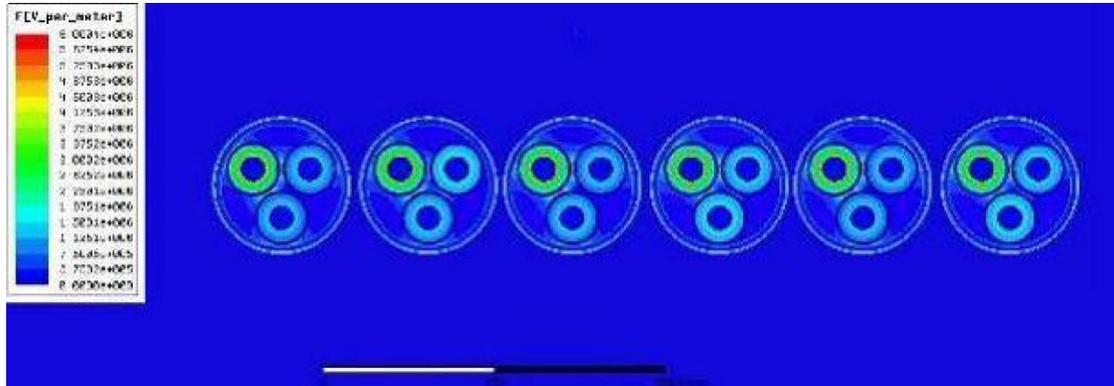


图 5.7-1 相位为  $0^\circ$  的电场强度  $E$  (不同颜色表示的范围为  $0$  到  $10^6\text{V/m}$ )

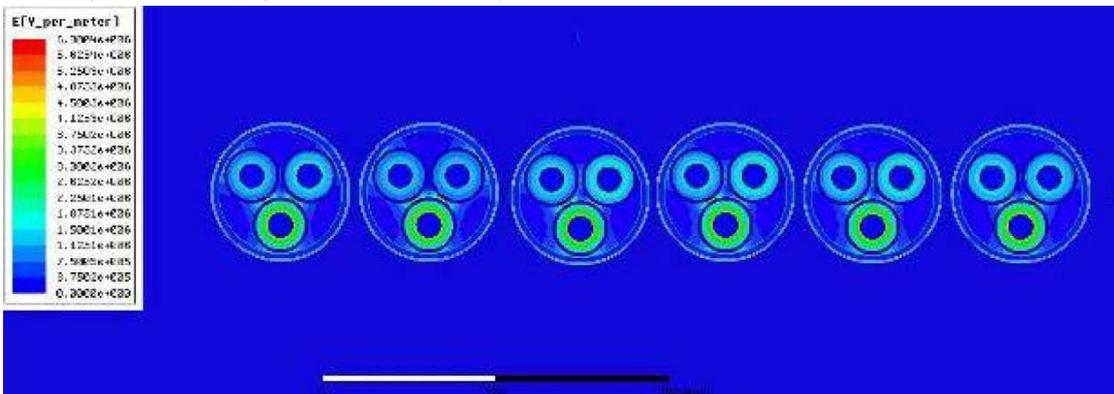


图 5.7-2 相位为  $120^\circ$  的电场强度  $E$  (不同颜色表示的范围为  $0$  到  $10^6\text{V/m}$ )

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。

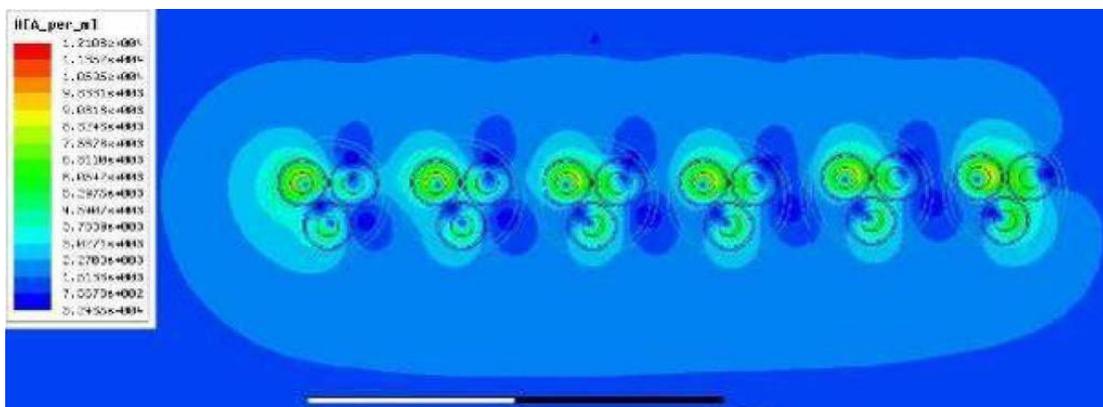


图 5.7-3 海底电缆相位为  $0^\circ$  的磁场强度  $H$  (不同颜色表示的范围为  $10^4$  到  $10^4\text{A/m}$ )

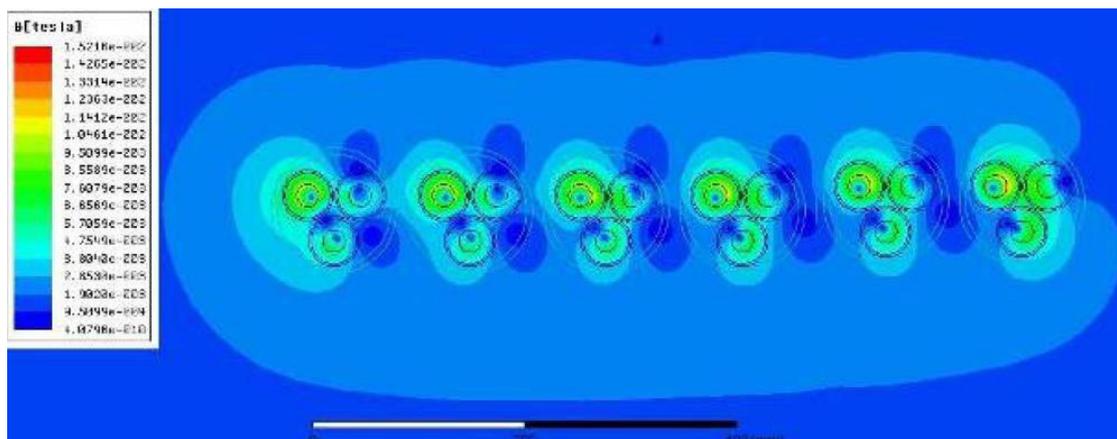


图 5.7-4 海底电缆相位为  $0^\circ$  的磁场强度 (B 场) (不同颜色表示的范围为  $10^{-10}$  到  $10^{-2}$ T)

图 5.7-3、图 5.7-4 分别给出了 6 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 6 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  $1\mu\text{T}$  以下。

评价结论表明，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电缆金属护套内部。对于 66kV 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  $1\mu\text{T}$  以下；对于 500kV 海底电缆，在距离电缆线 20m 外，磁感应强度已降在  $10\mu\text{T}$  以下。据本项目实验室模拟实验，对该海域中典型的海洋鱼类和底栖生物（梅童鱼、白姑鱼、锚尾虎鱼、半滑舌鳎；虾类和贝类有对虾，口虾蛄；菲律宾蛤仔笔）等海洋生物的影响在可以接受范围。

### (3) 工程 66kV 海底电缆电磁影响分析

由参考分析可知，电缆线路由于电缆外层遮蔽产生的电磁场强度非常小，基本与背景值一致。由于工频电场影响与电压等级大小、电缆结构、埋设深度等有关。本工程海底电缆与粤电阳江青洲一海上风电场海底电缆电压等级一致，电缆结构基本相同，电缆埋设深度基本一致。因此，可以预测工程 66kV 海底电缆工频电场强度和工频磁感应强度均能满足《电磁环境控制限制》(GB8702-2014) 中  $4\text{kV/m}$  和  $0.1\text{mT}$  的限值要求。

### 5.7.2 电磁环境对海洋生物的影响

目前学术界有研究认为，磁场能够影响鱼类，因为有些鱼的体内具有磁性物质，可用于识别地理磁场，从而协助它们进行空间定位。但是，这些研究都是以淡水鱼类为研究对象，因此与海水鱼类相比磁场反应有可能不同。目前很少有现场研究对鱼类如何受到电缆及其所产生磁场的影响进行观测。

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。幼体鳗鱼 (*Plathichthys flesus*) 在受到强度为 3.7mT 的静电磁场影响几个星期时并未受到影响 (Bochert, Rea at., 2004)。Westerberg(1994)还从研究的角度直接考虑近岸风力发电场电磁强度情况，测试了南波罗的海一座风力发电机附近的欧洲鳗鲡的洄游形式。遥测跟踪监测并未显示洄游形式发生任何改变。

2013 年~2014 年江苏省省财政下达了渔业资源环保专项“2013 年海洋与渔业资源环保专项”项目 (苏海计〔2013〕50 号)、“2014 年海洋与渔业资源环保工作任务” (苏海计〔2014〕11 号)，开展了国内外沿海风电场电磁辐射对海洋生物的影响研究、江苏近海风电场电磁辐射评价现状研究、江苏近海风电场建成前后影响效果调查研究、人工模拟磁场试验设施基础建设、人工模拟磁场对海洋生物的试验研究、江苏海上龙源潮间带风电场电磁场测量、江苏海上龙源潮间带风电场渔业生态环境调查研究等，为风电磁场对海洋生物以及综合评价海上风电工程提供了思路。针对海底电缆产生的电磁辐射对海洋生物的影响，江苏省海洋水产研究所利用人工模拟磁场试验海洋生物的影响开展了部分研究，该课题列为 2013-2014 省财政资金项目。

江苏省海洋水产研究所在 2014 年研究结果表明 (生态学杂志, 2016, 7): 当磁场为 1.00mT 时, 黑鲷存活和行为在短期内 (21d) 受磁场影响明显, 试验组与对照组存活率差异显著 ( $P<0.05$ ), 磁场撤销后 14d 内无显著性差异 ( $P>0.05$ ); 试验 II 中, 受试生物 (黑鲷、半滑舌鳎、文蛤) 的存活率仅在 4.05±0.01mT 磁场暴露下的试验组与对照组差异显著 ( $P<0.05$ ); 受试生物 (纵肋织纹螺、半滑舌鳎、天津厚蟹) 的行为在 4.05±0.01mT 磁场下试验组与对照组间均存在差异显著 ( $P<0.05$ )。由此可见: 短期内 (21d), 风电磁场对几种海洋生物的存活、行为有

一定的影响，撤销磁场后影响消失。

袁健美、张虎等选取江苏近海常见 12 种海洋生物（袁健美、张虎、刘培廷等，海上风电电磁场对 12 种海洋生物存活率与行为的影响。生态学杂志，2016，35(11): 3051-3056），通过实验方法研究不同磁场强度（试验 I：1.0mT；试验 II：0.01 mT、 $(0.045 \pm 0.01)$  mT、 $(0.2 \pm 0.01)$  mT、 $(0.9 \pm 0.01)$  mT、 $(4.05 \pm 0.01)$  mT 对照（自然地磁场）下，风电电磁场对鱼、虾、蟹和贝类的存活、行为等方面的影响。结果表明：

### （1）风电场对鱼类影响

1.0mT 强度磁场暴露对黑鲷的存活率和行为有一定影响，撤销磁场后，影响消失。1.0mT 电磁场作用下，黑鲷幼鱼集中分布在水体中上层，有集体浮出水面的意向，动作频率幅度大；少数鱼冲撞鱼缸底玻璃，区别于正常的觅食行为；撤销磁场 10min 后，受试生物行为恢复正常。

随着电磁场强度增强（0~4.05mT），黑鲷、半滑舌鳎的存活率受磁场影响加剧（呈现降低的趋势）；0.2mT（距离海底电缆 1.2m 外）是黑鲷、半滑舌鳎能耐受的磁场。该范围主要是营底栖游泳生物的生活区域，从实验结果可初步判断黑鲷、半滑舌鳎存活率的磁场耐受范围。并推测栖息在该范围（即距离海底电缆 1.2m 外）的海洋鱼类受风电电磁场影响不明显。

### （2）风电场对海洋底栖贝类影响

纵肋织纹螺回避行为受磁场影响明显。24h 之内，4.05 和 0.9 mT 暴露条件下的纵肋织纹螺分别有 8.3% 和 3.3% 逃离了试验缸，剩余部分均分布于试验缸边缘。其余梯度试验缸的生物分布较为均匀，未发生逃离现象。

文蛤对磁场的耐受性较好。试验结果显示其磁场耐受范围为 0.9mT（电缆自身磁场），文蛤存活率仅在梯度 V（4.05mT）受一定影响，呈现降低的趋势，说明事故状态模拟磁场会造成文蛤存活率下降，而风电场在正常运行中海底电缆产生的磁场对文蛤的存活率不存在影响。长期暴露于静电磁场的海洋底栖动物可以在 3.7mT 的静电磁场中生存 28d 以上，而且其生殖腺和繁殖期指数和对照并无显著差异。

### （3）风电场对海洋底栖虾蟹类影响

磁场暴露下黑褐新糠虾的存活率有所降低，梯度 V（4.05mT）表现尤为明显，

与对照相比，其存活率显著降低（降低了 10.53%）。脊尾白虾、口虾蛄、三疣梭子蟹、寄居蟹等其他 4 种虾蟹类存活率未受磁场影响。

由上述研究结果可知，鱼类、底栖贝类、底栖虾蟹类的磁场影响范围主要为 0.2mT~4.05mT，在 0~0.2mT 之内电磁场对鱼类、底栖贝类、底栖虾蟹类行为无明显差异，影响较小，因此电磁场控制在《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT 之内，电磁场对鱼类、底栖贝类、底栖虾蟹类影响较小。

本工程海底电缆均敷设于海底土层以下，电缆外层的金属屏蔽层、铠装层以及海底土层对磁场具有一定的屏蔽作用，且鱼类活动空间较大，在海底区域活动的鱼类种类及数量相对较少。且根据类比陆上电缆线路可知，由类比分析可知，本工程海底电缆上方 1m（中心处）工频磁感应强度远低于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）公众暴露控制限值 0.1mT。

因此工程产生的电磁场对底栖贝类和鱼类、虾蟹类影响较小。另外根据国内外现有电磁场对海洋鱼类的影响研究资料分析，风电场运行期间，海底电缆经保护层及沉积物屏蔽后，产生的工频电磁场不会改变鱼类的洄游路线及洄游形式。

## 5.8 海上工程声环境影响预测与评价

### 5.8.1 施工期水上噪声影响预测分析

本项目水上施工主要包括风机机组施工、海上升压站施工和海缆敷设施工，噪声主要来源于打桩锤、施工船舶、振动锤、钻机、冲击锤等施工机械设备。施工机械设备为点声源，其噪声随距离增加而衰减。在只考虑几何发散的前提下，噪声衰减公示如下：

$$L_P(r) = L_P(r_0) - 20 \times \lg(r/r_0)$$

$L_P(r)$ -距声源为  $r$  处的声级，dB；

$L_P(r_0)$ -距声源为  $r_0$  处的声级，dB。

表 5.8-1 施工机械噪声传播影响距离

施工设备名称	源强（距声源 10m），dB	昼间达标距离 m	夜间达标距离 m
施工船舶	80	60	350
打桩锤	90	100	600（夜间禁止施工）
振动锤	92	150	700（夜间禁止施工）
钻机	90	100	600（夜间禁止施工）
履带吊	75	20	100
冲击锤	90	100	600（夜间禁止施工）
两栖挖掘机	82	50	250
卷扬机	80	50	200
履带式布缆机	75	20	100

依据《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求，建筑施工场界环境噪声昼间不得超过 70dB，夜间不得超过 55dB，夜间噪声最大声级超过限值幅度不得超过 15dB。通过上述噪声衰减公式计算，得到噪声达标所需衰减距离，见下表。

施工噪声昼间达标距离最大为 150m，夜间达标距离最大为 700m。本项目海上作业区远离陆地，周边没有水上噪声敏感目标，在施工期选择低噪声的机械设备，做好隔声减振等声污染防治措施，避免振动锤等高噪声设备在夜间使用的前提下，施工产生的水上噪声对周边环境的影响不大。

## 5.8.2 施工期水下噪声影响预测分析

### 5.8.2.1 水下噪声影响预测

海上风电场施工作业将在水下产生强的噪声场，典型的工程作业如桩基打桩作业，拖轮及驳船作业，这些施工作业产生的噪声对附近海域的海洋生物将造成影响。

本工程风电场布置 21 台单机容量为 10.5MW 风电机组，采用单桩基础结构，基础桩径 9.1m。类比厦门大学课题组在我国海上风电场施工海域开展的施工期水下打桩噪声的监测数据，获取打桩噪声源强。依据美国 NOAA 噪声工程“声阈值导则”中的标准【<http://www.nwr.noaa.gov/Marine-Mammals/MM-sound-thrshld.cfm>】，以及打桩施工噪声的声传播损失采用的声衰减计算公式，评估单台风机施工噪声影响范围。

打桩噪声的衰减模型都是基本实测数据进行的函数拟合，但都基本上是基于  $N \cdot \lg(r)$  的扩散模型进行的计算，有的计算是还考虑了海水对声音的吸收，其吸收率随着声音频率增加而增加，对于 1000Hz 以下的声音，其吸收系数一般很小，在许多报告和文献中均采用忽略不计的处理方式。在声音在水中传播的理论衰减模型中，通常采用柱面 ( $10 \cdot \log(r)$ ) 和球面 ( $20 \cdot \log(r)$ ) 衰减两个模型来简化复杂的声音传播问题。然而，由于打桩噪声为脉冲瞬时信号，其衰减程度相对于连续信号较高，再加上浅海海域传播和海底地貌的复杂性，其衰减具有非线性的特性。声源级 (SL) 用来描述距声源 1m 处的声音强度。当传输损失已知时，距离声源  $r$  m 处的待测声级 (RL) 可通过如下方程得到： $RL(r) = SL(1m) - TL(r)$ 。对于深水域，Baily 等人通过实测数据给出 40m 水深的打桩噪声衰减满足  $20 \cdot \log(r)$ ，Nedwell 对于深水域打桩噪声的衰减也给了衰减系数为 17-21 的推算。但对于水深较浅时，由于浅海海域传播和海底地貌的复杂性，衰减系数要大于深水域。Norro 等人通过实测数据给出了  $27.4 \cdot \log(r)$  的衰减模型（水深小于 10 m），汪启铭等根据对我国某海域的打桩噪声的实测数据则给出了  $31.4 \cdot \log(r)$  的衰减模型，其监测海域为软质沙底，水深 7m。因此综上考虑，我们选  $25 \log(r)$  作为本项目海域打桩噪声的衰减模型，实际的衰减还应根据实测数据进行推算，有待进一步研究分析。

## (2) 预测源强

依据工程分析，本项目施工期打桩施工噪声源强单桩打桩噪声级为 250dB/re1 $\mu$ Pa-m。

## (3) 海洋生物受水下噪声影响的声压阈值

对海洋生物保护阈值的要求，依据美国 NOAA 噪声工程“声阈值导则”中的标准【<http://www.nwr.noaa.gov/Marine-Mammals/MM-sound-thrshld.cfm>】，详见下表。

表 5.8-2 美国对海洋哺乳动物和鱼类的水下噪声（过渡性）门限值

海洋哺乳动物类		
门限等级	门限定义	门限值
A 级 (>180dB,危险级)	基于暂时性听力阈值提升(TTS)和保守估计的永久性听力阈值提升(PTS)伤害门限	鳍足类: 190dB RMS 鲸豚类: 180dB RMS
B 级 (120~180dB,警告级)	脉冲式噪声(如冲击打桩)可对动物产生行为妨害的门限	160dB RMS
B 级 (<120dB,安全级)	非脉冲式噪声(如钻孔)可对动物产生行为妨害的门限	120dB RMS
鱼类		
伤害门限值	声压峰值(适用于所有鱼): 206dB	累积暴露级(Cumulative SEL): 对质量大于等于 2 克的鱼体: 187dB 对质量小于 2 克的鱼体: 183dB

## (4) 预测结果

施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续,持续时间较短,无多声源叠加等特点。确立打桩施工在离打桩施工中心点 1105.3m 范围内为危险区域。风机单桩基础打桩施工确立在距离桩基 8185.5m 范围内为警告区域。当多台桩体同时施工,危险区域和警告区域做相应的扩大。

表 5.8-3 打桩水下噪声影响的海洋生物安全距离

声源级保护阈值 (dB)	危险级 190dB (对 鳍足目, 如斑海 豹, 听力保护范 围)	危险级 180dB (对 鲸豚目, 如江豚, 听力保护范围)	警告级 160dB (对海洋哺乳 动物行为干 扰)	累计暴露级183dB (对 质量小于 2g鱼体影响范 围)
风机单桩打桩施工 安全距离 (m)	251.19	630.96	3981.07	478.63

## 5.8.2.2 施工期水下噪声类比分析

施工期打桩通过类比工程分析法进行预测,其分析及结果如下:

## (1) 施工期水下打桩

2011 年,美国华盛顿大学的 Reinhall 与 Dahl 等人 (ReinhallP.Getal,2011) 通过有限元分析(FE)模拟了水下打桩时声传播过程与桩柱周围的声场分布,并通过比对

现场测试结果验证了其模拟的模型。其模拟结果显示，当桩柱受到冲击时，在桩柱顶部产生一个压缩波并沿着桩柱向下传播，在桩柱中的传播速度可达 5015m/s，同时在传播的过程中这个压缩波所产生的径向微元位移会向水中辐射声波。

根据其设定的条件，模拟的桩长 31.9m，水深 12.5m，桩钻入底床 14m，水中声速  $c_w=1485\text{m/s}$ ，沉积物底质中声速为  $c_s=1625\text{m/s}$ ，桩柱中压缩波的波速为  $c_p=5015\text{m/s}$ ，可推出从压缩波进入水面直至桩底所需时间大约为 6ms，在这个过程中，压缩波所经桩壁向水中辐射的声波由于微元间产生位移的时间差而在水中形成了一个锥形的波阵面，类似超音速飞机飞行中由于超过音速而产生的马赫锥；并且由于水体和底质两介质的不同，这个锥形的波阵面在水中与底质中的锥角并不相同。这个锥形的波阵面以柱面波的形式在水体和底质中向外传播，当压缩波从桩底反射回来时同样将产生一个方向相反的马赫锥，每次冲击所产生的压缩波大约会经过 2-3 次这样的反射过程。

根据国内资料，在厦门五缘湾对连续的 218 个打桩脉冲噪声进行了统计分析。在距离桩基 20m 处该打桩噪声脉冲与海洋背景噪声的功率谱比较，1Hz-10kHz 频率范围内海洋背景噪声的声压谱级约为 70~90dB，打桩噪声的声压谱级约为 120~140dB，相比海洋背景噪声提高了约 30~50dB。第二监测点（距离桩基 40m）的水下打桩噪声数据分析结果可知，打桩噪声的持续时长约为 100ms，声压峰值最高可达 1.26kPa(180dB)，相比海洋背景噪声提高了约 20-40dB。第三监测点（距离桩基 500m）的水下打桩噪声数据分析结果可知，在距离较远时，由于噪声在海面和海底传播中不断反射，在接收点形成了较大的多途时延拓展，持续时长约为 200ms。在 1Hz-5kHz 频率范围内海洋背景噪声的声压谱级约为 70-90dB，打桩噪声的声压谱级约为 90-100dB，相比海洋背景噪声提高了约 10-20dB。

### 5.8.2.3 水下打桩对海洋生物的影响

#### (1) 对哺乳动物的影响

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。Tougarrrd 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；风电场在运营期则没有对斑海豹产生影响。

每年的冬季到次年的四、五月份是斑海豹在辽东湾活动繁殖活跃期，风机打桩应尽可能的避开渔业敏感季节。

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 3.98km。因此，施工中应确立在距离桩基至少 3.98kmm 范围内为警告区域。

表 5.8-4 哺乳动物 TTS 和 PTS 的噪声阈值

Hearing Group	a	b	$f1$ (kHz)	$f2$ (kHz)	C(dB)	K(dB)	Weighted TTS onset threshold* (SELcum)
Low-frequency (LF) cetaceans	1.0	2	0.2	19	0.13	179	179dB
Mid-frequency (MF) cetaceans	1.6	2	8.8	110	1.20	177	178dB
High-frequency (HF) cetaceans	1.8	2	12	140	1.36	152	153dB
Phocid pinnipeds (PW) (underwater)	1.0	2	1.9	30	0.75	180	181dB
Otariid pinnipeds (OW) (underwater)	2.0	2	0.94	25	0.64	198	199dB

#### (2) 打桩噪声对鱼类的影响

海上风电场打桩施工噪声对渔业资源具有一定的影响，具体表现在不同鱼类对声压的忍受力不同，其中石首科鱼类对声压最为敏感。在美国旧金山 San Francisco-Oakland Bay Bridge East Span Seismic Safety Project (Nedwell J R, 2004)

中观测到在桥墩桩基施工时，由于打桩噪声造成了鱼类逃离施工水域，在距桩基较近水域则发生了鱼类昏迷而漂浮于水面和鱼类滞后死亡现象，最大距离为150m。

高冲击噪声，如打桩噪声或空气气枪声源所进行的水下探测，可能通过破坏鱼鳔或鱼体其他部位而造成鱼的死亡。暴露在人为强噪声干扰下的鱼类也可能会造成永久性或暂时性听力丧失，或增加皮质醇水平和心率。此外，人为噪声可能会影响鱼类的行为活动和分布：已经发现噪声会干扰鱼类种内交流以及改变鱼对声信号的行为反应（Loes J.bolle et, al, 2012）。

以对声音最为敏感的石首科鱼类—大黄鱼为研究对象，以实验方法研究了不同大小的大黄鱼的发声信号特点和噪声对其影响。声学实验表明：大黄鱼幼苗的敏感频率在800Hz，声压级约140dB/re 1 $\mu$ Pa时幼苗对声波即有明显反应，当声压级达到172dB/re1 $\mu$ Pa时有些幼苗直接死亡；大黄鱼小鱼的声敏感频率转移至600Hz，当声强达到150dB/re 1 $\mu$ Pa以上小鱼有主动避开声源的行为，当声源强度达到187dB/re 1 $\mu$ Pa，在声源正上方的小鱼开始变得十分迟钝进而死亡；大黄鱼成鱼的声敏感频率也在600Hz附近，当声源达到192dB/re 1 $\mu$ Pa时，鱼群受惊吓明显，反应迟钝，虽未产生直接死亡，但在其后行为发生明显变化，出现不进食等现象，并在后续的半个月时间中出现90%的死亡。

研究表明强噪声对鱼类的影响程度有：

改变鱼的行为模式，包括：摄食、捕获，规避和离开某个区域；遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

损害物种的耳朵听觉细胞。

大黄鱼的发声强度分别大约为（大鱼：140dB、中鱼130dB、小鱼110dB）。施工期水下噪声当超过这些强度后，也将会影响大黄鱼之间的交流。

本工程风机基础打桩作业对渔业资源和活动于该海域中的斑海豹将产生一定的影响。在打桩作业中应采取“软启动”方式，使打桩噪声源的强度缓慢增强，即前几桩使用小强度的打桩措施，能驱使鱼类离开施工水域，可达到减小水下噪声导致渔业资源的损失，避免造成大范围鱼类死亡。

由于渔场的产卵场、索饵场和洄游通道功能的作用有一定的季节性，每年5-7月是主要鱼群繁殖季节；每年的冬季到次年的四、五月份是斑海豹在辽东湾活

动繁殖活跃期，风机打桩应尽可能的避开渔业敏感季节，以减少施工对产卵场、索饵场和洄游通道的影响。当施工海域有石首鱼科的仔鱼时，以 160dB 作为影响石首鱼科类的噪声阈值，应确立在离桩基 5.0km 的距离范围外为安全距离。

### (3) 水下噪声的累加效应影响

虽然相关测量数据及研究表明中小幅度的撞击式桩基施工不会对一定距离外（如 200m 左右）的鲸豚类动物及海洋鱼类造成直接致死或致伤，但长时间较高声压水平的桩基施工对海洋鱼类的累积效应可能造成慢性影响。研究表明：长时间水下噪声对鲸豚类动物可能造成的慢性威胁包括：遮蔽效应和听力损失；行为模式改变；紧张等。

施工期噪声可能会对鱼类的交流、行为、觅食和避敌产生短期的有害影响，如可造成成年海豹与幼崽的隔离（David Kastak et al. 1999）。施工船将会对在这一带水域活动的鱼类、特别是石首科鱼类造成滋扰，受影响的鱼类将因回避而离开施工区。但像许多其它哺乳动物一样，环境滋扰消失或较少时会恢复其原来的生活状态，当航道施工作业完成或滋扰减少时，部分海洋生物，如斑海豹等会恢复其原来的活动范围，迁移到较远水域的个体一般还会回迁。

### (4) 施工期其他施工活动影响

施工期其他一般施工活动如抛石、航运等水下施工和海上运输活动将使水下噪声级在某些低频段上有所提高。如抛石在离施工较近的海域（10m 范围）的水下噪声谱级可达 105~115dB；不同船型及运行速度产生的船舶噪声强度不同，但航运噪声主要在较低频率上，且噪声随着传播距离增大而逐渐衰落。根据目前国际上对连续存在的水下噪声可能对海洋生物的行为干扰的安全级阈值设定 120dB 的导则要求，本工程所采用的一般水下施工等活动基本上不会对海洋生物带来影响。

## 5.8.3 营运期水上噪声影响预测分析影响

风电场运行期噪声主要来源于风机运行时产生的噪声。

### (1) 风电场水上噪声

本项目采用的风机工作风速在 3~25m/s，额定风速为 11m。根据工程分析，

风机噪声源强为 110dB。

### ①预测方法

根据实测结果和点声源衰减模式预测结果的拟合，在距风力发电机组较近的情况下，声源为面源，同时受机械噪声等高频噪声的影响，其噪声不符合点声源的衰减规律；在风力发电机组较远的情况下，计算点大于风力发电机组几何体 1 倍距离后，其噪声衰减规律与点声源模式的衰减规律基本一致。甚至在距离风力发电机组水平 50m 以外，噪声计算值与实测值衰减趋势基本一致。

根据《海上风电工程环境影响评价技术规范》附录 C 推荐的预测模式，风力发电机组影响预测公式如下：

即假定噪声从一个点无衰减传播，则距离单台风机声源 r 处预测点 A 声级  $L_p(r)$  计算公式为：

$$L_p(r) = L_w(r_0) - 10\lg(2\pi r^2)$$

式中： $L_p(r)$ —单台风机声源 r 处预测点 A 声级，dB(A)

$L_w(r_0)$ —单台风机声源  $r_0$  处 A 声级，dB(A)

N 台风轮机距离声音源 r 处的噪音水平总效应  $L_{p,\text{total}}(r)$  计算为式：

$$L_{p,\text{total}} = 10\lg\sum_{i=1}^N(10^{L_{p_i}/10})$$

采用最大声功率 110(A) 计算，，可知在距风力发电机组直线距离 150m 处，噪声已衰减至低于 58.5 (A)。

表 5.8-6 风电噪声衰减距离表

与轮毂直线距离 (m)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	1000
噪声贡献值 dB(A)	54.0	50.5	48.0	46.1	44.5	43.1	42.0	41.0	40.0	38.5	37.1	36.0	34.0

根据预测，距本项目单台风机 500m 处，噪声贡献值可衰减至 40dB(A)，相对于整个风电场区来说影响范围较小。根据 4.3.9 节中风电场区域的海上噪声背景值监测，场区的背景值在 41~46dB(A) 之间，考虑最大噪声背景值水平，在 100m 处，叠加风电场运行噪声后为 54.6dB(A)。

根据风力发电机组的特性，风力发电机组噪声具有指向性，即在顺风向的风机两侧噪声较大，垂直风向的风机叶片两侧噪声较小；而风机布置时为尽可能减

小风机之间的尾流影响，控制湍流发生，一般在垂直于主风向上布置风机较多且间距较窄，而在主风向上布置的排数少且排距大，因此风力发电机组间噪声叠加影响非常小，且海上风电场区域风机列距 1042m~1572m，行距 969~2324m，多台风机间仅是影响范围的扩大，影响程度不大。

### 5.8.3 运营期水下噪声影响预测分析影响

运营期的水下噪声主要由风机运转而产生，尤其是低频噪声通过结构振动经塔筒、风机桩基等不同路径传入水中而产生了水下噪声。欧洲一些国家的海上风电项目水下噪声测量资料表明（Nedwell,J.R.,Edwards,B.,TurnpennyA.W.H.,，2003, 2004, 2005, 2007 年）：运营期的风机运转噪声远低于施工期的打桩噪声，风电场在营运时所产生的噪声比较低。

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。

#### 5.8.3.1 水下噪声影响程度和范围

##### (1) 国外运营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）运营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（2.3MW）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

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。

关于风电场运营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。

Tougaard 在 2009 年对丹麦海上 2MW 风电机在运营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 风电机在运营期产生的水下噪声主要为中心频率为 125Hz 的频带噪声。

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。

Nedwell 等在 2003 年总结了约 500 次单独测量的浅水风电场运营期水下噪声，在频率 10Hz-120kHz 上 North Hoyle 的水下噪声平 95 均值约为 116dB re1uPa，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。

## （2）国内实测数据资料

中国船舶重工集团公司第七〇二研究所于 2017 年 3 月 14 日对运行中的江苏滨海北 H1#100MW 海上风电场工程附近海域进行的水下环境监测。

江苏滨海北 H1#海洋风电场滨海北区 H1#100MW 海上风电项目位于滨海北部中山河口至滨海港之间的近海海域，滨海港水域港界西北侧，离岸距离 7.5km，水深在 6~13m 之间，风电场形状呈矩形，涉及海域面积 15.7km<sup>2</sup>，总装机规模 100MW，布置 25 台西门子 4MW（SWT-4.0-130）风力发电机组，风力发电机组

行间距为 650-728m，行内间距 1246- 1546m。代表性风力发电机组为变桨变速机型，转轮直径 136m，轮毂高度 90m。风机采用单桩基础，基础桩长 67m，直径 4.6-6.5m，入泥深度 53.41m。

根据监测结果，在相同深度不同水平距离监测点上监测表明：6 个监测点在相同水深处的噪声谱级变化不大，距运行风机最近的 YA1 不同水深水下噪声峰值声压级为 148.8~165.3dB，距风机最远（4km）的 YA5 不同水深水下噪声峰值声压级为 153.8~ 164.6dB，变化不大，由此可见风电场运行对水下噪声环境影响较小。

6 个监测点在 3m 水深处的噪声谱级变化不大，基本上与原有的环境背景噪声级相当，频率 100Hz 以上的噪声谱级均在 106dB 以下。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测量到的背景噪声相近。

### 5.8.8.2 水下噪声对海洋生物的影响

#### （1）对哺乳动物的影响

基于国外的研究资料，风电场运营期的水下噪声主要为低频信号（100~200Hz），其声谱级预测为 100dB，与海域背景水下噪声声谱级相当。因此，认为运营期风电场水下噪声对哺乳动物不会造成影响。

#### （2）运营期海域鱼类的影响

基于国外的研究资料，风电场运营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  $25\log(r)$  的衰减模型，其感知距离为 10m。但由于鱼类发声频率与运营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，那么运营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。

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。

#### （3）运营期海域对产卵场和仔鱼的影响

属石首科鱼类的小黄鱼对水下噪声更为敏感，每年春、夏之交是小黄鱼的生殖季节，集群生殖，并通过发声吸引交配对象，形成生殖发声。本风电场位于各

种经济鱼类的产卵场、索饵场范围之外，但运营期噪声仍有可能被其感知，并且持续二十年存在，因此对生殖期的亲体、仔鱼的影响需要关注。基于国外的研究资料和上海东海大桥实测数据，风电场运营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营期的风机噪声，因此认为运营期风电场水下噪声对鱼类不会造成影响。

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，运营期的风机噪声可被感知的距离为 3.2m。因此，风电场场内的风机在运营期可能对进行生殖声讯交流的石首鱼类存在干扰，但干扰的距离极为有限，且本工程位置非小黄鱼产卵场，因此本工程运营期风机产生的水下噪声对鱼类产卵和仔鱼索饵影响范围和程度都是较小的。

#### （4）运营期海域甲壳类的安全距离

工程海域的甲壳类优势种和常见种为口虾蛄和日本鼓虾，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，口虾蛄和日本鼓虾对其感知的能力较弱。因此，运营期噪声对上述甲壳类的影响可忽略。

## 5.9 环境风险评价

### 5.9.1 环境风险识别

#### （1）风险物质识别

本工程为海上风电工程，涉及的主要风险物质为主要涉及的危险物质为施工期船舶的燃料油、运营过程运维船只燃料油等油类物质、海上升压站内的变压器油、发电机柴油等油类物质。

表5.9-1 柴油理化及危险性质

标识	中文名：柴油	英文名：Diesel Oil
理化特性	外观与性状：稍有粘性的棕色液体	溶解性：不溶于水
	熔点（℃）：-18	沸点（℃）：282-338
	相对密度：（水=1）0.87-0.9	
危险特性	燃烧性：易燃	闪点（℃）：38
	引燃温度（℃）：257	
	燃烧（分解）产物：CO、CO <sub>2</sub>	
	危险特性：遇明火、高热或与氧化剂接触，有引起燃烧爆炸的危险。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。	
	灭火方法：消防人员须佩戴防毒面具、穿全身消防服，在上风向灭火。尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。	
健康危害	侵入途径：吸入	
	健康危害：皮肤接触可为主要吸收途径，可致急性肾脏损害。柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮。吸入其雾滴或液体呛入可引起吸入性肺炎。柴油废气可引起眼、鼻刺激症状，头晕及头痛。	
	急救：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医。	

表5.9-2 变压器油理化及危险性质

标识	中文名：变压器油	英文名称：Transformer Oil
理化特性	性状：浅色液体	气味：无味
危险特性	初馏点：>250℃	倾点：<-35℃
	闪点：>140℃	自燃点：>270℃
有害物成分	烷烃、环烷族饱和烃、芳香族不饱和烃等组成的化合物	
危险特性	温度升高超过物理性质的指标时，会释放出可燃的蒸气和分解产物。	
	矿物白油缓慢生物降解，产品将在环境中保留一段时间。存在污染地面、土壤和水的风险。	
健康危害	备注：在正常使用的情况下，本产品不存在不可预计的危险	
	侵入途径：吸入、接触	
急救	吸入蒸气或烟雾（在高温情况下才会产生）会刺激呼吸道。长期或重复皮肤接触会造成脱脂或刺激。眼睛接触可能引起刺激。	
	如果吸入雾、烟或蒸气引起刺激反应，立即转移到新鲜空气处。如果呼吸困难可进行吸氧。如症状未缓解，请与医生联系。如呼吸停止应进行人工呼吸并立即送医院就诊。	
	接触：立即脱去被污染的衣服，擦去矿物油，并用香皂和大量水清洗。衣物未清洗前勿使用。如果发生刺激反应，请与医生联系。	

表5.9-3 燃料油理化及危险性质

标识	中文名：燃料油	英文名：fueloil
理化特性	外观与性状：有色透明液体，挥发。	溶解性：不溶于水
	熔点（℃）：无资料	沸点（℃）：360-460
	相对密度：（水=1）0.87-0.9	用途：用于柴油机
危险特性	燃烧性：易燃	闪点（℃）：60
	引燃温度（℃）：250	稳定性：常温常压稳定
	燃烧（分解）产物：CO、CO <sub>2</sub>	
	危险特性：遇明火、高热或与氧化剂接触，有引起燃烧爆炸的危险。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。	
	灭火方法：消防人员须佩戴防毒面具、穿全身消防服，在上风向灭火。尽可能将容器从火场移至空旷处。喷水保持火场容器冷却，直至灭火结束。	
	灭火剂：雾状水、泡沫、干粉、二氧化碳、砂土。	
健康危害	侵入途径：吸入	
	健康危害：皮肤接触可为主要吸收途径，可致急性肾脏损害。柴油可引起接触性皮炎、油性痤疮。吸入其雾滴或液体呛入可引起吸入性肺炎。柴油废气可引起眼、鼻刺激症状，头晕及头痛。	
急救	吸入：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸停止，立即进行人工呼吸，就医。	

### （2）生产系统危险性识别

本项目施工期，施工船舶作业属于其他涉及危险物种使用、贮存的项目；

营运期海上项目区风机机组运行涉及有毒有害、易燃易爆危险物质的储存及使用，其他工艺环境均不涉及生产、加工、运输、使用或贮存有毒物质、易燃物质、爆炸性物质。

### （3）危险物质向环境转移的途径识别

本项目危险物质包括燃料油、柴油和变压器油，向环境转移的途径主要通过水体污染（海水污染），环境风险类型为危险物质泄漏，具体分析下表。

表5.9-4 危险物质向环境转移的途径识别

危险物质	危险物质特性	环境风险类型	危险物质影响环境的途径和影响方式
燃料油、柴油和变压器油	易燃易爆、有毒有害	物质泄漏	水体（海水）

## 5.9.2 风险事故情形分析

### (1) 船舶溢油事故风险

溢油污染分为事故性污染和操作性污染两大类，事故性污染是指船舶碰撞、搁浅、触礁等突发性事故造成的污染；操作性污染是指加油作业以及船舶事故性排放机舱油污水、洗舱水、废油等造成的污染。造成溢油事故除一些不可抗拒的自然因素外，绝大部分是由于操作不当或违章作业等人为原因引起的。

本项目施工期及运营期溢油发生后，油膜在海面上漂浮扩散，阻止海气交换，将对海洋水环境、生态环境和景观造成影响。本项目的作业船舶可能影响工程水域船舶的通航，船只相互干扰、碰撞的几率增加，存在一定的交通安全隐患。

### (2) 火灾风险

海上风电机组易发生火灾的部位包括机舱、塔架内电缆、塔底电气设备等；海上升压站易发生火灾的部位包括主变压器室、柴油机房、柴油油罐室、高低压配电室、二次设备室、电缆夹层等。火灾风险因素主要包括电气设备故障、电路短路、设备过载、易燃品、雷击等，电气设备故障是导致火灾发生的主要原因。海上升压站是海上风电场的关键部位，一般为无人值守，在有限的空间内布置大量电气设备和生产用房，火灾发生后容易蔓延，且传播迅速，难以得到及时灭火救援，是火灾风险防范的重点区域。

### (3) 海上升压站油类物质泄漏风险

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 $<-45^{\circ}\text{C}$ ，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周围海洋环境受到污染，处理不当甚至可能发生火灾等事故。

本工程主变配有集油坑，集油坑内设置了排油地漏，通过地漏收集含油污水，并经过排油管收集到事故油罐，事故油罐具有油水分离功能。一般事故情况下，海上升压站主变与采油机房溢油将进入事故油罐中，除非发生海上风机和海上升压站倒塌等极端性事故，本项目海上升压站内油类物质泄漏入海概率较小。

## 5.9.2 海上溢油事故源项分析

### 5.9.2.1 事故发生概率

#### (1) 国内水上交通事故发生情况

海上轮船溢油事故率即溢油事故发生的概率，是指在特定的时间内，事故可能出现的次数。据统计，1974-2018年我国近海50t及以上海洋溢油事故共计117次，其中50t及以上溢油事故92次、500t及以上溢油事故24次、3.4万t及以上溢油事故1次；共造成油品损失186105t（引自《中国近海沿岸海洋溢油事故研究》，陈勤思等，海洋开发与管理，2020年第12期）。2018年“桑吉”号溢油事故的溢油总量占历年溢油总量的74%，是我国唯一一次灾难性海洋溢油污染事故。

在溢油事故次数方面：①1974-2018年我国近海50t及以上海洋溢油事故次数总体呈先增后减的态势。1993-1994年事故次数明显增加，1994-1997年为事故高发期，其中1996年最高达到8次；2009年后事故次数明显减少，2010—2018年为事故低发期，其中2014-2017年事故次数为0。②1974—2018年我国近海500t及以上海洋溢油事故中，1984年最高达到3次，1985—1995年和2006—2018年事故次数较少。将1974-2018年我国50t及以上海洋溢油事故的原因分为10类，碰撞是导致海洋溢油事故次数最多（58次）和溢油总量最大（159987t）的因素；触礁导致海洋溢油事故的溢油总量达到10967t，仅次于碰撞；沉没和管道导致海洋溢油事故次数分别达到15次和10次，但溢油总量较小，分别为3903t和4465t。

#### (2) 本项目水上交通事故概率

参考国际油气生产商协会(OGP)编制的《风险评估数据指南》(2010年3月版)，船舶发生重大事故的概率为 $1.1 \times 10^{-6}$ 次/年。本项目施工期主要为驳船、拖轮等。根据本工程施工方案，本工程施工船舶按39艘计，则本工程发生船舶碰撞事故的概率为 $2.9 \times 10^{-5}$ 次/年。发生碰撞事故后，再发生溢油事故的概率按50%计算，则本工程发生船舶碰撞溢油风险的概率为 $1.5 \times 10^{-5}$ 次/年。

### 5.9.2.2 最大可信事故

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)“最大可信事故”系指“基于经验统计分析，在一定可能性区间内发生的事故中，造成环境危害最严

重的事故”。根据事故分析，本工程船舶碰撞事故的发生概率为  $1.5 \times 10^{-5}$  次/年。

参照《水上溢油环境风险评估技术导则》(JT/T1143-2017)中的定义，“最大可信水上溢油事故”系指“在所有预测的概率不为零的事故中，溢油量最大的水上溢油事故”。

因此，确定本项目施工期船舶碰撞溢油为最大可信事故。

### 5.9.2.3 溢油源强分析

根据本项目的的设计，可能发生溢油事故的方式主要为施工船舶发生碰撞事故产生，在运营期主要为运维船与附近航道通航船舶碰撞泄漏引发的溢油事故。

施工期作业船舶为非油轮，主要风险因子为燃料油。本风电场施工期采用的最大吨位施工船舶为 10000t 级的大型甲板驳船，经向相关船舶企业了解，在河口和近岸海域作业时考虑到燃油经济性，10000t 级运输驳油舱载油量约 100t 左右。因此考虑最大风险事故源强泄漏量为 100t。

## 5.9.3 溢油事故影响预测

### 5.9.3.1 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，会经历拓展、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法和粒子云团来描述溢油过程。

本次溢油预测模拟其基本数值原理为溢油进入水体后发生扩展、漂移、扩散等组分保持恒定的输移过程和蒸发、溶解、乳化等组分发生变化的风化过程，在溢油的输移过程和风化过程中还伴随着水体、油膜和大气三相间的热量迁移过程，而黏度、表面张力等油膜属性也随着油膜组分和温度的变化发生不断变化。油粒子模型基于拉格朗日体系，具有高稳定性和高效率的特点。油粒子模型就是把溢油离散为大量的油粒子，每个油粒子代表一定的油量，油膜就是由这些大量的油

粒子所组成的云团。首先计算各个油粒子的位置变化、化学组分变化、含水率变化，然后统计各网格上的油粒子数和各组分含量可以模拟出油膜的浓度时空分布和组分变化，再通过热量平衡计算模拟出油膜温度的变化，最后根据油膜的组分变化和温度变化计算出油膜物理化学性质的变化。

### (1) 扩展运动

溢油扩展是指溢油在重力、惯性力、粘性力和表面张力作用下在水平方向上的不断扩大。Fay(1971)考虑上述因素的作用，忽略油膜因挥发、降解引起的质量损失，提出了油膜扩展三阶段理论，成功用于解决溢油进入水体后随时间推移面积估算问题。

$$\left(\frac{dA_{oil}}{dt}\right) = K_a A_{oil}^{1/3} \left(\frac{V_{oil}}{A_{oil}}\right)^{4/3} \quad (1)$$

式中 $A_{oil}$ 为油膜面积,  $A_{oil} = \pi R_{oil}^2$ ,  $R_{oil}$ 为油膜直径;  $K_a$ 为系数;  $t$ 为时间; 油膜体积为,  $V_{oil} = R_{oil}^2 \pi h_s$ ; 初始油膜厚度 $h_s = 10\text{cm}$ 。

### (2) 漂移运动

油粒子漂移的作用力是水流和风拽力，油粒子总漂移速度由以下权重公式计算：

$$U_{tot} = c_w(z)U_w + U_s \quad (2)$$

其中,  $U_w$ 为水面以上 10m 处的风速;  $U_s$ 为表面流速;  $c_w$ 为风漂移速度, 一般在 0.03-0.04 之间。

风场数据从气象部门获得, 而流场从二维水动力模型计算结果获得。但是一般二维水动力模型计算出的是垂向平均值, 必须据此估算流速的垂向分布。假定其符合对数关系,

$$V_{(z)} = \frac{U_f}{k} \ln\left(\frac{h-z}{k_n/30}\right) \quad (3)$$

其中,  $z$ 为水面以下深度;  $V_{(z)}$ 为对数流速关系;  $k$ 冯卡门常数, 取 0.4;  $k_n$ 为 Nikuradse 阻力系数;  $U_f$ 为摩阻流速, 定义为:

$$U_f = \left(\frac{V_{mean}k}{\ln\left(\frac{h}{k_n/30}-1\right)}\right) \quad (4)$$

其中,  $V_{mean}$ 为平均流速。

二维水动力计算结果中的流速计算点位于各离散的网格点, 而油粒子模型中

绝大部分时间内粒子不是正好处于这些点上，因此需要对流速值内插。MIKE 21 采用双线性内插法。

$$F = F_1 + (F_2 - F_1)y + (F_4 - F_1)x + (F_1 - F_2 + F_3 - F_4)xy \quad (5)$$

其中， $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  是网格点的已知流速； $x$  和  $y$  为距离，示意图如图 2-17 所示。

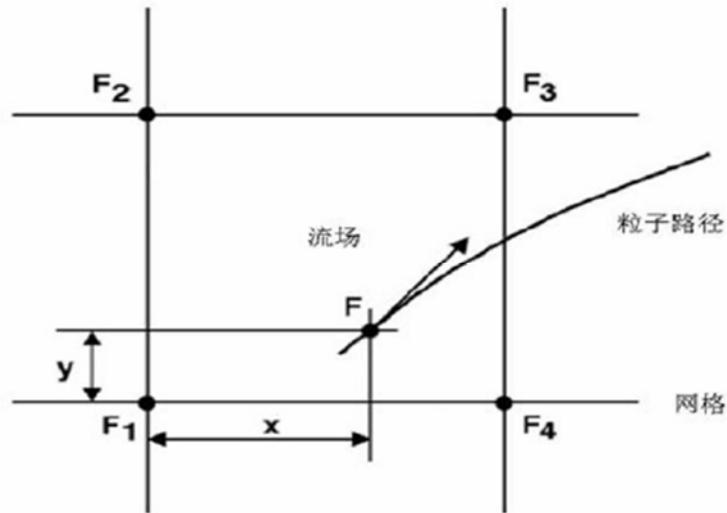


图 5.9-1 油粒子运动示意图

### (3) 紊动扩散

假定水平扩散各向同性，一个时间步长内  $\alpha$  方向上可能扩散距离  $S_a$  可以表示为：

$$S_a = [R]_{-1}^1 \sqrt{6D_a \Delta t_p} \quad (6)$$

其中  $[R]_{-1}^1$  为 -1 到 1 的随机数， $D_a$  为  $\alpha$  方向上的扩散系数。

### (4) 蒸发

油膜蒸发受油分、气温和水温、溢油面积、风速、太阳辐射和油膜厚度等因素的影响。假定在油膜内部扩散不受限制，油膜完全混合，则蒸发率可由下式表示。

$$N_i = k_{ei} P_i^{SAT} / RT \frac{M_i}{\rho_i} X [m^3/m^2 s] \quad (7)$$

其中， $N_i$  为蒸发率； $k_{ei}$  为物质输移速度； $P_i^{SAT}$  为蒸汽压； $R$  为气体常数； $T$  为温度； $M$  为分子量； $\rho$  为油组分的密度； $i$  为各种油组分。 $k_{ei}$  由下式估算  $k_{ei} = k A_{oil}^{0.045} S C_i^{-2/3} U_w^{0.78}$ ，其中  $k$  为蒸发系数； $S C_i$  为组分  $i$  的蒸汽 Schmidt 数。

### (5) 乳化

油向水体中的运动机理包括溶解、扩散、沉淀等。扩散是一种机械过程，水流的紊动能将油膜撕裂成油滴，形成水包油的乳化。这些乳化物可以被表面活性剂稳定，防止油滴返回到油膜。在恶劣天气状况下最主要的扩散作用力是波浪破碎，而在平静的天气状况下最主要的扩散作用力是油膜的伸展压缩运动。从油膜扩散到水体中的油分损失量计算。

$$D = D_a D_b \quad (8)$$

其中， $D_a$ 是进入到水体的分量； $D_b$ 是进入到水体后没有返回的分量，

$$D_a = \frac{0.11(1+U_w)^2}{3600} \quad (9)$$

$$D_b = \frac{1}{1+50\mu_{oil}h_s\gamma_{ow}} \quad (10)$$

其中， $\mu_{oil}$ 为油的粘度； $\gamma_{ow}$ 为油-水界面张力。

油滴返回油膜的速率为：

$$\frac{dV_{oil}}{dt} = D_a(1 - D_b) \quad (11)$$

油中含水率变化可由下式平衡方程表示，

$$\frac{dy_w}{dt} = R_1 - R_2 \quad (12)$$

$R_1$  和  $R_2$  分别为水的吸收速率和释放速率，

$$R_1 = K_1 \frac{(1+U_w)^2}{\mu_{oil}} (y_w^{max} - y_w) \quad (13)$$

$$R_2 = K_2 \frac{1}{A_s \cdot W_{ax} \cdot \mu_{oil}} y_w \quad (14)$$

其中， $y_w^{max}$ 为最大含水率； $y_w$ 为实际含水率； $A_s$ 为油中沥青含量； $W_{ax}$ 为油中石蜡含量； $K_1$ 和 $K_2$ 分别为吸收系数和释放系数。

## (6) 溶解

溶解率用下式表示：

$$\frac{dV_{asi}}{dt} = K S_i C_i^{sat} X_{mol_i} \frac{M_i}{\rho_i} A_{oil} \quad (15)$$

其中， $C_i^{sat}$ 为组分  $i$  的溶解度； $X_{mol_i}$ 为组分  $i$  的摩尔分数； $M_i$ 为组分  $i$  的摩尔重量； $K S_i$ 为溶解传质系数，由下式估算：

$$K S_i = 2.36 \cdot 10^{-6} e_i \quad (16)$$

其中，

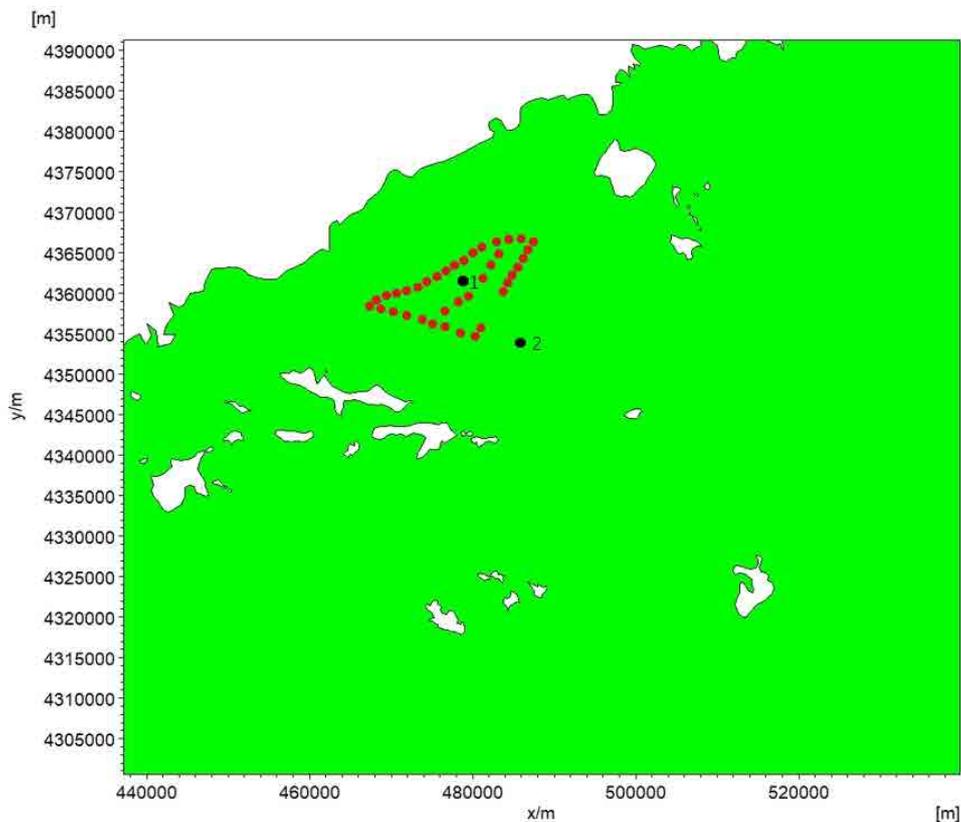
$$e_i = \begin{cases} 1.4 & \text{烷烃} \\ 2.2 & \text{芳香烃} \\ 1.8 & \end{cases} \quad (17)$$

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， $C_{is}$  为溶解度， $M$  为摩尔质量。

### 5.9.3.2 溢油源强及位置

#### (1) 事故地点

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舶进出频繁，本工程西南侧及南侧海域有大型船只往来通航，因此在施工船舶作业区与航线最近海域发生船舶碰撞事故的概率较大，在施工作业区升压站位置和工程西南方向花园口航线位置各设置一个溢油点，坐标分别为：升压站附近（N122° 46′ 36″，E39° 24′ 56″）、花园口航道处（N39° 22′ 22″，E122° 50′ 41″）。位置见图 5.9-1。工程海域敏感区见图 5.9-2。



(1 点为升压站左右，2 点为花园口海域的航道处)

图 5.9-1 溢油点位置图

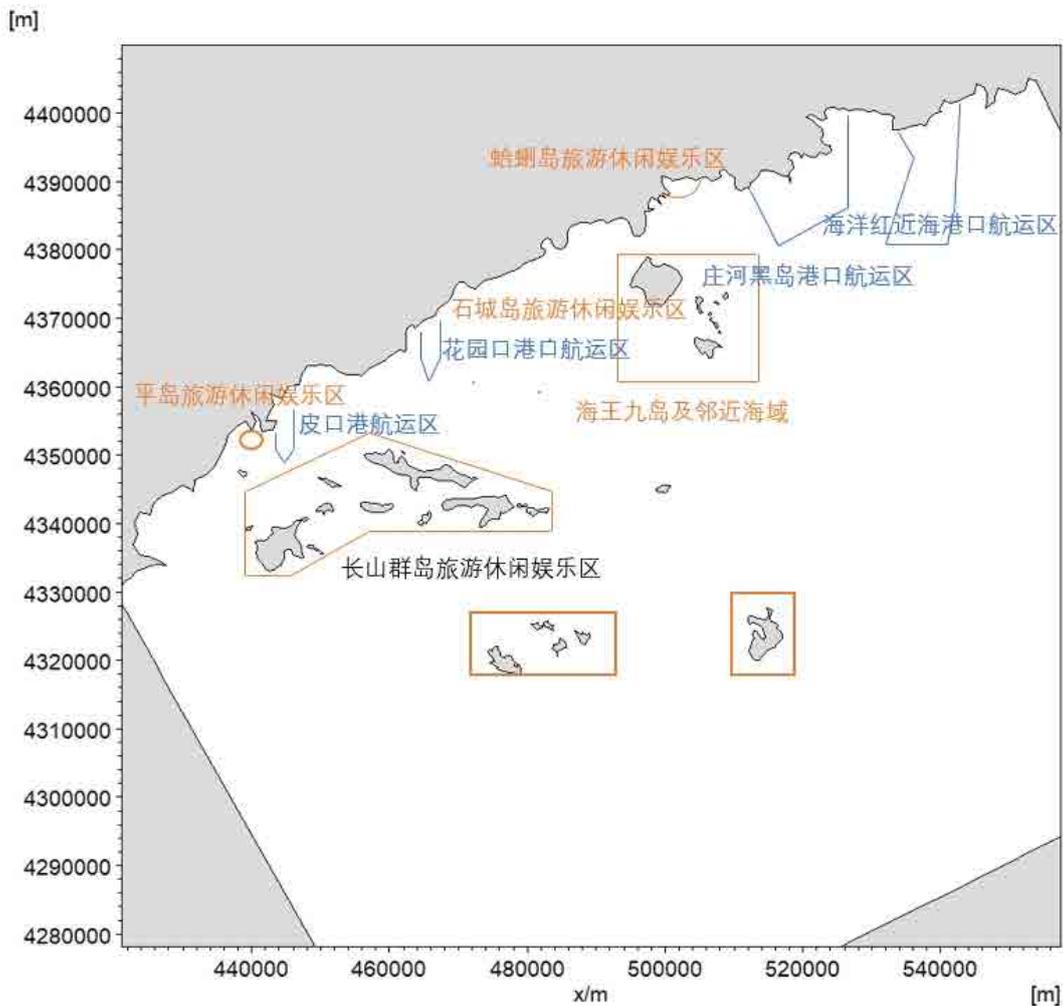


图 5.9-2 溢油区域相邻敏感区图

## (2) 事故规模

可能最大水上溢油事故溢油量为 100 t。

## (3) 溢油发生时刻

模拟涨潮和落潮两种工况。

### 5.9.3.3 溢油计算工况

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。

大连市地处东亚季风区，偏北和偏南风为主导风向，也是风能集中的风向。

根据长海气象站 1986~2015 年共 30 年逐年月平均风速统计资料，长海气象站近 30 年（1986 年~2015 年）年平均风速为 4.1m/s，选取多年主导风向以及对敏感目标影响较大的不利风向，多年平均风速（4.1m/s）和最大风速（本工程施工停工标准为 6 级以上大风，故最大风速按 6 级风的上限值 13.8m/s 设定）进行溢油计算的风速风向条件。溢油计算条件组合见表 5.9-6。

表5.9-5 溢油计算条件组合

溢油位置	溢油	风速(m/s)	风向	溢油发生时刻
升压站附近 N122°46'36" E39°24'56" 花园口航道处 N39°22'22" E122°50'41"	工况1	4.1	N	涨憩
	工况2			落憩
	工况3		S	涨憩
	工况4			落憩
	工况5	13.8	NE	涨憩
	工况6		SW	落憩
	工况7		SE	落憩
	工况8		SSW	落憩
	工况9		NNE	涨憩

### 5.9.3.4 溢油计算结果

海上溢油因其自身性质，在海洋水动力环境、气象环境的共同作用下，进行着漂移、扩散、挥发、溶解等运动变化过程。根据上述模型，结合项目研究海域自然条件，对海上溢油行为进行了预测。

根据各种工况计算的结果，表 5.9-7、5.9-8 给出了两处溢油点各种工况下溢油发生后各时刻油膜面积及 72h 油膜总扫海面积，图 5.9-3、5.9-4 给出了各工况下典型时刻油膜扫海范围，图 5.9-5、5.9-6 给出了各工况下油膜 72h 的运动轨迹图。结果如下。

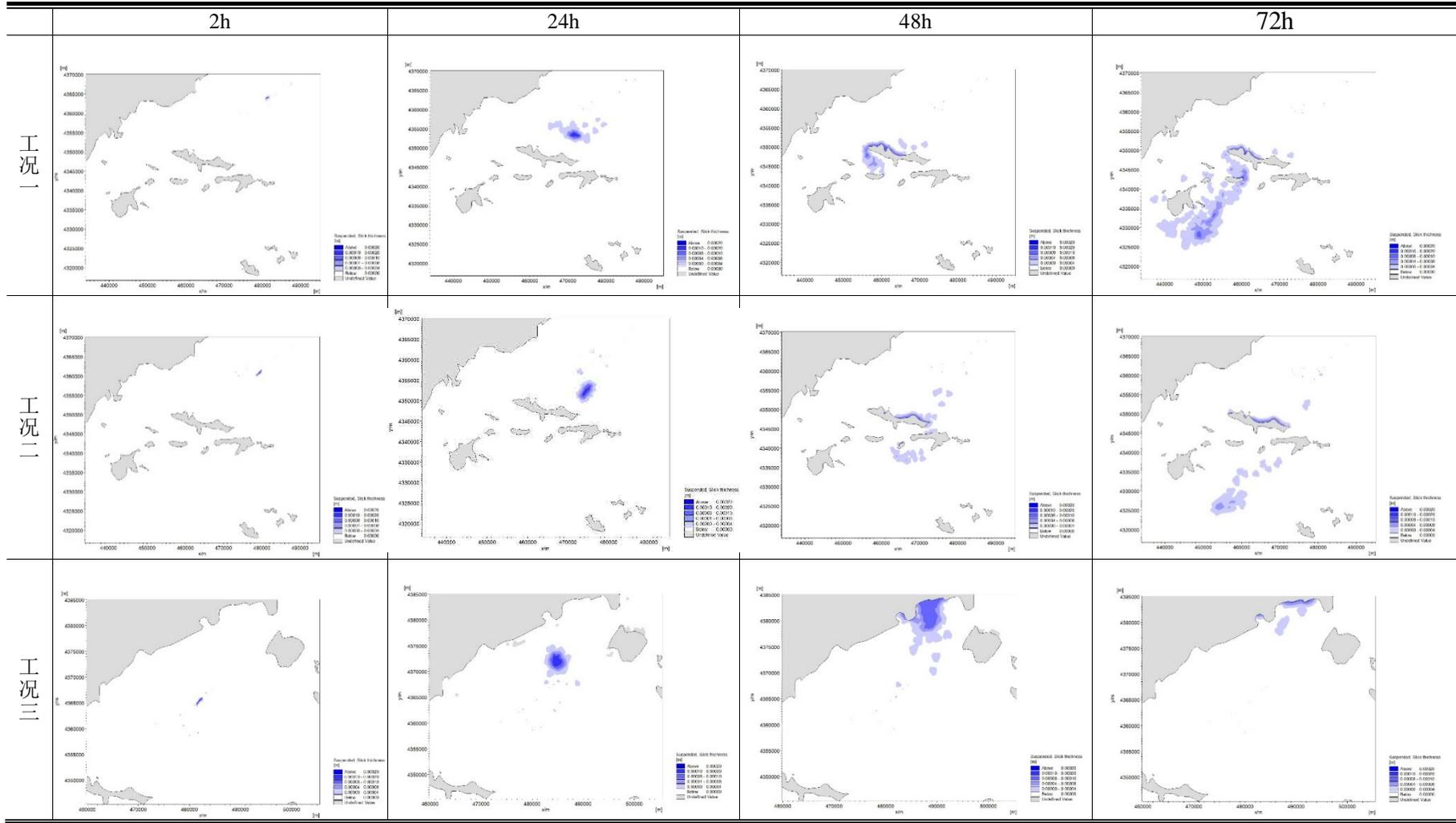
表5.9-6 升压站溢油点油膜扫海面积随时间变化单位：km<sup>2</sup>

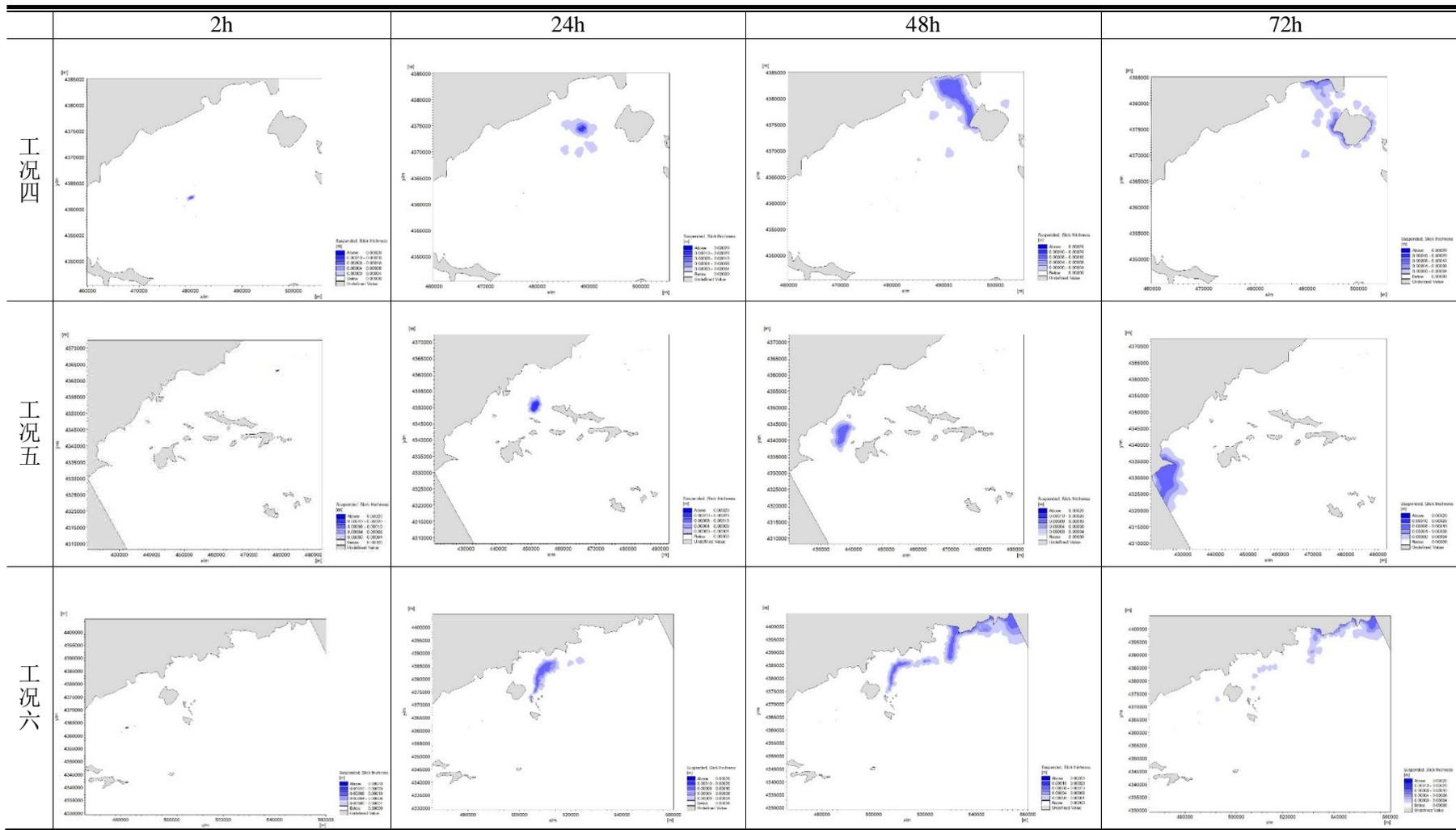
工况 时间/h	工况1	工况2	工况3	工况4	工况5	工况6	工况7	工况8	工况9
2h	7.04	5.15	4.62	5.74	6.11	7.33	6.32	4.36	6.33
24h	57.67	64.22	53.23	61.43	43.28	95.25	32.56	67.22	60.44
48h	96.48	120.15	150.41	144.76	92.43	343.52	35.25	40.47	244.82
72h	298.25	191.61	140.57	180.16	173.66	215.03	164.24	41.25	123.25
72h总扫海 面积	459.42	381.13	348.83	392.09	315.48	661.13	234.37	153.3	434.8

表5.9-7 花园口航道溢油点油膜扫海面积随时间变化单位: km<sup>2</sup>

工况 时间/h	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
2h	5.75	6.55	4.76	4.24	6.23	4.31	8.33	4.36	8.61
24h	61.43	81.34	45.61	45.35	50.27	57.44	32.56	87.68	37.22
48h	160.36	210.27	73.21	67.12	74.43	80.65	35.25	30.16	43.47
72h	231.55	423.52	235.41	195.17	80.48	69.47	40.24	32.64	43.14
72h总扫海 面积	459.09	720.68	358.99	311.88	217.41	211.87	116.38	207.48	132.44

5 环境影响预测与评价





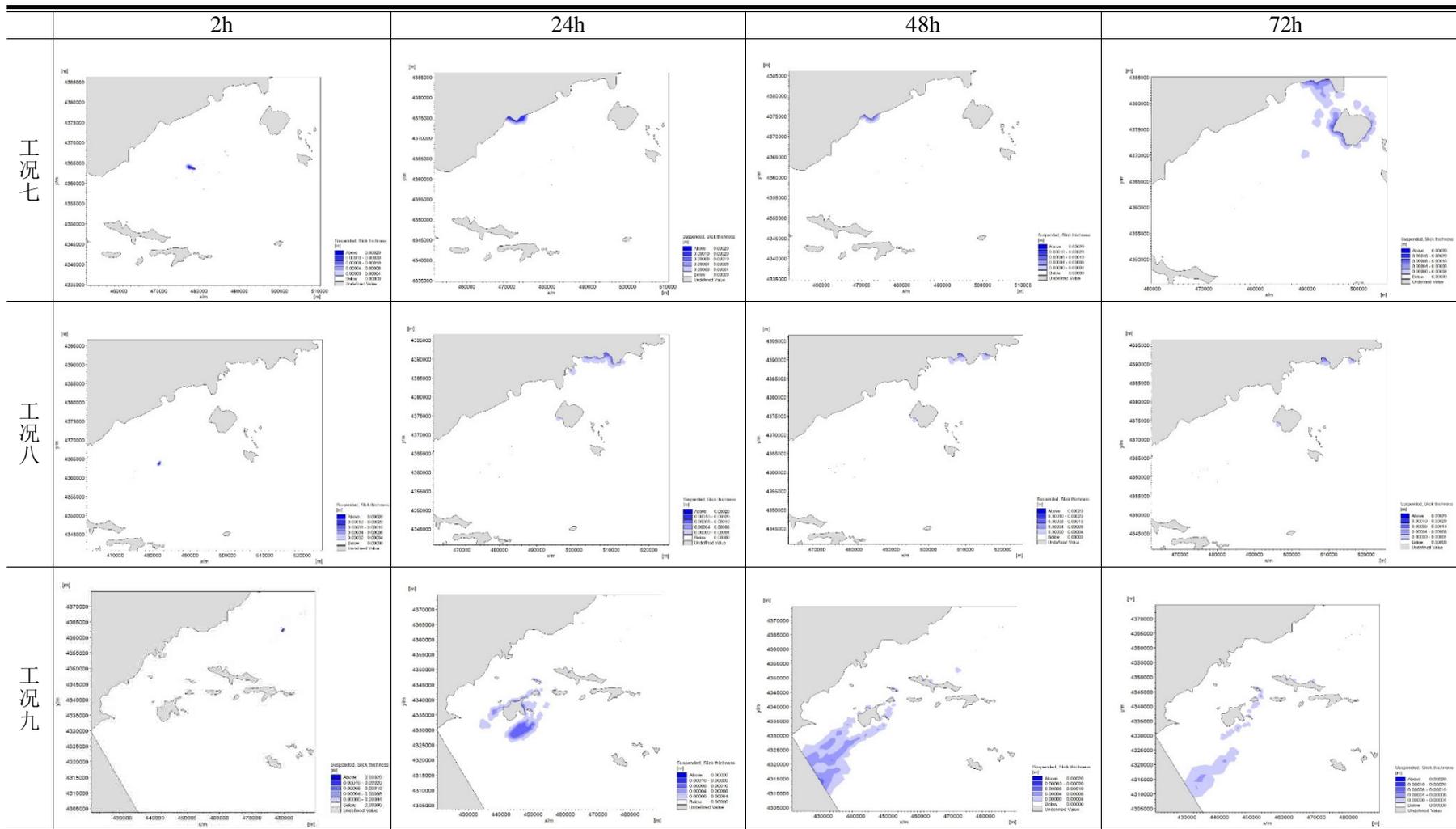
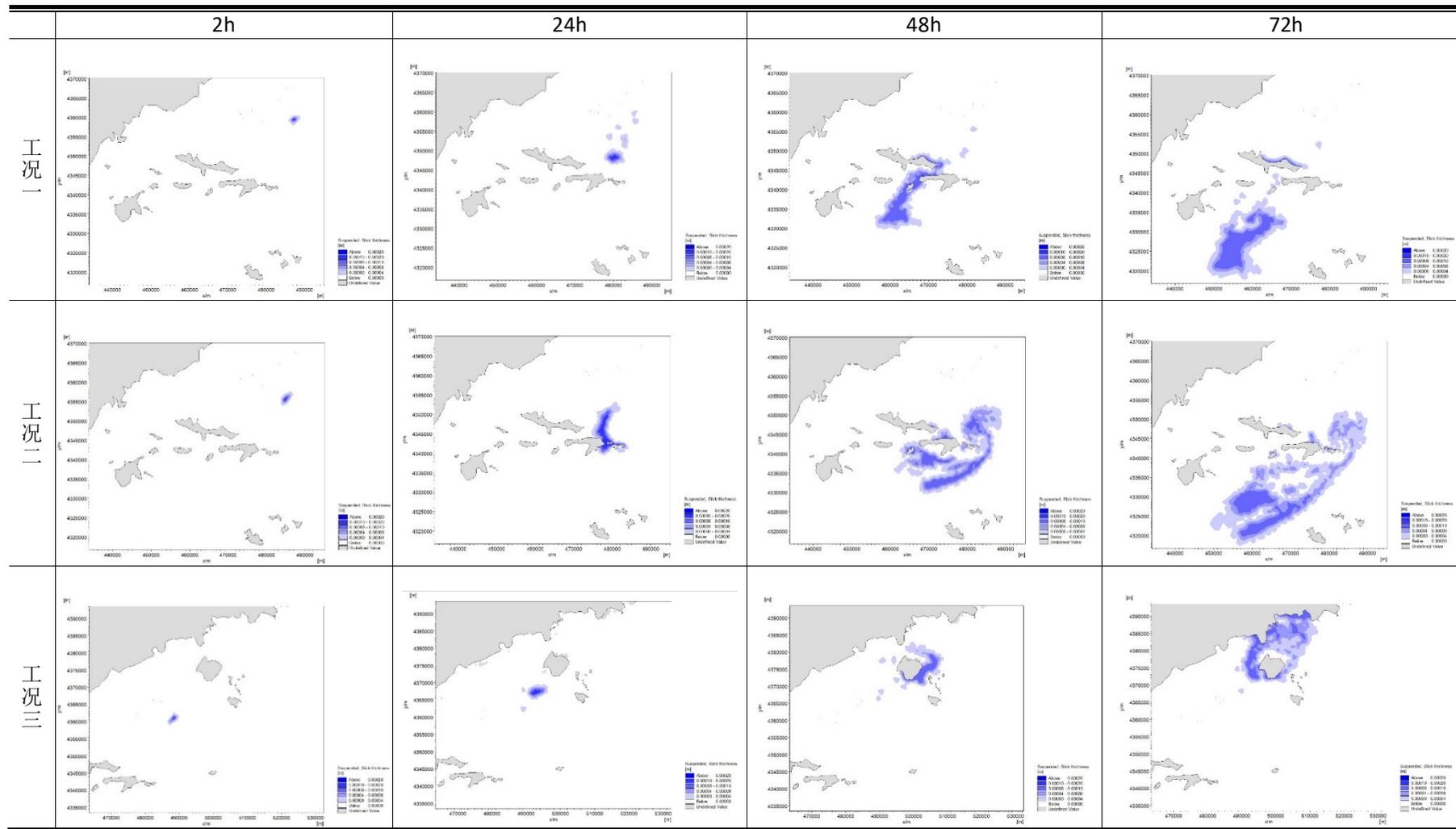
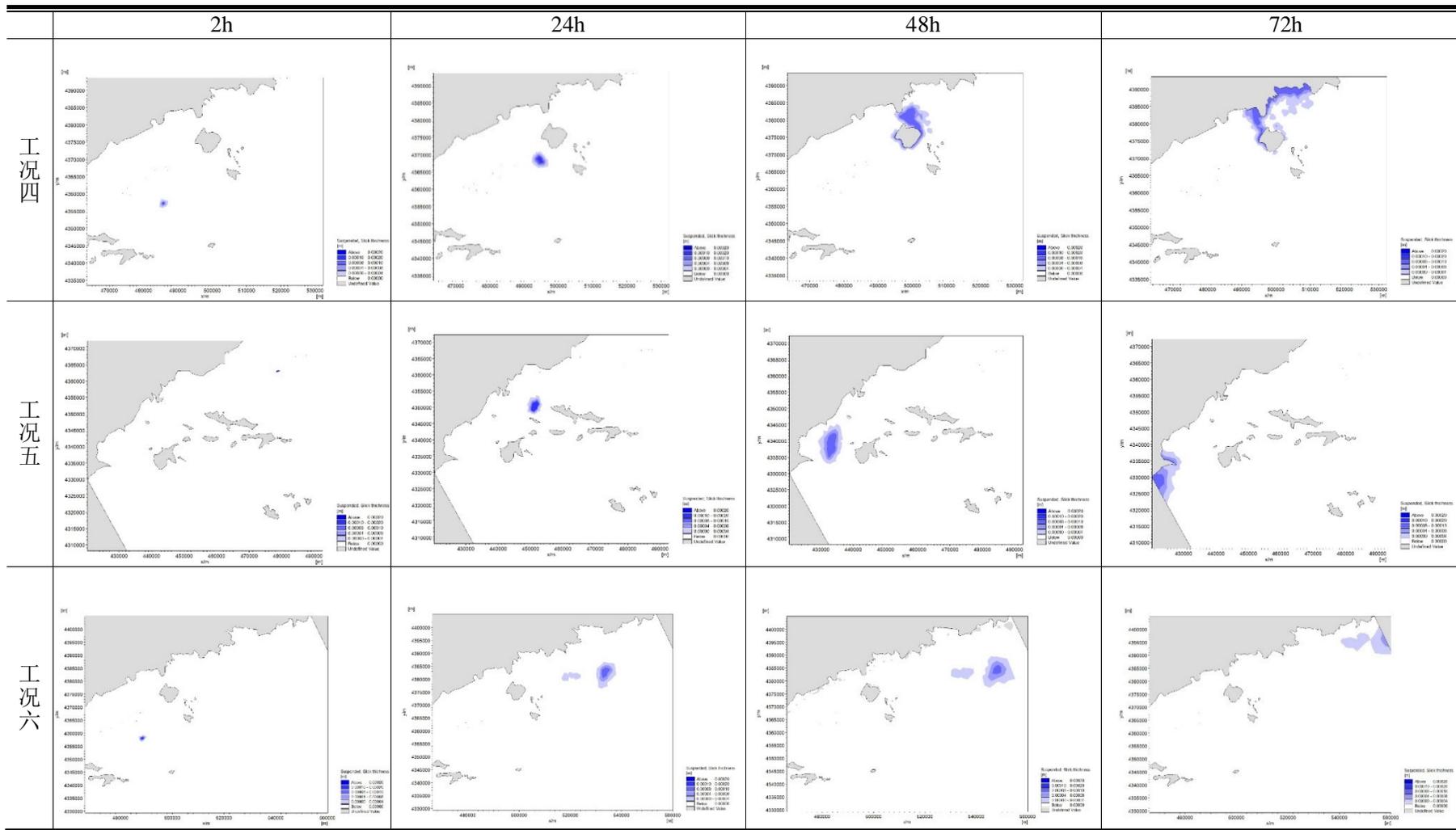


图 5.9-3 升压站溢油点各种工况下典型时刻下油膜瞬时运动分布图



5 环境影响预测与评价



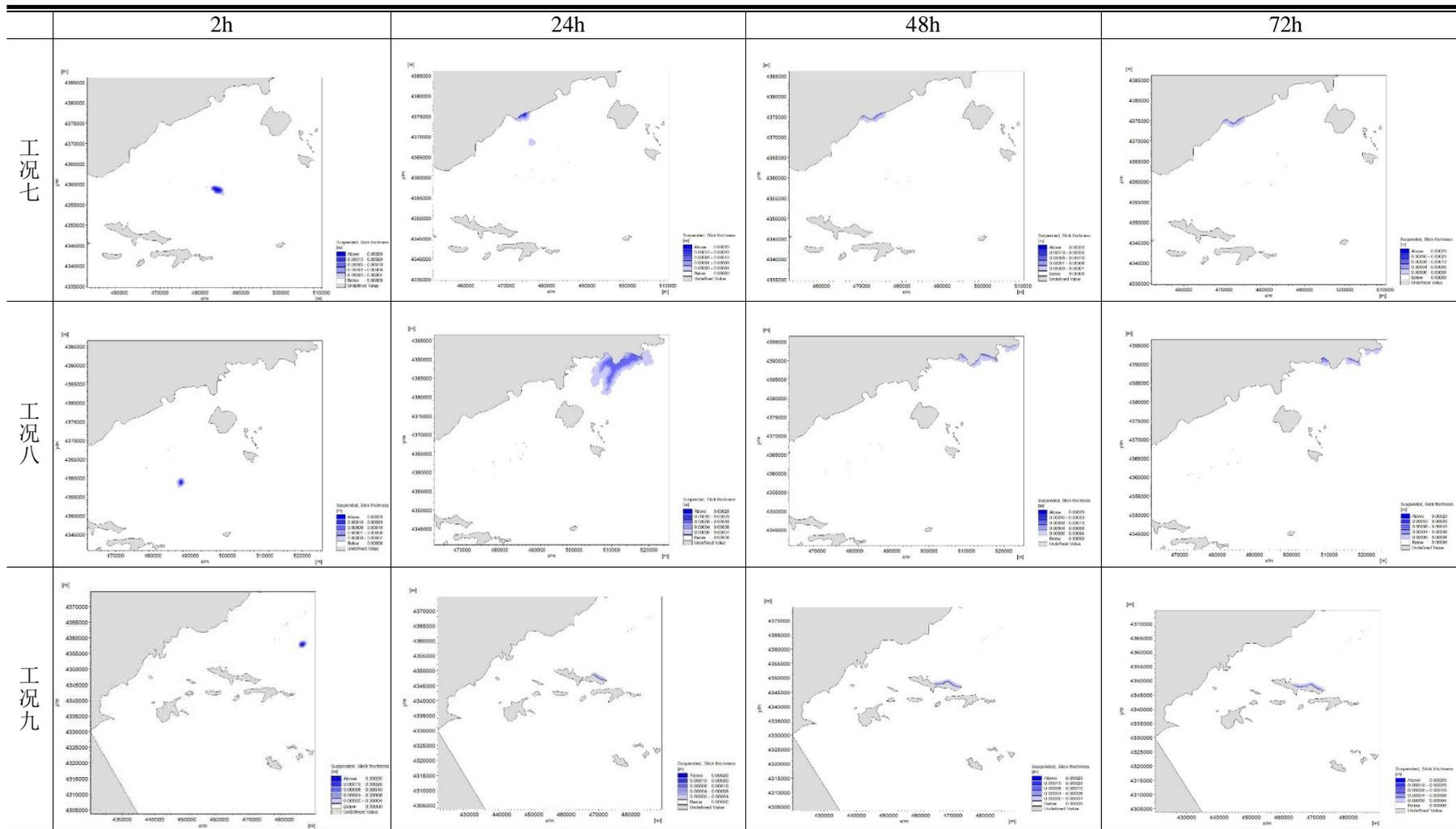
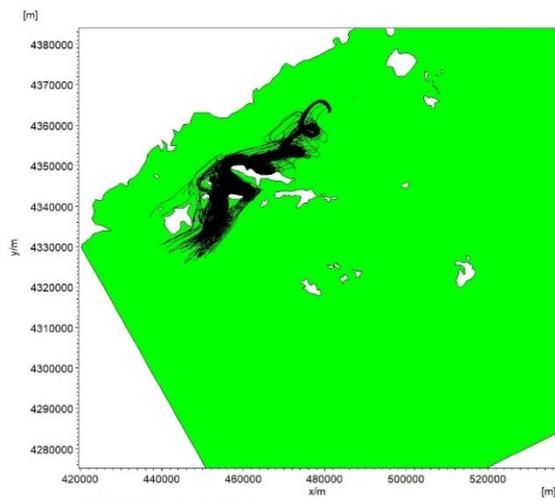
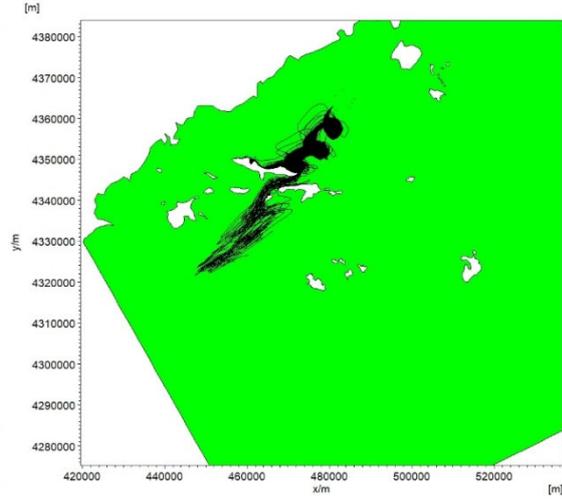


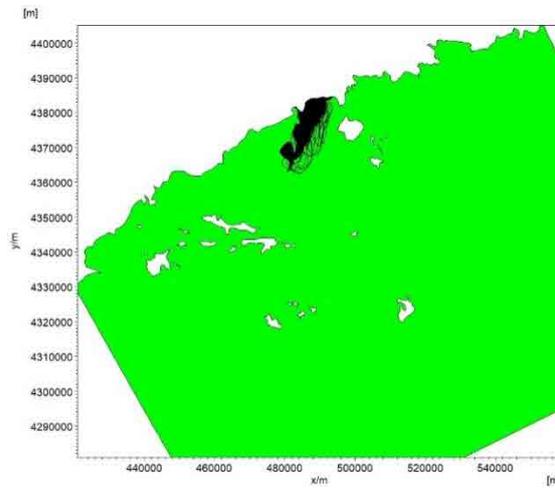
图 5.9-4 花园口航道溢油点各种工况下典型时刻下油膜瞬时运动分布图



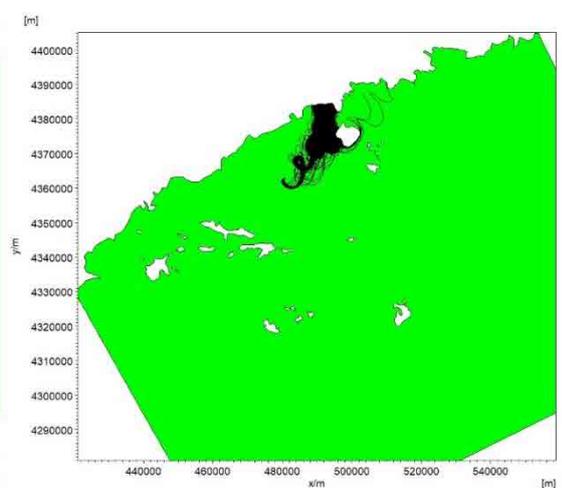
工况 1



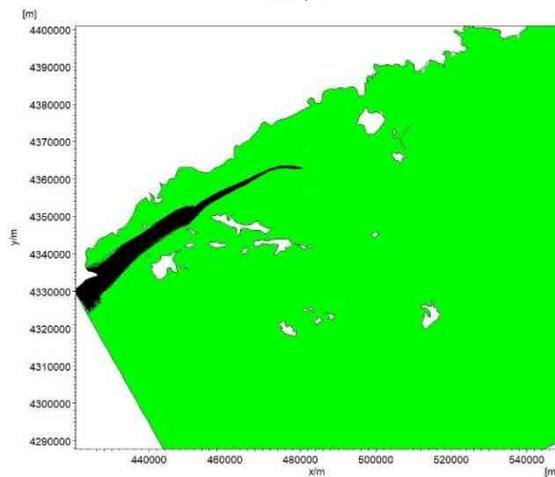
工况 2



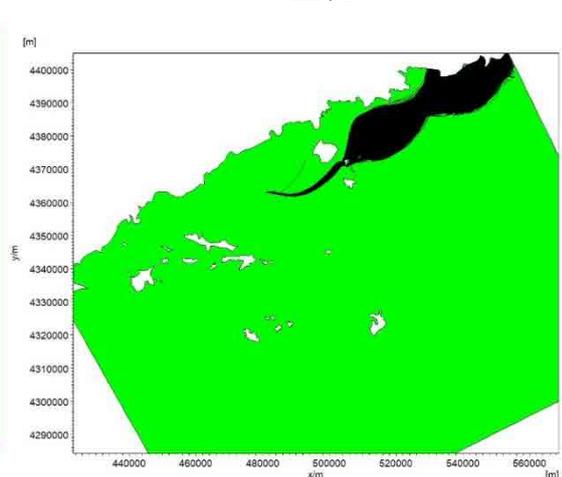
工况 3



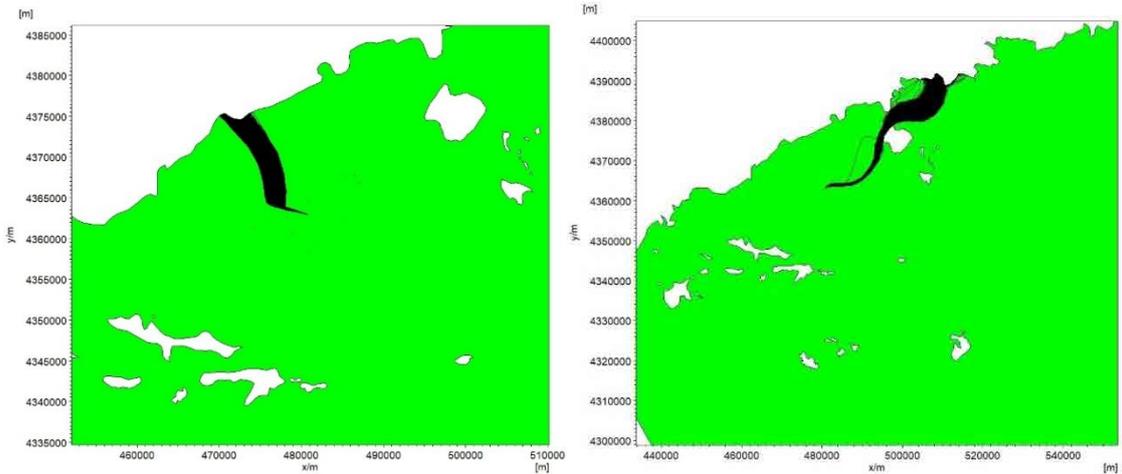
工况 4



工况 5

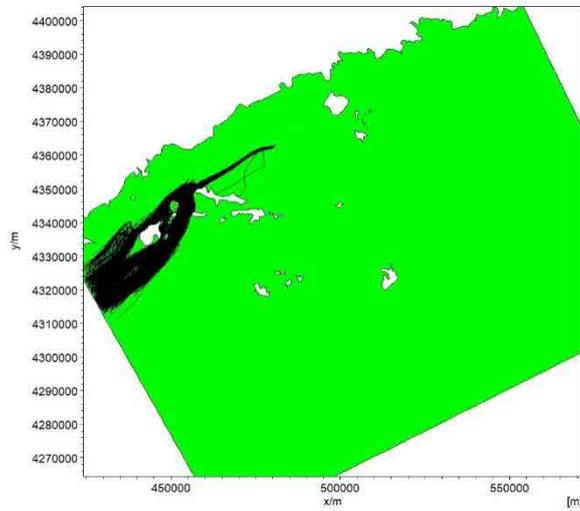


工况 6



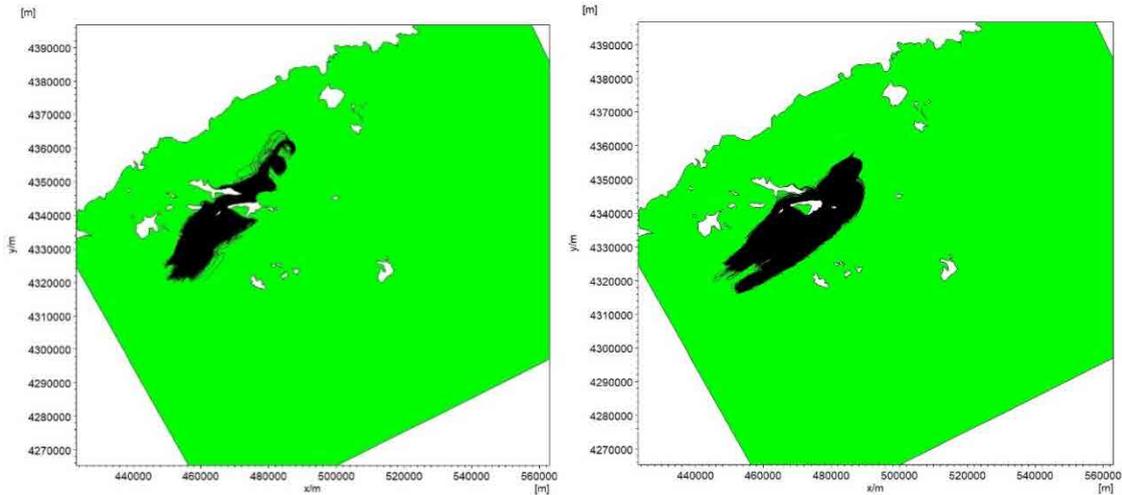
工况 7

工况 8



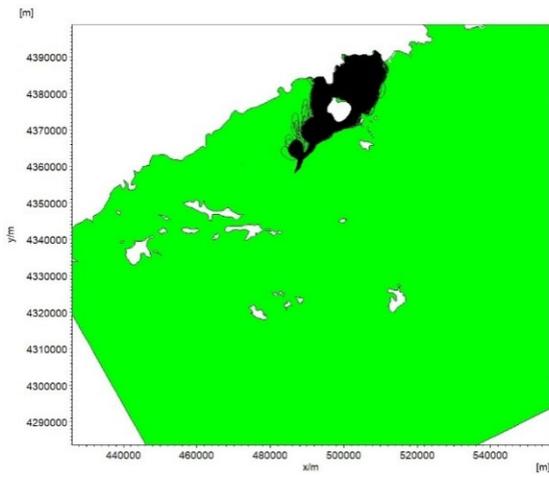
工况 9

图 5.9-5 升压站溢油点各工况条件下 72h 油膜运动轨迹图

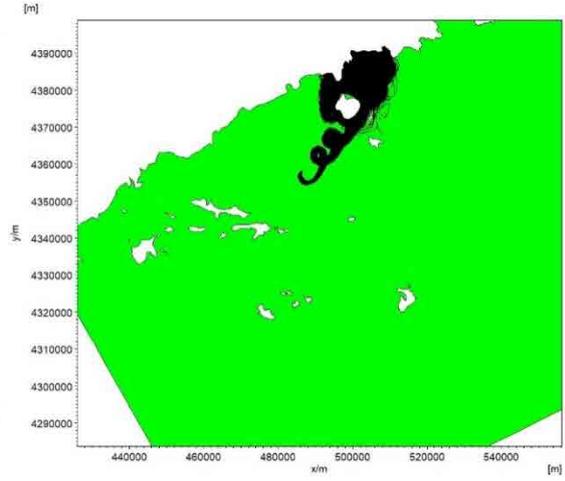


工况 1

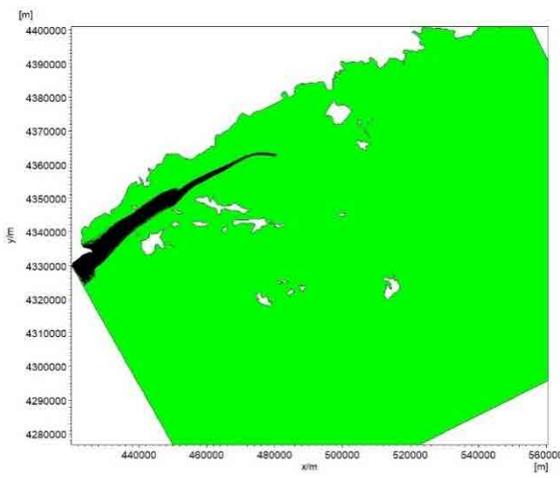
工况 2



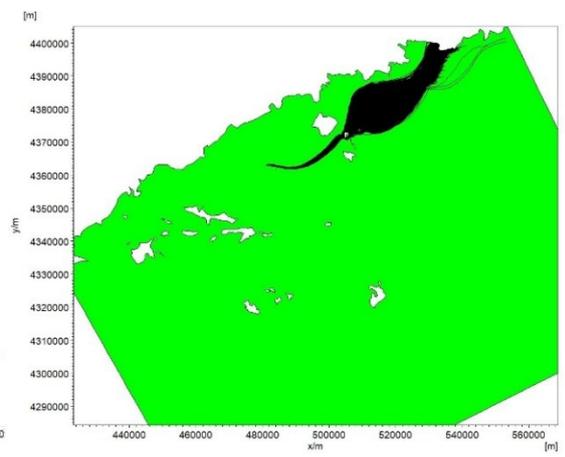
工况 3



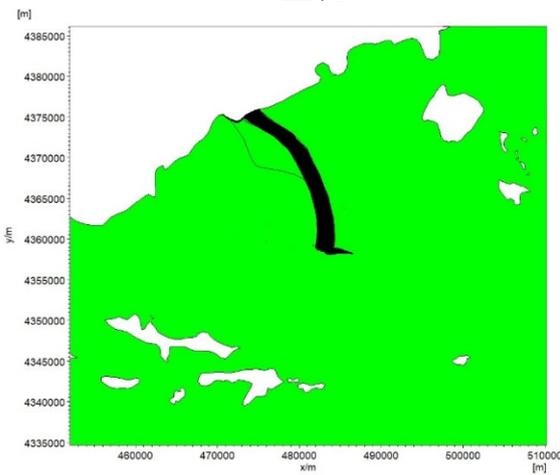
工况 4



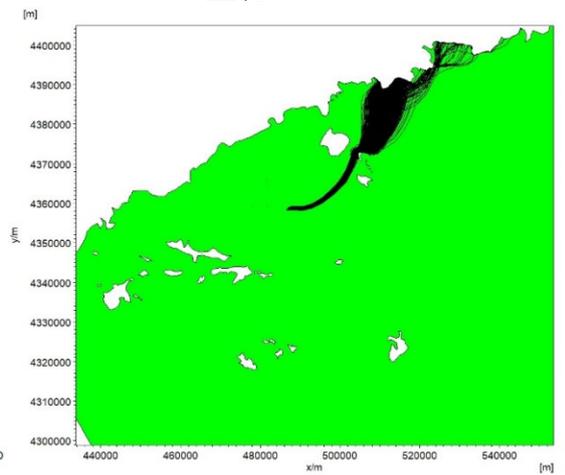
工况 5



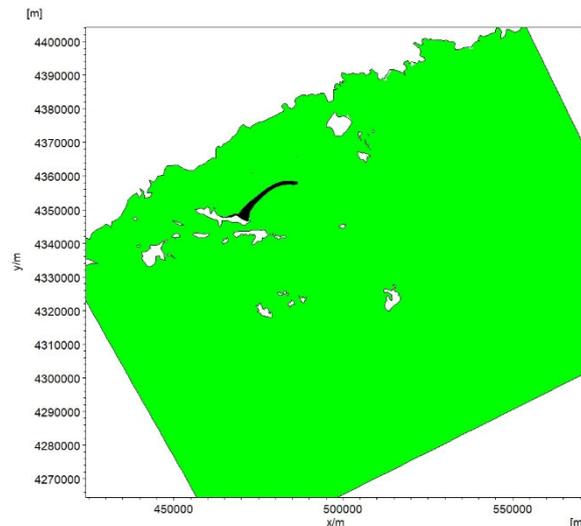
工况 6



工况 7



工况 8



工况 9

图 5.9-6 花园口航道溢油点各工况条件下 72h 油膜运动轨迹图

### (1) 溢油计算结果影响分析

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。溢油发生后，在常风向北风（工况 1、2）作用下，油膜在潮流作用下呈现东北-西南向运动，同时受风的影响，整体向西南方向漂移，其中工况 2 在涨潮流条件下，向南方向漂移的更多。在常风向南风（工况 3、4）作用下，油膜在潮流作用下呈现西南-东北向运动，同时受风的影响，整体向东北方向漂移，到达岸边被岸滩吸附。不利工况条件下，风速较大，达到 13.8m/s。其中在落潮流、东北风 13.8m/s（工况 5）的作用下，油膜后受风和潮流作用向西南方向快速漂移，到达平岛旅游休闲娱乐区附近。在西南风 13.8m/s（工况 6）的作用下，油膜快速向东北方向漂移，受涨潮流作用略偏东，穿越海王九岛海洋保护区、庄河黑岛港口航运区，到达海洋红近海港口航运区附近，油膜基本在靠岸区漂移。在东南风 13.8m/s（工况 7）的作用下，溢油发生后，油膜快速向西北方向漂移，并被岸滩吸附。在西南偏南风 13.8m/s（工况 8）的作用下，油膜迅速向东北方向运动，并被岸滩吸附。在北风 13.8m/s（工况 9）和涨落潮流作用下，油膜迅速向西南方向运动，扩散距离较远。

表5.9-8 升压站溢油点溢油对周围功能区的影响

功能区	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
长山群岛旅游休闲娱乐区	30h	21h	/	/	15h	/	/	/	10h
海王九岛及邻近海域	/	/	/	/	/	12h	/	/	/
花园口港口航运区	<1h								
皮口港口航运区	/	/	/	/	38h	/	/	/	/
平岛旅游休闲娱乐区	/	/	/	/	40h	/	/	/	/
庄河黑岛港口航运区	/	/	/	58h	/	22h	/	24h	/
海洋红近海港口航运区	/	/	/	/	/	33h	/	/	/
蛤蜊岛旅游休闲娱乐区	/	/	/	/	/	/	/	20h	/
石城岛旅游休闲娱乐区	/	/	28h	33h	/	10h	/	9h	/

表5.9-9 花园口航道站溢油点溢油对功能区的影响

功能区	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
长山群岛旅游休闲娱乐区	30h	21h	/	/	15h	/	/	/	9h
海王九岛及邻近海域	/	/	/	42h	/	9h	/	8h	/
花园口港口航运区	<1h								
皮口港口航运区	/	/	/	/	38h	/	/	/	/
平岛旅游休闲娱乐区	/	/	/	/	40h	/	/	/	/
庄河黑岛港口航运区	/	/	58h	/	/	22h	/	20h	/
海洋红近海港口航运区	/	/	/	/	/	32h	/	43h	/
蛤蜊岛旅游休闲娱乐区	/	/	59h	58h	/	/	/	/	/
石城岛旅游休闲娱乐区	/	/	28h	32h	/	7h	/	7h	/

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，油膜到达石城岛旅游休闲娱乐区的最短时间约 7h，到达长山群岛旅游休闲娱乐区和海王九岛及邻近海域的最短时间约 9h，到达皮口港口航运区和平岛旅游休闲娱乐区的最短时间约 38h，到达长山群岛旅游休闲娱乐区的最短时间为 29h，到达庄河黑岛旅游休闲娱乐区、蛤蜊岛旅游休闲娱乐区、海洋红近海港口航运区的最短时间分别约为 20h、20h 和 32h。风电场周边海洋保护区及旅游休闲娱乐区较多，溢油风险敏感目标较多，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。同时要加强突发事件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。

#### 5.9.4 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 等曾将黑海某些桡足类、和枝角类暴露于 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鲮鱼仔鱼 *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鲮鱼的 96h-LC<sub>50</sub> 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-LC<sub>50</sub> 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。

本文通过数值模拟预测方法，对庄河海域花园口风电场周边可能发生的船舶溢油事件进行了环境影响分析预测。通过计算可以发现，在溢油情景下，泄漏油品对于长山群岛、石城岛等敏感区域的影响较大。溢油事故发生后，油膜在风和潮流往复涨落的共同作用下呈现出蛇形运动。无论油膜是否抵达岸边，都会对海洋环境以及渔业资源产生污染损害，而溢油一旦抵岸将造成岸线的严重污染。因此，花园口风电场应在日常工作中加强溢油污染防治管理，缩短溢油应急响应时间，制定各类船舶溢油污染防治对策，降低海水溢油风险与环境影响。

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。

## 5.9.5 环境风险防范措施和应急预案

### 5.9.5.1 施工期溢油风险防范措施

本项目施工期溢油风险主要来自于施工船舶溢油风险，为减小施工船舶溢油环境风险事故对环境的影响，对于溢油等环境事故风险必须具有高度的认识与戒备，切实贯彻“以防为主，防治结合”的方针，制定切实可行的管理措施。此外，若发生溢油事故，必须采取相应的应急处理措施，以尽量减轻其所产生的危害。结合本项目的实际情况，本项目施工期溢油事故主要包括船舶交通航行事故(碰撞、触礁、搁浅等)、人为失误事故、船舶本身(完整性)事故(包括船舶结构损坏、设施故障等)和自然灾害事故等。针对本项目施工期可能发生的各类事故类型，项目应采取如下溢油风险防范措施：

#### (1) 船的交通航行事故引起的溢油风险防范措施

①施工期施工单位应按规定办理水上水下施工作业手续，申请划定施工水域和安全作业区域。施工期间所有作业和运输船舶必须按照交通部信号管理规定悬挂信号灯，在施工现场设置必要的警示装置，施工向航道部门申请增设足够的临时航标，并按照海事部门和航道部门的要求按照划定的施工水域施工。

②在施工前发布航行公告，严禁无关船舶进入施工作业水域。注意施工期间对进出附近水域船舶的影响，加强对作业船舶的监管。

③施工单位在施工前应 与海事部门等充分沟通协调，及时了解项目附近海域船舶进出情况。以便尽早采取避让措施，避免施工作业船舶与进出船舶发生碰撞事故。

④船舶夜间作业时显示的灯光应实行管制。防止出现影响船舶在出海航道正常航行的背景亮光，从而发生船舶碰撞事故。

⑤在项目施工期间，必须做好项目自身船舶的通航秩序，给出明显的通航标志，限制船舶行使的速度。

(2) 人为失误引起的溢油事故风险防范措施

①强化船员管理。船员必须持有与其所服务船舶种类、吨级、航区、职务等相符的有效的适任证书上岗。船员必须严格遵守《国际海上避碰规则》，谨慎驾驶，减少海上交通事故的发生。船舶万一发生事故致有沉没风险时，船员离船前应尽可能关闭或堵塞油舱(柜)管系的阀门和通气孔等，以减少或避免溢油事故的发生。

②加强船舶作业人员的技术培训、专业培训，提高操作人员责任心和专业技能。

(3) 船舶本身(完整性)引起的溢油事故风险防范措施

①本项目施工船舶应精选性能良好的船舶。

②加强设备设施的保养和定期维修,以确保其保持良好的运行状态，防止由于设备、管道、阀门等损坏导致的泄漏。

(4) 自然灾害引起的溢油事故风险防范措施

施工单位应业主单位应及时了解掌握天气情况，不得在 6 级风以上的气候等恶劣天气条件下进行施工作业。加强值班了望，配备必要的救生设施、通讯器材，确保施工安全，作业船舶在发生紧急事故时，应立即采取必要的措施，同时向主管部门报告，以通免因台风等损坏管道造成油品泄漏入海事故。

### 5.9.5.2 营运期溢油风险防范措施

风电场周边分布有航道，有较多的船舶航行，为防范运行期船舶碰撞及溢油事故风险，必须采取相应的安全措施以保证船舶航行和风机的安全运行。

(1) 海上风机应涂有醒目的警示色、夜间需采用灯光照射的办法。在风电场场界连线外侧 300m 考虑设置一排黄色航行警示标，以警示船舶有效避让。

(2) 为避免变压器油泄漏对环境产生影响，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，可满足变压器油发生泄漏时的临时贮存要求。

(3) 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，与海事主管机构随时保持通讯联系，以便在发生突发事件时能及时获得海事主管机构的应急援助，

(4) 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。

(5) 对风机周围加装防撞保护，避免渔船碰撞引发事故。

(6) 建议船舶尽量远离风电场水域航行，减少船载雷达阴影区，船舶过往需要加强了望，谨慎驾驶，通过调整雷达增益改善显示效果。

(7) 加强风机基础冲刷监控，定期进行跟踪监控，防止风机基础淘空倒塌，如果发生风机倒塌事故，将及时上报县、市、省相关主管部门及海事、海监部门，对外发布航行预警通告，确保不对周边海上作业构成安全影响。风电场业主应及时组织吊装、施工单位，对倒塌风机及基础结构进行吊装、转运至陆上处理，防止风机内部润滑油料泄漏。

(8) 一但发生油料泄漏，立即采取围油栏围挡，采取吸油钻等对泄漏油料吸附回收。

### 5.9.5.3 溢油应急处理方法

溢油处理方法很多。针对海上的溢油应急情况可选择一些溢油控制方案，但必须考虑到所需设备、环境因素的影响，因此要注意优先权的选择。通常可选择的措施有围控和机械回收、喷洒化学消油剂等。

#### 1、围控和机械回收

燃料油溢到水面后，自身重力和风、流以及其他因素的作用下会迅速扩散和漂移。因此，溢油应急反应的首要任务是尽快采取有效措施，控制溢油，阻止其进一步扩散和漂移，以减少水域污染范围，减轻污染损害程度。这种将溢油控制在较小范围并阻止其进一步扩散和漂移所采取的措施称为溢油围控。

围油栏对溢油的围控、导流和防范作用，要通过适当的布放形式来实现。在开阔水域布放围油栏，主要采用两船拖带和三船拖带方式，具体还要根据实际情况而定。

#### ①两船拖带之“J”型

如下图所示，这种形式需要用两艘船。一艘作为主拖船，用于拖带围油栏较短的一端，同时存放所需的回收设备和回收作业人员；另一艘作为辅拖船，用于拖带围油栏较长的一端。围油栏的长度需要 200-400m。从主拖船至 J 形底部之间围油栏的长度为 20-40m，撇油器放置在 J 形的底部。围油栏要尽可能紧靠在主拖船的一侧（10-20m），以便于撇油器或其它回收设备的操作。

为了获得并保持理想的围油栏底部形状，可以通过拉动连接围油栏与船舶之间的绳索，对围油栏底部的形状进行适当的调整。

在进行两船拖带作业时，一般情况下，主拖船为指挥船，主拖船应根据溢油围扫情况及时、准确地向前面的拖船发出指令，拖船应注意随时与主拖船良好的通信联络，严格按照指令及时调整航向和航速，只有这样才能时刻保持良好的 J 型围扫形式，达到理想的溢油回收效果。

### ②两船拖带之“U”型

如下图所示，U 形拖带由三艘船来完成。拖带时，在前面两艘拖带船同时并进的同时，第三艘船舶则应根据两艘拖船行进的速度，始终处于 U 形的底部外侧，利用撇油器对 U 形底部聚集的油膜进行回收作业。此种形式的围扫作业，回收量较大。

### ③喷洒化学消油剂

使用化学消油剂的原则：海面溢油首先使用机械回收，消油剂应严格控制使用，在发生油污事故时，应优先采取回收措施，对少量确实无法回收的油，经生态环境主管部门准许后，方可使用少量的化学消油剂。一次性使用化学消油剂的数量，应根据不同海域和敏感区等情况，由生态环境主管部门做出具体规定。作业者应按规定向生态环境主管部门报告，经准许后方可使用。

在海面浮油可能发生火灾或者严重危及人命和财产安全，又无法使用回收方法处理，而使用化学消油剂可以减轻污染和避免扩大事故后果的紧急情况下，使用消油剂的数量和报告程序可不受限制，但事后应将事故情况和使用化学消油剂情况详细报告生态环境主管部门。

#### 5.9.5.4 溢油事故环境风险应急预案

由于工程施工期作业船舶数量较多，可能发生与周围航行的渔船等船舶的碰

撞风险，容易发生溢油风险，建议施工单位结合大连港现有可依托的溢油应急能力做好相应的应急预案，确定应急预案的物资、经费、启动条件等相应内容，确保应急预案的有效性，将风险影响降低至最低限度。

风险事故发生后，能否迅速而有效地作出应急反应，对于控制污染，减少污染损失以及消除污染等都起着关键性的作用。为使本工程对于一旦发生的溢油事故能快速作出反应，最大限度地减少事故污染对工程海域的灾害性损失，建设单位应建立应付突发性事故的抢险指挥系统，组织制定一份可操作的风险应急行动计划，定期进行演习。建设单位应委托有资质的单位编制应急预案。

#### ①应急计划区

本工程应急计划区主要为风电场区、电缆敷设线路附近。应急事件包括船舶碰撞、倾翻、海上升压站油品泄漏等突发性海上溢油事故。

#### ②应急指挥组织

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），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、应急响应、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，应急指挥部应服从海事局。应急指挥部按各自职责设立溢油应急处置小组：通信组、工艺组、溢油清理组、现场救护组、警戒组、后勤保障组、防火组、油污处理组。各小组主要职责包括：

通信组：负责应急指挥与事故现场的通信联络，确保应急救援指令的下达和现场各种信息的反馈及通信的畅通。

工艺组：及时关闭相关阀门，控制溢油源，防止事故进一步扩大。

溢油清理组：做好溢油堵截围控工作，回收泄漏油品，对溢油现场进行清理。  
现场救护组：做好伤病员的接受和医疗，提供现场进行救护等。

警戒组：保持交通畅通，注意现场警戒，实行隔离，注意溢油漂移动向，并及时向指挥部报告。

后勤保障组：提供应急所需的器材、材料及生活用品，保障应急电力供给，负责应急设备的维修。

防火组：防止火灾发生，一旦发生火灾立即实施灭火应急计划。油污处理组：负责处置油污物的工作，防止二次污染。

### ③应急响应通知程序

当船舶发生碰撞导致油泄漏事故时，应及时向应急值班报告，同时向海事主管管理部门汇报。并立即将事故简要报告上级主管领导、生产指挥系统，通知当地公安、消防部门、环保部门和港监部门。

### ④事故溢油应急预案的区域联动

本项目事故溢油应急预案应实现区域联动。

### ⑤应急通讯系统

项目应配备现代化通讯设备，能够满足溢油应急通讯的需要，无须另行设置新的专门通讯系统。

### ⑥预警和报告

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，将预警信息向湛江海事局水上安全指挥中心逐级上报，由安全指挥中心确定预警等级。

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。

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，由应急指挥部向大连海事局水上安全指挥分中心报告，最多不超过 5 分钟。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。

### ⑦应急响应及行动

船舶溢油污染事故发生后，应急处置中心应在第一时间获取事故的相关信息，

并立即向海事局水上安全指挥中心、海上搜救中心或防汛指挥中心报告，应急决策部门根据事件信息和监测数据，开展应急评估，进行综合分析，确定应急等级。根据海上船舶污染事故专项应急预案及海上管理相关文件确定应急响应等级。

应急决策部门在确定应急响应等级后，立即实施相应的应急计划，迅速开展具体的应急行动，包括人员组织和应急处置资源调配、现场的控制和清理、水上交通管制、应急监测、信息公开发布等。

#### ⑧应急措施程序

一旦船舶发生碰撞造成燃油泄漏时，要及时在泄漏点四周布设围油栏，用最快的办法将船舱内的油品用泵输送、转移到另一艘油船中去。当溢油发生后，应根据溢出量的大小、油的扩散方向、气象以及海况条件，迅速估算出围油方向和面积，缩小围圈，用吸油船最大限度地回收流失的油，然后加消油剂进行分散乳化处理，破坏油膜，减轻其对海域的污染。组织抢险队和救护队迅速奔赴现场，抢救伤员，同时采取防止事故蔓延或扩大的措施。在现场领导小组的统一组织指挥下，按照制定的抢修方案和安全技术措施，周密组织，分工负责，在确保安全的前提下进行抢修。

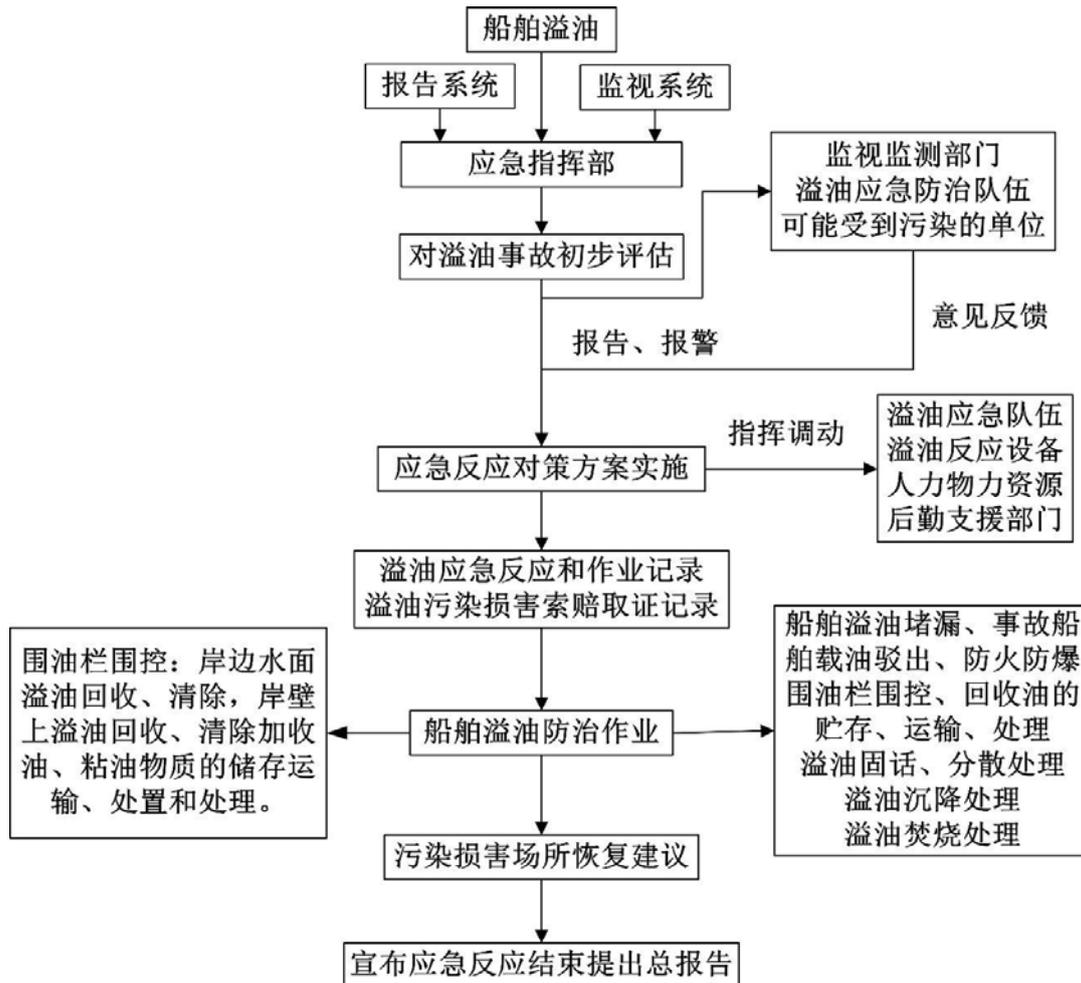


图 5.9-7 溢油事故应急响应程序图

⑨应急保障

本项目位于大连花园口近海海域，目前当地海事局管辖海域已配备了相当的溢油应急设备，但由于本项目的实施将在一定程度上增加海域船舶溢油事故发生的可能，因此需进一步提高海域溢油防范的能力。建设单位可联合大连海事局等单位、企业共同构建溢油风险方法网络体系，在依托现有设施的基础上，进一步在本工程施工船舶配备围油栏、吸油毡、消油剂等防污器材，提高溢油风险防范能力。

5.9.6 其他环境风险与防范措施

(1) 防雷措施

针对雷电对设备的破坏特性，风机应需安装一套综合的内外部避雷保护系统，

保证在直接受雷击的情况下避雷系统可用低阻抗体与基础接地极相连，保证雷击电流的可靠转移。建议在叶片上翼面复合材料中加入具有良好导电性能和比重轻的碳纤维，并在叶尖部位装一个接闪器，通过电缆与叶片法兰连接，再由轮毂通过塔架内的接地线接入地网形成雷电通道。当雷电击中叶片时，强大的雷电流通过雷电通道泻入大地，达到避雷效果，而不致使对叶片及其他设备造成损坏。

对于雷电脉冲的危害，每台升压变压器高压侧均装设一组氧化锌避雷器，避雷器能把因雷电感应而窜入电力电缆线、信号传输线的高电压限制在一定范围内，保证设备不被击穿而达到防雷效果。

本项目风力发电机塔架基础可作为自然接地体，再敷设必要的人工接地体。对地电阻小，雷电流能够迅速散流到大地，设备不会因地电位“反击”而损坏。

通过风电场的合理布置并采取上述防雷击措施，风机及电气接线和升压设备能有效抵御雷击造成的损害。

#### (2) 台风、风暴潮预防措施

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。本项目风机设计安全风速远大于乳山市多年的极大风速，因此设备机型可保证风机经受台风袭击。

#### (3) 能见度低雾航防范措施

在能见度不良情况下船舶施工要严格执行安全操作，将风险控制措施落实到位：

①船舶在雾天施工前应严格执行安全管理体系文件中的相关规定，完成各项准备工作；船长应督促驾驶员对各种航行仪器、雾号和航行灯进行检查，以确保

施工中正常使用，督促有关人员检查排水和水密设备，使之处于良好状态。

②当视线恶劣、渔船密集、避让困难、航道复杂及船长对航行安全无把握时，为确保船舶雾航安全，在条件许可的情况下，船长有权择地锚泊或滞航，切勿盲目航行。

③能见度小于5海里时，即认为能见度不良，应处于雾航的戒备状态，做好一切雾航准备工作，开启雷达并调整到最佳状态，注意守听VHF和加强了望等。

④当航经近岸、船舶密集、水道狭窄、风电场区周边等复杂水域遇雾时，应视情在驾驶台或船首增加了望人员，船首了望人员应及时将所发现或听到的情况及疑点报告驾驶台。

⑤充分利用AIS、雷达、VHF等助航仪器，获取他船的信息跟踪其动态，视情发布本船雾航警报，以提醒过往船舶注意。对碍航船应及早协调避让，避免造成行动上的误会。

⑥对于海上固定的渔区在设计航线时就应考虑远离，沿岸航行应注意到渔网渔船随时出现的可能性，谨慎驾驶提前警惕防止事故发生。

#### （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，安装于66kV环网柜内。

针对短路故障，本工程66kV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。

#### （5）鸟类碰撞风机防范措施

为减少鸟撞风机给风电场带来的损失，提出下列防范措施：

①建议在风力发电机机组叶片应涂装成橙红与白色相间颜色鲜艳的警示条带，对附近鸟类起到警示的作用，使鸟类在飞行中能及时分辨出安全路线，及时规避风机，降低撞击风险。

②建议警示用灯光的选取以红色光源为主。另外还需要在风机上增设雾灯，提高其在能见度不好条件下的醒目程度。

③在鸟类迁徙高峰时间内 24 小时观测鸟类迁徙情况，在鸟类迁徙的高峰时段，采取例如适时降低桨叶转速等措施，以减小对迁徙鸟类的影响。

④定期维护风机，使齿轮和轴承保持良好的润滑状态，从而减小风机工作时的噪声，建议在机舱内表面贴附阻尼材料对机舱进行表面自由阻尼处理，衰减振动，降低结构噪声传递，同时隔离机舱内部的噪声向外传播，以避免对鸟类飞行的干扰。

#### （6）风机基础冲刷防范措施

①进行科学合理的设计，给出有针对性的基础冲刷防护设计方案；

②定期进行桩基周边水深的跟踪监测，及时掌握桩基周边冲刷的数量变化，根据冲刷程度进行桩基保护工作；

③运营期定期对各桩基进行检查，发现险情及时上报，以便开展补救和防护工作。

#### （7）通航安全防范措施

本项目的建设改变了原有的海域条件，改变了有些小型船舶的原来的习惯航线，对附近整个海域的通航有一定程度的影响。工程建成后应充分重视这种改变对船舶通航及风电场自身带来的不利影响，因此，应采取相应的补救措施及补偿方案如下：

##### ①通航安全监管

为了减小工程建设对南北向交通流的影响，工程应通过配备有效的助航标志、配套海上交通安全自主管理系统、发布航行通告、更新后续海图等手段提醒附近船舶距离风电场安全距离通过。

通过发布航海通告等手段及时公布本工程所在的位置和相应的标志，提醒过往船舶、锚泊船舶注意避让风电场。

对施工船舶严格管理。加强施工和运输船舶人员的安全培训，确保施工期间施工船和航行于工程附近的船只都要严格遵守相关规定，采取必要的措施，确保施工正常进行和过往船只的航行安全。并检查施工船舶的登记、检验和配员要求，及进行施工船舶的签证和安全检查等。

在附近水域进行相关水工作业规划时，应当与本工程保持有足够的安全距离。

项目施工完成应第一时间报请海事局和中国人民解放军海军司令部航海保证

部及时更新航海图书资料，并发布相应《航海通告》，改正使用中的航海图书资料。

综合考虑本工程的工作条件要求和海域情况，确定风电场必须要求的安全区域，报请海事局核准并征得海事局的支持使航行船舶在安全区域之外通过、尽量保证渔船不进入安全区。

由于风电场设置在海上且高度较高，受风、浪、流和冰等因素的影响较大，对风电场本身的安全必须严密监控，防止由于倾倒或断裂形成水下障碍物。因此，工程单位应制定监控计划并保证实施。发现结构存在损坏风险时要及时处理，如结构损坏并对周围的航行安全产生威胁时，要及时通知海事主管机关发布航行警告。需对助航标志用灯进行监控和日常维护；在灯光出现故障时要及时维修，并通知海事主管机关。

### ②配套设施的配置建议

#### 助导航设施

工程施工期及营运期应配置有效的助航标志，施工期及营运期航标布设方案应通过主管机构的专项论证。

建议建设单位应根据相关规定和要求委托专门机构开展风机和风电场航标的设计和设置工作，并报主管机关批准。

拟建风电场助航标志的设计，近期应综合考虑风电场区在施工阶段和建成营运阶段的助航标志要求，并注意有序过渡。

助航标志应由相关部门负责维护，风电维护人员也应注意经常检查助航标志的有效性，发现失效应及时报告。任意助航标志失效时应及时发布航行通（警）告，并及时修复。

#### 风电场监控系统

为保证风电场风机的安全，防止航行船舶和渔船碰撞风机，建成后在图像监视及安全警卫系统基础上设置风电场监控系统，如设置雷达、AIS、VHF 和远程控制的 CCTV 系统，并通过 CCTV、相关警告设备和广播等监视和警告系统对风电设施进行监控，并接入海事局监控系统。

海上交通监视系统本工程风电场不在青岛 VTS 及周边其他 VTS 覆盖范围以内，为了保障进出乳山港船舶通航安全与风电场自身安全。作为建设单位履行安

全主体责任的重要手段，海上风电建设单位应与主体工程同时设计、同时建设、同时投入使用船舶交通监视系统。船舶交通监视系统接入海事综合监管平台；研究船舶进出港交通管制规则，一并进行专题论证。

对风电场区及附近水域海上交通情况进行监测，维护风电场区附近良好的通航环境，保障风电场以及附近水域过往船舶的通航安全。

### ③ 渔船对工程影响的建议

业主单位应从风机防撞、海缆防护等方面加强设计和安全管理工作。除设置相关的警示标志和航标灯外，还建议：

建议建设单位在风电场投入营运前，向海事主管部门申请，将风电场划定为海上禁航区，并发布相应航行通、警告，禁止除日常维护船舶外的其他一切船舶进入风电场区，以避免发生船舶与风机基础发生碰撞。

建议业主单位在风电场内构建 CCTV 监控平台，监控风电场海域及附近渔船的动态，发现渔船拟进入风电场区，立即通过甚高频或广播系统告知该渔船令其离开；

禁止渔船在风电基础上系靠。

由于拟建风电场占用海域面积较大，禁止渔船进入风电场区，渔船均需从风电场海区外绕行，给附近渔船的海上航行必然带来较大影响。这些渔船船员不一定使用新版海图，也不一定会及时接受航行通警告。因此，建议建设单位采取多种手段，广泛宣传，让渔船船员知悉风电场为禁航区，禁止渔船进入该海区。

加强与渔政部门的联系，依托渔政部门对风电场区及附近水域的渔船进行管理，确保安全。

### ④ 风电场的监测与管理

工程投产运营后，业主应制定相应的日常检查养护制度。定期检查测桩基的安全状况，特别是在恶劣天气以后应及时检查设备的安全状况及专用航标的工作状况，防止影响通航安全的因素发生。出海检查时，应选择良好的气象、水文和海浪条件，保证执行检查工作船舶的航行和作业安全。并在靠船时注意减轻碰撞，防止漏油污染。业主经检查发现存在影响附近水域通航安全的情况应及时通知海事主管部门，申请发布相应的航行警告；发现存在安全隐患时及时处理，并向海事主管机关报告。

### 5.9.7 环境风险评价小结

本项目涉及的危险物质主要为燃料油、柴油、变压器油等油类物质，主要风险事故情形包括建设及运营阶段的船舶溢油、运营阶段海上升压站储存的变压器油及柴油泄漏以火灾风险。

针对可能发生的船舶碰撞溢油事故，建设方从人员、船只、施工环境、管理等方面制定了一系列的船舶风险防范措施，并将对施工、运维船只提供相应的应急响应培训，在最大程度上将船舶溢油的可能性将至最低。

针对海上升压站可能存在的油类物质泄漏入海事故，项目在设计初便在升压站平台上设置了事故排油罐，满足水雾灭火系统一次消防用水量与一台主变压器全部油量之和。大大降低了海上升压站上油类物质泄漏入海的可能性。

综上所述，本项目在采取安全防范措施、落实各项环保措施，编制全面规范的突发环境事件应急预案的前提下，拟建项目从环境风险的角度考虑是可行的，环境风险可防控。

## 5.10 对海洋环境敏感目标及功能区等影响分析

### 5.10.1 对辽宁大连长海海珍珍贵生物省级自然保护区的影响分析

辽宁大连长海海珍珍贵生物省级自然保护区位于风电场西南侧，最近距离约14.9km，其保护目标为刺参、皱纹盘鲍等海珍品及温带岩礁生物群落。

由于工程距离保护区较远，工程施工中悬浮物增量基本不会对保护区水质造成影响，且施工期较短，影响是暂时的，随着施工结束而消失。

### 5.10.2 对辽宁大连长山列岛海洋生物市级自然保护区的影响分析

辽宁大连长山列岛海洋生物市级自然保护区位于风电场南侧，最近距离约18.9km，其保护目标皱纹盘鲍、刺参、光棘球海胆等。

由于工程距离保护区较远，工程施工中悬浮物增量基本不会对保护区水质造成影响，且施工期较短，影响是暂时的，随着施工结束而消失。

### 5.10.3 对农渔业区的影响分析

本工程位于长山群岛农渔业区。

长山群岛农渔业区海域使用管理要求为：1、建设现代化规模化海洋牧场，保护重要渔业水产种质资源。2、限制改变海域自然属性，保护自然岸线形态，保护岛礁资源和岛礁生态系统。3、合理安排和保障陆岛交通、岛屿间航道、管线等基础设置用海。4、整治修复海岛生物生态环境。5、保护各岛屿间军用航道、海底电缆等。海洋环境保护要求为：加强海洋生态系统健康监测评价，防治渔业养殖污染，控制养殖容量，区域水质执行不低于二类海水水质标准，沉积物质量和海洋生物质量不低于一类标准。

#### （1）施工期的影响

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长山群岛农渔业区内，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。

### 5.10.4 对周边岛屿及其周围海域的影响分析

项目西南侧距长山群岛 9.9km，南侧距乌蟒岛 20km，根据前文影响预测：

风电场建设对海域的潮流影响主要集中在桩基局部，并以流速减小为主，涨落急时迎流侧和背流侧的流速均有所减小，且背流侧变化幅值及范围更大，随涨落潮过程中的流向改变，其影响范围也发生改变。风电场工程的建设对风电场周边海域潮流特性影响较小，周边海域流速变化基本在 0.01m/s 以内。

工程距离岛屿较远，工程施工中悬浮物增量基本不会对其周边水质造成影响。因此基本不会对其自然岸线形态，岛礁景观资源和生态系统、水产种质资源等产生影响。

### 5.10.5 对周边海洋保护区的影响

#### (1) 碧流河口保护区

碧流河口海洋保护区位于风电场西北侧 10.6km。其海域使用管理要求为：(1) 保持河口海湾自然形态。(2) 限制改变海域自然属性禁止填海造地。(3) 整理海域空间，确保河口行洪安全。海洋环境保护要求为：重点保护河口海域生物多样性和生物栖息环境，区域水质、沉积物质量和海洋生物质量执行不低于国家一类标准。

本工程对碧流河口海洋保护区的影响主要为海缆施工产生的悬浮泥沙对保护区及附近海域海水水质的影响。由于工程距离保护区较远，造成其悬浮物增量较小，基本不会对红线区水质造成影响，且施工期较短，影响是暂时的，随着施工结束而消失。

## (2) 大长山岛海洋保护区

大长山岛海洋保护区位于风电场西侧 14.2km。其海域使用管理要求为：保护自然岸线、海岛和岛礁资源，限制改变海域属性。海洋环境保护要求为：重点保护岛礁生态系统和水产种质资源，区域水质、沉积物质量和海洋生物质量不低于一类标准。

本工程对大长山岛海洋保护区的影响主要为海缆施工产生的悬浮泥沙对保护区及附近海域海水水质的影响。由于工程距离保护区较远，造成其悬浮物增量较小，基本不会对红线区水质造成影响，且施工期较短，影响是暂时的，随着施工结束而消失。

## 5.10.6 对通航安全的影响分析

本章节内容依据《国家电投大连市花园口I海上风电项目通航安全影响分析报告》

### 5.10.6.1 影响分析

#### (1) 对附近航道的影响

本次风电场海域现有航道主要为庄河港将军石航道，长海县皮口港航道及长山群岛各码头港点航道，本工程风机距离附近的长山群岛鸳鸯港距离约为 9 海里，距离西沟港距离约为 7.5 海里，距离北嘴港约为 8 海里，距离后滩大王家岛港约 8.5 海里，据上述港区港点及附近航道的距离均超过 5 海里，对航道中航行的船舶影响甚微。



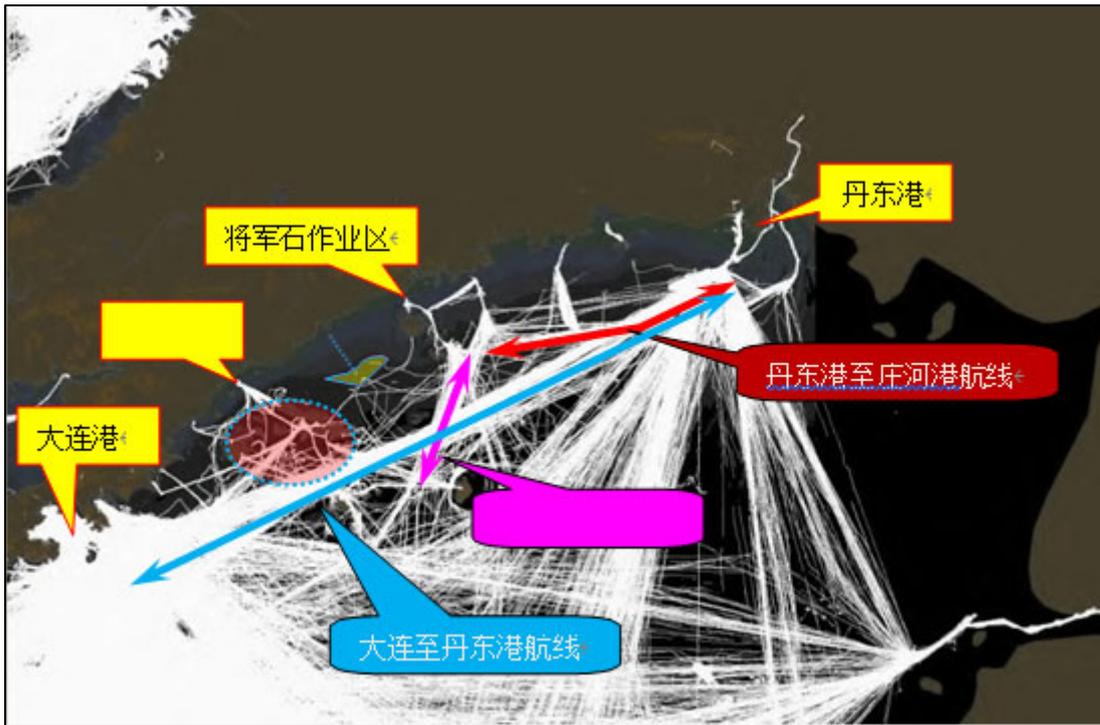
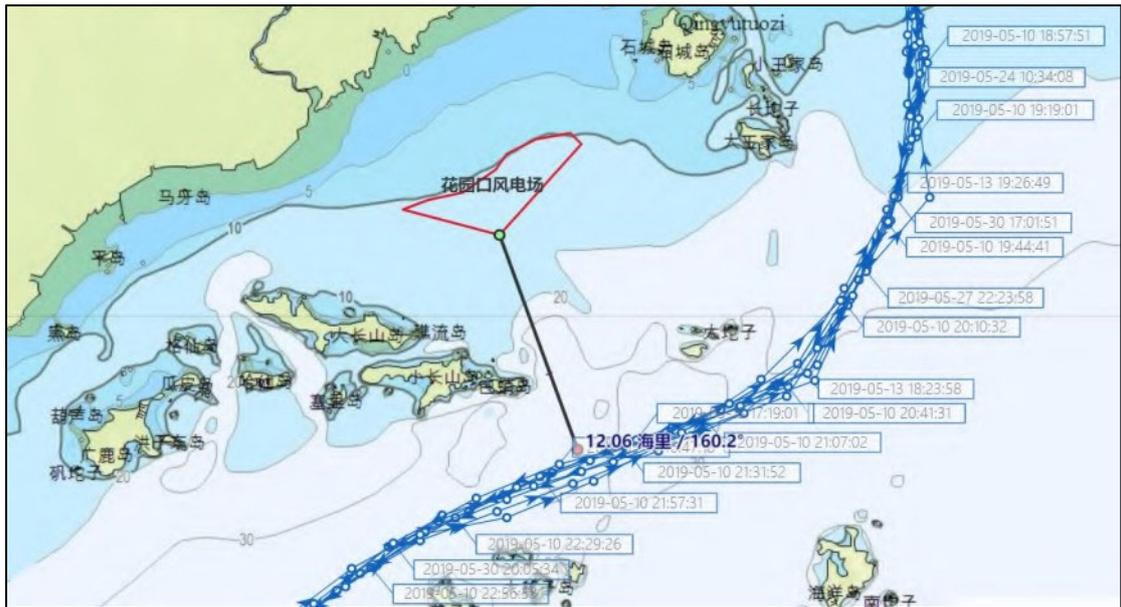


图 5.10-2 风电场水域周边习惯航线

风电场水域距离大连至丹东、大连至庄河的主要航线距离均大于 10 海里；由于长山群岛各港站位置及水域特点，长山群岛串岛航线基本背于风电场水域，且距离大于 2 海里，上述航线上的船舶基本不会航行到风电场水域，风电场对上述习惯航线上的船舶航行基本没有影响。

但不排除有个别船舶不按照公共航路水域航行，进而由于便捷而穿越风电场拟建设水域，风电场建成，应同步建设相应警示标示等通航安全设施，确保附近船舶可以直观发现风电场的建设，避免货船等营运船舶进入风电场水域。而附近航行船舶，应规范船舶航法，严格按照水域船舶公共航路航行，与风电场保持一定的安全距离，避开风电场水域，确保通航安全。



5.10-3 大连至庄河港习惯航线船舶轨迹图

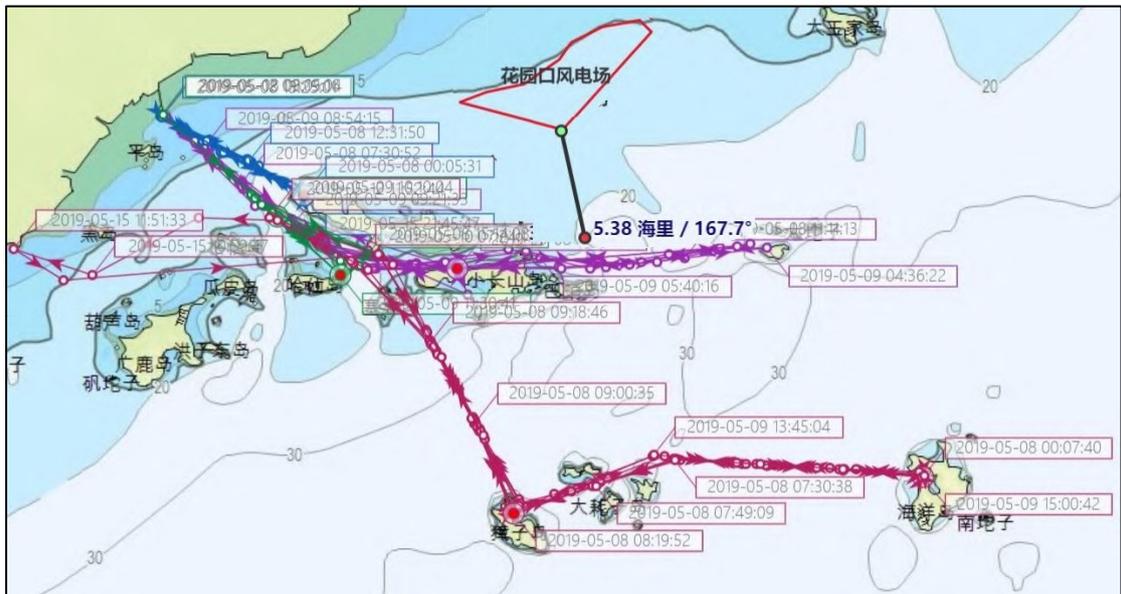


图 5.10-4 工程附近串岛航线船舶轨迹图

根据该水域串岛航线现状及规划，本风电场水域内均无相应的串岛航线经过，但根据水域串岛航路的规划及船舶实际航行记录分析，在该水域，存在船舶由风电场东侧水域经过的航线，业主单位应采取适当措施，降低通航环境改变而带来的通航安全风险。风电场建成后，业主单位应及时提醒附近航行船舶注意风电场水域通航环境的变化，远离风电场海域，并与主管机关沟通协调，督促船舶按照规划的航路航行，规范该水域船舶的习惯航法，确保船舶和风电场的安全。

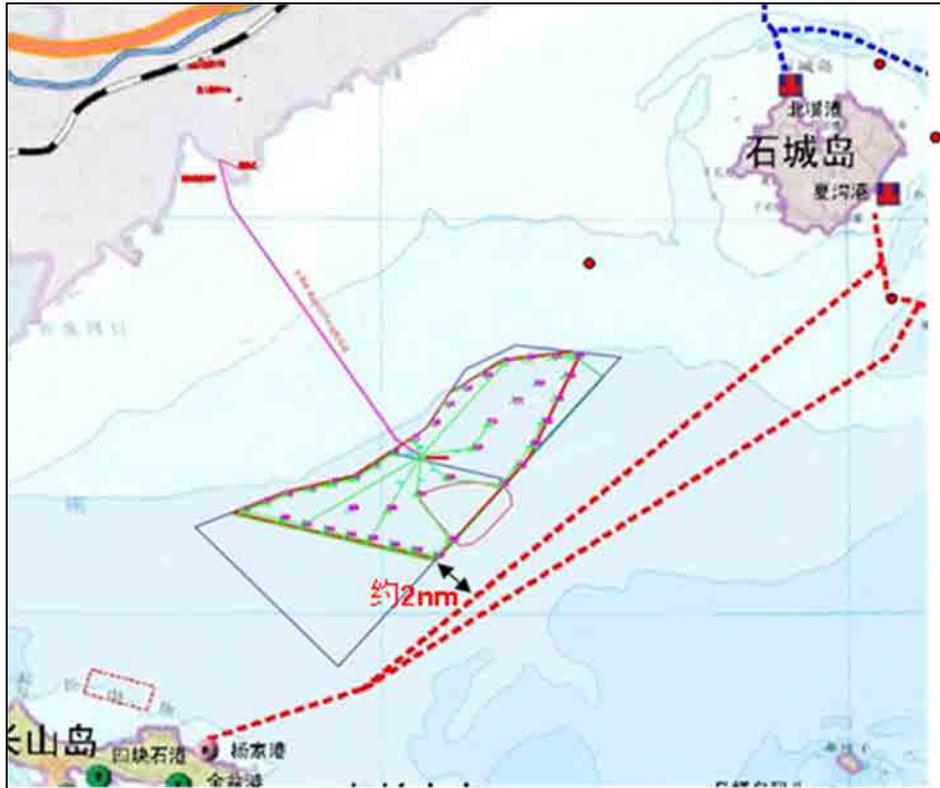


图 5.10-5 陆岛交通规划航线



图 5.10-6 长海至庄河代表航线示意图



图 5.10-7 东侧航行船舶轨迹记录图

### (3) 与渔船的相互影响

本次风电场场址所在海域分布着众多养殖区，每逢渔汛季节，都有大量渔船出海进行捕捞作业，增加了该水域的通航密度，使该水域的航行环境变得较为复杂。渔船航行没有固定航线，航行较为随意，与本次风电场之间存在着一定的影响。



图 5.10-8 现阶段风电场水域渔船数据统计图



图 5.10-9 风电场附近部分渔船作业位置示意图

通过配备 AIS 设备的部分渔船活动水域数据分析，附近渔船在风电场水域活动较为活跃，同时，不排除有部分渔船未配备 AIS 设备，对于这部分渔船，无法对其活动水域进行分析，如其均在风电场水域活动，将对风电场的安全构成威胁。

风电场应按照相关管理规定和要求，认真落实相应确保通航安全的设施设备建设，并与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。业主单位应联合海洋渔业部门，充分利用风电场自身配备的 CCTV 系统对附近的渔船进行监控，及时发现及时控制。并与相关单位联合，加大对附近水域渔民的教育和培训工作，加强对附近水域渔船的宣传和管理工作，禁止渔船和其它作业船舶在风电场水域范围内航行、捕捞，并保持一定的安全距离

#### (4) 海底电缆与渔船的相互影响

本次风电场水域范围内风机至升压平台间采用 66kV 海缆在风电场内部进行连接，升压平台位于场址 II 水域，经过 220kV 海缆线路送出风电场。66kV 海缆埋深选择为 2.5~3.0m 之间。

根据该海域渔船的作业方式，从海底电缆的埋设深度角度考虑，海底电缆埋设深度 2.5m~3.0m，基本上不会受到渔船航行及捕捞作业影响，但如果海缆埋深不足，渔船作业则很可能造成海缆受损等事故发生。因此，本次风电场所涉及到的海缆应严格按照设计要求进行铺设，确保埋设深度达到要求，运营时，业主应针对海缆申请相应的海底电缆保护区，确保海缆运营安全，避免附近渔船作业对其造成影响

### (5) 对锚地的影响

本工程周围有多处锚地或船舶锚泊水域，但距离均较远。工程最外侧风机距离最近的唐黎沟锚泊水域和英坨湾锚泊水域距离均大于 5 海里，距离规划的绵羊锚地距离同样大于 5 海里。



图 5.10-10 周边锚地距离示意图

锚地和障碍物、建筑物和各种区域的相对距离应基于船舶应急备车所用时间和风流产生的船舶移动速度确定，本工程距离附近锚地距离均在 5 海里以上，能够保障船舶由于走锚失控而漂移至风电场水域。

### (6) 海缆对其周围通航环境的影响

本次风电场各风机至升压平台间采用 66kV 海缆在风电场内部进行连接。埋深 2.5~3.0m，根据前面章节该水域船舶船锚及水域底质情况分析，本次海缆埋深 2.5~3.0m，基本可以保障海缆的安全。海底电缆选线及埋深合理，基本不会对通航安全产生影响。由于附近水域有渔船进行捕捞作业，如果海缆埋深不足，可能造成海缆受损等事故发生。

因此，风电场所涉及到的海缆应严格按照设计要求进行铺设，确保埋设深度达到要求，运营时，业主应针对海缆申请相应的海底电缆保护区，确保海缆运营安全，避免附近渔船作业对其造成影响

### (7) 与附近渔港之间的相互影响

在风电场海域分布有高丽城渔港、黑岛流网圈渔港、碧流河渔港、张嘴渔港、山龙头渔港、南尖子渔港、大圈渔港等小型渔港。而距离本工程较近且可能存在一定影响的渔港分别是碧流河渔港、高丽城渔港和小盐场渔港。



图 5.10-11 周边渔港距离示意图

碧流河渔港距离本工程直线距离约 6.78 海里，高丽城渔港距离本工程直线距离约 7.18 海里，小盐场渔港距离本工程直线距离约 7.28 海里。就距离而言，本工程对上述渔港均不产生影响，但由于本工程的建设，使得进出上述渔港的渔船航线可能产生一定的变化，渔船在捕鱼区至渔港的航行过程中，应注意对本工程的避让，远离风电场水域，同时，风电场在运营期间，应充分利用风电场的各种设备对附近渔船进行监控，及时发现及时提醒，避免渔船非法违规进入风电场水域。

#### 5.10.6.2 保障措施

为确保工程建设后附近水域及船舶的通航安全，针对影响风电场水域通航安全的相应风险因素，建议采取如下缓解措施：

(1) 加强不良气象、水文情况预警，风电场维护船舶应严格按照风力 $\leq 6$ 级、浪高 $< 1\text{m}$ ，能见度 $\geq 1000\text{m}$ 的通航条件进行控制，防止工作船及工作人员在恶劣海况下发生事故。

(2) 工作船往返于风电场和基地码头之间时，应注意遵守管理规定，研究、选择科学合理的线路，减少对过往船舶的影响，并正确应用船载导航设备，以保证船舶航行安全。

(3) 按照相关要求对风电场航行警示标志配置，以提醒过往船舶注意避让。警示标志出现损坏时需及时更换，保证起到标示风电场水域的作用。同时，为帮助过往船舶更有效地发现风机，特别是浓雾等恶劣天气条件下，建议在靠外侧的风机上安装 AIS 和雷达信标。

(4) 按照相关规定，申请划定海底电缆保护区，并及时申请发布航海通告，更正海图资料，以便过往船舶及时了解风电场水域附近的变化情况，避免不必要的航行风险的产生。

(5) 风电场营运时，业主单位应通过配备的 CCTV 系统配合海事部门注意对附近通航船舶进行动态监测，并及时提醒附近通航船舶注意风电场水域通航环境的变化，确保船舶和风电场的安全。

(6) 风电场所在海域有大量渔船进行捕捞、航行作业，在捕鱼及养殖旺季，风电场周围的渔船会对该风电场的正常运营构成较大威胁，业主单位应联合海洋渔业部门，充分利用风电场自身配备的 CCTV 系统对附近的渔船进行监控，及时发现及时控制。并与相关单位联合，加大对附近水域渔民的教育和培训工作，加强对附近水域渔船的宣传和管理工作，使其对风电场水域引起足够的重视。

(7) 结合本次风电场的建设，进一步完善周边水域的通航安全管理规定，逐步增强该海域海事监管的人力、物力，从而加强对该水域的监管力度。加强监管设施的配置，进一步完善监管手段。综合运用各种有效手段实现对船舶的监管。针对本次风电场项目可能发生的各种事故，统筹配备应急物资、制定专门的应急预案。

(8) 业主单位应提高应急反应能力，建立、完善船舶碰撞风机应急处置预案等相关应急预案。

### 5.10.6.3 评价结论

(1) 随着我国经济和社会的不断发展，对能源需求高速增长，而本次风电场的建设可增加能源供应，保护生态环境，促进经济社会可持续发展，风电场的

建设是必要的。

(2) 本次风电场场址风能资源丰富，位于《大连市海上风电场工程规划报告》中的花园口 I 场址，风电场横向跨度约 5.0km~9.5km，纵深约 19.1km，水深约 10m~15m。风电场选址符合《大连市海上风电场工程规划报告》及其批复的相关要求，风电场选址合理。

(3) 风电场水域距离附近的船舶公共航路均大于 10 海里；由于长山群岛各港站位置及水域特点，长山群岛串岛航线基本背于风电场水域，且距离大于 2 海里，航线上的船舶基本不会航行到风电场水域，风电场对上述航路及航线上的船舶航行基本没有影响。同时，根据该水域船舶实际航行记录分析，在该水域，存在船舶由风电场东侧水域经过的航线。业主单位应按照相应风电场建设管理规定和要求，认真落实针对通航安全采取的相应措施和配套建设相应设备，降低通航环境改变而带来的通航安全风险。风电场风电场建成后，业主单位应通过配备的 CCTV 系统配合海事部门注意对附近通航船舶进行动态监测，及时提醒附近航行船舶注意风电场水域通航环境的变化，远离风电场海域，并与主管机关沟通协调，规范该水域船舶的习惯航法，确保船舶和风电场的安全。

(4) 本工程距离附近锚地距离均在 5 海里以上，能够避免船舶由于走锚失控而漂移至风电场水域。

(5) 根据风电场的布置以及场址海域情况，花园口海上风电项目设置一座海上升压变电站，位于场址 II 内，全部风机电能在海上升压变电站汇流升压后，通过 220kV 海缆送至陆上集控中心，然后经 220kV 架空线路接入花园口变电站 220kV 侧。本项目风机至升压平台间采用 66kV 海缆在风电场内部进行连接，海缆埋深 2.5~3.0m。海底电缆选线及埋深合理，基本不会对通航安全产生影响。海缆铺设完成后应按相关规定划设海底电缆保护区，保护区内禁止从事抛锚、拖锚、底拖捕捞、张网或者其他可能危及海底电缆安全的海上作业。

(6) 风电场运行期间的运行维护服务船舶拟采用 200~500 吨 (DWT) 工作船，工作船应加强不良气象、水文情况预警，严格按照风力 $\leq 6$ 级、浪高 $< 1\text{m}$ ，能见度 $\geq 1000\text{m}$ 的通航条件进行控制，防止工作船及工作人员在恶劣海况下发生事故。

(7) 加强与附近渔业养殖、相关渔礁工程相关管理部门的沟通联系，就工

程之间的相互影响及相关要求进行沟通协调，确保工程之间的相互安全，避免本工程的建设与其他工程相互之间产生影响。建设单位需充分考虑养殖水域对现有运维通道及应急通道的影响，确保运维通道及应急通道的畅通及通航安全，加强对通道的维护，确保风电场营运期间运维船舶、应急船舶的可达性及航行安全。

(8) 本次风电场项目的建设产生了一定的通航风险，但通过采取相应的风险缓解措施，可将风险控制在可以接受的范围内。业主单位应针对风电场建设及营运期间可能发生的各种事故，加强应急资源配备，制定及不断完善各项专门应急预案。

通过本工程建设对所在海域的通航环境影响分析，国家电投大连市花园口 I 海上风电项目选址合理，风电场建设与当地通航环境是相适应的，但项目的建设对所在水域通航环境的影响是客观存在的，业主单位应充分认识通航环境和安全营运的关系，按照“三同时”原则，投入必要的人力、财力、物力及相应配套的安全监管设施、设备，落实相应安全对策与保障措施，有效降低风电场建设对通航安全的影响和保障风电场营运后的通航安全。因此，综合考虑工程所在海域的各项通航因素，从通航安全角度分析，国家电投大连市花园口 I 海上风电项目是可行的。

### 5.10.7 对工业与城镇用海区、保留区的影响分析

本工程周边涉及工业与城镇用海区、保留区为“花园口工业与城镇用海区”、“大郑工业与城镇用海区”、“庄河港西岸工业与城镇用海区”、“大长山北部工业与城镇用海区”、“碧流河口保留区”、“明阳保留区”、“塞里岛保留区”和“乌蟒岛保留区”。

本工程对工业与城镇用海区和保留区的影响主要为海缆施工引起的悬浮泥沙扩散对区域的海水水质产生短期不利影响。本工程距离各工业用海和保留区均距离较远，工程海缆施工期间造成的悬浮物影响较小且是暂时的，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工业与城镇用海区、港口航运区。因此，本项目的建设对工业与城镇用海区基本无影响。

### 5.10.8 对养殖活动影响分析

本项目场区海底电缆和风机占用多个养殖区。

本工程建设对占用区域以外的养殖海域产生的影响首先表现为施工期悬浮物扩散带来的影响。

另外，根据《海底电缆管道保护规定》（中华人民共和国国土资源部令 第 24 号），国家实行海底电缆管道保护区制度，本区域海底电缆管道保护区为海底电缆管道两侧各 500 米，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。

项目实施后海底电缆及其两侧保护区范围内的养殖区将不能再从事养殖活动，但其余部分待施工结束后则可继续从事养殖生产。施工过程中部分海域悬浮泥沙的增加将导致受到影响的养殖区海水环境质量下降，从而对其取排水产生一定的影响，从而影响养殖收益。但施工期悬浮物影响持续的时间较短，随着时间的推移，悬浮泥沙的落淤，工程施工的影响将渐渐消失。

2019年大连市海洋水产科学研究所编制的《国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目对渔业资源与捕捞影响专题报告》也得出相似的结论，该报告认为：本工程登陆段，滩涂养殖业较少，施工对滩涂的影响仅体现在登陆段电缆沟槽开挖区域和集控中心建设区域，整体影响面积较小，且电缆埋设后即进行土方回填恢复滩涂自然属性，因此，对当地滩涂养殖业影响不大。

由于风电场的占用影响，对场址范围内的养殖生产会造成排他性影响，使该部分区域丧失海水养殖功能，但由于本工程风机行列间距较大，且通常风电场采用开放式管理方法，因此，运行期风电场范围内除风机基础、电缆埋设直接用海的面积外，其余可从事开放式养殖用海生产。

### 5.10.9 对渔业捕捞的影响

本工程主体位于《辽宁省海洋功能区划（2011-2020 年）》中的“长山群岛农渔业区”，《大连市海洋功能区划（2013-2020 年）》将其细化为“长山群岛养殖区”。该海域风机场址水深主要在 20~28m 之间，是传统的渔业捕捞作业水域。由

于鱼类等游泳生物具有较强的运动能力，具有回避污染的效应，因此，项目施工期悬浮物含量增高不会对附近海域的成鱼等渔业资源产生重大的损失性影响，但施工活动可能造成其生境被人为分割、破碎，在一定程度上会对其分布产生影响。

本次风电场场址所在海域分布着众多养殖区，每逢渔汛季节，都有大量渔船出海进行捕捞作业，增加了该水域的通航密度，使该水域的航行环境变得较为复杂。渔船航行没有固定航线，航行较为随意，与本次风电场之间存在着一定的影响。通过选定时段的配备 AIS 设备的渔船活动水域数据分析，附近渔船大部分在风电场水域外侧进行作业，降低了未来风电场运行及管理的一定难度。

但同时划定海底电缆管道保护区后，禁止开展养殖和捕捞活动，相当于人为划定了一块渔业资源养护区，水下噪声和电磁辐射专题报告研究表明，工程运营期噪声和辐射对渔业资源的影响不大，所以工程建设对于渔业资源的合理利用也具有一定的作用。

项目施工期附近海域施工船只往来频繁、施工现场水质变差和施工结束后所需的生态恢复期，都将导致附近海域短期内无法进行捕捞作业，使可从事捕捞作业的时间缩短；另外，虽然根据海域使用管理方面的要求，风电场用海是非排他性的，各风机之间的海域待工程建成后可继续用于捕捞、增殖放流等渔业资源利用和保护，但为保障风电场安全运行，风机基础和输电电缆及其保护范围内将严禁各类船只抛锚、捕捞等作业活动，本工程海底电缆管道布设较多，风电场建成后整个场区内仅有零星区域可以从事养殖、捕捞，大大地限制了捕捞区的使用面积，造成渔业生产海域面积减小，渔业产值受到一定损失。从而，项目的建设对在区域以捕捞为生的渔民有一定的影响。

### 5.10.10 对其他海上风电项目的影响分析

本工程，位于长海海域，庄河I号海上风电工程、三峡新能源大连市庄河III海上风电场、庄河海上风电场址IV、V风电场等距离较远，不会相互影响。

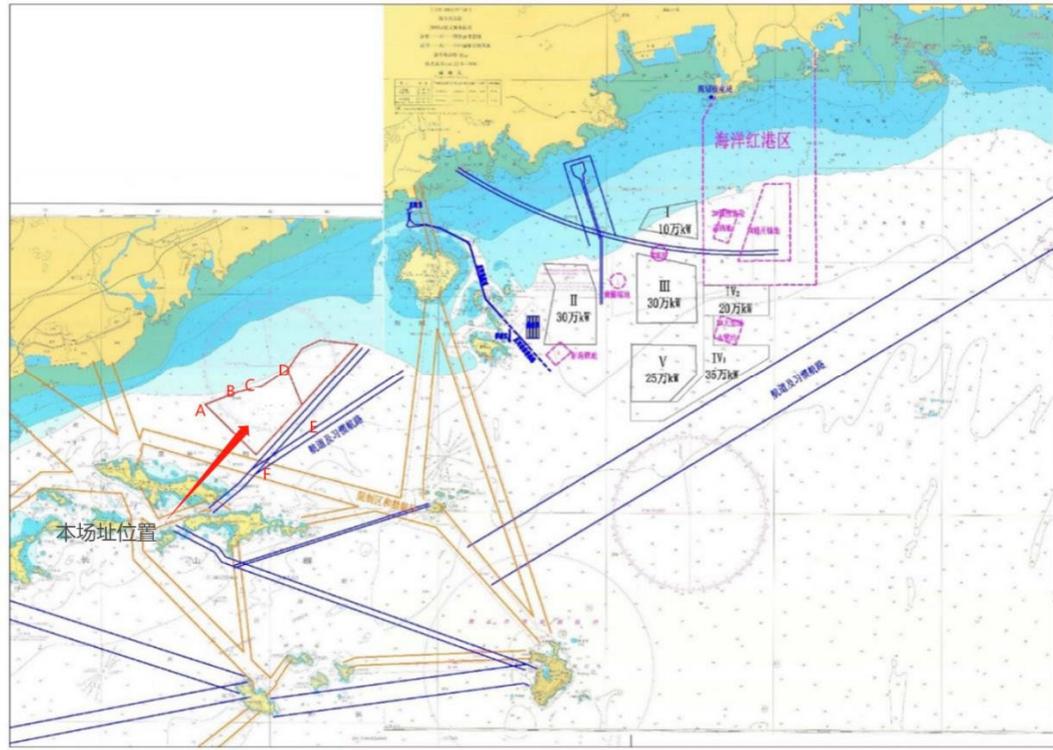


图 5.10-12 本项目场址周边海上风电项目场址位置示意图

### 5.10.11 对鱼类“三场一通道”的影响分析

工程海域为一般渔业海域，不在主要经济鱼类的“三场一通道”区域，建设过程不会对带鱼的产卵、索饵和洄游产生明显不利影响。

## 6 环境保护措施及其可行性论证

### 6.1 海域污染防治措施

#### 6.1.1 施工期污染防治对策措施

##### 6.1.1.1 海上污水处理与防治措施

(1) 对于本项目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、倾倒生活垃圾。

(2) 严格执行国家《沿海海域船舶排污设备铅封管理规定》、《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。本项目船只无压舱水排放，大型施工船舶设相应的防污设备和器材，并备油类记录簿，含油污水如实记录；设专用容器，回收施工残油、废油；本项目船舶含油废水由有资质单位接收处置。

(3) 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统一运至陆上处置。

(4) 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，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。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，并向上报海洋、渔业主管部门报告。

(5) 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。

(6) 进一步优化现有浅水滩涂段海缆敷设施工方式，电缆沟槽开挖应尽量选择露滩和低潮期间施工，采用两栖式作业设备，避免敷缆船驻足停靠沟槽的开挖，电缆沟槽开挖时两台设备同时作业，一边开挖敷缆一边回填土方，避免悬浮物扩散。

#### 6.1.1.2 海上固体废物污染防治措施

(1) 对于施工期船舶施工人员产生的生活垃圾，应设立定点生活垃圾收集装置，定期运至陆上，由当地环卫部门统一处置。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 施工中禁止任意向海洋抛弃各类固体废弃物，同时应尽量避免各类物料散落海中。施工中产生的固体废弃物应统一收集运至陆上妥善处置。

#### 6.1.1.3 其他环境保护措施

(1) 《MARPOL73/78 附则 VI --防止船舶造成空气污染规则》于 2005 年 7 月 1 日生效，本项目施工船舶大气污染物应按该附则规定实施。

(2) 施工船舶应采取有效措施控制主辅机噪声排放，包括：在发动机排气管安装弹簧吊架加以固定，在机舱路口上布置主、辅机消声器；合理设置消声器结构和机舱室结构，达到理想的消声量和隔声量，限制突发性高噪声，避免不必要的船舶汽笛声。

(3) 加强施工船只管理，避免施工区域船舶拥堵，加剧噪声和废气等污染物产生。

## 6.1.2 运行期污染防治对策措施

### 6.1.2.1 声环境保护措施

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。

### 6.1.2.2 含油废弃物处置措施

对风机及相关设备进行维护时需用到一定数量、不同种类的润滑油。因此，在维护过程中应防止油类的跑、冒、漏、滴；废油储应存在专设的废油箱中，含油的连通软管和其他含油废物（揩布、废滤网）应统一存放在维修船上妥善保管。含油废弃物委托有资质单位处置。

### 6.1.2.3 事故油污水处置措施

风电机组正常工况下，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。针对可能因事故或检修发生的油污排放，不会对周围环境造成油污染。

### 6.1.2.4 电磁场防护措施

(1) 所有高压设备、建筑物保证钢铁件均接地良好，所有设备导电元件间接触部位均应连接紧密，以减小因接触不良而产生的火花放电。在产生电磁辐射量较大的设备（如主变压器、电抗器等）外设置电磁辐射防护罩等以减少电磁辐

射对周围环境的影响。电抗器、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。

(2) 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，防止和避免间歇性放电。

#### 6.1.2.5 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) 二级标准后通过预留排烟管高空排放，排气筒高度要求不低于 8m。

## 6.2 陆域污染防治措施

### 6.2.1 施工期环保措施

#### 6.2.1.1 废水控制措施

##### (1) 施工废水控制措施

本项目陆上施工废水主要来自于施工基地所产生的各类机械冲洗废水，结合施工场地布置，在施工基地设置一个污废水收集和处理系统处理回用于场地洒水降尘等。

##### ① 处理工艺

根据本项目各施工区施工废水特点，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。沉淀池产生的污泥和隔油油脂定期应集中收集并单独外运处理。

##### 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。

### (2) 生活污水

本项目施工基地各设置化粪池一座，生活污水经化粪池处理后外运处置。

### (3) 管理措施

①各施工区应建有排水明沟，施工泥浆废水通过专门修建的沉淀池沉淀后达标排放或进行重复利用，可用于道路冲洗、出入工区的车辆轮胎冲洗等。工区内的清洗水、雨水等也应排入排水明沟，统一处理后排放。

②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。

③施工产生的泥浆或其他施工废水，未经沉淀不得排放，务必理顺排放通道，不能直接外排。

④加强对污水处理系统的管理，加强对沉淀污泥和隔油油脂的外运处理，不得随意丢弃。

⑤注意场地清洁，及时维护和修理施工机械，避免施工机械机油的跑冒滴漏，若出现滴漏，应及时采取措施，用专用装置收集并妥善处理。

⑥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。

### 6.2.1.2 废气、扬尘控制措施

(1) 施工单位应加强施工区的规划管理，建筑材料的堆场应定点定位，并采取适当的防尘措施。

(2) 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。

(3) 加强施工管理，合理安排施工车辆行驶路线，应尽量避免居民集中区，控制施工车辆行驶速度，路经居民区集中区域应尽量减缓行驶车速。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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

### 6.2.1.3 声环境保护措施

(1) 避免在同一地点安排大量动力机械设备，以避免局部声级过高。

(2) 合理安排施工计划，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，夜间 22:00~6:00 需施工，应向有关环保部门申报，获批准后方可进行。

(3) 施工单位应选用噪声低的施工机械，严格按照 GB12523 中的有关规定执行，禁止不符合国家噪声排放标准的机械设备和运输车辆进入工区。

(4) 加强施工设备的维护保养，发生故障应及时维修，保持润滑，紧固各部件，减少运行震动噪声；改进施工机械，整体设备应安放稳固，并与地面保持良好接触，有条件的应使用减振机座。加强施工管理、文明施工，杜绝施工机械在运行过程中因维护不当而产生的其它噪声。

(5) 应合理安排施工车辆进出场地的行驶线路和时间，对工程车辆加强管理，禁止鸣号、注意限速行驶，文明驾驶以减小地区交通噪声。尽量减少 18:00~次日 6:00 运输量，应制定合理的行驶计划，并加强与附近居民的协商与沟通，避免施工期噪声扰民。

(6) 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。

### 6.2.1.4 固废影响防治措施

(1) 施工废弃物应由施工单位负责及时清理处置，对能利用的施工废弃材料应回收利用。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。

(2) 加强施工工区生活垃圾的管理，分片、分类设置垃圾箱，定期予以清运。

(3) 各施工单位加强对临时居住人员的教育和管理，保证粪便和生活垃圾能集中处置。

## 6.2.2 运行期环保措施

(1) 风电场运行日常工作人员定员为 30 人，运行期风机维护生活污水与集控中心人员生活污水经化粪池处理后外运处置。

(2) 运行期工作人员生活垃圾分类收集后，由当地环卫部门集中清运处置。

## 6.2 海洋生态保护措施

### 6.2.1 施工期生态保护措施

(1) 为减轻工程施工建设对海洋生物生态的影响，建议：

①优化施工方案，加强科学管理，在保证施工质量前提下尽可能缩短水下作业时间。

②严格限制施工区域和用海范围，在划定的施工作业海域范围内禁止非施工船舶驶入，避免任意扩大施工范围，以减小施工作业对海洋生物的影响范围。

③施工应避免恶劣天气，保障施工安全并避免悬浮物剧烈扩散。

④海缆敷设施工时，严格控制作业带宽度，根据电缆沟设计沟槽宽度选择合适的埋设犁尺寸，减少超挖量，从而降低对底栖生物的影响范围；

⑤桩基施工前，潜水员对施工海域进行海底探摸，清理海床时，对游泳能力相对较强的生物进行驱赶，对游泳能力相对较弱的生物，尽量采用专业网具进行挪移，最大程度减少生物受损量；

⑥施工船舶驻船锚泊时，根据施工作业需求和海况条件，由专业人员精准确定锚泊点，避免反复抛锚，减少不必要的拖锚作业，降低对底栖生物的伤害程度。

(2) 本项目虽不处于重要渔业资源洄游通道及索饵场，但为减轻工程施工建设对区域渔业资源和渔业生产的影响，建议：

①5~6 月是鱼类产卵高峰期，从减缓对渔业资源影响的角度出发，应降低打桩施工的强度，减缓对海洋鱼类产卵的影响。

②对于桩基打桩和海缆敷设，优化施工工艺，针对施工对海洋环境影响较大的作业环节制定作业规程，尽量避免由于操作技术不当导致的入海悬浮沙增大，同时作业时要求施工精准定位，提高作业精准度，准确确定施工位置，从而降低悬浮泥沙对周边海域水质环境、生态环境的影响；

③鉴于施工期打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出控制，在时间上控制一次一桩。

④施工中应确立离打桩施工中心点 630.96m 范围内为危险区域。风机单桩基础打桩施工确立在距离桩基最大 3981.07m 范围内为警告区域，对鱼类活动进行可能的驱赶、搬移等工作。

⑤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。

⑥施工期间对项目附近的生态环境进行跟踪监测，应对重点产污节点，主要是风机基础施工和海缆敷设过程等水下施工阶段施工海域进行污染物监测，并适当提高监测频率。监测应有针对性，在施工期间加强对主要经济鱼类的观测和跟踪监测，掌握生态环境的发展变化趋势，以便及时采取调控措施。

### （3）水下噪声对海洋动物影响减缓措施

①施工中的水下冲击式打桩将对周围海域的海洋鱼种等的行为活动将带来一定影响。鉴于施工期的打桩噪声具有强度高、时间相对短的特点，海上施工期应对每日预计打桩数量（即最高数量）、打桩的持续时间做出预测，在时间上控制一次一桩。

②施工期的一般施工活动中，应注意施工机械和运输机械的维护和更新，尽量采用低噪声环保机械，避免噪声过大的运输船只在海上运输作业。

③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。

### （4）其他生态保护措施建议

为了预防海上风险事故，必须从根本上控制公司岸上、船上工作人员的职业

素质和操作；控制船体、机电设备的技术状态，严格维护保养，保障其运转正常；正确估量航行环境中蕴含的自然力量和船舶的抵御能力，及时正常地预报天气和海况，及时规避灾害天气，避免不可抗力的袭击；加强公司岸上和船上的安全管理，完善机构、规章及其运作。

### 6.2.2 运行期生态保护措施

#### 6.2.2.1 生态补偿

##### (1) 渔业资源补偿及修复措施

本项目施工过程中对水生生物影响主要是施工造成扰动，一定程度上减少鱼类和底栖生物的栖息地和食物数量。

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007)：①占用渔业水域的生物资源损害补偿，占用年限低于 3a 的，按 3a 补偿；占用年限 3~20a 的，按实际占用年限补偿；占用年限 20a 以上的，按不低于 20a 补偿。②持续性生物资源损害补偿，实际影响年限低于 3a 的，按 3a 补偿；实际影响年限 3~20a 的，按实际占用年限补偿；实际影响年限 20a 以上的，按不低于 20a 补偿。

##### (2) 增殖放流措施

本项目的建设将会造成区域范围内一定量的海洋生态资源损失，按照生态补偿原则予以补偿。根据农业部《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007) 的有关规定，建设单位应对项目附近水域的生物资源恢复做出经济补偿，建议由当地农渔业主管部门统一制定和实施生态恢复措施，有目的、有计划地进行修复。增殖放流物种应结合工程所在海域的海洋生物种类分布特征和目前人工育苗、增殖放流技术合理选取，确保生态补偿措施落实到位以取得预期恢复效果。

按照《关于印发 2023 年大连市渔业资源增殖放流工作方案的通知》(大海发〔2023〕25 号) 要求和规定，细化生态补偿方案中的增殖放流品种，规格、数量和放流时间等。按照主管部门的指导意见落实补偿，确保方案合理且可行，并接受监督。具体生态补偿方案如下：

##### (1) 增殖放流品种的筛选：综合项目海域的实际情况，以及往年增殖放流

工作经验，选择长海县土著品种（褐牙鲆、许氏平鲆等）作为增殖放流的对象，增殖放流的苗种在放流前必须进行疫病和药残检验，检验合格后方可进行放流。

（2）增殖放流规模和时间安排：增殖放流选择土著品种（褐牙鲆、许氏平鲆等），增殖放流规程按照《水生生物增殖放流技术规程》（SC/T9401-2010）的规定执行；放流时间依据苗种的培育时间和现场环境而定，同时增殖放流工作需避开捕捞期、且在利于种苗觅食、生活的时间段开展。

（3）增殖放流投放区域：增殖放流地点为建设项目所在海域的县区下辖海域内，以便获得较好的增殖效果。

（4）增殖放流鱼种的保护和跟踪监测工作

由建设单位成立巡护小组，当苗种放流后，在放流地点对放流苗种开展巡护活动，以防止渔民误捕，确保放流苗种在安全环境下生长。

#### **6.2.2.1 加强渔业资源和生态保护宣传**

为弥补工程建设所造成的生态损失，减缓对海域渔业资源造成的影响，建设单位应将本建设项目造成的生态损失补偿经费纳入工程投资预算中，应严格用于生态恢复，生态恢复主要采取水生生物增殖放流和滨海湿地修复的方式。

建设单位应参考报告书中生态补偿估算结果，按照海洋、渔业主管部门意见实施生态补偿，并接受上述主管部门的监督。可采取增殖放流等生态补偿措施，拟放流品种根据海洋生态及渔业现状调查结果，并结合该海域往年人工放流品种确定。同时应对增殖放流效果进行跟踪监测，根据放流效果调整放流的种类和规模。

#### **6.2.2.2 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。

## 6.3 鸟类保护措施

### 6.3.1 加大风机间距

加大风机间距，避开黑脸琵鹭、黄嘴白鹭迁徙通道鸟类迁徙路线的确定，是繁殖地、取食地、停歇地、越冬地以及遗传效应等多种因素共同作用的结果。且黑脸琵鹭又是海峡两岸文化交流的使者，黑脸琵鹭、黄嘴白鹭也是国家二级重点保护鸟、国际濒危鸟类，这两种鸟既是生态良好的指示剂，又是生态文明的标志物，既是人文建设的特色内容，也是生物多样性保护的重点物种，备受国际国内关注。因而，建议本项目加大风机的位置间距，适当调整项目区东南角的风机位置，尽量使项目区的边界与黑脸琵鹭迁徙路线的距离在 1km 以上，确保这两种鸟迁徙通道畅通，最大限度的减少对黑脸琵鹭、黄嘴白鹭的迁徙影响。

### 6.3.2 建立项目全寿命周期中鸟类及其生境保护预案

本项目对个别个体的迁飞、取食存在潜在影响，所以，建议辽宁省和大连市野生动物主管部门、庄河市政府以及项目建设单位，共同编制与本项目相关的鸟类及其栖息地的保护、监测、救护预案，确保对黑脸琵鹭等国家重点保护鸟的影响降至最小。

预案的内容至少应包括如下内容：

一是加强繁殖地、取食地的生境保护和修复。以便为鸟类提供丰富的食物和隐蔽，大大减少鸟类到项目区或经过项目区的概率。

繁殖地保护共 2 处：行人坨子、元宝岛。可对每处繁殖地开展适合黑脸琵鹭的生境保护与建设，补栽岛屿原生植物，控制水土流失和滑坡，修复适合繁殖的崖壁，加强周边海域的管理和保护等等。

取食地是以庄河河口为中心，向西延至庄河港西侧大郑镇的张家嘴沿岸滩涂。对这些滩涂，尤其是庄河河口滩涂进行修复，增加滩涂生物量，控制人为活动，减少人为干扰。

二是加强监测与救护。以随时对受影响的鸟类采取措施，使影响降至最低。建立鸟类救护站，以便及时对风电场造成鸟类伤害开展救护。救护站可以依托大

连黑脸琵鹭市级保护区，增加配备必要的救护设备、设施，做好救护、放归培训等。

三是加强濒危鸟类卫星跟踪监测。采用卫星跟踪，可以实时监控项目区周边的鸟类迁徙状况以及国家重点保护鸟类的迁飞、活动规律等，每年都能及时对黑脸琵鹭、黄嘴白鹭等国家重点保护鸟的取食地、繁殖地、活动规律以及项目对其产生的影响等开展评估，以便采取应对措施。

### 6.3.3 项目建设管理措施

为了使本工程建设对鸟类的影响降至最低，施工方和建设方须采取如下措施：

#### 6.3.3.1 严格按照国家规定处理施工垃圾

施工中，应按照国家规定，将废物、废水、废油等收集后交由具有相关资质部门处理，生活污水经污水接收槽车收集处理，达标后排放。以免污染鸟类生境或被鸟类误食，影响鸟类健康。

#### 6.3.3.2 严格界定施工范围

(1) 施工开展前，加强野生动物保护相关法律、法规及管理条例、办法等的学习，强化施工人员野生动物保护教育，增强保护意识。

(2) 依据项目建设场地实际需要，在场地外围标桩划界，限定施工人员活动范围。

(3) 严格执法与监督力度，坚决禁止和惩治一切破坏野生动物及其栖息地的行为。

(4) 加强对施工人员进行环保、安全教育，杜绝人为自然灾害的发生。

#### 6.3.3.3 严格控制光污染

在鸟类保护方面，风电场光源应满足如下要求：

(1) 应安装闪烁光源；

(2) 闪光灯应采用不同颜色搭配，最佳配置是旋转时能形成鹰眼图案，以使鸟类趋避。

(3) 切勿使用红色闪光灯和钠蒸汽灯，因为此类光源对夜间迁徙鸟类具有吸引作用，容易扰乱夜间迁徙鸟类的迁徙活动。

#### 6.3.3.4 严格控制噪声污染

(1) 严格执行《建筑工程施工现场管理规定》

建立健全现场噪声管理责任制，加强对施工人员的素质培养，减少人为噪声。

(2) 合理安排施工时间

合理安排施工时间和施工机械设备组合。在鸟类迁徙期间（春季4月1日至5月30日，秋季9月1日至11月30日），严禁在黄昏至次日凌晨之间施工；避免在同一时间内，集中使用大量的机械设备。要严格遵守《建筑施工场界噪声限值标准》（GB12532）中的规定。

(3) 合理布置机械进场

为减少施工期噪声对周围环境的影响，施工单位在施工过程中应当合理布局和使用施工机械，妥善安排作业时间。根据施工现场周围环境的实际情况，合理布置机械设备及运输的进出，尽量不鸣笛。

(4) 加强噪声源控制

施工中应当使用低噪声的施工机械和其他辅助施工设备，对高噪声施工机械采取必要的降噪措施，禁止使用国家明令淘汰的产生噪声污染的落后施工工艺和施工机械设备。

#### 6.3.3.5 大雾等恶劣天气应关闭风机

在鸟类迁徙季节，大雾等恶劣天气应关闭风机，避免风机运行导致鸟撞。

### 6.3.4 繁殖地管理措施

一是保护和增植繁殖地的植被，使繁殖地的生境更适合黄嘴白鹭、黑脸琵鹭等鸟类繁殖；

二是控制繁殖地周边海域的捕捞，为繁殖地鸟类就近取食提供更多选择，可以尽量避免本区鸟类向项目区扩散。

### 6.3.5 取食地管理措施

加强庄河河口、码头海岸滩涂的保护，控制捕捞、赶海等活动，为鸟类在本区取食创造更好的条件，这样就可以最大限度地避免鸟类取食飞行时经过项目区。

### 6.3.6 监测和救护措施

一是建立监测队伍。以便加强项目施工期、运营期的鸟类监测，监测鸟类的活动路线和规律，一旦发现或预判鸟类经过项目区，可以及时向项目单位发出预警，采取相应的保护措施，避免对鸟类产生明显的影响。

二是建立鸟类救护站。以便对因项目建设和运营发生的伤病鸟类及时开展救助和救治。

### 6.3.7 鸟类生境保护和补偿措施

环境补偿的重点是以濒危鸟类为伞护种来开展栖息地保护、鸟类救护工作。由于项目建设尚未开展，工作内容暂定为上述建立预案的内容，详细的补偿项目需在今后的监测数据和影响评估的基础上细化，暂定监测补偿期限为五年，根据目前调查和评价数据确定如下主要补偿内容，补偿费用总计 220 万元。项目总体预算见下表。

表6.3-1 项目鸟类生境补偿费用预算

项目	单位	数量	补偿单价 (万元)	期限 (年)	合计 (万元)
以庄河河口、庄河港为中心沿岸滩涂取食地修复和保护	处	1	10	5	50
行人坨子繁殖地修复和保护	处	1	5	5	25
濒危鸟类救护站建设	处	1	20	1	20
濒危鸟类人工监测	人	4	5	5	100
濒危鸟类卫星跟踪监测	台	5	1	5	25
<b>合 计</b>					<b>220</b>

## 6.4 工程主要环保措施汇总

工程主要环保措施见表 6.4-1。

表 6.4-1 环境保护措施表

项目	环境保护对策措施	具体内容	规模及数量	预期效果	实施地点及投入使用时间	责任主体及运行机制
污水处理	施工生产废水处理	生产废水处理设施	设置隔油沉淀池，施工基地含油废水经收集后采用隔油沉淀池处理，产生的污泥由有资质的单位处理	处理回用于道路洒水和绿化，不外排	施工基地同步建设	施工单位建设、使用和管理
	施工期生活污水处理	化粪池	施工区生活污水统一收集经化粪池处理	对周边环境无污染影响	布置于施工基地，与施工基地同步建设	
船舶污染物处理	船舶污水、垃圾处理	污水收集装置	施工船舶均设置船舶生活污水和船舶含油污水的收集装置，船舶生活污水运至岸上处理	外运处置	工程海域，进入工程海域施工时使用	建设单位监制，施工单位使用和管理、维护
固体废弃物处置	生活垃圾处置	垃圾桶	根据需要在施工基地设置生活垃圾筒	由当地环卫部门定期清运。风机维护生活垃圾收集后运至岸上，委托当地环卫部门统一处置，对周边环境无污染影响	施工基地，与其建设同步	施工单位、建设单位建设、使用和管理
	建筑垃圾集中堆放处	集中堆放点	在施工基地设置建筑垃圾集中堆放点	及时清运	/	施工单位、建设单位建设、使用和管理
	风机维护	危险废物	废变压器油、油渣、油垢、检修废油	集中收集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
声环境保护	噪声防护	管理措施	施工车辆和施工设备的维护保养等噪声管理措施。打桩施工采用软启动方式，即首桩采用小幅度的冲击，而后强度逐渐增强。	施工期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的限值要求	施工临时场地，施工期间实施	施工单位、建设单位实施和管理

## 6 环境保护措施及其可行性论证

海洋生态	生态修复补偿	渔业资源修复补偿、增殖放流	以当地海域常见的经济贝类、鱼、虾类为主	实施生态修复补偿，不会对工程海域生物资源造成明显影响	施工完成后的2年内完成	建设单位落实，可委托专业单位
海底电缆	海缆施工保护措施	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件	位于海底线缆区域的施工区	建设单位落实
	本项目海缆保护	海缆埋深	海缆埋深 2.5~3m	防止船舶锚泊威胁海底电缆安全	海底线缆区域	建设单位、施工单位

## 6.5 环保投资

环保投资总额估算为 1126.5538 万元，占项目总投资的 0.56%，具体见下表。

表 6.5-1 环保投资一览表

序号	项目	费用（万元）	备注
<b>一</b>	<b>环境保护措施</b>	<b>586.5538</b>	-
<b>1</b>	<b>渔业生产补偿</b>	-	计入项目征地费用
<b>2</b>	<b>海洋生物资源修复补偿</b>	<b>476.5535</b>	暂列，待与相关部门核准后确定
<b>3</b>	<b>鸟类生境补偿</b>	<b>110</b>	取一半计入
(1)	以庄河河口、庄河港为中心沿岸滩涂取食地修复和保护	50	与花园口II海上风电共同承担
(2)	行人坨子繁殖地修复和保护	25	
(3)	濒危鸟类救护站建设	20	
(4)	濒危鸟类人工监测	100	
(5)	濒危鸟类卫星跟踪监测	25	
<b>二</b>	<b>环境监测措施</b>	<b>270</b>	取一半计入
<b>1</b>	<b>施工期</b>	<b>240</b>	与花园口II海上风电共同承担
(1)	施工期噪声监测费	20	
(2)	渔业资源调查	60	
(3)	海洋水质、沉积物、生态环境监测、水文	160	
<b>2</b>	<b>运行期</b>	<b>300</b>	
(1)	水下噪声监测及生态影响跟踪评价	60	
(2)	海洋水质、沉积物、生态环境监测	160	
(3)	渔业资源调查	60	
(4)	冲淤观测费	20	
<b>三</b>	<b>环境保护设备</b>	<b>50</b>	取一半计
1	溢油风险防范设施配备	100	与花园口II海上风电共同承担
<b>四</b>	<b>环境保护临时措施</b>	<b>60</b>	取一半计
1	施工生产、生活污水收集和处理	40	与花园口II海上风电共同承担
2	空气影响减免措施	25	
3	噪声影响减免措施	15	
4	固体废弃物处理	20	
6	其他临时工程	20	
<b>五</b>	<b>其他不可见费用</b>	<b>100</b>	-
	<b>合计</b>	<b>1126.5538</b>	-

## 7 环境影响经济损益分析

### 7.1 经济效益分析

本项目装机容量220MW，平均年上网发电量619.87GWh。按运行期平均上网电价为0.3745元/kWh（含增值税）计算，项目投资财务内部收益率（税前）为6.33%，项目全部投资财务内部收益率（税后）为5.34%，总投资收益率（ROI）为3.64%，投资利税率2.81%，项目资本金净利润率（ROE）为10.11%，项目投资回收期（所得税前）14.02年、（所得税后）13.00年。

### 7.2 环境效益

#### 7.2.1 环保投资估算

本项目总投资201155万元，环保投资为1126.5538万元，占总投资的0.56%。

#### 7.2.2 环境效益分析

##### （1）环境收益

目前世界上的太阳能、风能、海洋能等作为可再生能源正处于飞速发展时期，但我国电力能源结构以火电为主，水电、核电、风电、太阳能发电所占比重较少。本项目节能效益及减排效益。

##### （1）节能效益

花园口I项目装机规模为220MW，年平均上网电量61986.5万kWh，工程建设投运后每年可为国家节约标准煤约18.88万吨，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，本风电工程可相应地减少的污染物排放量：

CO<sub>2</sub> 51.74 万 t/a, SO<sub>2</sub> 2.11t/a, NO<sub>x</sub> 83.50t/a, 烟尘 8.79t/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。。

### 7.3 环境经济损益综合分析

本项目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, 节约能源原材料消耗等, 同时能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。本项目在建设和运行过程中会造成生态渔业资源方面的环境损失, 但其主要发生在施工期, 且可通过补偿措施进行恢复。。

## 8 环境管理与环境监测计划

### 8.1 环境管理

#### 8.1.1 施工期环境管理

施工期间，本项目的环境管理工作拟由建设单位和施工单位共同承担。

##### (1) 建设单位环境管理职责

施工期间，建设单位应设专职环境管理人员，负责工程施工期（从工程施工开始至工程竣工验收期间）的环境保护工作。具体职责包括：统筹管理施工期间的环境保护工作；制定施工期环境管理方案与计划；监督、协调施工单位依照承包合同条款、环境影响报告书及其批复意见的内容开展和落实工作；处理施工期内环境污染事故和纠纷，并及时向上级部门汇报等。建设单位在与施工单位签署施工承包合同时，应将环境保护的条款包含在内，如施工机械设备、施工方法、施工进度安排、施工污染防治措施等。

##### (2) 施工单位环境管理职责

施工单位是承包合同中各项环境保护措施的执行者，并要接受建设单位及有关环保管理部门的监督和管理。施工单位应设立环境保护管理机构，工程竣工并验收合格后撤消。其主要职责包括：

①在施工前，应按照建设单位制定的环境管理方案，编制详细的“环境管理方案”。

②施工期间的各项活动需依据承包合同条款、环境影响报告书及其批复意见的内容严格执行，尽量减轻施工期对环境的污染；

③定期向建设单位汇报承包合同中各项环保条款的执行情况，并负责环保措施的建设进度、建设质量、运行和检测情况。

### 8.1.2 运营期环境管理要求

运行期间，环境管理职能由项目运营方承担，安排专职人员对风电场运行期环境保护工作统一管理。

项目进入运营期后，要将环境管理纳入公司管理的体系中。环境管理机构的设置，目的是为了贯彻执行中华人民共和国环境保护法的有关法律、法规，全面落实《中华人民共和国环境保护法》的有关规定，对项目污染物排放实行监控，确保建设项目经济、环境和社会效益协调发展；协调地方环保部门工作，为企业的生产管理和环境管理提供保证，针对拟建项目的具体情况，为加强严格管理，企业应设置环境管理机构，并尽相应的职责。通过环境管理，才能严格执行环评中提出的各项环保措施，真正达到保护环境的目的。

本项目应设置专职环保管理部门，负责全厂的环境保护管理工作。配备环保专职人员，实施或配合当地主管部门完成本项目的环境管理和监测计划。负责企业的环境管理、环境监测和事故应急处理，具体的职责有：

①根据相关的环境保护法律、法规和技术标准，确定工程运行期环境保护方针和环境保护目标，制定运行期环境保护管理办法；

②负责监督各项环保措施的落实与环保经费执行情况，确保环境监测工作的正常实施，做好环境信息统计；

③协调处理运行期工程影响区出现的各项环境问题，配合地方海洋、环保、渔政和海事部门共同做好工程运行期环境管理工作，主要包括生态补偿、鸟类活动及撞击情况观测和通航安全管理等的监督和检查工作。

环境管理计划要从项目建设全过程进行，从设计阶段污染防范、施工阶段污染防治、运营后环保设施环境管理、信息反馈和群众监督各方面形成网络管理，使环境管理工作贯穿于生产的全过程中。

## 8.2 污染物排放清单

本项目主要污染物的排放清单情况汇总如下表。

表8.1 项目污染物排放清单

环境要素	污染源	主要污染物	排放/处理方式	排放浓度	执行标准	排放量	排污口	环境监测
水环境	船舶检修生活污水	COD、BOD、氨氮、SS	统一收集后运至陆上交有资质单位处置	/	/	0	/	/
	检修船含油污水	石油类	统一收集后运至陆上交有资质单位处置	/	/	0	/	/
	风机防腐溶出锌	锌	自然扩散	/	/	0.38t/a	/	/
声环境	风机噪声	噪声	设备维护、降噪	/	/	/	/	/
固体废物	检修生活垃圾	生活垃圾	运至陆上环卫处置	/	/	/	/	/
	电器设施检修保养	油渣、油垢、检修废油	委托有资质单位进行处置	/	/	0.30t/a	/	/

## 8.3 污染物排放总量控制

本项目在认真贯彻落实各项环保措施前提下，对各种污染物实行了全过程控制，从工艺技术的选择、船舶污染物的回收等方面有效地削减了污染源，施工期和营运期无总量控制污染因子，不需申请总量控制指标。

## 8.4 环境监测

建设单位在本项目施工和运行期应委托有资质的单位对工程区域海洋环境、生态环境进行监测并提交有效的跟踪监测计量认证分析报告。对海洋生态环境的跟踪监测调查应遵循相应的《海洋调查规范》（GB12763），并参照《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》。环境监测应委托具备 CMA 计量认证资质单位进行，技术要求按照有关环境监测规范的规定进行，提交复核要求的监测计量认证分析报告，以备查。

花园口I海上风电和花园口II海上风电共用海上升压站、220kV 电缆及陆上集控中心，同时二者同时施工同时投入运行，故本次环境监测计划为花园口I海上风电和花园口II海上风电项目共同监测计划。

### 8.4.1 海水水质、沉积物环境监测计划

#### 8.4.1.1 范围及站点布设

在工程海域设 3 个断面，每个断面 4 个水质调查站位，中间断面沿 220kV 海缆路布设，风电场区加密 1 个，共计 13 个水质调查站位。沉积物调查站，共设调查站位 6 个，即 1、4、5、7、10、12 站位。

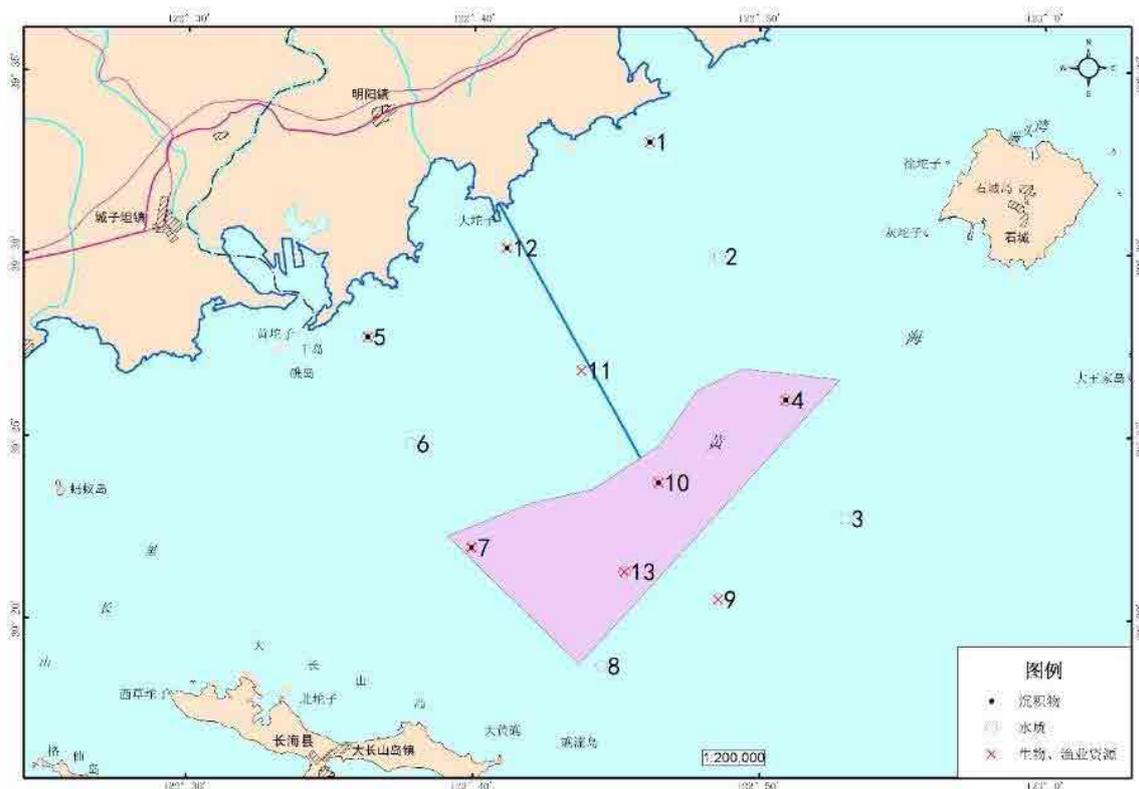


图8.4-1 监测点位图

#### 8.4.1.2 监测内容

**水质：**pH、悬浮物、石油类、化学需氧量、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、挥发酚、锌、铜、铅、镉、盐度。

**沉积物：**锌、铜、铅、镉、石油类。

#### 8.4.1.3 监测频率和时间

(1) 海水水质：在施工期的春季、秋季各开展1次（结合海缆施工高峰期开展）水环境监测。

竣工验收时于春秋各开展1次水环境监测，运行3年后开展1次春秋各监测。

(2) 沉积物环境：在施工期沉积物环境监测监测一季，同水质监测同步开展。

竣工验收时于沉积物开展一季监测，运行3年后开展1季监测。

## 8.4.2 水生生物、渔业环境监测监测计划

### 8.4.2.1 范围及站点布设

结合风机和海底电缆布置在工程海域布置 3 个水生生物、渔业现状调查断面，每个断面设 2 个调查站位，其中工程区域加密布置 3 个点，共设置水生生物、渔业现状调查站位 9 个，即图中 1、4、5、7、9、10、11、12、13 站位。

### 8.4.2.2 监测内容

水生生物：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物。

渔业资源：调查鱼卵、仔鱼种类组成、数量分布；渔获物种类组成；渔获物生物学特征；优势种分布；渔获量分布和现存相对资源密度。

### 8.4.2.3 监测频率和时间

在施工期沉积物环境监测监测一季，同水质监测同步开展。

竣工验收时于开展一季监测，运行3年后开展1季监测。

## 8.4.3 水下噪声监测计划

### 8.4.3.1 监测时间及布点

施工期在海上风电场场址中心及场址外界外5km处各设置监测点位并同步开展施工期水下噪声同步监测。

运行期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。

### 8.4.3.2 监测内容

噪声频带有效声压级（dB<sub>re</sub>1μPa）；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。

### 8.4.3.3 监测频率和时间

桩基基础施工期监测1次打桩水下噪声。

运行期选择低、中和额定风速输出时开展一次水下噪声监测。并对水下噪声对生态影响跟踪评价。

## 8.4.4 鸟情及其栖息地观测

### 8.4.4.1 观测内容

项目区鸟类种群特征，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。

### 8.4.4.2 观测方法与频率

施工期常规监测每季度开展1次，每次采用样点法和样线法相结合的方法进行鸟类观测。

运行期分别在第1年、第3年进行观测，分析施工期、运行期鸟类的变化，开展风电场影响的后评估。

## 8.4.5 水文动力监测

### 8.4.5.1 监测布点

选择风场区、风场区周边海域三处位置。

### 8.4.5.2 监测内容

海缆出露情况；水文动力监测、航道及风机周边水深监测、风机墩柱局部冲刷监测。

### 8.4.5.3 监测频率和时间

在工程运行后首年监测1次，运行后第3年监测1次。

## 8.5 竣工环保“三同时”验收计划

建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。在环保竣工验收时，应根据《建设项目环境保护管理条例》、

《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定申请环境保护设施竣工验收。

建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督。

环保竣工验收内容如下：

表 8.5-1 竣工环境保护验收一览表

项目内容	类别	环保设施或措施	验收内容和要求
风电场	1.海洋水质	海上施工人员生活污水统一运至陆上和陆上施工生活污水一同依托庄河港码头基地污水处理设施处理达标后排放	检查落实情况（有完整的接受合同、接收方资质证明等）
	2.固体废物	施工基地设置生活垃圾桶，风机维护废弃物垃圾箱	检查落实情况，接收合同、接收方资质证明，接收记录是否完整
	3.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资源、渔业生产补偿	检查落实情况
	4.鸟类	落实本报告中各项鸟类保护对策措施	检查落实情况
	5.风电场降噪	采用低噪发电机组，机舱内表面贴附阻尼材料	检查落实情况
	6.通航安全措施	按通航报告要求设置风机基础防撞设施等	检查落实情况
环境风险事故预防	1.应急预案	将本工程应急体系纳入庄河市船舶污染事故应急体系	检查落实情况
	2.事故预防设施	在风电场三个拐角及两条长边中间位置风机上各安装一台灯光警示设备	检查落实情况
	3.事故处理	在施工水域外围设置专门的警戒船或者浮筒，提醒航行船舶注意避让；变压器下方配备事故油罐，容量不低于单台主变油量。 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。	检查是否落实措施，查阅船舶事故溢油风险应急预案
环境管理	1.环境管理情况	设专职人员对风电场环境保护工作统一管理	检查建设单位与施工监理单位签订的相关合同文件。提供完整的监测记录、监测报告。
	2.环境监测计划执行情况	实施报告制定的海洋生态和环境监测计划	

## 9 评价结论

### 9.1 工程概况

国家电投大连市花园口（400MW）海上风电场项目位于花园口南侧海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，由I（220MW）场址和II（180MW）场址两块场址组成。风电场走向与岸线基本平行，北界及西北界基本沿 10m 等深线，西北界距离已规划的工业与城镇用海区 10km，西南侧距长山列岛 6km。风电场横向跨度约 5.0km~9.5km，纵深约 19.1km，水深约 12~17.5m，中心点距离岸线约 17km、距离海洋功能区划中工业与城镇用海区约 13km。

国家电投大连市花园口 I 海上风电项目位于长海海域，黄海海域长山列岛和石城岛之间，水深约 11~16.5m，中心点离岸距离约 17km。拟安装 21 台单机容量为 10.5MW 等级风电机组，开发建设容量为 220MW。用海总面积 80.4643 公顷，其中风机用海面积 23.3835 公顷，海底电缆用海面积 57.0808 公顷。

国家电投大连市花园口I和花园口II海上风电共用海上升压站、220kV 海底电缆、电缆转换井、220kV 陆上线路、陆上集控中心及 220kV 送出线路，共用系统所在区域属于庄河市，共用系统工程属于国家电投大连市花园口II海上风电项目范围，不包含在本次评价范围内。

### 9.2 政策、规划的符合性分析

#### （1）“三线一单”符合性

根据《国家电投大连市花园口I海上风电项目“三线一单”检测分析报告》（大连市生态环境事务服务中心二零二三年十一月），项目风电场所处海洋生态环境管控单元为长山群岛重要渔业水域、管控分类为 3-一般管控，管控单元编码为 HY21020030024。

本工程建设未占用和穿越海洋生态红线区、海洋保护区，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。

项目符合大连市“三线一单”生态环境分区管控要求。

### (2) 海洋功能区划及环保规划符合性

本工程用海符合“长山群岛农渔业区（B1-01）”的相关功能区划管理要求，与《辽宁省海洋功能区划（2011-2020年）》相符，与《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》相符。

本工程为《大连市海上风电场工程规划报告》中的花园口风电场，项目建设符合《辽宁省海洋主体功能区规划》、《辽宁省“十四五”海洋生态环境保护规划（2022-2027年）》规定的相关要求，可为海洋产业及辽宁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。

### (3) 相关政策、规划符合性

本项目为海上风电场项目，根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，属于“鼓励类”项目：“五、新能源”中的“1. 风力发电技术与应用：15MW等级及以上海上风电机组技术开发与设备制造，漂浮式海上风电技术，高原、山区风电场建设与设备生产制造，海上风电场建设与设备及海底电缆制造，稀土永磁材料在风力发电机中应用”，本项目建设符合国家产业政策的要求。

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》、《辽宁沿海经济带发展规划》《辽宁沿海经济带大连区域用海规划（2008-2020年）》等国家产业政策。

本项目为《大连市海上风电场工程规划报告》中的花园口场址，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。

## 9.3 环境现状评价结论

### 9.3.1 水文水动力环境

#### (1) 潮汐

工程附近海域的潮汐为属于正规半日潮性质，即相邻高潮或低潮的潮位相近、

涨潮历时与落潮历时亦相近。观测期间，最高潮位为 316cm（2019 年 8 月 3 日），最低潮位为-303cm（2019 年 11 月 25 日），最大潮差 530cm（2020 年 2 月 10 日），平均潮差 341cm，平均涨潮历时为 06:00，平均落潮历时为 06:26，涨潮历时小于落潮历时，年平均海平面为 5cm。

### （2）潮流

潮段平均流速，整体上大部分测站表现为自表层向底层递减，涨潮平均流速大于落潮平均流速。空间分布来看，C1、C2 测站流速稍小一些，C3~C6 测站流速稍大一些。空间分布上主要表现为南部测站流速大，北部测站流速小。时间分布上涨落潮流速表现为大潮和中潮较大，小潮最小。

### （3）底质

工程区及周边海域底质类型以粉砂质砂为主，其次为砂质沉积，沉积物平均粒径为 0.061mm。粉砂质砂中值粒径（ $Md\phi$ ）范围 3.17~4.15，平均粒径（ $Mz\phi$ ）范围 3.90~4.76；分选系数范围 1.63~2.37，分选较差至分选差，偏态系数范围 0.30~0.71，正偏态到很正偏态，表现出明显的细尾，峰态系数范围 0.71~1.49，从平坦峰态至尖锐峰态均有分布，以平坦峰态为主。

## 9.3.2 地形地貌与冲淤环境

拟建场址位于北黄海，距离辽东半岛海岸线 10-12km，水深（相对理论低潮面）小于 20m，海底地势由北向南倾斜，地形较平坦，起伏较小，平均坡度 0.06%，属水下岸坡地貌单元。场址西侧分布长山列岛，东侧分布石城岛、大王家岛、小王家岛，但对场址区内地形影响较小。

## 9.3.3 环境质量现状

### 9.3.3.1 海洋水质

根据春季、夏季和秋季海水水质的调查和评价结果，未发现污染因子超出二类海水水质标准的站位，该海域水质环境良好。

### 9.3.3.2 沉积物质量

本次调查的结果来看，调查海域各站位的底质各项目均未超过沉积物一类质量标准。

### 9.3.3.3 海域生态环境质量

#### (1) 叶绿素 a

春季调查海域表层叶绿素 a 平均值为 1.36 $\mu\text{g/L}$  (0.41~4.55 $\mu\text{g/L}$ , n=13); 底层叶绿素 a 平均值为 1.01 $\mu\text{g/L}$  (0.48~2.05 $\mu\text{g/L}$ , n=11)。该海域的叶绿素 a 水平处于正常水平。

夏季叶绿素 a 平均值为 1.53  $\mu\text{g/L}$ 。整体处于较低水平。

秋季海域在调查期间叶绿素 a 平均值为 1.59 $\mu\text{g/L}$ 。整体处于较低水平。

#### (2) 浮游植物

春季调查海域各站位生物多样性指数、丰富度指数、优势度指数以及均匀度指数范围分别为 0.97-3.01、0.91-2.31、0.15-0.71、0.25-0.81。调查海域生物多样性指数较高，且均匀度较好，反映出浮游植物生物多样性较好，各种类间个体分布均匀，结构稳定性较好。

夏季调查海域生物多样性指数及均匀度处于较高水平，平均值分别为 2.96 和 0.94，表明群落结构多样性较好，种类间分布程度较均匀。调查海域无论从种类组成、藻类细胞数量以及空间分布，未出现异常现象。

秋季调查海域生物多样性指数及均匀度处于较高水平，平均值分别为 3.16 和 0.94，表明群落结构多样性较好，种类间分布程度较均匀。调查海域无论从种类组成、藻类细胞数量以及空间分布，未出现异常现象。

#### (3) 浮游动物

春季调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 3.00，各站位波动范围在 1.77-3.83 之间；均匀度指数平均值为 0.83，各站位波动范围在 0.47-0.94 之间。调查海域中、小型浮游动物多样性指数平均值为 2.06，各站位波动范围在 0.57-2.90 之间；均匀度指数平均值为 0.61，各站位波动范围在 0.17-0.86 之间。

夏季调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 1.97，各站位波动范围在 1.02~2.92 之间；均匀度指数平均值为 0.59，各站位波动范围在 0.36~0.86 之间。调查海

域中型浮游动物多样性指数平均值为 2.24，各站位波动范围在 1.50~3.25 之间；均匀度指数平均值为 0.96，各站位波动范围在 0.87~1.00 之间。

秋季调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 1.94，各站位波动范围在 0.95~3.00 之间；均匀度指数平均值为 0.58，各站位波动范围在 0.34~0.82 之间。调查海域中型浮游动物多样性指数平均值为 2.81，各站位波动范围在 2.45~3.39 之间；均匀度指数平均值为 0.95，各站位波动范围在 0.82~1.01 之间。

#### (4) 底栖生物

春季调查海域大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数变化在 0.97~3.24 之间，平均值为 2.01；Pielou 指数变化在 0.67~1.00 之间，平均值为 0.93；丰富度指数 (d) 变化在 0.18~1.28 之间，平均值为 0.60；优势度指数 (D) 变化在 0.11~0.52 之间，平均值为 0.29。

夏季调查海域底栖动物种类均为黄海沿岸常见种，底栖动物生物多样性一般，群落结构基本正常。

秋季调查海域底栖动物种类均为黄海沿岸常见种，底栖动物生物多样性一般，群落结构基本正常。

### 9.3.3.4 海洋生物质量

春季和秋季三类生物的各污染指数均小于 1，调查海域生物未遭到铬污染。

## 9.3.4 海洋渔业资源

### 9.3.4.1 鱼卵、仔鱼

春季调查水平和垂直拖网采集的样品中，检测到鱼卵 2 目 5 科 6 种，检测到仔稚鱼 2 目 5 科 7 种。春季调查期间鱼卵平均密度为 0.71 ind/m<sup>3</sup>，仔稚鱼平均密度为 0.37 ind/m<sup>3</sup>。

鱼卵数量分布不均匀，密度最高值出现在 20 号站位，优势种为鳀鱼。仔稚鱼数量分布不均匀，密度最高值出现在 3 号站位，优势种为赤鼻棱鳀。

秋季调查航次未检出鱼卵、仔稚鱼。

#### 9.3.4.2 游泳动物

春季调查海域渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.65 (1.64- 3.67)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.66 (0.47-0.81)。春季调查海域渔获物尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 2.56 (1.41-3.32)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.64 (0.41-0.79)。秋季调查海域渔获物重量多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 3.31 (2.62-3.91)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.72 (0.58-0.82)。秋季调查海域渔获物尾数多样性指数 ( $H'$ ) 均值为 3.13 (2.13- 3.88)，均匀度指数 ( $J'$ ) 均值为 0.68 (0.53-0.79)。

除了个别站位物种分布不均匀外，大部分站位种间个体分布均匀，群落结构稳定。综合各生态指标，可见，调查水域渔业资源资源密度较好，经济种类密度一般。

#### 9.3.5 鸟类

评价区主要分布的鸟类共有 16 目 25 科 131 种。近岸河口及滩涂湿地，数据显示区内多数为水鸟，林鸟相对较少。

2023 年 2 月至 10 月在评价区海域开展连续季节的现场监测，结果显示，共记录鸟类 4 目 4 科 7 种，未调查到国家重点保护鸟种，均为常见鸟种。

评价区距离辽宁形人坨子候鸟重要迁徙通道最近，距离大连黑脸琵鹭市级自然保护区核心区行人坨子岛的距离为 17km；距离庄河仙人洞候鸟重要迁徙通道距离为 48km；距离辽宁城山头候鸟重要迁徙通道距离为 53km；距离长山列岛候鸟重要迁徙通道最短距离为 12km；距离大连市蛇岛老铁山候鸟重要迁徙通道最远，距离为 140km。

### 9.4 环境影响预测与评价结论

#### 9.4.1 对水文动力和地形冲淤的影响

风电场建设对海域的潮流影响主要集中在桩基局部，并以流速减小为主，涨落急时迎流侧和背流侧的流速均有所减小，且背流侧变化幅值及范围更大，随涨落潮过程中的流向改变，其影响范围也发生改变。风电场工程的建设对风电场周

边海域潮流特性影响较小，周边海域流速变化基本在 0.01m/s 以内。

### 9.4.2 地形地貌与冲淤环境影响分析

由于桩基阻流导致其附近流速的降低，工程实施后风电场区域以冲刷为主，最大年冲刷量约 0.25m/a，仅限桩基局部，冲刷幅值在 0.05m/a 的最大距离约 70m，淤积幅值在 0.02m/a 的最大距离约 150m。

工程对整体海域的冲淤趋势影响有限，不会改变原有大范围海域的冲淤平衡状态。

### 9.4.3 海洋水质环境影响分析

花园口海上风电项目引起悬浮泥沙超二类水质标准范围（10mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 18.356km<sup>2</sup>，悬浮泥沙超三类水质标准范围（100mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 0.506km<sup>2</sup>，悬浮泥沙超四类水质标准范围（150mg/L 浓度悬浮泥沙扩散范围）面积为 1.158km<sup>2</sup>。

工程距离长山群岛重要渔业水域（限制类红线区）/海王九岛及其邻近海域（限制类红线区）和乌蟒岛及邻近海域（限制类红线区）较远，不会对红线区水质造成影响。

虽然工程海缆施工期间对工程附近工业与城镇用海区、港口航运区、渔业区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工业与城镇用海区、港口航运区、渔业区功能。

### 9.4.4 对沉积物环境的影响

#### （1）施工期

施工悬浮物泥沙进入水体中，其中颗粒较大的悬浮物泥沙会直接沉降在工程区附近海域，形成新的表层沉积物环境，颗粒较小的悬浮物泥沙会随海流漂移扩散，并最终沉积在工程区周围的海底，将原有表层沉积物覆盖，引起局部海域表

层沉积物环境的变化。由于施工期间产生悬浮泥沙来源于附近海域表层沉积物，一般情况下对沉积物的改变大多是物理性质的改变，对沉积物的化学性质改变不大，对工程区既有的沉积物环境产生的影响甚微，不会引起海域总体沉积物环境质量的变化。

#### (2) 运行期

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 25 年内持续累积，风机基础周围沉积物中锌含量较低。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。

### 9.4.5 对海洋生态和渔业资源的影响

#### 9.4.5.1 施工期

泥沙入海将对一定范围内的浮游植物光合作用、浮游动物和鱼卵仔鱼的存活率产生一定的影响，这种影响是不可避免的。施工期若能避开鱼类的繁殖期进行施工，则对浮游生物和鱼卵、仔鱼影响较小。施工过程引起的入海悬浮泥沙是暂时和有限的。随着上述工程的结束，泥沙的沉降作用，水质将逐渐恢复，浮游生物会逐渐恢复正常。

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人为增加的悬浮物浓度较快减至 10mg/L 以下，因此本工程悬浮泥沙对海洋大型底栖生物影响不大且影响可逆。

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。

项目施工期附近海域施工船只往来频繁、施工现场水质变差和施工结束后所需的生态恢复期，都将导致附近海域短期内无法进行捕捞作业，使可从事捕捞作业的时间缩短。

#### 9.4.5.2 运行期

##### (1) 对底栖生物的影响

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主要为风机基础对朝下喙底栖生物生境的长期占用。

#### (2) 对渔业生产影响

运营期，由于本工程风机行列间距较大，且风电场采用开放式管理方法，因此运行期风电场范围内除风机基础、电缆埋设直接用海面积外的其余区域仍可用于水产养殖作业。但考虑到风电场正常运行和电缆安全，在电缆埋设区域将禁止进行养殖生产和进行拖网等渔业生产。工程建设前建设单位应加强与养殖生产者的协商和沟通，以提高海域的综合利用效率，工程运行期风电场对渔业生产的影响是可控的。

### 9.4.6 对鸟类的影响分析

项目位于空旷海上，距离自然保护区 17km 以上，不会对国家重点保护鸟类：黑脸琵鹭、黄嘴白鹭等的繁殖构成影响。仅有个别鸟类在本区取食或者飞过，因此，项目位置可能对个别鸟类的取食、迁飞有一定影响。

#### (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。

### 9.4.7 声环境影响分析

#### (1) 施工期陆上

施工噪声昼间达标距离最大为 150m，夜间达标距离最大为 700m。本项目海上作业区远离陆地，周边没有水上噪声敏感目标，在施工期选择低噪声的机械设备，做好隔声减振等声污染防治措施，避免振动锤等高噪声设备在夜间使用的前提下，施工产生的水上噪声对周边环境影响不大。

#### (2) 施工期水下噪声

施工打桩作业中产生的水下噪声具有不连续，持续时间较短，无多声源叠加等特点。确立打桩施工在离打桩施工中心点 630.96 范围内为危险区域。风机单桩基础打桩施工确立在距离桩基 3981.07m 范围内为警告区域。当多台桩体同时施工，危险区域和警告区域做相应的扩大。

### 9.4.8 环境风险影响评价

本项目在采取安全防范措施、落实各项环保措施，编制全面规范的突发环境事件应急预案的前提下，拟建项目从环境风险的角度考虑是可行的，环境风险可防控。

## 9.5 污染防治措施

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河港码头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，排入到庄河港污水处理厂管网，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。

(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。

(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。

## 9.6 公众意见情况

### (1) 首次环境影响评价信息公开情况

在正式合同签订后的7个工作日内，建设单位于2023年11月17日进行了第一次环评信息公示（公示网站 <http://www.sdepci.com/>）进行，公开内容包括：①（一）建设项目名称、选址选线、建设内容等情况；②建设单位名称和联系方式；③环境影响报告书编制单位的名称；④公众意见表的网络链接；⑤提交公众意见表的方式和途径。

### (2) 第二次公示（征求意见稿公示）情况

本项目环境影响报告书征求意见稿形成后，建设单位通过以下三种方式同步进行了信息公示。

①2023年12月25日至2024年1月9日，对报告书征求意见稿的全文进行了公示（公示网站 <http://www.sdepci.com/>），并附公众意见表网络链接。

②分别于2023年12月27日和2023年12月29日在公众易于接触的《半岛晨报》进行了两次环评信息公开。

③2023年12月26日，在长海县政府采用现场张贴信息公告的方式，对环评信息进行公开，现场公示持续公开期限为10个工作日。

（3）公众参与结论以上公示期间均未收到相关公众的反馈意见，根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令[2018]第4号），本项目不属于《办法》中第十四条所认定的“对环境影响方面公众质疑性意见多的建设项目”，无需组织开展深度公众参与。

综上，本项目公众参与的程序、形式、方法等均符合《环境影响评价公众参与办法》（环境部令[2018]第4号）的相关规定，公参程序和形式合法，各公示平台和现场张贴公告地址具有代表性，最终的公参结果真实、有效。

## 9.7 环境影响评价综合结论

综上所述，国家电投大连市花园口 I 海上风电项目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。

根据对本项目所在区域环境现状的调查分析以及对环境影响的模拟预测和分析，本评价在充分考虑项目建设施工和运营可能对海洋环境、陆域环境造成的影响的条件下，提出了一系列有针对性的环境保护措施。建设单位在项目实施过程中，应进一步优化施工方案、加强施工期及营运期的管理，切实落实报告书提出的各项环保对策措施及生态补偿措施，则项目建设对环境的影响程度和对海洋生态环境造成的损失可以接受。

在此前提下，本评价认为，本项目建设从环境保护角度考虑是可行的。

## 9.8 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。

建设项目环境影响报告书审批基础信息表

填表单位（盖章）：		长海东方新能源发电有限公司				填表人（签字）：		项目经办人（签字）：					
建设 项目	项目名称	国家电投大连市花园口I海上风电项目				建设内容	安装21 台单机容量为 10.5MW等级风电机组，开发建设容量为220MW。用海总面积80.4643公顷，其中风机用海面积23.3835公顷，海底电缆用海面积57.0808公顷						
	项目代码	无											
	环评信用平台项目编码	wiv55k											
	建设地点	辽宁省	大连市	长海县	东北部海域	建设规模	安装21 台单机容量为 10.5MW等级风电机组，开发建设容量为220MW。						
	项目建设周期（月）	12				计划开工时间	2024年3月						
	建设性质	新建（迁建）				预计投产时间	2025年3月						
	环境影响评价行业类别	五十四、海洋工程		海洋能源开发利用类工程		国民经济行业类型及代码	D_44电力、热力、燃气及水生产和供应业	D_4411电力生产	D_4415风力发电				
	现有工程排污许可证或排污登记表编号（改、扩建项目）	无		现有工程排污许可管理类别（改、扩建项目）	无	项目申请类别	新申报项目						
	规划环评开展情况	不需开展				规划环评文件名	无						
	规划环评审查机关	无				规划环评审查意见文号	无						
	建设地点中心坐标（非线性工程）	经度	122.721687	纬度	39.388231	占地面积（平方米）	0	环评文件类别	环境影响报告书				
	建设地点坐标（线性工程）	起点经度	0.000000	起点纬度	0.000000	终点经度	0.000000	终点纬度	0.000000	工程长度（千米）	0		
	总投资（万元）	201155.00				环保投资（万元）	1126.55		所占比例（%）	0.6			
建设 单位	单位名称	长海东方新能源发电有限公司		法人代表	王庆文		环评 编制 单位	单位名称	大连中环卓信环境保护有限公司		统一社会信用代码	91210204MA0YJYGB6N	
				主要负责人	韩东			编制主持人	姓名	司伟磊		联系电话	84708030
	统一社会信用代码（组织机构代码）	91210224MA0YRNKT26		联系电话	15176256981			信用编码	BH000981				
	通讯地址	辽宁省大连市长海县长山岛镇和风街				通讯地址		大连市沙河口区中山路427-1号和平汇					
污 染 物 排 放 量	污染物	现有工程（已建+在建）		本工程（拟建或调整变更）	总体工程（已建+在建+拟建或调整变更）			区域削减量来源（国家、省级审批项目）					
		①排放量（吨/年）	②许可排放量（吨/年）	③预测排放量（吨/年）	④“以新带老”削减量（吨/年）	⑤区域平衡替代本工程削减量（吨/年）	⑥预测排放总量（吨/年）	⑦排放增减量（吨/年）					
	废水	废水量（万吨/年）	0	0	0	0	0	0	0	0			
		COD	0	0	0	0	0	0	0	0			
		氨氮	0	0	0	0	0	0	0	0			
		总磷	0	0	0	0	0	0	0	0			
		总氮	0	0	0	0	0	0	0	0			
		铅	0	0	0	0	0	0	0	0			
		汞	0	0	0	0	0	0	0	0			
		镉	0	0	0	0	0	0	0	0			
		铬	0	0	0	0	0	0	0	0			
		类金属砷	0	0	0	0	0	0	0	0			
	其他特征污染物	0	0	0	0	0	0	0	0				
废气量（万标立方米/年）	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	二氧化硫	0	0	0	0	0	0	0	0				
	氮氧化物	0	0	0	0	0	0	0	0				





附表 2 地表水环境影响评价自查表

工作内容		自查项目			
影响识别	影响类型	水污染影响型 <input type="checkbox"/> ；水文要素影响型 <input type="checkbox"/>			
	水环境保护目标	饮用水水源保护区 <input type="checkbox"/> ；饮用水取水口 <input type="checkbox"/> ；涉水的自然保护区 <input type="checkbox"/> ；重要湿地 <input type="checkbox"/> ；重点保护与珍稀水生生物的栖息地 <input type="checkbox"/> ；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场等渔业水体 <input type="checkbox"/> ；涉水的风景名胜区 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>			
	影响途径	水污染影响型		水文要素影响型	
		直接排放 <input type="checkbox"/> ；间接排放 <input checked="" type="checkbox"/> ；其他		水温 <input type="checkbox"/> ；径流 <input type="checkbox"/> ；水域面积 <input type="checkbox"/>	
影响因子	持久性污染物 <input type="checkbox"/> ；有毒有害污染物 <input type="checkbox"/> ；非持久性污染物 <input checked="" type="checkbox"/> ；pH 值 <input checked="" type="checkbox"/> ；热污染 <input type="checkbox"/> ；富营养化 <input type="checkbox"/> ；其他 <input checked="" type="checkbox"/>		水温 <input type="checkbox"/> ；水位（ ） <input type="checkbox"/> ；流速 <input type="checkbox"/> ；流量 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>		
评价等级	水污染影响型		水文要素影响型		
	一级 <input type="checkbox"/> ；二级 <input type="checkbox"/> ；三级 A <input type="checkbox"/> ；三级 B <input checked="" type="checkbox"/>		一级 <input type="checkbox"/> ；二级 <input type="checkbox"/> ；三级 <input type="checkbox"/>		
现状调查	区域污染源	调查项目		数据来源	
		已建 <input type="checkbox"/> ；在建 <input type="checkbox"/> ；拟建 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>	拟替代的污染源 <input type="checkbox"/>	排污许可证 <input type="checkbox"/> ；环评 <input type="checkbox"/> ；环保验收 <input type="checkbox"/> ；既有实测 <input type="checkbox"/> ；现场监测 <input type="checkbox"/> ；入河排放口数据 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>	
	受影响水体水环境质量	调查时期		数据来源	
		丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/> ；春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>		生态环境保护主管部门 <input type="checkbox"/> ；补充监测 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>	
	区域水资源开发利用状况	未开发 <input type="checkbox"/> ；开发量 40%以下 <input type="checkbox"/> ；开发量 40%以上 <input type="checkbox"/>			
	水文情势调查	调查时期		数据来源	
丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/> ；春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>		水行政主管部门 <input type="checkbox"/> ；补充监测 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>			
补充监测	监测时期		监测因子	监测断面或点位	
	丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/> ；春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/>		( )	监测断面或点位个数 ( ) 个	
现状评价	评价范围	河流：长度 ( ) km；湖库、河口及近岸海域：面积 ( ) km <sup>2</sup>			
	评价因子	( )			
	评价标准	河流、湖库、河口：I类 <input type="checkbox"/> ；II类 <input type="checkbox"/> ；III类 <input type="checkbox"/> ；IV类 <input type="checkbox"/> ；V类 <input type="checkbox"/> ；近岸海域：第一类 <input type="checkbox"/> ；第二类 <input type="checkbox"/> ；第三类 <input type="checkbox"/> ；第四类 <input type="checkbox"/> ；规划年评价标准 ( )			
	评价时期	丰水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；冰封期 <input type="checkbox"/>			

工作内容		自查项目		
		春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/>		
	评价结论	水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标状况 <input type="checkbox"/> : 达标 <input type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 水环境控制单元或断面水质达标状况 <input type="checkbox"/> : 达标 <input type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 水环境保护目标质量状况 <input type="checkbox"/> : 达标 <input type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况 <input type="checkbox"/> : 达标 <input type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 底泥污染评价 <input type="checkbox"/> 水资源与开发利用程度及其水文情势评价 <input type="checkbox"/> 水环境质量回顾评价 <input type="checkbox"/> 流域(区域)水资源(包括水能资源)与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况 <input type="checkbox"/>	达标区 <input type="checkbox"/> 不达标区 <input type="checkbox"/>	
影响预测	预测范围	河流: 长度( ) km; 湖库、河口及近岸海域: 面积( ) km <sup>2</sup>		
	预测因子	( )		
	预测时期	丰水期 <input type="checkbox"/> ; 平水期 <input type="checkbox"/> ; 枯水期 <input type="checkbox"/> ; 冰封期 <input type="checkbox"/> 春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/> 设计水文条件 <input type="checkbox"/>		
	预测情景	建设期 <input type="checkbox"/> ; 生产运行期 <input type="checkbox"/> ; 服务期满后 <input type="checkbox"/> 正常工况 <input type="checkbox"/> ; 非正常工况 <input type="checkbox"/> 污染控制和减缓措施方案 <input type="checkbox"/> 区(流)域环境质量改善目标要求情景 <input type="checkbox"/>		
	预测方法	数值解 <input type="checkbox"/> ; 解析解 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/> 导则推荐模式 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>		
影响评价	水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价	区(流)域水环境质量改善目标 <input type="checkbox"/> ; 替代削减源 <input type="checkbox"/>		
	水环境影响评价	排放口混合区外满足水环境管理要求 <input type="checkbox"/> 水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标 <input type="checkbox"/> 满足水环境保护目标水域水环境质量要求 <input type="checkbox"/> 水环境控制单元或断面水质达标 <input type="checkbox"/> 满足重点水污染物排放总量控制指标要求, 重点行业建设项目, 主要污染物排放满足等量或减量替代要求 <input type="checkbox"/> 满足区(流)域水环境质量改善目标要求 <input type="checkbox"/> 水文要素影响型建设项目时应包括水文情势变化评价、主要水文特征值影响评价、生态流量符合性评价 <input type="checkbox"/> 对于新设或调整入河(湖库、近岸海域)排放口的建设项目, 应包括排放口设置的环境合理性评价 <input type="checkbox"/> 满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求 <input type="checkbox"/>		
	污染源排放量	污染物名称	排放量/(t/a)	排放浓度/(mg/L)

工作内容		自查项目				
	核算	( )	( )	( )	( )	( )
	替代源排放情况	污染源名称	排污许可证编号	污染物名称	排放量/(t/a)	排放浓度/(mg/L)
		( )	( )	( )	( )	( )
生态流量确定	生态流量：一般水期 ( ) m <sup>3</sup> /s；鱼类繁殖期 ( ) m <sup>3</sup> /s；其他 ( ) m <sup>3</sup> /s 生态水位：一般水期 ( ) m；鱼类繁殖期 ( ) m；其他 ( ) m					
防治措施	环保措施	污水处理设施 <input checked="" type="checkbox"/> ；水文减缓设施 <input type="checkbox"/> ；生态流量保障设施 <input type="checkbox"/> ；区域削减 <input type="checkbox"/> ；依托其他工程措施 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>				
	监测计划		环境质量		污染源	
		监测方式	手动 <input type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input type="checkbox"/>		手动 <input type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input type="checkbox"/>	
		监测点位	( )		(-)	
	监测因子	( )		( )		
污染物排放清单						
评价结论	可以接受 <input checked="" type="checkbox"/> ；不可以接受 <input type="checkbox"/>					
注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项，可√；“( )”为内容填写项；“备注”为其他补充内容。						

附表 3 声环境影响评价自查表

工作内容		自查项目							
评价等级 与范围	评价等级	一级 <input type="checkbox"/>		二级 <input type="checkbox"/>		三级 <input type="checkbox"/>			
	评价范围	200m <input type="checkbox"/>		大于 200m <input type="checkbox"/>		小于 200m <input type="checkbox"/>			
评价因子	评价因子	等效连续 A 声级 <input type="checkbox"/>		最大 A 声级 <input type="checkbox"/>		计权等效声级感觉噪声级 <input type="checkbox"/>			
评价标准	评价标准	国家标准 <input checked="" type="checkbox"/>		地方标准 <input type="checkbox"/>		国外标准 <input type="checkbox"/>			
现状评价	评价功能区	0 类区 <input type="checkbox"/>	1 类区 <input type="checkbox"/>	2 类区 <input type="checkbox"/>	3 类区 <input type="checkbox"/>	4 类区 <input type="checkbox"/>	4a 类区 <input type="checkbox"/>		
	评价年度	初期 <input type="checkbox"/>		近期 <input type="checkbox"/>		中期 <input type="checkbox"/>		远期 <input type="checkbox"/>	
	现场调查方法	现场实测法 <input checked="" type="checkbox"/>		现场实测加模型计算法 <input type="checkbox"/>		收集资料 <input type="checkbox"/>			
	现状评价	达标百分比		100%					
噪声源调查	噪声源调查方法	现场实测 <input type="checkbox"/>		已有资料 <input checked="" type="checkbox"/>		研究成果 <input type="checkbox"/>			
声环境 环境影响 预测与评价	预测模型	导则推荐模型 <input type="checkbox"/>		其他 <input type="checkbox"/> _____					
	预测范围	200m <input type="checkbox"/>		大于 200m <input type="checkbox"/>		小于 200m <input type="checkbox"/>			
	预测因子	等效连续 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/>		最大 A 声级 <input type="checkbox"/>		计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>			
	厂界噪声贡献值	达标 <input type="checkbox"/>		不达标 <input type="checkbox"/>					
	声环境保护目标处噪声值	达标 <input type="checkbox"/>		不达标 <input type="checkbox"/>					
环境监测 计划	排放监测	厂界监测 <input type="checkbox"/>		固定位置监测 <input checked="" type="checkbox"/>		自动监测 <input type="checkbox"/>		手动监测 <input checked="" type="checkbox"/>	无检测 <input type="checkbox"/>
	声环境保护目标处监测	监测因子：（水下噪声）		监测点位数（）		无监测 <input type="checkbox"/>			
评价结论	环境影响	可行 <input checked="" type="checkbox"/>		不可行 <input type="checkbox"/>					
注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选选项，可√；“（ ）”为内容填写项									

附表 4 建设项目环境风险简单分析内容表

建设项目名称	国家电投大连市花园口海上风电项目				
建设地点	(辽宁)省	(大连)市	( )区	(长海)县	海域
地理坐标	经度	122° 39'6"	纬度	39°18' 48"	
主要危险物质及分布	施工期船舶的燃料油、运营过程运维船只燃料油等油类物质。				
环境影响途径及危害后果(大气、地表水、地下水等)	施工期船舶碰撞溢油				
风险防范措施要求	<p>施工期间所有作业和运输船舶必须按照交通部信号管理规定悬挂信号灯，在施工现场设置必要的警示装置，施工向航道部门申请增设足够的临时航标，并按照海事部门和航道部门的要求按照划定的施工水域施工。</p> <p>强化船员管理。加强船舶作业人员的技术培训、专业培训，提高操作人员责任心和专业技能。</p> <p>强设备设施的保养和定期维修，以确保其保持良好的运行状态，防止由于设备、管道、阀门等损坏导致的泄漏。</p>				
填表说明(列出项目相关信息及评价说明)：					

# 国家能源局文件

国能新能[2013]262号

## 国家能源局关于大连市海上风电场 工程规划的复函

大连市发展改革委：

报来《关于上报大连市海上风电场工程规划报告审查意见的请示》(大发改能源字[2012]565号)收悉。经研究,现将有关事项函复如下：

一、大连市海上风能资源较丰富,具有良好的海上风电开发建设条件和电力市场消纳条件。为加快海上风电发展;增加清洁能源供应,促进能源结构调整和节能减排,原则同意你市海上风电工程规划报告。

二、同意大连市海上风电规划总装机容量190万千瓦,包括花

园口 2 个场区共 40 万千瓦,庄河 6 个场区共 150 万千瓦。

三、请按照规划布局和项目建设条件,有序推进海上风电项目建设。其中,2015 年重点开工建设庄河场址 II 和 III 场区,总装机容量为 60 万千瓦,2015 年至 2020 年开发建设其余规划场址,累计建成总装机容量 190 万千瓦。

四、请国家电网公司组织大连市电力公司抓紧开展海上风电工程配套输电网规划工作,加强海上风电输电技术研究,编制海上风电场输电规划报告,并做好海上风电场配套电力送出工程建设。

五、请高度重视海上风电建设对海洋资源和环境的影响,坚持集约节约用海,提高海域资源使用效率,按照海域使用管理和海洋环境报告管理要求规范项目开发行为,减少海上污染物排放,维护好海洋生态环境。



---

抄送:国家发展改革委、国家海洋局,国家电网公司、水电水利规划设计总院

---



附件2《关于同意大连市花园口海上风电场项目按照I、II场址开展前期工作的函》  
(大发改能源函[2019]265号)

# 大连市发展和改革委员会函

大发改能源函〔2019〕265号

## 关于同意大连市花园口海上风电场项目按照 I、II场址开展前期工作的函

庄河市发展改革局:

《关于国家电投大连市花园口(400MW)海上风电场项目按花园口I风电场和花园口II风电场开展前期工作的请示》(庄发改〔2019〕163号)收悉,经研究,现函复如下:

2018年12月,我委印发《关于同意大连市花园口海上风电场项目开展前期工作的函》(大发改能源函〔2018〕288号)。综合考虑支持地方经济发展和促进项目按属地推动前期工作等原因,同意本项目按照大连市花园口I(220MW)海上风电场项目和大连市花园口II(180MW)海上风电场项目分别开展前期工作。

此函。

大连市发展和改革委员会

2019年11月7日

# 长海县发展和改革局

---

## 关于同意大连市花园口 I 海上风电 项目开展前期工作的函

长海东方新能源发电有限公司：

你公司《关于大连市花园口 I 海上风电项目开展前期工作的请示》（长海新能源〔2023〕3 号）已收悉，经研究，现函复如下：

一、为加快我县海上风能资源开发利用，推动能源结构优化调整，根据市发展改革委大连市花园口海上风电场项目竞争配置和辽宁省“三区三线”成果，同意国家电力投资集团有限公司子公司长海东方新能源发电有限公司继续开展大连市花园口 I 海上风电项目前期工作。

二、该海上风电场工程是已批复的《大连市海上风电场工程规划报告》中的项目之一，位于长海海域，规划装机容量 220MW，投资匡算 20 亿元。

三、请你公司按照国家能源局海上风电开发建设有关规定抓紧开展项目前期工作，对项目建设方案进行深入论证。

四、请你公司按企业投资项目核准要求，进一步落实海上风

电场外部建设条件，做好风机选址、海域使用、通航论证、土地利用、环境保护等前期工作，取得相关行业主管部门的审查意见，并在此基础上编制项目核准申请报告。

请尽快按以上原则开展各项前期工作，待条件具备后，按规定程序履行项目核准手续。未经核准，项目不得开工建设。



# 长海县海洋发展局

---

## 国家电投大连市花园口 I 海上风电项目 用海预审意见

长海东方新能源发电有限公司：

你公司提交的《关于国家电投大连市花园口 I 海上风电项目用海预审的请示》及附送的有关文件、报告、资料等收悉。经审查，现函复如下：

一、国家电投大连市花园口 I 海上风电项目选址位于长海县东北部海域，申请用海总面积 80.4643 公顷，其中风机用海面积 23.3835 公顷，海底电缆用海面积 57.0808 公顷。

二、该项目海域使用论证报告已通过专家评审，按照专家评审意见修改后可作为该项目用海审核的依据。

三、原则同意国家电投大连市花园口 I 海上风电项目用海的选址、面积、方式及用途。该项目用海报批前，须完成各相关利益者的协调等工作。

四、根据《海域使用权管理规定》，本用海预审意见有效期 2 年，自发布之日起计算。有效期内，如项目申请用海的界址、面积、方式及用途等发生改变，应当重新提出用海预审申请。此

预审意见不作为合法使用海域的批复，不得用于海域使用权的转让、出租和抵押。



**国家电投大连市花园口 I 海上风电项目  
通航安全影响分析报告  
专家咨询意见**

2023 年 11 月 21 日，长海东方新能源发电有限公司（工程建设单位）主持召开了《国家电投大连市花园口 I 海上风电项目通航安全影响分析报告》（以下简称《报告》）专家咨询会。参加会议的单位有辽宁海事局、大连海事局、山东电力工程咨询院有限公司（咨询设计单位）和大连港口设计研究院有限公司（《报告》编制单位），会议聘请了五名专家组成专家组（名单附后）。会议听取了建设单位对项目背景的介绍、编制单位对《报告》的汇报，经认真讨论形成咨询意见如下：

一、《报告》根据国家相关法律法规及委托方要求，就风电场建设的适应性及对通航环境产生的影响进行了分析，并就各通航安全影响因素的风险进行了识别和评价，在此基础上提出降低或消除风险的安全保障措施及需求。分析方法科学，技术路线正确、基础资料翔实，提出的安全保障措施具有指导作用，结论总体可信。

二、建议：

- 1、完善风电场建设、运维对船舶通航的影响分析；
- 2、在补充渔业生产相关资料的基础上细化工程建设与渔业生产的相互影响分析；
- 3、按照最新相关规定补充“三同时”有关要求以及建设期、运维期海上交通安全保障措施等相关内容。

专家组组长：  
2023 年 11 月 21 日

国家电投大连市花园口I海上风电项目

通航安全影响分析报告评审会

专家组名单

姓名	工作单位	职务/职称	签到
张吉平	大连海事大学	教授	张吉平
赵庆涛	大连海事大学	副教授	赵庆涛
高峰	大连港引航站	高级引航员	高峰
田学刚	大连港轮驳公司	船长	田学刚
王政川	中交理工设计院	副院长	王政川

2023年11月21日

附件 6 国家电投大连市花园口 I 海风电项目长海县社会稳定风险评估备案表

### 长海县社会稳定风险评估备案表

事项名称	国家电投大连市花园口 I 海上风电项目			
所在地	长海县黄海海域长山列岛和石城岛之间			
评估主体	单位名称	长海县发展和改革局		
	负责人	朱军	职务	发展和改革局局长
	联系人	姜国林	联络方式	18141167931
评估单位	单位名称	辽宁国信社会稳定风险评估有限公司		
	负责人	孙海洋	职务	总经理
	联系人	佟姝霖	联络方式	18241355701
	报告完成时间	2023 年 10 月 15 日		
风险等级			评估结论	
备案情况	<p>收到辽宁国信社会稳定风险评估有限公司单位《国家电投大连市花园口 I 海上风电项目社会稳定风险评估报告》，同意备案。建议按照风险防范工作预案，持续做好风险防范处置工作。</p> 			



沈阳泽尔检测服务有限公司  
Shenyang Zeer Testing Service Co.,Ltd.

正本

# 检测报告

报告编号：20231145-1

检测类别：\_\_\_\_\_ 噪声 \_\_\_\_\_

项目名称：\_\_\_\_\_ 国家电投大连市花园口 I 海上风电场项目监测 \_\_\_\_\_

委托单位：\_\_\_\_\_ 长海东方新能源发电有限公司 \_\_\_\_\_

报告日期：\_\_\_\_\_ 2023 年 11 月 24 日 \_\_\_\_\_



沈阳泽尔检测服务有限公司



地址：沈阳市铁西区北一西路 52 甲号

邮编：110026

电话：024-25712888

Add: No. 52 Beiyixilu Road Tiexi District Shenyang

p.c.: 110026

Tel: 024-25712888



# 检测报告

## 一、检测信息

检测日期	2023/11/15	检测人员	程旭、王丙晟
检测地点	大连市花园口		

## 二、检测项目、方法、检出限、仪器及频次

序号	检测项目	检测方法	检出限	仪器名称、型号及管理编号	检测频次
噪声					
1	环境噪声	声环境质量标准 GB 3096-2008	/	多功能声级计 AWA5688 ZRJC-YQGL-213	昼夜各1次天 检测1天



### 三、检测结果

#### 1. 噪声

检测项目	检测日期	检测点位	测点编号	测量值 (L <sub>eq</sub> )	单位
环境噪声	11月15日	△1 水上1	1145-1N1-1 (昼间)	46	dB (A)
			1145-1N1-2 (夜间)	41	dB (A)
		△2 水上2	1145-1N2-1 (昼间)	45	dB (A)
			1145-1N2-2 (夜间)	41	dB (A)
		△3 水上3	1145-1N3-1 (昼间)	44	dB (A)
			1145-1N3-2 (夜间)	42	dB (A)
		△4 水上4	1145-1N4-1 (昼间)	44	dB (A)
			1145-1N4-2 (夜间)	41	dB (A)

#### 四、检测点位示意图





### 五、质量保证和质量控制

- 1.检测分析方法均采用国家有关部门颁布的现行有效的标准（或推荐）方法，并通过 CMA 资质认定；
- 2.检测人员经考核合格并持有上岗证书；
- 3.检测所用仪器均在检定校准有效期内；
- 4.本检测报告严格执行三级审核制度。

\*\*\*报告结束\*\*\*



编写人:     娜辰颖     审核人:     韩时      
签发人:     李东伟     签发日期:     2023.11.24

## 20231145-1 检测报告补充材料

### 1.气象参数

日期	天气	风速 (m/s)
11月15日	晴	1.2

附件 8 营业执照


  
**营 业 执 照** (副本)

统一社会信用代码 91210224MA0YRNKT26

名称 长海东方新能源发电有限公司  
 类型 有限责任公司(法人独资)  
 法定代表人 王庆文

经营范围 风力发电、太阳能发电、热力生产和供应; 电力输送及供电设施的安  
 装、调试、检修、运行维护; 售电业务; 电力输送与分配。(依法  
 须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动)。

注册资本 人民币伍佰万元整  
 成立日期 2019年07月05日  
 住 所 辽宁省大连市长海县长长山岛镇和风街

登记机关 大连市市场监督管理局  
 2023年01月09日

扫描二维码, 登录企业信用信息公示系统, 了解更多登记、备案、许可、监管信息。

仅限于国家电投大连市花园口风电项目核准事宜使用, 其他复印无效

国家市场监督管理总局监制

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

## 环境影响评价委托书

大连中环卓信环境保护有限公司：

国家电投大连市花园口 I 海上风电项目环评已确定贵公司为中选单位，现委托贵公司依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等法律法规的有关要求编制《国家电投大连市花园口 I 海上风电项目环境影响报告书》，具体事宜将在我公司指定方与贵公司的正式合同中约定。

委托单位：长海东方新能源发电有限公司

联系人及电话：韩东 15176256981

2023 年 11 月 15 日

