



中广核山东招远核电厂近岸海域环境
功能区划调整论证报告
(公示稿)

建设单位： 山东招远核电有限公司

编制单位： 青岛博研海洋环境科技有限公司

2022 年 12 月

统一社会信用代码 9137021255080250XP				<h1>营业执照</h1>				扫描二维码登录 “国家企业信用 信息公示系统” 了解更多登记、 备案、许可、监 管信息	
(副 本)		1-1							
名 称	青岛博研海洋环境科技有限公司	注 册 资 本	壹佰零伍万元整						
类 型	有限责任公司(自然人投资或控股)	成 立 日 期	2010 年 01 月 27 日						
法 定 代 表 人	张伟	营 业 期 限	2010 年 01 月 27 日 至 年 月 日						
经 营 范 围	海洋科技开发及技术服务、海洋模拟技术服务、海洋环境调查、海洋环境信息咨询、海洋环境监测、海洋工程勘察设计、海洋基础地质勘查、海洋地质勘查技术服务、海洋测绘、环境影响评价、海域使用论证、规划设计咨询。(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)								
		住 所	山东省青岛市高新区华中路66号基金谷19号楼102室						
		登 记 机 关							
				2021年		08月		08日	

国家企业信用信息公示系统网址: <http://www.gsxt.gov.cn>

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

国家市场监督管理总局监制

技术单位: 青岛博研海洋环境科技有限公司

通讯地址: 山东省青岛市高新区华中路66号基金谷19号楼102室

邮政编码: 266100

联系电话: 0532-68012399

传真电话: 0532-68012399

电子信箱: qdboyan2010@163.com

中广核山东招远核电厂近岸海域 环境功能区划调整论证报告

委托单位：山东招远核电有限公司

技术单位：青岛博研海洋环境科技有限公司

技术单位法定代表人：张 伟

技术单位项目负责人：蔡伟伟

编写人员名单表

姓名	专业	职称	承担工作	签名
滕 芝	环境科学	高 工	第5章	
王慧娟	物理海洋学	高 工	第2章	
刘 慧	环境科学	工程师	第1、4章	
陈文良	海洋地质	工程师	第7、8章	
田和兴	国土资源	工程师	第6章	
孙权村	生物技术	工程师	第3章	

目录

1 总则	1
1.1 项目由来	1
1.2 编制依据	2
1.3 调整近岸海域环境功能区划的原则	4
1.4 研究范围及论证重点	5
1.5 环境敏感目标	7
2 工程概况	9
2.1 工程地理位置和规模	9
2.2 项目用海面积及用海期限	23
2.3 工程建设必要性分析	31
3 研究区自然环境及开发利用情况	33
3.1 自然环境概况	33
3.2 海洋资源概况	49
3.3 研究区域开发利用现状	53
4 环境质量现状及污染源调查	63
4.1 海洋环境质量现状调查	63
4.2 海水水质变化趋势分析	116
4.3 污染源调查	121
5 招远核电项目对海洋环境的影响	124
5.1 基本方程	124
5.2 温排水影响预测与分析	129
5.3 余氯影响预测与分析	134
5.4 放射性核素影响预测与分析	138
5.5 浓盐水影响预测与分析	141
6 海域环境功能区划及相关规划符合性	144
6.1 与海洋功能区划符合性分析	144
6.2 与海洋生态保护红线的符合性分析	151
6.3 与相关规划符合性分析	155
7 近岸海域环境功能区划调整方案	161
7.1 拟调整海域环境功能区划现状	161

7.2 调整范围及调整依据	163
7.3 环境功能区划调整方案	168
7.4 区划调整方案可行性分析	172
8 结论建议	174
8.1 结论	174
8.2 建议	176

1 总则

1.1 项目由来

近年来，山东省坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党中央、国务院的决策部署，坚定不移贯彻新发展理念，落实高质量发展要求，将新旧动能转换作为统领全省经济建设的重大工程。根据山东省新旧动能转换试验区建设和能源结构调整的需要，加快新旧动能转换，推动生态文明建设，加大调整能源结构力度，促进能源发展改革迈入新阶段。2019年7月经国家发改委批准，拟于烟台招远建设六台百万千瓦级华龙一号压水堆核电机组。项目由中国广核集团有限公司投资，山东招远核电有限公司负责核电厂的建设和运营。

山东招远核电厂采用“一次规划，连续建设”的模式，拟建设六台华龙一号核电机组，核电主体工程主要包括核岛、常规岛、辅助厂房、海水冷却塔，其他配套工程主要包括：陆域取排水管线及海水预处理站、500kV输变电线、220kV辅助电源、放射源库、进厂道路、应急道路等。

其中海水冷却塔采用二次循环供水系统，补充水水源为莱州湾海水。海水取水量包括自然通风冷却塔补水量、海水淡化用水量，并考虑水处理自用水量及输水损失水量等，单台机组合计最大取水量约 $2.48\text{m}^3/\text{s}$ ；6台机组最大取水量约 $14.88\text{m}^3/\text{s}$ 。排水包括自然通风冷却塔排放水、海水淡化浓盐水排放等，其中单台机组夏季冷却水排水量为 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ ；单台机组冬季冷却水排水量为 $1.14\text{m}^3/\text{s}$ 。

根据《山东招远核电项目冷却塔排放水数值模拟研究报告》、《山东招远核电项目含放射性液态流出物排放数值模拟研究报告》，综合考虑招远核电厂址以及对周边开发利用活动及敏感目标的影响等因素。根据现行的《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》，核电厂取、排水工程位置位于龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）南部近岸海域，该功能区水质保护目标为第三类海水水质标准，《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第三类海水水质标准对人为温升的限值要求（三、四类水质要求人为温升不得超过当时当地 4°C ），而本项目排水口附近存在超 4°C 温升区，温升情况与现行的近岸海域功能区《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》中对该功能区管理规范不相符。根据《近岸海域环境功能区管理办法》（国家环境保护总局令第8号）第六条规定“任何单位和个人不得擅自改变近岸海域环境功能区划方案。确因需要必须进行调整的，由本行政区省辖市级环境保护行政主管部门按本办法第四条和第五条的规定提出调整方案，报原审批机关批准”。由于招远核

电项目是国家能源发展的重大工程，而排水口建设是解决核电厂冷却水排放的必要途径，也是建设招远核电厂的先行工程，为保证核电项目顺利推动，满足招远核电厂排水的需求，需对招远核电项目排水口附近部分海域的环境功能区进行调整。

综上所述，山东招远核电有限公司委托青岛博研海洋环境科技有限公司编制了《中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划调整论证报告》，对近岸海域环境功能区划调整方案进行论证。

1.2 编制依据

1.2.1 国家法律法规

(1) 《中华人民共和国海洋环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2017年11月4日修正，2017年11月5日实施；

(2) 《中华人民共和国环境保护法》，全国人民代表大会常务委员会，2014年4月24日修订，2015年1月1日实施；

(3) 《中华人民共和国海域使用管理法》，全国人民代表大会常务委员会，2001年10月发布，2002年1月实施；

(4) 《山东省海洋环境保护条例(2018年修订版)》，山东省人民代表大会常务委员会，2019年1月1日实施；

(5) 《中华人民共和国渔业法》，全国人民代表大会常务委员会，2013年12月28日修订，2013年12月28日实施；

(6) 《中华人民共和国水污染防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2017年6月27日修正，2018年1月1日实施；

(7) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，全国人民代表大会常务委员会，2016年11月7日修订并实施；

(8) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，全国人民代表大会常务委员会，2012年2月29日修订，2012年7月1日实；

(9) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》，中华人民共和国国务院，2017年3月1日修订并实施；

(10) 《国务院办公厅关于沿海省、自治区、直辖市审批项目用海有关问题的通知》，中华人民共和国国务院办公厅，2002年7月发布，2002年7月实施；

(11) 《近岸海域环境功能区划分技术规范》，国家海洋局，2002年4月1日实施；

(13) 《近岸海域环境功能区管理办法》，国家环境保护总局令第8号，1999年12月。

(14) 《山东省打好渤海区域环境综合治理攻坚战作战方案》，山东省人民政府办公厅，2019年2月12日。

1.2.2 规划、区划

(1) 《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020）》，山东省环境保护厅；2016年5月；

(2) 《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》，中华人民共和国国务院，2012年10月；

(3) 《全国海洋经济发展规划纲要》，中华人民共和国国务院，国发[2003]13号，2003年；

(4) 《全国海洋功能区划（2011-2020）》，中华人民共和国国家海洋局，2012年3月；

(5) 《“十四五现代能源体系”规划》（发改能源[2022]201号），2022年1月；

(6) 《核电中长期发展规划(2005-2020年)》年，中华人民共和国国家发展和改革委员会，2007年；

(7) 《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》，山东省人民政府，2013年12月；

(8) 《山东省海洋生态环境保护规划(2018-2020)》，山东省生态厅，2019年实施；

(9) 《山东省“十四五”海洋生态环境保护规划》（鲁政办字[2021]120号），2021年10月；

(10) 《山东省能源发展“十四五”规划》（鲁政字[2021]143号），2021年8月；

(11) 《烟台市养殖水域滩涂规划（2018-2030年）》烟政字〔2020〕12号，烟台市人民政府。

1.2.3 技术标准和规范

(1) 《近岸海域环境功能区划分技术规范》(HJ/T82-2001)；

(2) 《环境影响评价技术导则——总纲》(HJ2.1-2016)；

(3) 《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T19485-2014)；

(4) 《环境影响评价技术导则——生态影响》(HJ19-2011)；

- (5) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2004);
- (6) 《海水水质标准》(GB3097-1997);
- (7) 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002);
- (8) 《海洋生物质量标准》(GB18421-2001);
- (9) 《海洋监测规范》(GB17378-2007);
- (10) 《海洋调查规范》(GB12763.1-2007);
- (11) 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T9110-2007);
- (12) 《污水海洋处置工程污染控制标准》(GB18486-2001);
- (13) 《核电厂温排水环境影响评价技术规范》(NB/T20299-2014)。

1.2.4 项目基础资料

(1) 《中广核山东招远核电项目海域工程可行性研究报告》，深圳中广核工程设计有限公司，2021年08月；

(2) 《山东招远核电项目冷却塔排放水数值模拟研究报告》(CW03290032DCSG00GN)，南京水利科学研究院水工水力学研究所，2021年11月；

(3) 《山东招远核电项目含放射性液态流出物排放数值模拟研究报告》(CW032830004DOHB00GN)，南京水利科学研究院水工水力学研究所，2021年11月；

(4) 《山东招远核电厂工程水质环境、水生生态与渔业资源本底调查报告》，国家海洋环境监测中心，2021年7月；

(5) 《对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区影响专题报告》，中国水产科学研究院黄海水产研究所，2021年9月；

(6) 《山东招远核电厂一期工程周年水文站及冬、夏季全潮观测报告》，天津水运勘察设计院，2017年12月；

(7) 《山东招远核电项目环境影响报告书（选址阶段）》，苏州热工研究院有限公司，2021年6月；

(8) 《中广核山东招远核电厂一期工程海域使用论证报告书》，青岛国海浩瀚海洋工程咨询有限公司，2022年10月。

1.3 调整近岸海域环境功能区划的原则

- (1) 维护近岸海域生态系统的健康

近岸海域环境功能区划立足于保护近岸海域环境质量，为海洋生物繁殖、发育、生长、洄游和迁徙提供良好的生境，维护海洋生物多样性及海洋生态系统的健康，实现人与自然的和谐发展。

（2）近期计划与长远规划相结合

近岸海域环境功能区划既要考虑到现有和近期人类活动对海域环境的影响强度与范围，又要考虑到未来社会经济发展远景规划可能产生的各种影响。把近期计划与长远规划结合起来，统筹规划，合理布局，优化海洋环境利用方案。

（3）局部利益服从整体利益

在确定海洋环境功能和环境保护目标时，常常会涉及国家利益、集体利益、个人利益以及不同团体利益之间的冲突。在划分近岸海域环境功能区时，局部利益要服从整体利益。制约整体，统筹兼顾。

（4）相邻环境功能区相互协调原则

污染物在水体中具有迁移、扩散和衰减的特性，近岸海域环境功能区环境质量目标的确定应充分考虑水体的流动性，保持相邻和相近功能区环境质量目标的一致性。因此，在调整环境功能区的等级和范围时，应进行充分的协调性和可达性分析。避免邻近功能区环境质量目标差别过大的情况。

（5）经济社会环境三效益相统一原则

调整环境功能区划时要充分考虑研究范围内自然环境的特点，资源利用状况以及附近沿海城镇经济发展布局和相应的水质要求，优先开发利用和重点保护相一致，使近岸海域的开发利用程度与环境容量和资源承受能力保持一致，遵循统一规划、合理布局、因地制宜、陆海兼顾、局部利益服从全局利益、近期计划与长远规划相协调的原则，从经济发展的总体战略和布局规划出发，做到经济效益、社会效益和环境效益相统一，促进经济、社会可持续发展。

1.4 研究范围及论证重点

1.4.1 研究范围

研究海域范围参照《海洋工程环境影响评价技术导则》进行界定，即以排水工程中心为起点向周边外扩15km，面积478km²的海域范围。东至砣矶岛东侧，西至招远砂质黄金海岸国家级海洋公园西侧，如图1.4-1，坐标控制点见表1.4.1。

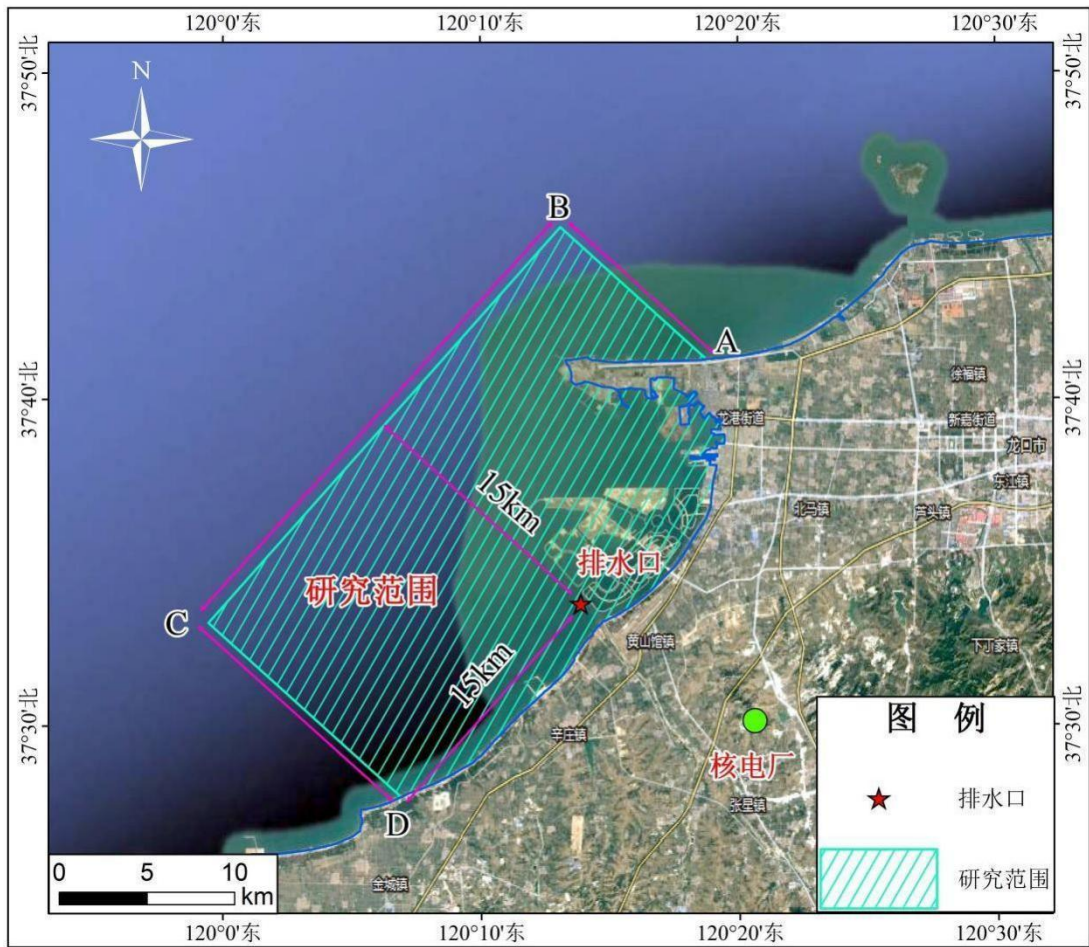


图 1.4-1 研究范围图

表 1.4-1 研究范围控制点坐标

控制点号	东经	北纬
A	120°06'53.98"	37°27'49.57"
B	119°59'26.18"	37°33'09.97"
C	120°13'06.08"	37°45'16.47"
D	120°18'45.36"	37°41'13.36"

1.4.2 研究重点

- (1) 工程建设的必要性；
- (2) 工程建设的组成及概况；
- (3) 研究区域的环境质量现状；
- (4) 工程建设对海洋环境的影响
- (5) 近岸海域环境功能区划调整方案可行性。

1.5 环境敏感目标

山东招远核电厂温排水排放区周围环境敏感保护目标主要为招远市开放式养殖区、渔业限制区、龙口市开放式养殖区、围海养殖区和招远砂质黄金海岸国家级海洋公园。保护区海水水质均达到《海水水质标准》（GB3097—1997）中的二类标准。海洋沉积物质量达到《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）的一类标准。

1) 招远市开放式养殖区

招远市开放式养殖区主要分布在界河以南的海域，距排水口4.2km，主要养殖方式为筏式养殖和底播养殖。

2) 龙口市围海养殖区

该区位于龙口砬岛港及桑岛附近，距排水口10.2km，主要养殖方式为围海养殖。

3) 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园

招远砂质黄金海岸国家级海洋公园主要保护对象为海岸带生态系统和海洋生物资源，距排水口4.5km。该海洋公园2014年3月13日经原国家海洋局批准建立。位于山东省招远市辛庄镇境内，东西自招莱线向东延伸约11.67km至淘金河东侧海域，南北为自高潮线以下向海中延伸约3.2km左右的区域。面积约26.99km²，其中重点保护区8.16km²，生态与资源恢复区9.7km²，适度利用区9.13km²。重点保护区以自然保护为主，禁止进行海岸带的开发利用以及一切有关的能够影响该保护区生态系统稳定性的活动；生态与资源恢复区，主要通过培育水生植物，恢复水禽栖息地，来修复受损的河口湿地环境；适度利用区，主要通过开展海上生态旅游，让公众参与其中，体验近海、亲海的乐趣。

4) 招远渔业海域限制区

招远渔业海域限制区位于龙口港西部，距排水口约9.1km，主要保护海洋自然生态系统，重要渔业资源的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。

山东招远核电项目排水口环境敏感保护目标详见图1.5-1，表1.5-1。

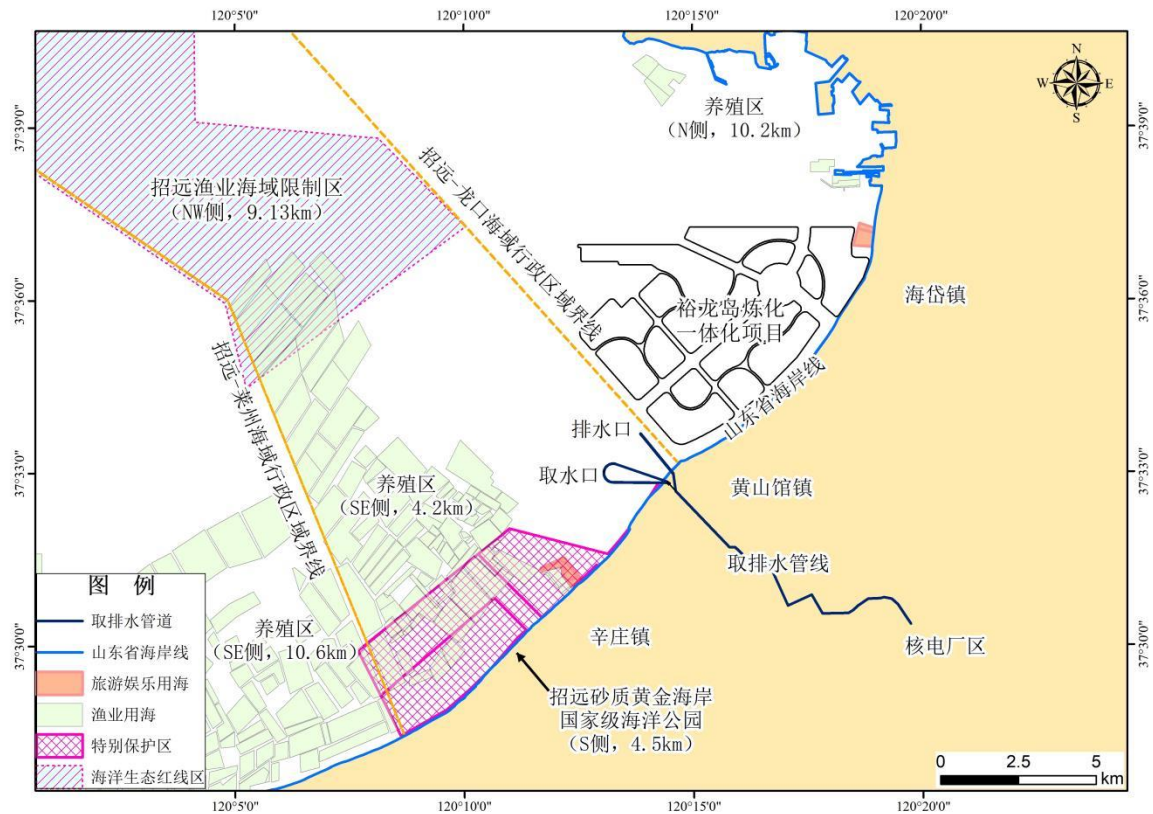


图 1.5-1 工程周边敏感保护目标分布图
表 1.5-1 工程周边敏感保护目标分布一览表

编号	类型	用途	方位	距离 (边界)	保护要求
1	养殖区	招远市开放式养殖区	SW	4.2km	水质均达到（GB3097—1997） 中的二类标准，沉积物质量达到 （GB18668-2002）的一类标准
2		围海养殖	N	10.2km	
3	国家级海洋 公园	招远砂质黄金海岸国 家级海洋公园	SE	4.5km	
4	生态红线区	招远渔业海域限制区	N	9.1km	水质均达到（GB3097—1997） 中的一类标准，沉积物质量达到 （GB18668- 2002）的一类标准

2 工程概况

2.1 工程地理位置和规模

2.1.1 工程地理位置

中广核山东招远核电厂厂址位于山东省招远市张星镇欧家村北侧、季山南侧的丘陵地带，厂址东距烟台市（城市现状边界，下同）约85km（直线距离，下同），南距张星镇约5.1km，东南距招远市约15km，西北距渤海岸边约9km。招远核电项目温水排放口位于山东半岛西北部的莱州湾近海，坐标为北纬 $37^{\circ}33'40.570''$ ，东经 $120^{\circ}13'50.988''$ （CGCS2000），排水口地理位置见图2.1-1。



图 2.1-1 工程地理位置图

2.1.2 建设规模

中广核山东招远核电项目总规划建设6台“华龙一号”百万千瓦级压水堆核电机组及其配套辅助设施。项目一次规划、分期建设。

中广核山东招远核电项目循环冷却水系统采用二次循环冷却方式，冷却塔补给水水源为海水，通过取水管线取自莱州湾海域，冷却塔排水与厂区其它排水一起通过排水管线最终排至莱州湾海域。6台机组的取水工程、排水工程一次规划，在一期工程中一次建设。

取水工程、排水工程的涉海建设内容包括取水隧洞及取水头部、排水管道及排

水头部和相应的取水头部防护设施、排水头部防护设施。

循环冷却水拟采用二次循环供水系统，冷却水进入凝汽器吸热后，送到冷却塔中冷却，冷却后重复进入凝汽器，如此进行循环和冷却。冷却塔由于蒸发、排污等原因水量有损耗，通过取水管线从渤海莱州湾海域取海水进行补充；液态流出物经过液态流出物系统处理后采用槽式排放，贮存在贮存槽中的液态流出物经处理、监测达到排放标准后，与冷却塔的排水混合后最终排入大海。非放射性生产废水经处理达标后排放，生活污水全部回用。

2.1.3 厂区平面布置

（一）主厂房区

主厂房建筑群布置在金山和季山东侧，6台机组以南侧为固定端一字型布置，1、2号机组位于厂区南侧，核岛中心间距为218m。本工程采用二次循环冷却方案，从东到西依次为核级机械通风冷却塔群、核岛群、常规岛群、自然通风冷却塔群，自然通风冷却塔群布置在主厂房区西侧，距离核岛（包括安全重要建筑物、构筑物）最小距离为244m，大于 $1.0H$ （ H 为冷却塔高度）。

厂区采取平坡式布置，厂坪标高推荐为100m，核岛基础埋深按12m考虑，基底标高+88m，安全构筑物基本坐落在中等风化基岩面上，冷却塔局部坐落在强风化区域，深度小于4m。

（二）辅助生产厂房（BOP）区

厂（控制区）内BOP区包括生产办公、放射性辅助生产、除盐水、循环冷却水、供氢、气体贮存和分配、维修及仓库生产、废污水处理、实物保护等相关厂房，其中生产办公楼相关厂房、维修及仓库生产设施沿进厂路靠近厂区出入口布置，海水淡化、除盐水相关厂房布置在厂区西南角，供氢站、油脂库及危险品库布置在厂区东南角，其余BOP围绕主厂房四周布置。

（三）厂外辅助设施区

厂外辅助设施区，即厂（控制区）外BOP区，主要由综合水泵房（BPZ）、永久出入口/道路/停车场（BUC）、培训中心（BEA）、综合办公楼/行政仓库（BEZ/BKO）、接待展览中心（BOH）、室内活动中心（BOS）、现场服务区餐厅（BOR）、环境实验室（BEE）、武警营房（BEQ）、消防站（BEB）、保安服务楼（BEP）、工业废物暂存库（BKI）及污水处理站（BEW）等为核电厂服务的配套辅助设施组成。厂外辅助设施区布置在厂区外东北向，与厂区、施工准备区等道路相通。

（四）开关站

开关站区包括500kV主开关站和220kV施工与辅助电源变电站，布置在厂区南侧，向南出线。500kV开关站与各机组主变压器之间通过500kV电压等级的GIL封闭母线连接。

（五）实物保护

厂区设置三道实体屏障，分别为控制区、保护区、要害区。其中控制区包含除厂外辅助设施以外的电厂各建构筑物，保护区包含主厂房区、辅助生产设施区的大部分建、构筑物子项，要害区主要指核岛厂房及相邻区域。

（六）厂内道路

厂区道路分为主干道、次干道、支道、车间引道和人行道，厂区内围绕主厂房设厂区主干道路，各主要生产车间四周设环形通道。

厂区总平面布置见图2.1-2。

（七）规划限制区

山东省人民政府拟在山东招远核电厂6台机组半径5公里管理范围内划定规划限制区，目前已向生态环境部征得意见，并取得复函。

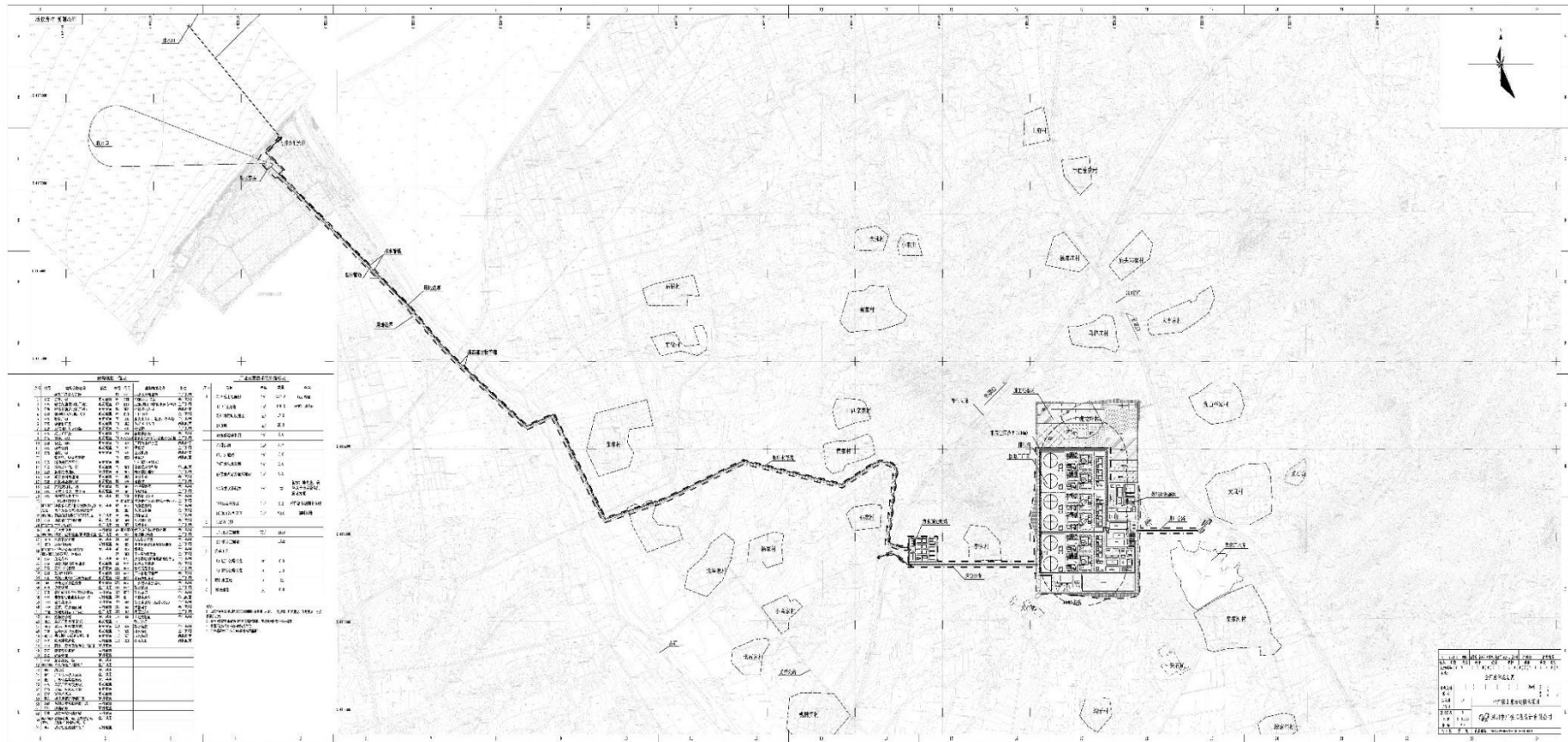


图2.1-2 厂区总平面布置图

2.1.4 大件运输规划

通过对核电厂周围的交通运输环境的仔细考察结合建设单位提供的大件设备运输参数，本工大件设备运输方案为水路+公路联合方案。

到港港口为胜利港，该港口自行配备500t级浮吊，可承担500吨级以下重型设备的起吊作业，超出500t的设备，初步考虑租用烟台打捞局700t浮吊，大件设备到港后通过G228国道、S19龙青高速、S304省道等现有路网运输至本项目厂址，运输距离约35km。

2.1.5 核电厂用水情况

（1）施工期生产和运行期生活用水

本项目施工期生产和生活用水采用以辛庄水厂作为淡水水源，水厂原水取自侯家水库。6台机组连续施工，最高日用水量为8200 m³。施工用水与运行期用水结合，即由运行期供水工程供给。

（2）运行期生产用水

核电厂用水系统包括：与热交换相关设备冷却水系统（RRI）、重要厂用水系统（SEC）；与供水相关的饮用水系统（SEP）；与冷却水循环相关的循环水过滤系统（CFI）、循环水处理系统（CTE）、循环冷却水系统（CRF）；海水淡化系统等。核电厂6台机组由海水淡化、市政管网供水年总用水量约724×10⁴m³，总淡水用水量1134.99 m³/h，其中海水淡化供水部分用水量为1080.69m³/h，市政管网部分的用水量为54.30m³/h，百万千瓦用水指标为0.042m³/s.GW。

2.1.6 核电厂海水排水情况

排水包括自然通风冷却塔排放水、海淡浓盐水排放、低放射性液态流出物等。

（1）冷却水排放情况

招远核电工程循环冷却方式采用自然通风海水冷却塔方案，其中单台机组夏季冷却水排水量为1.67m³/s；单台机组冬季冷却水排水量为1.14m³/s。

冷却方式一般有两种，即直流冷却供水和二次循环冷却供水。两种工艺的系统流程示意图详见图2.1-3。直流冷却和二次循环冷却最主要的区别是，直流冷却直接采用海水对凝气器进行冷却，加热后的冷却水直接排入大海；而二次循环冷却是通过压力管道将加热后的冷却水再次输送至冷却塔，通过冷却塔将水中的大部分热量带入大气，从而使水体温度下降，能够再进入凝气器循环使用。

目前，国内大多数滨海核电厂，如大亚湾、秦山、红沿河、防城港等，均采用直流冷却工艺。直流冷却工艺在工艺流程、建造安装、运行维护都已积累了丰富的经验，系统工艺相对成熟可靠，但与二次循环相比，存在温排水量较大的缺点。考虑到莱州湾海域的水动力条件和环境承受能力，综合招远核电项目的陆域条件（二次循环冷却方案所需的占地面积较大，许多滨海核电厂址往往不具备这种布置条件），招远核电项目选取了二次循环冷却方案，其主要目的是为了减少温排水对莱州湾海域的影响。

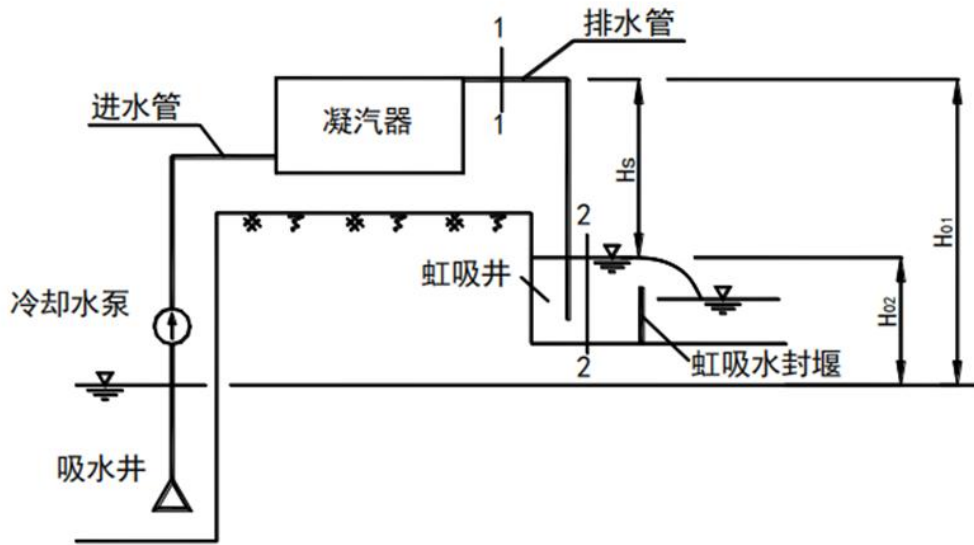


图 2.1-3a 直流供水系统示意图

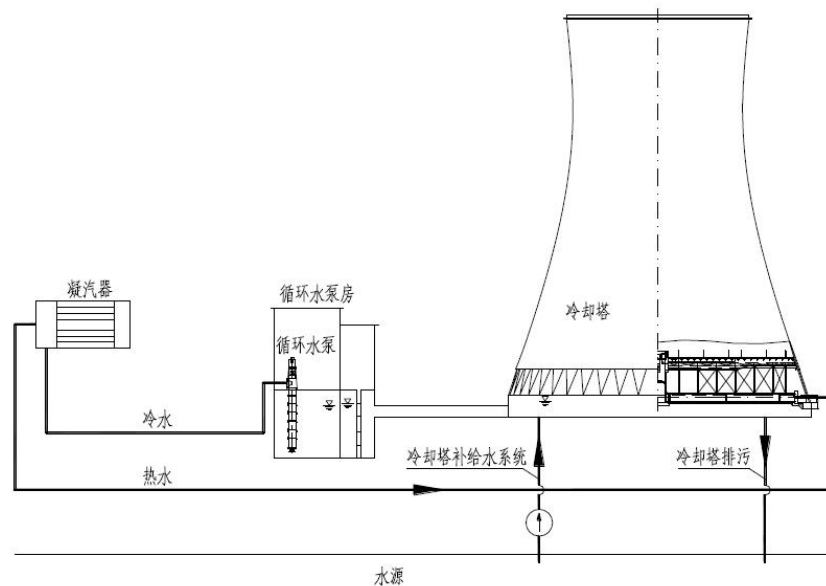


图 2.1-3b 二次循环供水系统简图

①优势一：减少冷却水取水量

本项目采用华龙一号机组，单台机组年平均取水量为 $2.14\text{m}^3/\text{s}$ ，6台机组年平均取水量为 $12.84\text{m}^3/\text{s}$ ；辽宁徐大堡核电采用AP1000型机组，夏季每台机组平均取水量为 $69.00\text{m}^3/\text{s}$ ，冬季每台机组平均取水量为 $42.02\text{m}^3/\text{s}$ ；广西防城港核电1、2号机组采用CPR1400机组，单台机组年均取水量为 $62\text{m}^3/\text{s}$ ；浙江三澳核电采用华龙一号堆型，两台机组年均取水量为 $123\text{m}^3/\text{s}$ 。与以上几个核电项目相比，本项目单台机组取水量明显减少。这主要是由于以上三个核电项目采用直流水冷却技术，而本项目采用二次循环冷却技术，从而降低了冷却水需求量。直流冷却直接采用海水对凝气器进行冷却，加热后的冷却水直接排入大海，冷却水直取直排；而二次循环冷却是通过压力管道将加热后的冷却水再次输送至冷却塔，通过冷却塔将水中的大部分热量带入大气，从而降低冷却水温度并继续循环使用，日常取水仅用于需补充冷却塔蒸发过程的损失量，从而大大减少了冷却水取水量。

②优势二：减少温排水排放量

若采用二次循环冷却方案，根据南京水利科学研究院温排水数模研究成果，半月潮水文条件下，冬季半月潮核电6台机组全部运行产生的 4°C 温升包络面积约为直流冷却方式下温排水面积的3%，大幅降低了温排水的扩散范围。

（2）低放射性液态流出物排放情况

液态流出物处理设施包括冷却剂贮存和处理系统（TEP）、废液处理系统（TEU）、核岛废液排放系统（TER）及常规岛废液排放系统（SEL），它们主要用于对核电厂运行过程中产生的液态流出物进行收集、暂存、处理和监测排放，从而确保核电厂液态流出物排放满足环保要求。

上述核岛和常规岛产生的液态流出物，排放时先输送至厂区内的集合并，之后通过低放液态流出物的专用排放管道，通过陆域和海域管线，一并输送到最终的海上排放口，与海水掺混后稀释。

（3）海淡浓盐水排放情况

本项目工程海水淡化系统海水来自预处理站产水，根据厂址条件、海水水质特点，拟采用反渗透法海水淡化方案，具体流程为：

海水预处理站至厂区内海水供水管线 → V型砂滤池 → 清水池 → 清水泵 → 加热器 → 自清洗过滤器 → 超滤 → 超滤产水箱 → 一级反渗透提升泵 → 一级反渗透装置 → 一级淡水箱 → 二级反渗透提升泵 → 二级反渗透装置 → 二级淡水箱、工业水箱。

本项目冷却塔循环冷却水、海水淡化系统均有浓盐水的排放。

2.1.7 核电厂海水取排水方案

2.1.7.1 海水取排水平面布置

本项目取排水工程，包括取排水构筑物（取排水头部、取排水管线、拦污网、头部防护设施）及可能的临时构筑物（如围堰、防渗墙）等。排水口位于-6.0m等深线附近，距界河入海口混合区外边缘约 300m，距龙口人工岛西人工护岸约600m，离岸约1.5km。取水口布置在龙口人工岛的西侧海域，考虑周边航道影响，设置在-6.0m~-7.0m等深线海域，离岸距离1.9km~2.4km，取水口与排水口间距1.6km~1.9km。本项目采用暗取暗排方案，项目不占用自然岸线和人工岸线。取排水隧洞的海工平面布置方案分别为直线型布置（排水）和灯泡线型布置（进水），取水采用两条 $\phi 2.8\text{m}$ 取水隧洞，排水采用两条 $\phi 2.0\text{m}$ 排水隧洞。

2.1.7.2 取水方案

(1) 取水流程：

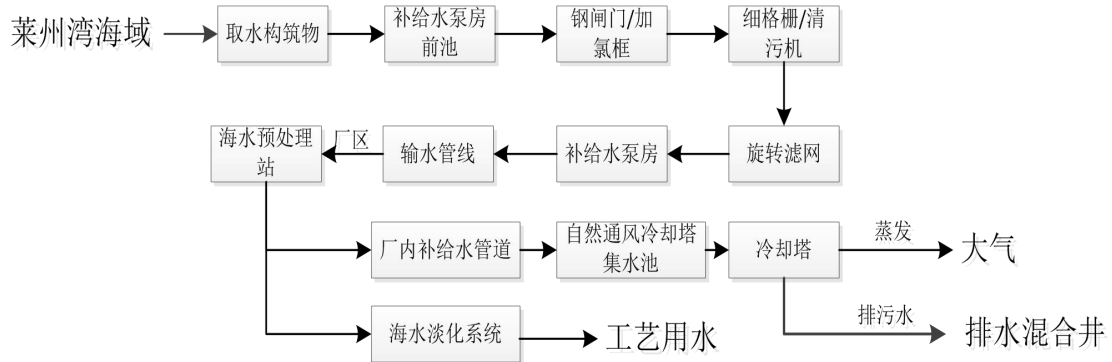


图2.1.7-1 取水工程平面布置示意图

(2) 取水量

海水取水量包括自然通风冷却塔补水量、海水淡化用水量，并考虑水处理自用水量及输水损失水量等，单台机组合计最大取水量约 $2.48\text{m}^3/\text{s}$ ；6台机组最大取水量约 $14.88\text{m}^3/\text{s}$ 。

表2.1.7-1 单台机组海水取水量一览表

	CRF+SEN 补充水量 (m^3/s)	海淡用水 (m^3/s)	总海水用量 (m^3/s)	净水站自用水 (m^3/s)	输水损失水量 (m^3/s)	总取水量 (m^3/s)
年均	1.94	0.16	2.10	0.02	0.02	2.14
最大	2.28	0.16	2.44	0.02	0.02	2.48

(3) 灯泡线型取水工程结构方案

取水隧洞采用灯泡线布置，盾构施工，内径 2.8m ，外径 3.9m 。取水头部布置在中间直线段上，并有 1m 厚砼封堵墙以形成两条独立的隧洞。从取水泵房始发，先掘进直线段 1706m 后，以半径 300m 的曲线掘进，中间段搭配 100m 直线段作为取水口，然后以半径 300m 的曲线方式折回，最后沿直线掘进 1698m 回到取水泵房。线路总长为 4598.3m ，海域部分长度 4218.3m ，陆域部分隧洞长度 380m 。取水隧洞中心线最低点标高 -16.75m （盾构工作井位置），取水隧洞中心线最高点标高 -14.50m （取水头部位置），取水隧洞采用灯泡线布置敷设至 -6m 等深线处，盾构施工。取水工程平面布置示意图见图2.1.7-2。

图 2.1.7-2 取水工程平面布置示意图

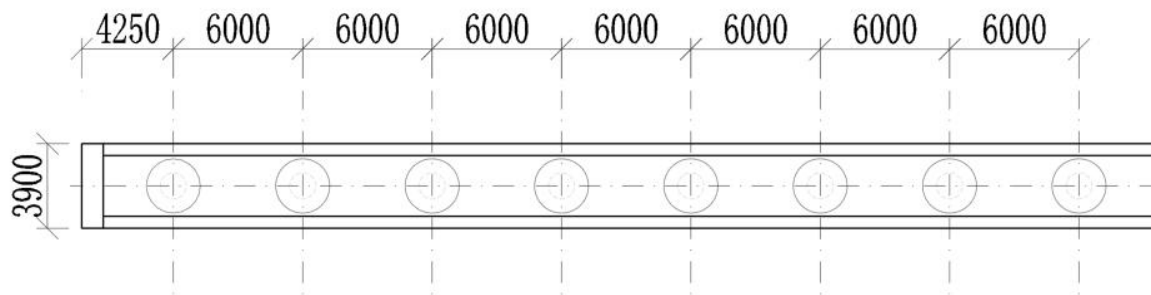


图 2.1.7-3 取水立管平面图

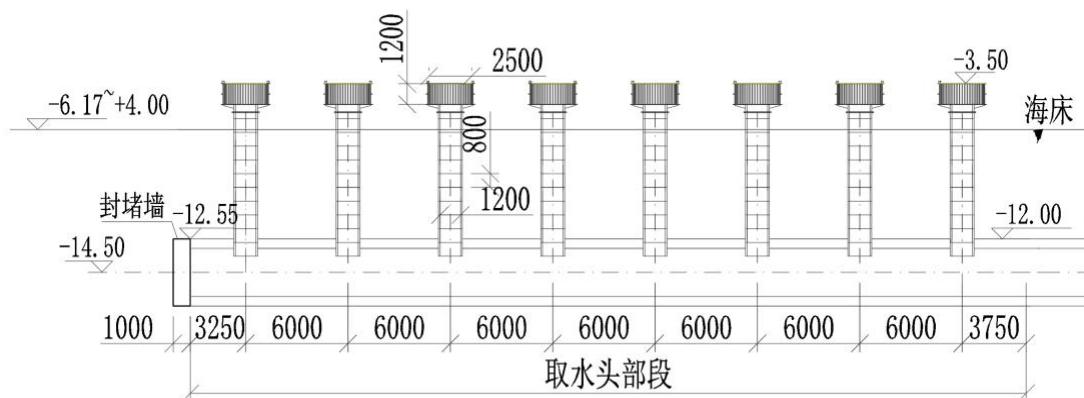
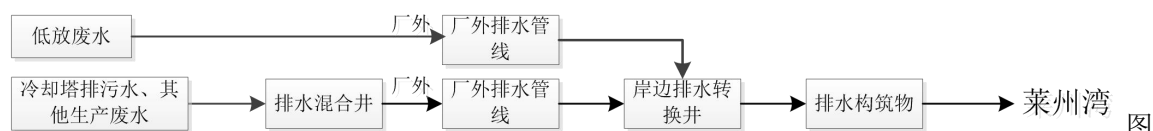


图 2.1.7-4 取水立管平、纵剖面示意图

2.1.7.3 排水方案

(1) 排水流程



2.1.7-5 取水立管平、纵剖面示意图

(2) 排水量

6台机组按两条排水管道考虑，当一条排水管道故障修复时，另一条排水管道可提供6台机组全部运行时排水量的100%；排水包括自然通风冷却塔排放水、海水淡化浓盐水排放，单台机组最大排水量约1.67m³/s，6台机组最大排水量约10.02m³/s，机组夏季冷却水温升为3.03℃，冬季冷却水温升为14.80℃。总排水量见表2.1.7-2。

表2.1.7-2 单台机组海水排水量一览表

	自然通风冷却 塔的排水量 (m ³ /s)	海水淡化 浓盐水 (m ³ /s)	核岛放射性液 态流出物 (m ³ /s)	常规岛放射性 液态流出物 (m ³ /s)	总排水量 (m ³ /s)
年均	1.27	0.11	0.03	0.03	1.44
最大	1.50	0.11	0.03	0.03	1.67

(3) 排水工程结构方案

排水混合井处隧洞处中心标高-11.95m，排水管道线路从排水混合井始发后，采用两条并列直线方式敷设至-6m等深线处，线路总长度1648.5m，其中海域部分长度为1585.3m，陆域部分长度63.2m，两条管道线路中心间距为6.2m，外壁净间距3.6m。

主要设计参数：排水隧洞顶管内径2000mm，外径2600mm，顶管厚度300mm；排水头部采用垂直顶升施工，每条隧洞设6个排水头部，立管间距7m，共12个内径0.6m

的圆形立管，蘑菇头取水头部直径0.64m。排水隧洞立管剖面图见图2.1.7-6。排水头部剖面图见图2.1.7-7。排水隧洞平面布置及纵断面见图2.1.7-8。

排水混合井位于陆域。排水管道线路纵断面设计采用单向坡，从排水混合井始发后，采用1‰的坡度下坡。

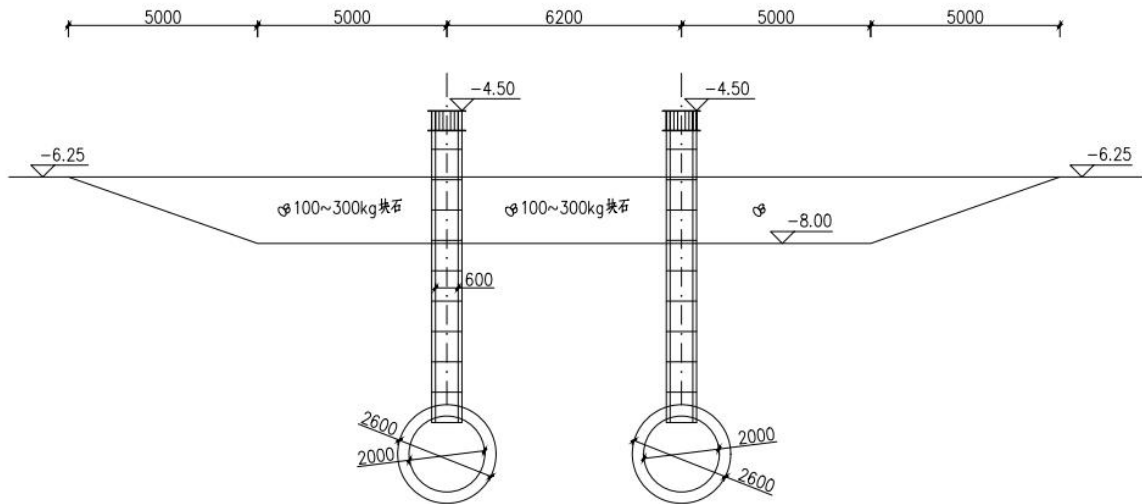


图 2.1.7-6 排水隧洞立管剖面图

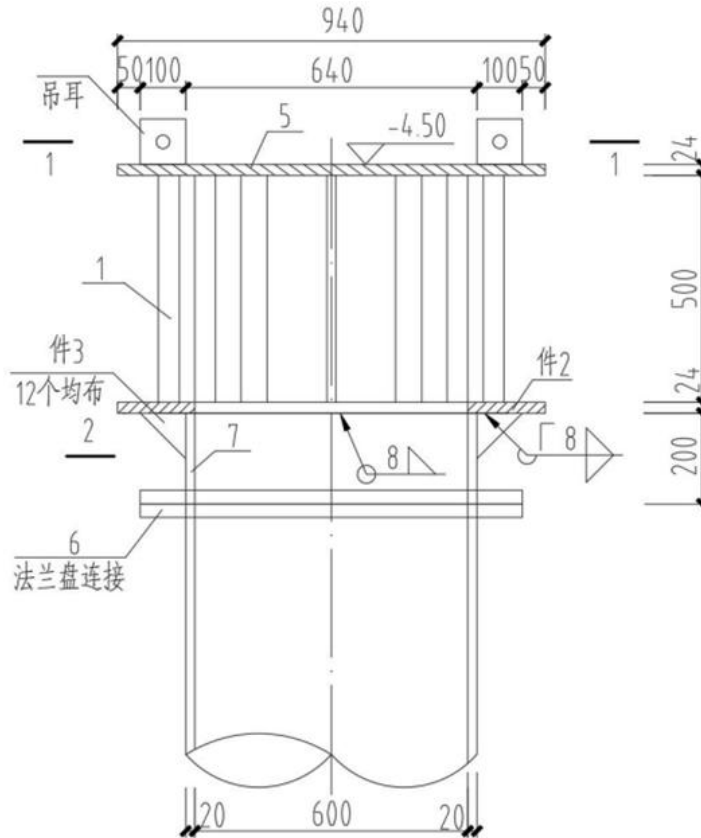


图 2.1.7-7 排水头部剖面图

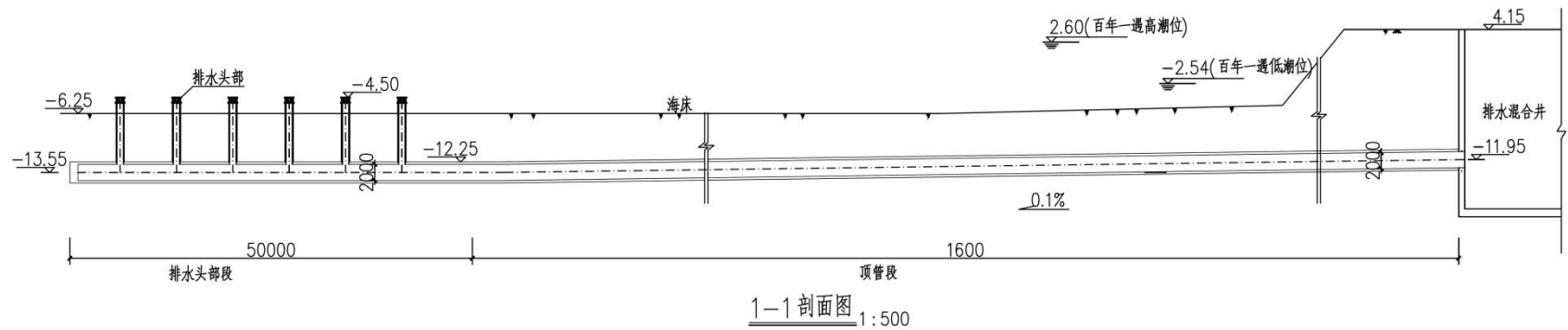
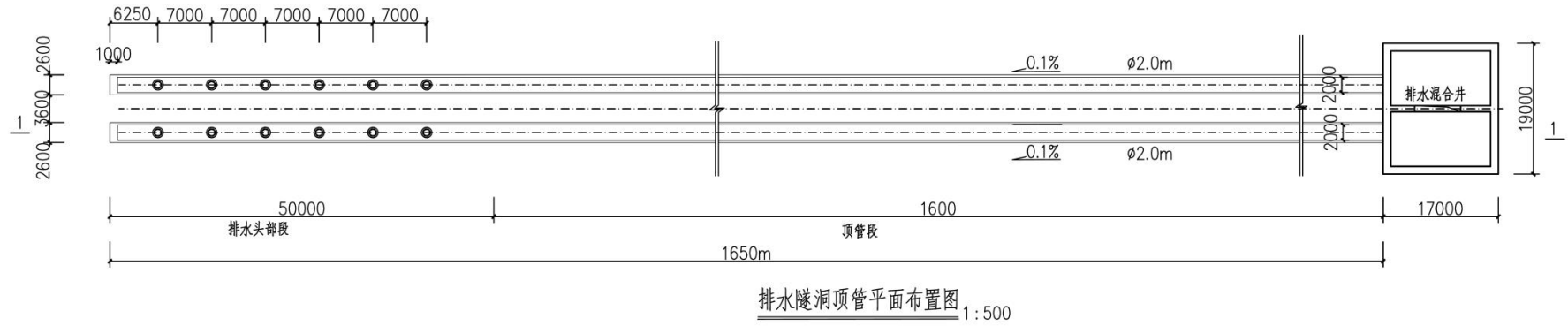


图 2.1.7-8 排水隧洞平面、纵断面示意图

2.1.7.4 取、排水头部防护装置

1、取水头部防护装置

(1) 取水头部防护装置

采取物理拦截的方式阻止海洋生物或杂物，在取水头部四周设置24个直径1.8m的警示桩，警示桩采用钢管灌注桩，跨越隧道的桩间距为15.0m，水平隧道方向的桩间距为10.0m，桩长30m。

桩体一方面可以作为物理防撞措施，桩顶设太阳能警示灯（其中靠外海侧一桩顶设导助航设施），避免船只对取水头部可能的撞击破坏，另一方面作为拦污网的锚固措施。

(2) 砼封堵墙

根据地勘资料，依据相关工程经验及设计规范，砼封堵墙厚度为1m。

2、排水头部防护装置

在排水头部四周设置6个直径1.8m的警示桩，桩间距25m，桩长30m，桩顶高程3.0m。

2.1.8 选址合理性

中广核山东招远核电厂选址为招远市张星镇，其用海与区位和社会条件相适宜，与自然资源、环境条件、区域生态环境相适应，与周边用海活动相协调，项目用海选址是合理的。

2.1.9 海水排放情况

山东招远核电项目从排水口向海域内排放的污染因子主要包括温排水、余氯、放射性液态流出物、浓盐水，本小节主要引自《中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》2022年8月。

（1）温排水

项目循环冷却水取自渤海莱州湾，循环水系统采用二次循环冷却方式，单台机组最大排水量约 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ ，6台机组最大排水量约 $10.02\text{m}^3/\text{s}$ 。

（2）余氯

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入 NaClO 溶液，在重要厂用水系统取水头部、循环水泵房进行连续加氯使循环水系统及重要厂用水的海水中的 NaClO 浓度达到 1ppm ，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

（3）放射性液态流出物

反应堆冷却剂中的放射性活度很大程度上取决于燃料包壳的缺陷特征，以及裂变产物从燃料包壳间渗透入冷却剂的现象。

放射性液态流出物主要包括 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^3H 、 ^{14}C 等。

（4）浓盐水

项目生产生活用水系统的原水取自海水，海水淡化系统采用膜法反渗透工艺，加入的化学物质主要为次氯酸钠、聚合氯化铁、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 NaHSO_3 。经过海水膜反渗透装置处理的一级产水再经二级反渗透处理后分别供向除盐水生产系统和饮用水系统，除盐水生产系统再经过离子交换工艺供向厂区。除盐水生产系统从二级淡水箱获取原水，原水经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。除盐水生产系统的树脂再生产生的酸碱废液经中和处理（使 pH 值达到6~9）后会含有少量化学物质。再生废液中含有 NaCl 、以及少量的 HCl 和 NaOH 。

2.2 项目用海面积及用海期限

本项目主厂区、BOP区、辅助设施、取水泵房等均位于陆域，仅排海工程（部

分排水管道和排水口)需申请用海。引用《中广核山东招远核电厂一期工程海域使用论证报告书》，本工程采用 2021 年修测后的岸线作为海陆分界线，本项目申请用海总面积为 21.7289hm²，其中：海底电缆管道用海面积为 13.6712 hm²（排水管道 4.1937hm²、取水管道 9.4775hm²）；取、排水口用海面积为 7.5074hm²（排水口 3.3757hm²、取水口 4.1317hm²）；透水构筑物用海面积为 0.3206hm²（排水头部防护结构 0.1388hm²、取水头部防护结构 0.1818hm²）；温排水区用海面积为 0.2297hm²。本项目区海底电缆管道包括取水管道及排水管道，根据《海底电缆管道保护规定》项目位于莱州湾海域，海底电缆管道保护区的范围为海底电缆管道两侧各 100 米。

项目设施建设利用岸线 88 米（取水隧洞 58m，排水隧洞 30m），其中自然岸线 88m（不改变自然属性），不利用人工岸线。

项目申请用海情况见表 2.2-1，申请用海宗海位置图、宗海平面布置图、宗海界址图见图 2.2-1~图 2.2-6 及附页。

表 2.2-1 项目申请用海情况统计表

具体用途	用海方式	用海面积 (hm ²)
排水管道	海底电缆管道	4.1937
排水口	取、排水口	3.3757
排水头部防护结构	透水构筑物	0.1388
温排水区	温、冷排水用海	0.2297
取水管道 1	海底电缆管道	4.8062
取水管道 2	海底电缆管道	4.6713
取水口	取、排水口	4.1317
取水头部防护结构	透水构筑物	0.1818

本项目申请用海期限为 50 年（包含涉海工程施工期 56 个月）。

本项目主厂区、BOP 区、辅助设施、取水泵房等均位于陆域，仅排海工程（部分排水管道和排水口）需申请用海。招远核电 **6 台机组的取水工程、排水工程一次规划，在****一期工程中一次建设**。项目申请用海情况除温排水区为两台机组的温排水扩散面积，后期可能随着机组建设发生变化，其余排海工程用海均为 6 台机组共用。

中广核山东招远核电厂一期工程宗海位置图

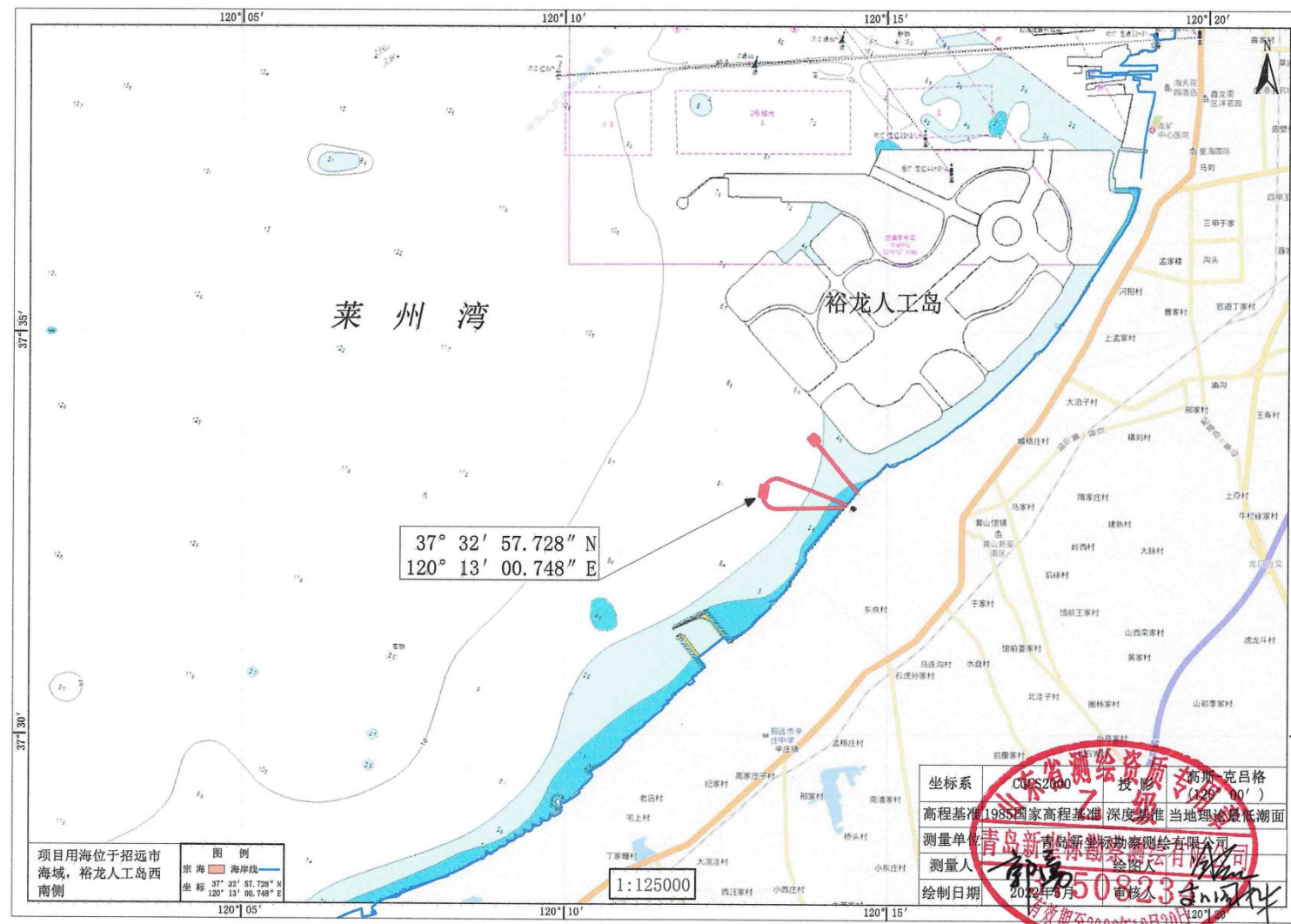


图 2.2-1 中广核山东招远核电厂一期工程宗海位置图

中广核山东招远电厂一期工程宗海平面布置图

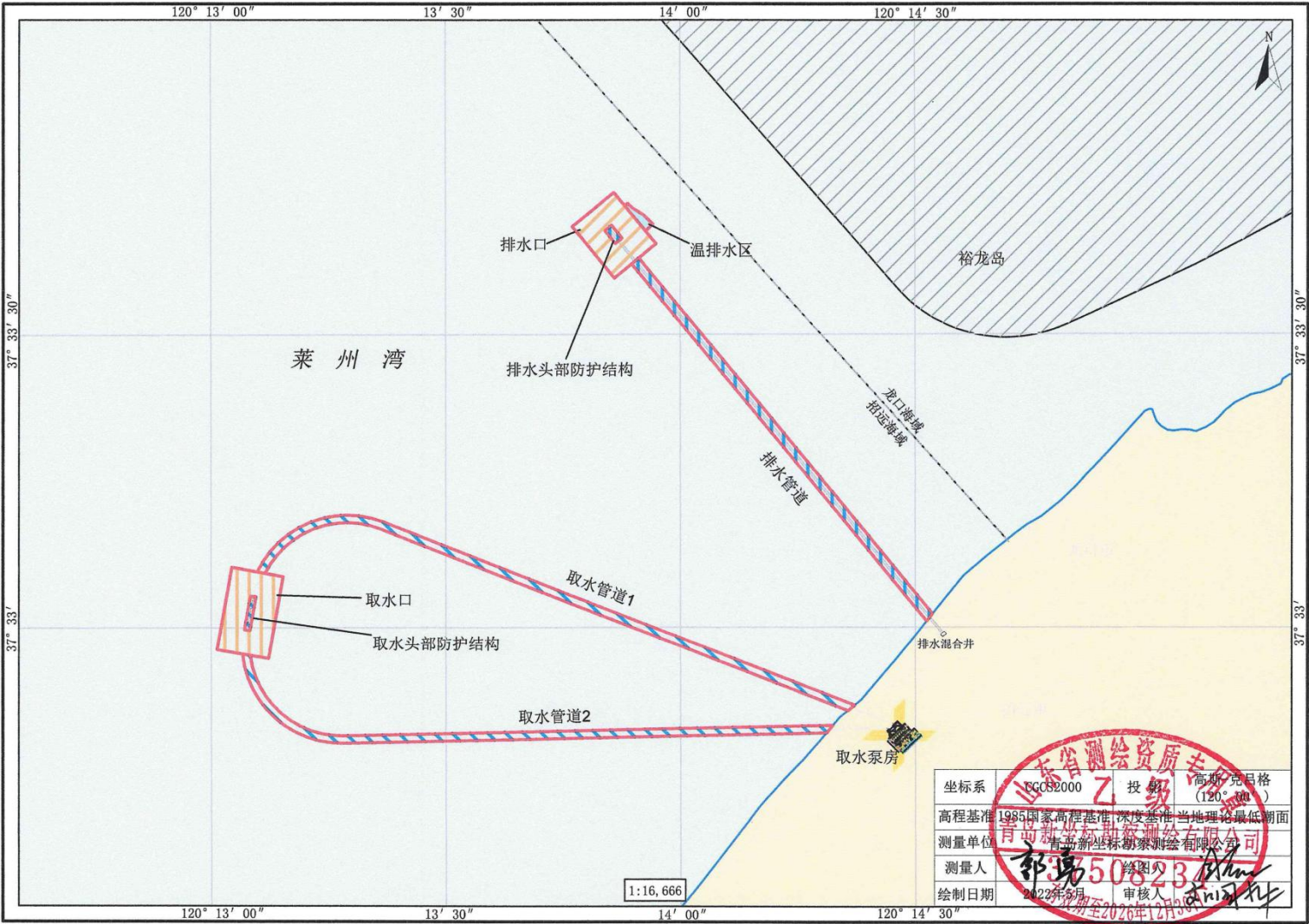


图 2.2-2 中广核山东招远电厂一期工程宗海平面布置图

中广核山东招远核电厂一期工程（排水工程）宗海界址图

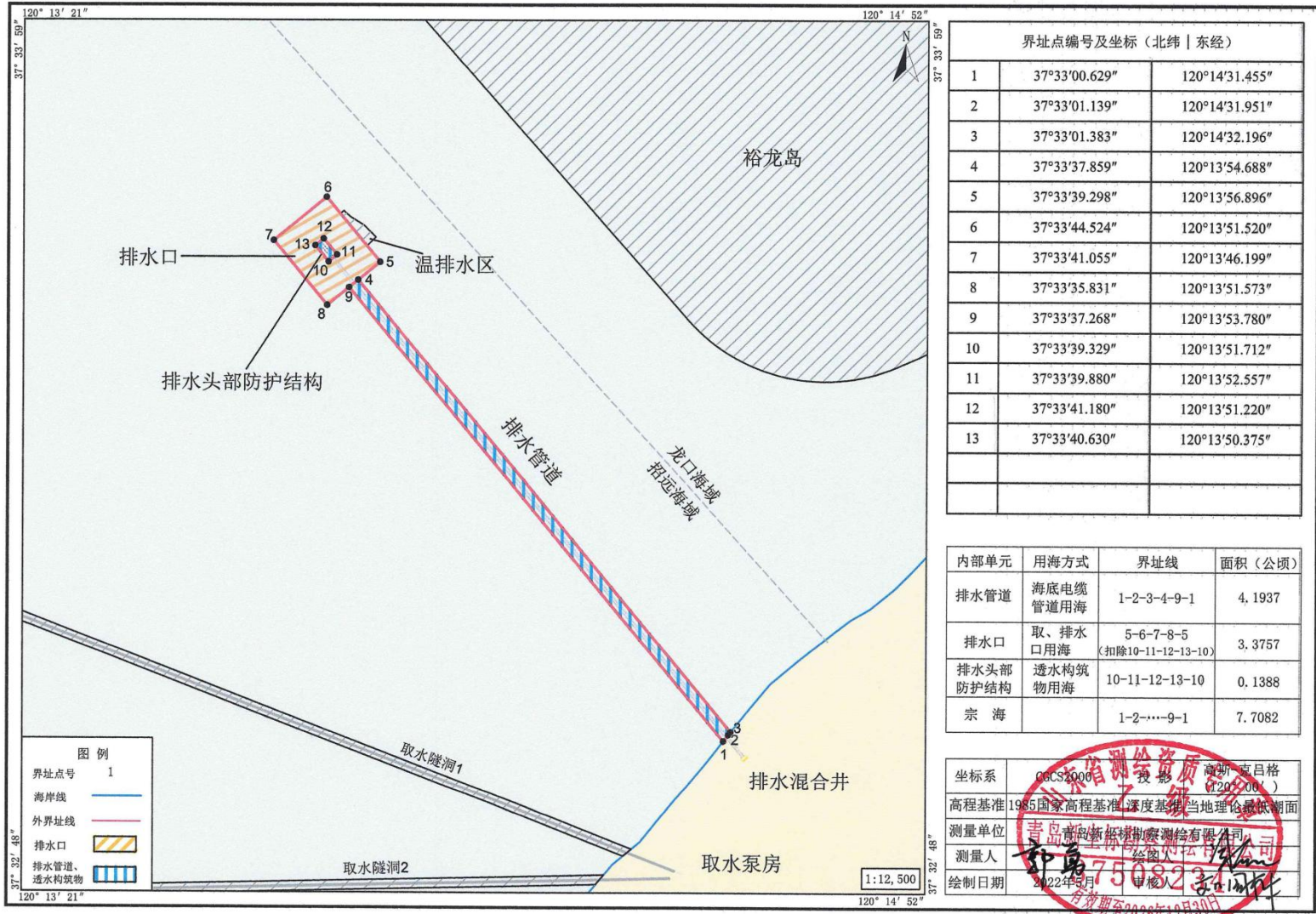


图 2.2-3 中广核山东招远核电厂一期工程（排水工程）宗海界址图

中广核山东招远核电厂一期工程（温排水区）宗海界址图

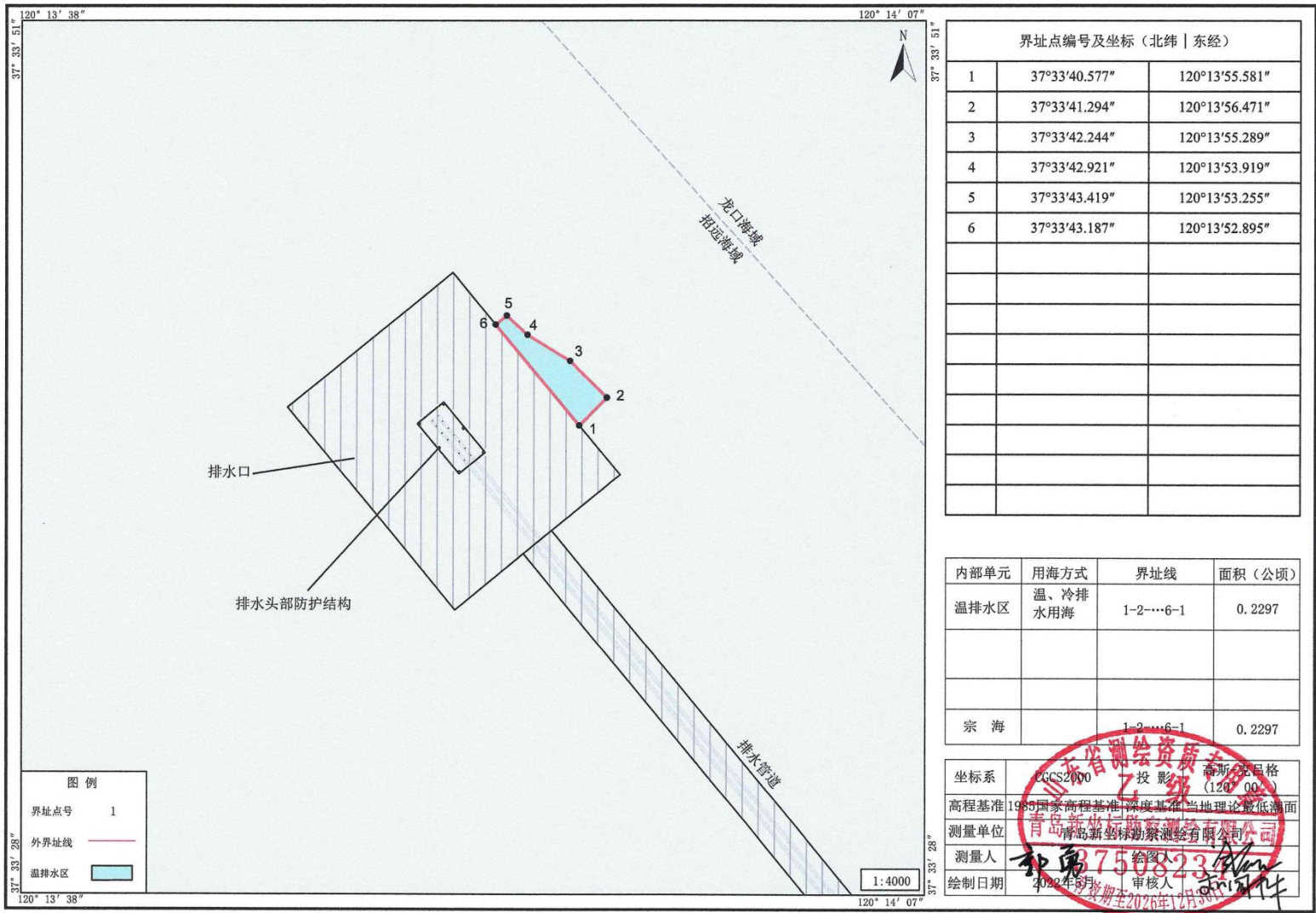


图 2.2-4 中广核山东招远核电厂一期工程（温排水区）宗海界址图

中广核山东招远核电厂一期工程（取水工程）宗海界址图

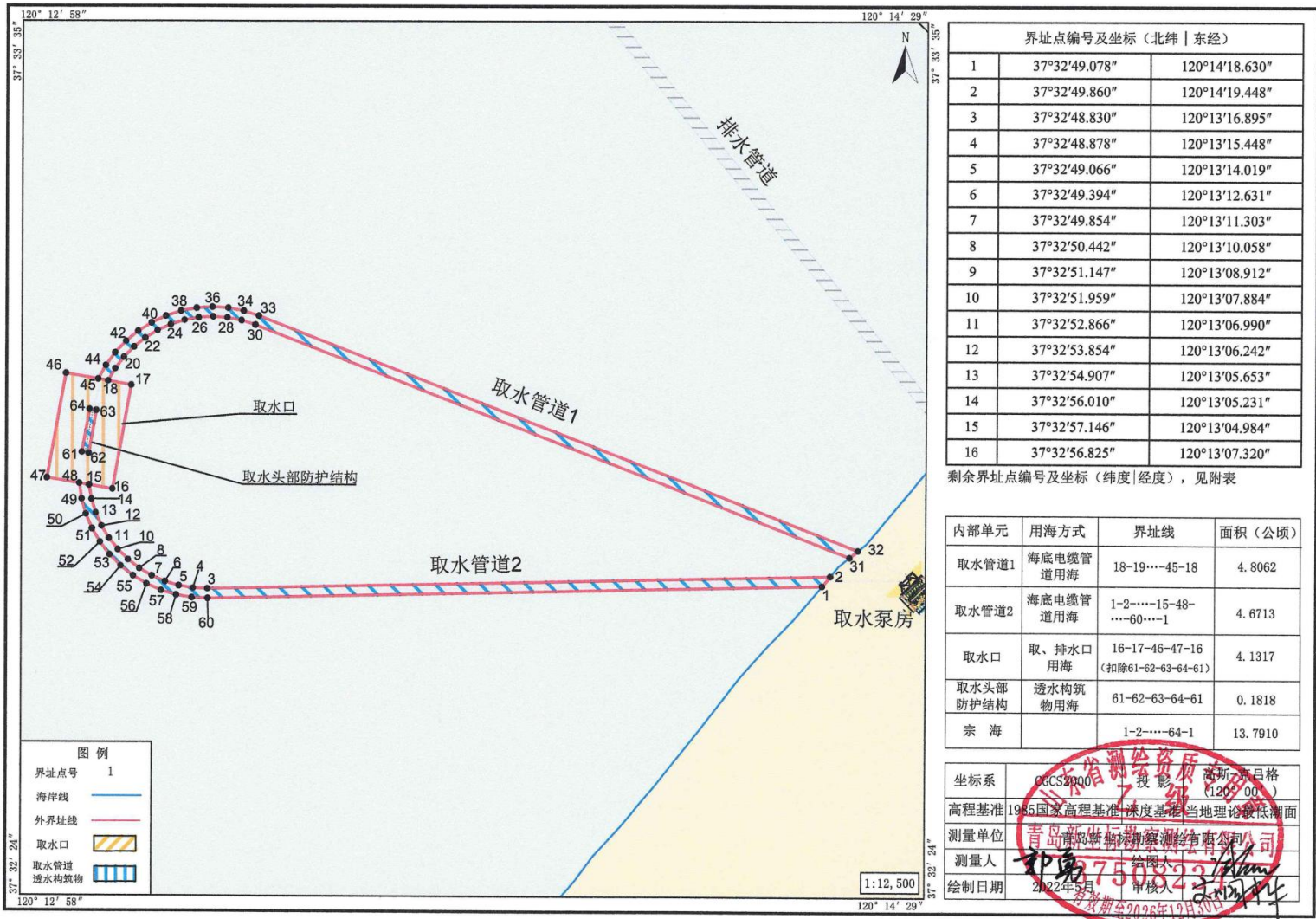


图 2.2-5 中广核山东招远核电厂一期工程（取水工程）宗海界址图

附页 中广核山东招远核电厂一期工程（取水工程）宗海界址图

界址点编号及坐标（纬度 经度）					
17	37°33'05.214"	120°13'09.203"	41	37°33'09.555"	120°13'09.908"
18	37°33'05.552"	120°13'06.871"	42	37°33'08.749"	120°13'08.681"
19	37°33'06.549"	120°13'07.598"	43	37°33'07.827"	120°13'07.591"
20	37°33'07.468"	120°13'08.474"	44	37°33'06.804"	120°13'06.654"
21	37°33'08.293"	120°13'09.485"	45	37°33'05.696"	120°13'05.885"
22	37°33'09.013"	120°13'10.615"	46	37°33'06.166"	120°13'02.642"
23	37°33'09.617"	120°13'11.849"	47	37°32'57.728"	120°13'00.748"
24	37°33'10.095"	120°13'13.167"	48	37°32'57.282"	120°13'03.996"
25	37°33'10.440"	120°13'14.548"	49	37°32'56.030"	120°13'04.236"
26	37°33'10.648"	120°13'15.972"	50	37°32'54.812"	120°13'04.669"
27	37°33'10.714"	120°13'17.418"	51	37°32'53.646"	120°13'05.291"
28	37°33'10.638"	120°13'18.863"	52	37°32'52.552"	120°13'06.091"
29	37°33'10.421"	120°13'20.285"	53	37°32'51.545"	120°13'07.056"
30	37°33'10.066"	120°13'21.663"	54	37°32'50.643"	120°13'08.171"
31	37°32'51.374"	120°14'21.371"	55	37°32'49.858"	120°13'09.420"
32	37°32'51.931"	120°14'22.229"	56	37°32'49.204"	120°13'10.781"
33	37°33'10.782"	120°13'22.016"	57	37°32'48.690"	120°13'12.235"
34	37°33'11.170"	120°13'20.502"	58	37°32'48.325"	120°13'13.758"
35	37°33'11.405"	120°13'18.939"	59	37°32'48.115"	120°13'15.326"
36	37°33'11.483"	120°13'17.352"	60	37°32'48.062"	120°13'16.915"
37	37°33'11.402"	120°13'15.765"	61	37°32'59.804"	120°13'04.254"
38	37°33'11.164"	120°13'14.203"	62	37°32'59.708"	120°13'04.928"
39	37°33'10.772"	120°13'12.690"	63	37°33'03.162"	120°13'05.703"
40	37°33'10.233"	120°13'11.251"	64	37°33'03.258"	120°13'05.029"

测绘单位	青島新坐标勘测测绘有限公司
测量人	郭勇
绘制日期	2022年5月

2.3 工程建设必要性分析

(1) 核电是国家能源发展的重大工程。

2014年4月，国务院总理李克强主持召开的新一届国家能源委员会首次会议研究了能源发展中的相关战略问题和重大项目，强调：“当前要开工一批重大项目。这既是稳增长、提高能源保障能力的重要举措，更是调整能源结构、转变发展方式的有效抓手。要在采用国际最高安全标准、确保安全的前提下，适时在东部沿海地区启动新的核电重点项目建设。”

国务院2014年6月7日实施的《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》提出：“积极发展天然气、核电、可再生能源等清洁能源，降低煤炭消费比重，推动能源结构持续优化。”

十三届全国人大四次会议通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中提出：“推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力。加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，有序发展海上风电，加快西南水电基地建设，安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右。”

核电是一种优质高效安全的清洁能源，是一种技术成熟的清洁能源，与火电相比，核电不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物和二氧化碳。2台华龙机组核能发电相当于减少燃烧标准煤556.5万吨/年，大约减少排放二氧化碳1458万吨/年，减少排放二氧化硫4.7万吨/年，减少排放氮氧化物4.1万吨/年。以核电替代部分煤电，不但可以减少煤炭的开采、运输和燃烧总量，而且是电力工业减排污染物的有效途径，也是缓解地球温室效应的重要措施。

(2) 调整能源结构是发展低碳经济的时代要求，助力山东省创建国家清洁能源示范省。

核能已成为人类使用的重要能源，是目前可以被大规模商业使用并可以替代化石燃料的成熟的清洁能源，而核电是电力工业的重要组成部分。在保证安全的前提下，稳步高效推进核电建设，是我国能源建设的一项重要政策，对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求，保障能源供应与安全，保护环境，实现电力工业结构优化和可

持续发展，提升我国综合经济实力、工业技术水平和国际地位，都具有重要的意义。

目前世界已进入低碳经济时代，减少碳的排放是全世界各国共同关注的焦点之一，2015年中国在巴黎气候变化大会上做出承诺，于2030年左右二氧化碳排放达到峰值并争取尽早实现，2030年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%-65%。

山东省作为能源消耗大省，通过大力调整优化能源结构，加快发展清洁能源，增强引领和示范效应，争取后期全面建成国家清洁能源示范省，全省能源清洁化水平达到国家先进水平。核电作为一种清洁能源，大力发展核电，是减少碳排放，履行我国政府承诺及实现区域能源结构调整的有效途径。

根据《山东省能源发展“十四五”规划》，到2025年，山东省煤炭消费比重下降到60%以内，非化石能源消费比重提高到13%左右。展望到2035年，“三个1/3”能源结构调整目标（煤电发电量、清洁能源发电量，省外电量占全社会用电量的比重均达到1/3左右）基本实现，清洁能源成为能源供应主体，化石能源基本实现清洁高效利用；能源生产消费模式得到根本性转变，碳排放达峰后稳中有降，能源与生态环境实现和谐发展。

（3）取排水口建设是解决招远核电项目冷却水排放的需要

2021年2月28日山东省人民政府关于下达《2021年省重大项目名单的通知》鲁政字〔2021〕41号，按照招远核电项目的总体规划要求，核电厂规划容量为6台华龙一号核电机组，6台机组一次规划，连续建设。循环冷却水采用二次循环供水系统，补充水水源为渤海湾海水，取排水构筑物按非核安全级考虑。

排水包括自然通风冷却塔排污水以及海淡浓盐水排放等，单台机组最大排水量约 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ ；6台机组最大排水量约 $10.02\text{m}^3/\text{s}$ 。排水口的建设是十分必要的。本项目的建设为核电厂的建设提供有力支撑和保障，项目建成后可满足周边地区工业用热以及招远、栖霞、龙口、莱州等城市需求，实现核能的高效利用。

本项目建设排水口，属于招远核电项目配套工程，是解决核电厂冷却水排放的有效途径，也是建设招远核电厂的先行工程。本工程的建设能够解决核电厂温排水的去向问题，进一步加快招远核电厂的建设速度，促进国内清洁能源发展、拉动地区经济，从而促进山东半岛蓝色经济区和烟台蓝色经济区的发展。

综上所述，山东招远核电项目冷却水排放工程的建设是非常必要的。

3 研究区自然环境及开发利用情况

3.1 自然环境概况

3.1.1 气象

气象资料引用《CWZ31300002DWSJ00GN海域工程可行性研究报告》中的资料。中广核山东招远核电厂厂址位于山东半岛北侧，属暖温带大陆性季风气候，年温适中，四季分明，光照充足，雨热同季，在我国同纬度带属气候条件良好的地区。龙口气象站位于龙口镇南郊（37°37'N，120°19'E），距离项目厂址2km。该站观测场地海拔高度3.5m，测风仪器离地面高度10.9m。从1956年11月开始有观测记录，至今已有40多年的历史，观测资料代表性较好。

（1）气温

本区多年平均气温为11.6℃。月平均气温的年变化较显著，7月份最高、平均气温为25.4℃，1月份最低、平均气温为-3.1℃，年温差为28.5℃。年平均最高气温为16.5℃。年平均最低气温为7.0℃。年极端最高气温为38.3℃（1972年7月5日）。年极端最低气温为-21.3℃（1977年1月30日）。

（2）降水

本区年平均降水量624.9mm，年最大降水量944.9mm（1964年），年最小降水量401.7mm（1981年），日最大降水量163.3mm（1982年8月25日）日降水量>10.0mm年平均降雨日数为17.8d。日降水量>25.0mm。年平均降雨日数为6.7d。日降水量>50.0mm。年平均降雨日数为2.0d。

（3）风况

龙口气象站测风仪器海拔高度14.4m，自1970年起为自动记录10min平均风速。统计1958-1980年风况记录资料显示：本区常风向为S、频率为19%，次常风向为NNE、频率未9%；多年平均风速为4.4m/s；历年最大风速34m/s，风向NNE。详见年风况统计表（表3.1-1）和风玫瑰图（图3.1-1）。

根据龙口气象站1957-1980年大风资料统计，龙口各月均有大风出现，月平均大于8级风天数一般在3-6天，最少月份平均为1.4天（8-9月），最多月份平均为8.5天，全年平均为47.7天。

表 3.1-1 龙口气象站 1958-1980 年风频、风速统计表

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE
频率 (%)	4.5	8.5	8.0	6.5	4.5	1.5	2.0	4.0
平均风速 (m/s)	4.0	5.1	4.5	3.3	2.8	2.1	2.1	4.1
最大风速 (m/s)	20	34	18	18	12	7	11	20
风向	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
频率 (%)	19.0	8.3	3.3	3.3	4.8	4.8	4.3	3.8
平均风速 (m/s)	5.4	3.5	3.8	4.2	4.1	4.8	5.2	5.0
最大风速 (m/s)	24	14	15	12	18	20	18	16

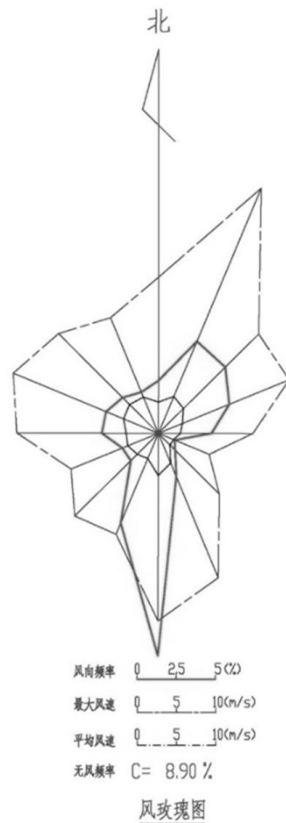


图 3.1-1 厂址附近风玫瑰图

(4) 雾

能见度小于1km的雾日多年平均为9.9d，年最多雾日数为19d（1976年），最少雾日数未6d（1958年、1961年、1963年）。

(5) 相对湿度

本区年平均相对湿度为70%。

(6) 灾害性天气

本项目所在海域主要的海洋自然灾害有台风、风暴潮、寒潮、海冰等。

1) 台风

台风（含热带风暴）主要出现在夏季和初秋，统计20年资料，影响招远的台风共有36次，未出现台风的年份占总年份的25%。台风最多的年份是1961年为5次，一般年份为1.3次。台风中心穿过半岛的多出现在7、8月份，8-12级狂风暴雨并形成风暴潮，危害很大。台风边缘穿过半岛的时间一般在7月下旬-10月上旬。每当台风影响本区时，将出现大风、大浪、暴潮和暴雨。如8509号台风，招远出现33.3m/sSSE向大风，最高潮位达3.73m；受9215号台风影响，招远港海域风速达18-33m/s，最高潮位达4.03m；2011年第5号强热带风暴“米雷”给招远市带来了暴雨和大风天气，海上最大风力达到8-9级阵风11级；受2011年第9号强热带风暴“梅花”影响，招远市出现暴雨天气，部分地区出现大暴雨，沿海最大风力达到7-8级阵风9-10级，海面8-9级阵风10-11级。

2) 风暴潮

招远地区以温带风暴潮为主，台风风暴潮较少，但造成损失较大。招远沿海浅滩较多，历史上已多次遭到风暴潮严重侵袭，是山东省遭受海上风暴潮影响比较严重的地区之一。根据烟台港1972年-1979年上半年的统计资料，在七年半中有风成增水过程43次，风成减水过程127次，减水过程较多，占总数的75%。虽然招远发生风成水的几率相对较少，但由此造成的灾害损失不可低估。2006年3月4日，招远遭受38年来最大风暴潮袭击，虽然各地紧急启动了“防风暴潮预案”，但由于风大浪急、潮位太高，全市沿海渔业损失严重，部分渔船损坏、许多海坝和虾池被冲毁。

龙口港是风暴潮经常发生的海区，当渤海海面出现东北大风时，龙口湾容易出现风暴增水现象。由于砣矶岛的阻挡，当东北大风急转西南风时，湾内水体涌集便发生较大的增水。据1961-1970年增水统计，增水值大于50厘米、延时超过3小时以上的增水过程，10年中有75次，其中59次发生在冬半年（11月至翌年4月），占79%。

3) 寒潮

寒潮是秋、冬季主要大风天气系统。由势力较强的西伯利亚冷空气在高空适当环流形势的配合下，暴发南下而形成的激烈偏N大风，一般7-8级，海上最大可达9-10级。持续时间较长，一般在2-3d或以上，影响范围大。寒潮入侵时，造成大风、阵雪和气温急降天气。统计20年资料，影响烟台的寒潮共有81次，年平均4次，其中，1966年最多，达9次。寒潮大风一般多出现在冬季，即11月至次年3月。

4) 海冰

排水口附近海域滩涂广阔，底平坡小，深度较浅，由于界河水的流入，海水盐度

较低，另外此处流速偏小，渤海湾和莱州湾几乎无冰。

根据《2020中国海洋灾害公报》（自然资源部 海洋预警监测司，2021年4月），2019/2020年冬季，我国渤海海域受海冰影响较轻，未造成直接经济损失。2019/2020年冬季，渤海的冰情较常年明显偏轻，冰级1.0级，海冰最大分布面积11114平方千米，出现在2020年2月6日。辽东湾海冰最大分布面积9165平方千米，出现在2月6日；浮冰外缘线离岸最大距离45海里，出现在2月6日。渤海湾和莱州湾基本无冰。

与近十年相比，2019/2020年冬季海冰最大分布面积为第二低值，高于2014/2015年冬季（10519平方千米），为平均值（24974平方千米）的45%。辽东湾海冰最大分布面积为第二低值，高于2014/2015年冬季（8545平方千米），为平均值（15807平方千米）的58%。渤海湾第三次出现基本无冰现象，前两次基本无冰现象分别出现在2013/2014年和2014/2015年冬季。莱州湾第三次出现基本无冰现象，前两次基本无冰现象分别出现在2014/2015年和2016/2017年冬季。

2020年2月6日渤海海冰分布见图3.1-2。2019/2020年冬季渤海冰情见表3.1-2。

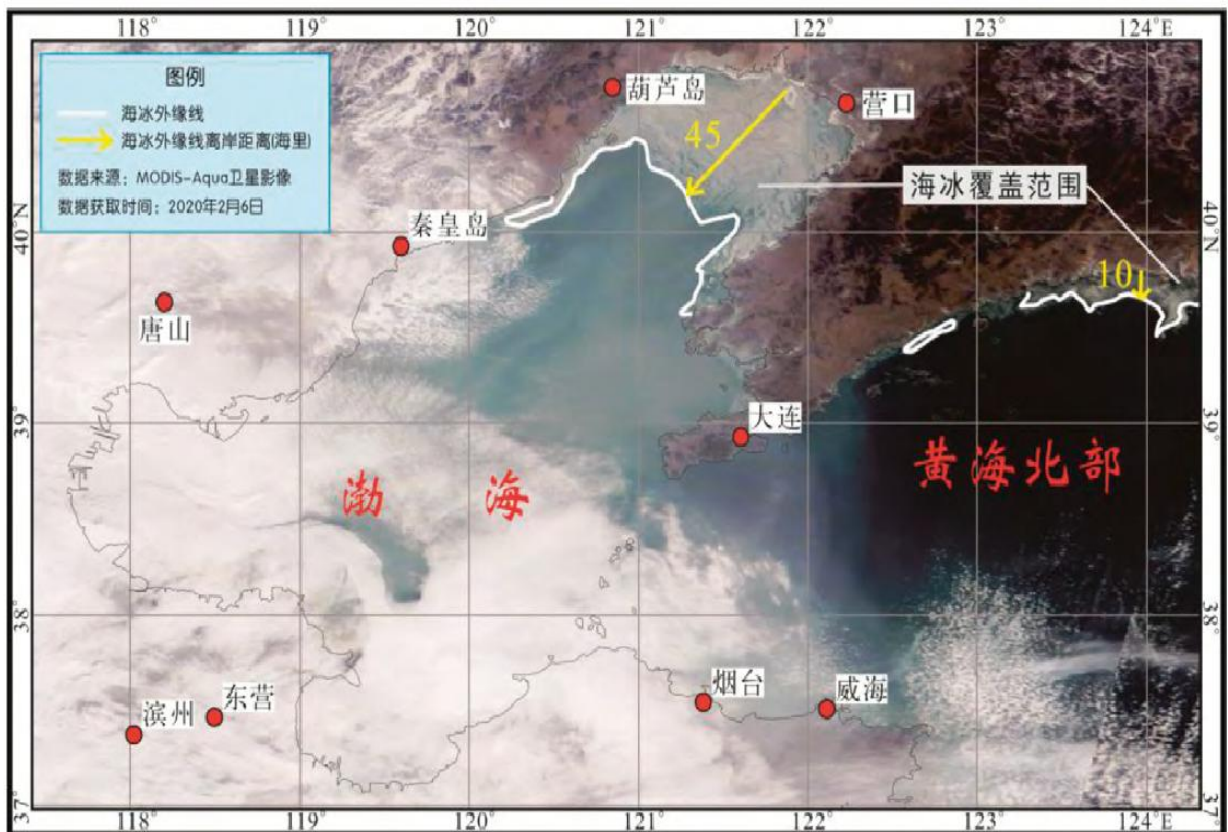


图 3.1-2 2020 年 2 月 6 日渤海海冰分布

表 3.1-2 2019/2020 年冬季渤海冰情

影响海域	初冰日 (年/月/日)	终冰日 (年/月/日)	海冰最大 分布面积 (平方千米)	浮冰离岸 最大距离 (海里)	一般冰厚 (厘米)	最大冰厚 (厘米)
辽东湾	2019/12/4	2020/2/27	9 165	45	10~20	30
渤海湾	2019/12/30	2020/2/18	—	—	5	10
莱州湾	2019/12/30	2020/2/18	—	—	5	10

注：“—”表示当年度渤海湾和莱州湾基本无冰，无法计算该海域最大分布面积和浮冰离岸最大距离。

3.1.2 海洋水文

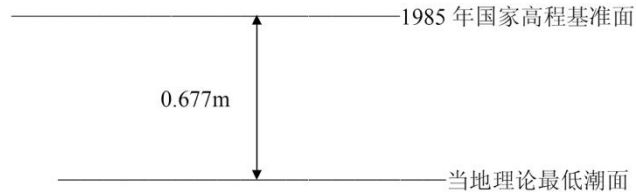
3.1.2.1 潮汐与潮位

(1) 潮型

本港潮汐型态数为 0.92，属不规则半日潮型。

(2) 基准面换算关系

高程基准面为 1985 年国家高程基准面，当地理论最低潮面在 1985 年国家高程基准面下 0.677m。



(3) 潮位特征值

平均海平面：0.013m 最高高潮位：2.503m
 最低低潮位：-2.127m 平均高潮位：0.463m
 平均低潮位：-0.447m 平均潮差：0.91m
 最大潮差：2.87m

3.1.2.2 潮流

(1) 潮流

2016年12月和2017年6月，天津水运工程勘察设计院先后对厂址附近海域进行了夏、冬季全潮潮位、流速（向）等的原型测量工作，共布设了砣姆岛、招远港、三山岛等3个潮位测站和V01~V13等13个潮流测点。水文测验期间的潮位测站和流速测点位置如图3.1-3所示。

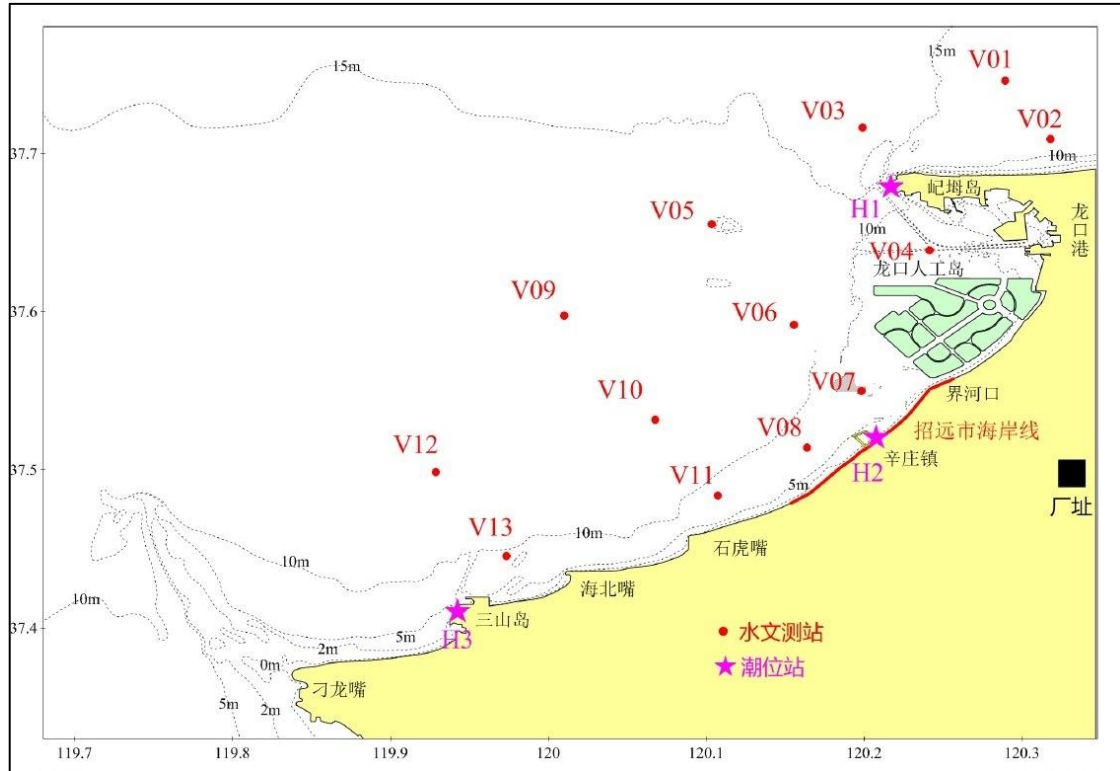


图 3.1-3 水文观测站位置分布示意

工程海域属弱潮流区，除V04测站外，其他测站总体上涨潮流多发生于SSW、SW、WSW、W这四个流向上，落潮流多出现于NNE、NE、ENE、E这四个流向上，各测站基本呈现往复流性质，且流向基本平行于岸线。各站流速水流强度较小，平均流速冬、夏季分别仅为0.14m/s和0.15m/s，且各层流速梯度很小。各站点平均流速统计见表3.1-2。

龙口港湾内表层潮流：平均流速为30.0cm/s，最大涨潮流速为35.0cm/s，方向195°；最大落潮流速为45.0cm/s，方向29°。

龙口港湾内底层潮流：平均流速为14.0cm/s，最大涨潮流速为22.0cm/s，方向213°；最大落潮流速为29.0cm/s，方向45°。

龙口湾海域潮流运动具有如下特征：工程区域附近潮流运动基本呈往复态，其中涨潮流向西南进入莱州湾内，落潮流自莱州湾向东北流出外海。工程海域近岸水体趋于沿岸流动，大范围流态总体较平顺。砣姆角防波堤和龙口人工岛堤头处由于受挑流影响，流速略高，涨落潮时可在荫流侧形成局部回流；砣姆岛与龙口人工岛间海域由于涨落潮均位于荫流区内，潮流强度较弱。龙口人工岛内通过水系与外海连通，涨落潮时水体可穿过人工岛群。

大潮全潮平均流速分布整体呈外海高、近岸低的特征。外海平均流速一般在

0.2m/s-0.4m/s间，至岸线附近平均流速已在0.1m/s左右。砣咀角防波堤堤头处受挑流作用，流速较高，局部最大流速可接近1.5m/s，龙口人工岛堤头局部最大流速可超过0.7m/s。龙口人工岛内水系平均流速多在0.1m/s-0.3m/s左右。总体来说，拟建取排水口位于相对弱流区，大潮平均流速在0.2m/s以内，不利于温排水的扩散。

表 3.1-3 冬、夏两季施测海域各测站潮段平均流速统计表（单位：m/s）

季节	站名	涨潮				落潮			
		大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
冬季	V01	0.29	0.21	0.15	0.22	0.23	0.17	0.12	0.17
	V02	0.25	0.17	0.13	0.18	0.19	0.16	0.14	0.16
	V03	0.35	0.26	0.19	0.26	0.23	0.2	0.14	0.19
	V04	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.07	0.06
	V05	0.27	0.17	0.14	0.19	0.22	0.18	0.15	0.18
	V06	0.26	0.19	0.14	0.19	0.16	0.16	0.13	0.15
	V07	0.13	0.09	0.08	0.1	0.09	0.08	0.07	0.08
	V08	0.11	0.08	0.06	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08
	V09	0.21	0.15	0.13	0.16	0.19	0.14	0.11	0.15
	V10	0.19	0.09	0.08	0.12	0.1	0.1	0.08	0.09
	V11	0.12	0.08	0.07	0.09	0.07	0.08	0.08	0.07
	V12	0.24	0.15	0.13	0.17	0.16	0.15	0.12	0.14
	V13	0.17	0.1	0.08	0.11	0.13	0.14	0.13	0.13
	平均	0.2	0.14	0.11	0.15	0.14	0.13	0.11	0.13
夏季	V01	0.25	0.21	0.19	0.22	0.29	0.22	0.12	0.21
	V02	0.22	0.21	0.19	0.2	0.21	0.16	0.11	0.16
	V03	0.29	0.23	0.2	0.24	0.31	0.24	0.13	0.23
	V04	0.09	0.1	0.08	0.09	0.07	0.03	0.03	0.04
	V05	0.26	0.18	0.2	0.21	0.24	0.16	0.14	0.18
	V06	0.2	0.16	0.15	0.17	0.17	0.17	0.11	0.15
	V07	0.1	0.06	0.07	0.08	0.09	0.08	0.06	0.07
	V08	0.1	0.08	0.08	0.09	0.1	0.11	0.1	0.1
	V09	0.19	0.18	0.15	0.17	0.2	0.18	0.11	0.16
	V10	0.16	0.13	0.12	0.14	0.14	0.13	0.08	0.12
	V11	0.11	0.1	0.09	0.1	0.09	0.08	0.1	0.09
	V12	0.2	0.17	0.17	0.18	0.21	0.18	0.11	0.16
	V13	0.16	0.15	0.12	0.14	0.15	0.13	0.1	0.13
	平均	0.18	0.15	0.14	0.15	0.17	0.14	0.1	0.14

（2）余流

余流是指从实测海流中分离出潮流后所余下部分，包括风海流、沿岸流和潮致余流，根据准调和分析得到的是潮致余流。

工程海域冬、夏两季余流分布特征表现为，冬季余流与潮汐动力有明显关系，即随着潮型的变化而逐渐减小；夏季余流小潮最大，大潮次之，中潮最小。在空间平面上，砣咀岛附近水域大于中部水域和三山岛附近水域，中部水域和三山岛附近水域差距不大。余流的垂线分布表现为各测站余流表层和底层较小，中间层较大的特征。本

海区余流主要为风海流和潮汐余流，余流流速不大，一般在10cm/s以下。

3.1.2.3 波浪

利用厂址附近观测站（2016年10月1日-2017年9月30日）的波浪观测资料分析厂址海域波浪特征。

表3.1-4、表3.1-5、图3.1-4、图3.4-5分别是厂址观测站观测期间的波高、周期方向频率分布和波玫瑰图。从中看出，观测海域NNW向的波浪频率最高，达27.9%，其次为N向，为22.2%。H1/10波高0.5m以下所占频率达76.6%，而1.0m以上的H1/10波高所占频率为13.3%。波浪的强度以N向最强，NW、NNW向次之。观测海域波周期为 $\leq 2.0s$ ，出现频率达9.4%，周期为2.1-3.0s，出现频率为36.0%。观测海域主要受西向到北向波浪的影响，其它方向均较弱。厂址海域的强浪向和常浪向均为N-NW向。

从厂址测点地理位置上分析，测点N-NS向面向莱州湾，海域开阔，波浪较大；厂址东半部区域离龙口人工岛和陆地都较近，受其影响东半部区域的波浪都非常小，观测结果也反映了这一判断。厂址海域的强浪向和常浪向均为N-NW向。

厂址海域波浪波浪特征主要表现为风浪，厂址海域主要受西向到北向波浪的影响，其它方向均较弱，常浪向和强浪向均为N-NW。厂址外海-15m等深线处可能最大台风浪为有效波高6.46m。

表 3.1-4 厂址站波高(H1/3)频率分布

波高 (m)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WS W	W	WN W	NW	NN W	合计
0.0-0.5	13.1	2.5	0.9	0.7	0.6	0.5	0.9	1.2	1.5	1.4	2.2	5.2	5.7	6.4	12.7	21.3	76.6
0.6-0.8	3.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.8	0.6	0.8	1.1	2.6	10.1
0.9-1.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.8	2.1
1.0-1.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.6	1.8	4.9
1.3-1.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.9	2.9
1.6-2.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.4	2.4
2.1-2.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.9
2.6-3.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2
3.1-3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
≥ 3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合计	22.2	2.7	0.9	0.7	0.6	0.5	0.9	1.4	1.7	1.6	2.6	6.1	6.5	7.8	15.9	27.9	100.0

表 3.1-5 厂址站周期 (Ts) 频率分布

周期 (s)	N	NE	E	NE	E	SE	E	SE	S	SW	W	SW	W	NW	NW	NW	合计
0.0-2.0	1.3	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.5	0.9	1.8	1.6	9.4
2.1-3.0	4.2	1.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	1.1	1.4	1.3	1.8	3.5	3.5	3.5	5.0	7.1	36.0
3.1-4.0	4.8	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5	2.1	2.3	2.6	5.7	9.1	27.9
4.1-5.0	5.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	2.6	7.4	16.8
5.1-6.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.4	7.3
6.1-7.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	1.8
7.1-8.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6
≥8.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
合计	22.2	2.7	0.9	0.7	0.6	0.5	0.9	1.4	1.7	1.6	2.6	6.1	6.5	7.8	15.9	27.9	100.0

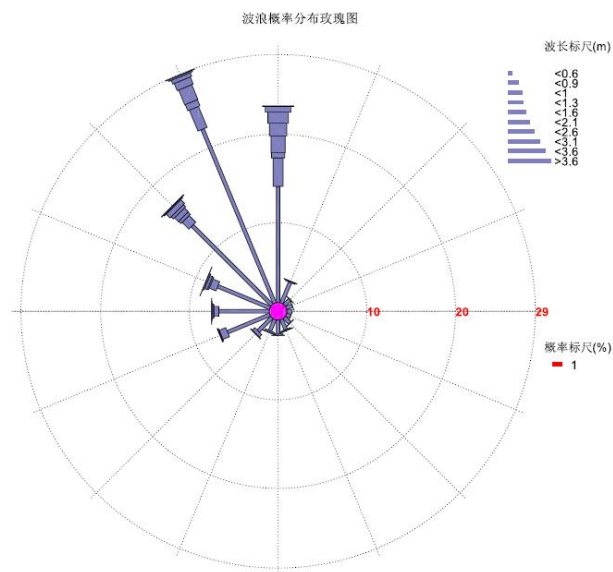


图 3.1-4 厂址波浪观测波高玫瑰图

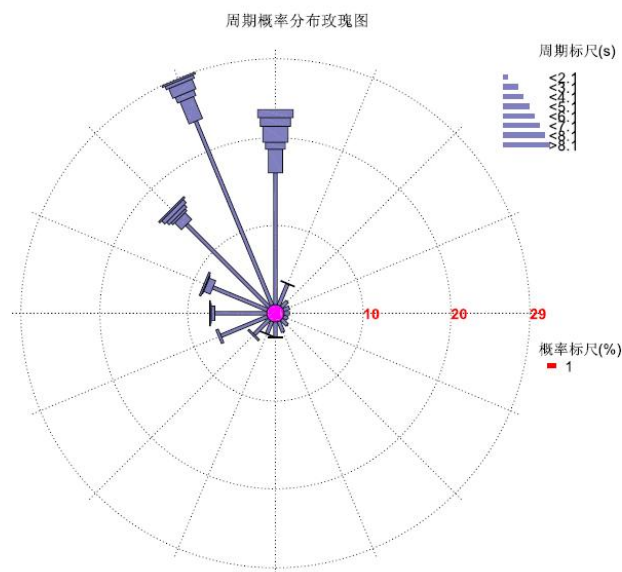


图 3.1-5 厂址波浪观测周期玫瑰图

3.1.2.4 水温

根据厂址与龙口站水温观测资料，厂址多年表层水温的均值为13.6℃，8月份最高，为27.1℃，1月份最低，为0.2℃。见表3.1-6。

表 3.1-6 厂址多年表层水温月均值（℃）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
平均水温	0.2	0.6	4.4	10.6	17.1	22.3	26.2	27.1	23.5	17.3	10.1	3.3	13.6

3.1.2.5 盐度

龙口站表层盐度多年（1960-2016年，其中1986-2010年无盐度观测）平均值，见表3.1-7。从中看出：工程海域多年平均盐度为28.3，其中，6月份最高为29.6，12月份最低为26.4，海水密度是1.025t/m³。

表 3.1-7 龙口站表层海水盐度（‰）

项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均	26.8	27.7	28.2	28.7	28.9	29.6	29.5	29.2	28.8	28.3	27.1	26.4	28.3
最高	30.4	31.1	30.9	30.7	31.3	31.5	31.5	31.4	31.7	32.1	32.6	32.9	32.9
最低	19.9	19.5	24.6	24.7	25.3	26.7	25.7	25.2	22.5	21	19.1	19.6	19.1

3.1.3 地貌概况

3.1.3.1 地貌类型

地貌造资料主要引用《中国海湾志第三分册》中资料，燕山运动时，由于近EW向的黄县断裂和NE向的北林院断裂的活动，形成了黄县断陷盆地，从而奠定了本区的地貌格局。进入新生代以来，大量河湖相物质沉积在黄县断陷盆地之中，逐渐形成黄县冲洪积平原，晚更新世末到全新世的海侵，使黄县平原部分淹没成海。随之本区便出现了海陆对照明显的地貌形态，以后逐渐演化而形成今日的地貌（图3.1-6）。

龙口湾原始地貌单元包括砣矶岛剥蚀丘陵、砣矶角外水下岩礁、湾北侧沙嘴、顶沙坝-泻湖、沙滩、水下岸坡、浅海平原、界河口冲积扇、湾内残丘等，海底地形平缓，水深0-10m，海底沉积物以沙-砾沉积物为主。周边海域主要地貌单元包括水下岸坡和浅海平原，西侧岸边为界河口冲积扇。龙口港等人工建设，龙口湾沙坝-泻湖被掩埋消失，龙口湾水深主要受人工疏浚影响，随着港池和航道开挖及疏浚，水深在0-16m范围，地形随疏浚区变化陡缓差异大，龙口湾地貌变为人工控制地貌，海底表层沉积物在南部砂质海岸以砂为主，向湾内逐渐变为泥质沙或泥质粉砂。

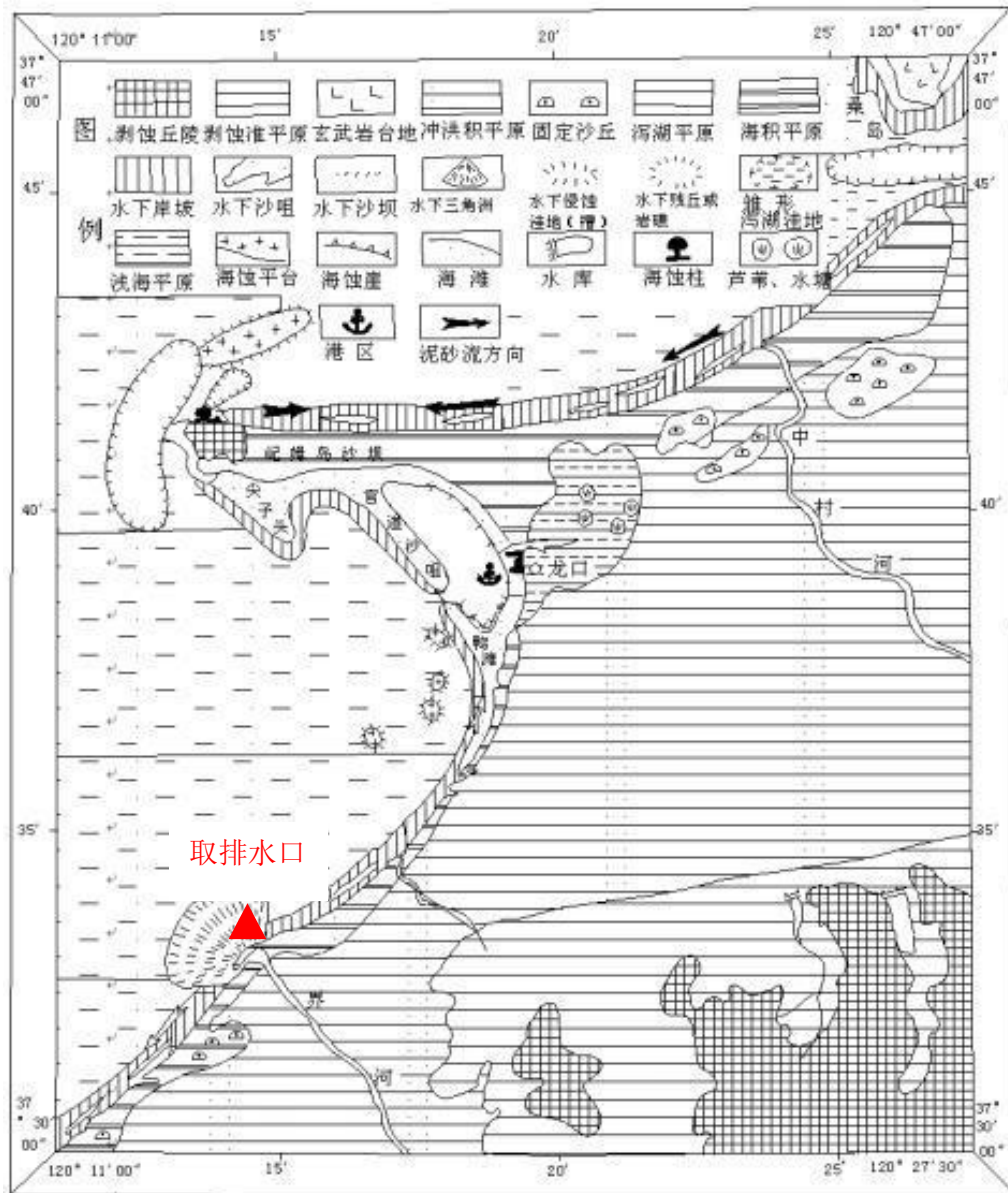


图 3.1-6 龙口湾地貌图

3.1.3.2 地震

区域范围在大地构造上跨中朝准地台、大别—苏鲁造山带和扬子准地台。区域内构造背景复杂，断裂构造发育。区域内发育有北北东向、北东向、北西西、北西向等多组断裂构造。以北北东、北东向断裂构造最为发育。近区域内断裂较发育，经调查综合判定，除了焦家断裂、玲珑-北沟断裂北段和黄县断裂为中更新世断裂外，其余断裂为早一中更新世或前第四纪断裂。厂址附近范围发育了芦头断裂和7条小断裂，经调查鉴定均为前第四纪断裂。

厂址近区域及厂址附近范围地震活动水平较低，无破坏性地震记录，小地震主要集中在厂址的北部和东南部。厂址SL-2级设计基准地面运动基岩水平向、竖直向

峰值加速度值均为0.29g。厂址地震基本烈度（50年超越概率10%）综合评定为Ⅲ度。

3.1.4 沉积物类型

引用《中广核山东招远核电厂工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第2次）总报告》中国国家海洋环境监测中心于2020年4月、2020年10月在工程海域进行的春秋两季大潮期调查，共设置11个浅海调查站位，以及3个潮间带调查站位。调查站位见图4.1-1，表4.1-1。浅海沉积物调查结果见表3.1-8。

（1）浅海沉积物粒度特征和沉积物类型

1) 沉积物类型

表层沉积物主要分为三类（ $\geq 20\%$ 参与命名），分别为粉砂T（13个样品，54.55%）、粘土质粉砂YT（3个样品，27.27%）、砂质粉砂ST（2个样品，18.18%）。

2) 沉积物中值粒径

沉积物样品的中值粒径在 $4.31\phi \sim 7.61\phi$ （0.0049mm~0.0504mm）之间，其中， $\geq 7.38\phi$ （ $\leq 0.0081\text{mm}$ ）的有2个（18.18%）， $6.19\phi \sim 6.95\phi$ （0.0081mm~0.0137mm）的有3个（27.27%）， $5.01\phi \sim 5.93\phi$ （0.0164mm~0.0310mm）的有3个（27.27%）， $4.31\phi \sim 4.79\phi$ （0.0361mm~0.0504mm）的有3个（27.27%）。

3) 沉积物平均粒径

沉积物样品的平均粒径在 $4.73\phi \sim 7.71\phi$ （0.0048mm~0.0377mm）之间，其中， $\geq 7.4\phi$ （ $\leq 0.0059\text{mm}$ ）的有2个（18.18%）， $6.06\phi \sim 6.98\phi$ （0.0079mm~0.0150mm）的有4个（36.36%）， $5.26\phi \sim 5.59\phi$ （0.0208mm~0.0261mm）的有4个（36.36%）， $\leq 4.73\phi$ （ $\geq 0.0377\text{mm}$ ）的有1个（9.09%）。

4) 沉积物分选系数

分选系数是表征样品分选程度的一个参数，其值越小，说明分选程度越好。样品的分选系数在 $1.44\phi \sim 2.01\phi$ 之间， $1.44\phi \sim 2.0\phi$ 之间的有10个（90.91%）， $2.0\phi \sim 4.0\phi$ 之间的有1个（9.09%）。样品分选基本处于分选差。

5) 沉积物偏度

样品的偏态在0.06~0.61之间，其中偏态介于+0.3~+1之间的最多（5个，45.45%），介于+0.1~+0.3和介于-0.1~+0.1的各有3个（27.27%）。样品整体处于很正偏态~正偏态/近于对称。

6) 沉积物峰度

样品的峰度在0.85~1.95之间。位于0.85~0.9之间的有6个（54.55%），位于0.9~1.08的有3个（27.27%），位于1.11~1.56的有1个（9.09%），位于1.56~3.00的有1个（9.09%）。样品处于尖锐~中等（正态）。

（2）潮间带沉积物粒度特征和沉积物类型

潮间带沉积物调查结果见表3.1-9。

3条潮间带沉积物共取样9个。经实验室测定，样品包含三种分类，分别为粘土质粉砂YT（6个，66.67%）、粉砂质粘土TY（2个，22.22%）和粉砂T（2个，11.11%）。

潮间带沉积物样品的中值粒径在 $5.80\phi\sim 8.69\phi$ （0.0024mm~0.0179mm）之间，其中， $\geq 7.53\phi$ （ $\leq 0.0054\text{mm}$ ）的有8个（88.89%）， $\leq 5.80\phi$ （ $\geq 0.0179\text{mm}$ ）的有1个（11.11%）。

潮间带沉积物样品的平均粒径在 $5.63\phi\sim 8.81\phi$ （0.0022mm~0.0202mm）之间，其中， $\geq 7.66\phi$ （ $\leq 0.0049\text{mm}$ ）的有8个（88.89%）， $\leq 5.63\phi$ （ $\geq 0.0202\text{mm}$ ）的有1个（11.11%）。

潮间带沉积物样品的分选系数在 $0.63\phi\sim 1.83\phi$ 之间， $1.0\phi\sim 2.0\phi$ 之间的有8个（88.89%）， $0.50\phi\sim 0.71\phi$ 的有1个（11.11%）。样品分选处于分选差。

潮间带沉积物样品的偏态在-0.35~0.24之间，其中偏态介于+0.1~+0.3之间的有7个（77.78%），介于-0.1~+0.1之间的有2个（22.22%）。样品整体处于很正偏态。

潮间带沉积物样品的峰度在0.83~1.08之间。位于0.9~1.11之间的有7个（77.78%），位于0.67~0.9的有2个（22.22%）。样品处于尖锐。

表 3.1-8 海域沉积物粒度参数和沉积物类型统计表

调查测项		1#	2#	13#	14#	17#	24#	29#	30#	40#	46#	52#
粒度参数	平均粒径 Mz	5.26	6.5	5.56	6.98	6.06	7.71	6.36	5.59	5.32	7.4	4.73
	中值粒径 Md ϕ	4.79	6.28	5.2	6.95	5.93	7.67	6.19	5.01	4.63	7.38	4.31
	分选系数 σ_i	1.98	1.72	1.76	2.01	1.99	1.44	1.89	1.96	1.75	1.55	1.46
	偏态 Ski	0.37	0.22	0.36	0.06	0.14	0.07	0.17	0.45	0.61	0.07	0.57
	峰态 (Kg)	0.9	0.88	1.08	0.87	0.85	0.99	0.89	0.9	1.2	0.97	1.96
分类命名	主次粒组	砂质粉砂	粉砂	粉砂	粘土质粉砂	粉砂	粘土质粉砂	粉砂	粉砂	粉砂	粘土质粉砂	砂质粉砂
	(≥ 20 参与)	ST	T	T	YT	T	YT	T	T	T	YT	ST

表 3.1-9 潮间带沉积物粒度参数和沉积物类型统计表

粒度和类型		C1 高	C1 中	C1 低	C2 高	C2 中	C2 低	C5 高	C5 中	C5 低
粒度参数	平均粒径 Mz	8.07	7.83	8.08	7.76	8.81	5.63	7.66	7.8	7.67
	中值粒径 Md ϕ	8	7.76	8.01	7.7	8.69	5.8	7.56	7.64	7.53
	分选系数 σ_i	1.35	1.38	1.39	1.43	1.11	0.63	1.58	1.83	1.6
	偏态 Ski	0.1	0.11	0.09	0.1	0.17	-0.35	0.15	0.24	0.17
	峰态 (Kg)	0.93	0.94	0.95	0.93	0.87	0.83	0.93	1.08	0.95
分类命名	主次粒组	粘土质粉砂	粘土质粉砂	粉砂质粘土	粘土质粉砂	粉砂质粘土	粉砂	粘土质粉砂	粘土质粉砂	粘土质粉砂
	(≥ 20 参与)	YT	YT	TY	YT	TY	T	YT	YT	YT

(3) 表层沉积物类型分布

根据沉积物粒度调查结果,工程附近海域表层沉积物类型主要包括粉砂、砂质粉砂、黏土质粉砂等,其中分布最多的为粉砂、砂质粉砂,沉积物中值粒径在 $4.31\phi\sim 7.61\phi$ 之间。

3.1.5 泥沙运动及运移趋势

(1) 泥沙运动

排水口位于砣姆岛南侧,水深较深,水体泥沙来源主要为海岸侵蚀来沙和沿岸漂沙,泥沙来源有限,水体含沙量低,水体清澈。

1) 泥沙来源

①侵蚀海岸来沙

波浪和海流不断侵蚀海岸,产生泥沙向海输移。以砣姆岛海蚀平台为例,该平台宽约500m,假定它8000年前开始受海洋侵蚀,则每年后退速度为6cm,可见供沙量非常有限。

②海底侵蚀来沙

本区海底侵蚀来沙很少,主要源于砣姆岛头部的侵蚀作用。由于岛头的挑流作用,流速加大,潮流主泓处海底受侵蚀,其物质向两侧扩散,但其量甚微。

③河流输沙

在龙口湾入海的河流有界河、八里沙河和北马南河等,均为源近流短、暴涨暴落的山溪性河流。根据龙口市河道基本情况统计表查得,界河流域面积598km²,八里沙河流域面积46 km²,根据《山东省水文图集》,界河、八里沙河流域多年平均径流约

为130m，考虑河道上游拦蓄工程拦蓄量及河道行洪期入渗量，推算出界河多年平均入海径流量3500万m³，八里河多年平均入海径流量240万m³。

估算进入龙口湾的泥沙每年约35.7~58.3万t，进入连岛沙坝以北的约43.0~70.0万t。由于各河上游均修建的水库和塘坝，拦截了大量泥沙，因此直接入海泥沙要偏小。

（2）泥沙运移趋势

从泥沙来源分析，影响本工程的河流输沙、侵蚀海岸来沙和海底侵蚀来沙，供沙量非常有限。工程海域水体含沙量低，泥沙来源有限，工程区位于砣姆岛南侧，水深较深，水动力相对较强、水体含沙量小，泥沙淤积不会构成排水口建设的限制性因素。

3.1.6 区域水深地形

项目所在海域海底地形变化较平缓，海底高程在-8.98~-1.51m之间，本工程取排水口处水深约为5.7~6.8m。

3.1.7 主要入海河流

招远市内地表水主要是河流，共有160余条，11个流域。东北部的罗山山脉，中部的丘陵和北、南部的低山，构成一个反“s”型分水岭。西北一侧为渤海水系，10个流域，直接入渤海的有界河、曲马沟、唐家河、朱桥河；全市干流长度大于5km的河流51条，总长548.8km。绝大部分河流为源短流急的时令河。河流分布见图3.1-7。



图3.1-7 厂址附近河流分布图

(1) 界河

界河发源于县城西南11.5km铁乔村西的尖尖山南麓，流经齐山、梦芝办事处、温泉办事处、张星、辛庄5镇，注入渤海。主流全长45km，为招远市内第一大流域，第二长河。主要支流有钟离河、罗山河、单家河等。河床宽100米，流域面积589.8km²，占全县总流域面积的42.7%。流域内建有水库多座，如金岭水库（原名大河水库），龙王水库，罗山水库，金岭水库位于界河支流的中流河上游，有灌溉之利。目前界河水污染严重，难以利用。主要行使排污河的作用。

本项目排水口位于渤海龙口湾-6.0m等深线附近，距界河入海口混合区外边缘约300m。

(2) 曲马沟

曲马沟为源短流急的时令河，间歇性河流，该河在枯水季节，河水断流、河床裸露；丰水季节，形成水流。流域内降水量年内分布极不均匀。入海口位于招远砂质黄金海岸内。入海口距离项目区域10.7km。

（3）泳汶河

泳汶河:源于罗山北麓。流经下丁家、芦头、新嘉、北马、乡城、中村七镇入渤海。干流总长36km，河道宽100m，流域面积205km²。主要支流南栾河，位于北马镇南栾堡东，源于招远市美秀顶，流经芦头镇、大陈家镇、北马镇入泳汶河，全长18km，市内长13km，河道平均宽80m。

3.2 海洋资源概况

3.2.1 生物资源

龙口湾海洋渔业资源丰富，近海渔业生物品种有200多种，其中有捕捞价值的近百种，重要经济种类60余种。近年来，由于过度捕捞，产量较不稳定。主要经济资源包括：鲅鱼、鲈鱼、梭鱼、带鱼、黄姑鱼、左鲧、鲑鱼、黄花鱼、针良鱼、青鳞鱼、鲳鱼、白鳞鱼、真鲷、对虾、口虾蛄、梭子蟹、中国蛤蜊、扁玉螺、菲律宾蛤仔、枪乌贼、章鱼、墨鱼、刺参、牡蛎等。招远全市水产品养殖面积5308公顷，水产品总产量7.72万吨，其中海水产品7.57万吨，淡水养殖产品1514吨。在海水产品中，海洋捕捞3029吨，海水养殖7.26万吨。养殖品种由扇贝、贻贝、牡蛎，逐渐扩大到鲑鱼、刺参、黑鲷、梭子蟹、对虾、大银鱼等高附加值品种。

3.2.2 矿产资源

龙口湾地区矿产资源丰富，其中主要有：

（1）金矿

主要在黄山馆、大陈家等地，为热液型金矿。另外，在界河口海滨有沉积型的砂金矿，但规模不大。

（2）煤、油质岩

主要分布在黄县断陷盆地内，已探明储量为20亿吨（含油质岩）。煤田分为龙口矿区和洼里矿区。龙口矿区储量为19873.10万吨，其中油页岩为14242.55万吨，油质岩5630.55万吨；洼里矿区储量4952.58万吨。

（3）石材

分布在东南部低山区，主要为花岗岩、花岗闪长岩，石质优良，整体性好，抗压、抗折，耐酸性能好，可做中高级建材。

（4）建筑砂、型砂

主要分布在龙口北部沿岸，主要为海滩砂、沙丘砂、砂堤砂。总储量为2000-5000万 m^3 ，每年可开采80万吨。

3.2.3 港口航运资源

本项目所在龙口湾地区港口航运资源主要包括：烟台港龙口港区、龙口渔港、砣矶岛渔港、春雨码头等。

（1）龙口港

龙口湾优越的地理位置，良好的自然条件和社会条件，是建设和发展港口的有利区域。龙口港是国内最大的地方港口，腹地广阔，水陆交通发达，大莱龙铁路将直达港区，进出、储运和集散货物的能力较强。龙口港隶属山东省交通厅管辖，是大、中、小泊位兼备，内、



外贸货物兼营，功能比较齐全的地方港口。龙口港始建于1914年，1985年对外开放，1997年荣获“山东省管理示范企业”称号，2002年通过了ISO9001系列质量认证，2007年被中华全国总工会授予全国“五一”劳动奖状。港口现有职工4000多人，资产总额30亿元。

龙口港是山东省北部对外物资交流的重要集散地。2006年4月，龙口港集团有限公司与烟台港集团有限公司实施重组整合，成为全国沿海主要港口——烟台港的三大核心港区之一，国家规划建设烟台市两个亿吨港区之一。

港口拥有码头岸线15000m，生产泊位27个。目前主航道水深-15.5m，底宽200m，。进港铁路、10万吨级航道拓宽工程正处于施工阶段，为港口快速发展打造了更高的平台。

龙口港区总占地面积320万平方米，库场面积140万平方米，其中仓库面积5万平方米，公用型保税仓库面积3.4万平方米。石油化工仓储能力70万立方米，散粮罐一期存储能力10万吨。港口拥有可变螺距式全回转拖轮、高架吊、桥吊等现代化机械设备800余台（套），最大荷重80吨。

港口主要从事煤炭、石油化工、铁矿石、铝矾土、散粮、水泥及熟料、非金属矿石及集装箱等装卸堆存业务。

自2000年以来，龙口港加快实施战略转型，打造现代物流中心，执行品牌策略，

经营特色品牌物流链,港口发展驶入了快车道,吞吐量以年均500万吨的速度递增。2012年实现年吞吐量6656万吨,“中非杂货班轮”、铝矾土、石油焦、朝鲜煤炭四个货种市场占有率稳居全国沿海港口首位。铝矾土实现吞吐量1930万吨,同比增长10.1%;煤炭实现吞吐量1597万吨,同比增长5.8%;液体化工实现吞吐量1174万吨,同比增长28.6%。

(2) 砬姆岛渔港

砬姆岛渔港位于龙口湾北部、胜利油田港区西邻,砬姆岛村南侧。渔港现有码头岸线860m,陆域面积4.7hm²,港池水域面积约12.5hm²,停泊渔船多为养殖船和近岸捕捞船,船舶吨位较小,航道水深为自然水深,最浅水深约3.4m。龙口渔港



(3) 龙口渔港为农业部公布的一级渔港,是进入渤海最大的渔业港口,汛期日进港船可高达2000多艘,年吞吐量达10余万t。主要分为龙口渔港北港区、龙口渔港万吨级码头、龙口渔港南港区。

(4) 春雨码头

招远春雨码头由渔港和旅游码头组成,其中渔港位于港池的西侧,旅游码头位于港池的东侧。港池由后方陆域、东防波堤、北防波堤和西防波堤围合而成,口门有效宽度100m。现渔港区水域面积为18.6万m²,渔港码头岸线总长884m,其中西防波内(东)侧码头岸线长600m,后方顺岸码头岸线长284m。西防波堤内侧码头岸线后方陆域纵深50m;渔港后方陆域纵深254-284m,面积12.7万m²。



3.2.4 旅游资源

项目区主要旅游资源包括砬姆岛

(1) 砬姆岛

砬姆岛距龙口市西北10km,是个远伸海中似孤屿又连陆的奇特半岛。此岛南、西、北三面环海,东西长达10km,南北宽2km。沙堤与陆地相连,岛形纵短横阔,北高南低。

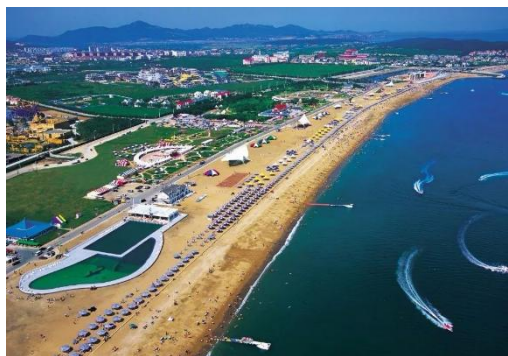


砮姆岛历史悠久，早在元朝至顺元年（1330年），古地图就以“木极”（东方之端）二字称呼这个小岛。之后，明永乐年间，名将胡大海嫡孙胡琛，改“木极”为“母砮”，并自号“母砮”，由此，“母砮”之名得以远扬。砮姆岛素以人间仙岛著称，时有海市蜃楼奇观出现，现在区内已建成了娱乐区、疗养度假区等。岛内环境幽静，空气清新，水质清静，沙滩白细平缓，是一处休闲度假的良好场所。主要景点有将军石、钓鱼台、胡大海广场、砮姆岛海水浴场、水上游乐园等。

（2）招远砂质黄金海岸国家级海洋公园

工程海域在招远砂质黄金海岸国家级海洋公园范围以外，位于招远砂质黄金海岸国家级海洋公园东北侧4.3km处。

招远砂质黄金海岸国家级海洋公园，主要保护海洋公园内特有的砂质海岸、海洋生态系统以及周边人文和历史景观。位于山东省招远市滨海新区沿海海域，东西自招莱线向东延伸约11670m至淘金河东侧海域，南北为自高潮线以下向海中延伸约3200m左右的区域，面积约2699.94hm²。海洋公园内海滩宽阔，沙质细腻，海底坡度缓长，浪小水稳，沙细洁白柔软，沙粒均匀，平缓宽阔，沙滩资源丰富。绵延13.5km的优质沙滩为国内罕见，海洋生态系统类型多样，生物资源丰富。



3.2.5 岸线资源

龙口湾海域岸线以砂质海岸为主，海域海底平坦，淡水注入多，水质肥沃，邻近莱州湾渔场，是多种鱼虾的主要产卵场，也是多种鱼类的索饵场及洄游通道。海岸总体坡度平缓，沿岸多低缓丘陵，是典型的对数螺旋形砂质海岸。浅海面积辽阔，沙滩细软，海水清澈、浪平水静，为天然海水浴场和避暑胜地，素有“黄金海岸”之称。

海岸沙滩开阔，滨海旅游发展潜力大，但是该段岸线受海浪、潮流等作用影响较为显著，由于河流输沙减少和人工构筑物阻挡沿岸输沙，长期处于侵蚀状态，为保护砂质岸线资源，划定了招远砂质黄金海岸国家级海洋公园、招远砂质海岸海洋特别保护区等保护性措施。



图 3.2-1 研究区岸线资源分布

3.3 研究区域开发利用现状

项目周边海域开发利用现状及环境敏感目标的介绍范围参照《海洋工程环境影响评价技术导则》，即工程周边15km。周边海域开发利用现状及环境敏感目标主要为港区、临港工业、海水养殖业、海洋公园和保护区等。项目周边海域开发利用现状及环境敏感目标如图3.3-1所示。

表 3.3-1 项目周边海域开发利用现状一览表

开发利用现状		方位	与项目最近距离（km）
养殖区		N	10.2
		SW	4.2
		NE	15
临港工业区		N	0.3
海洋公园与保护区	招远砂质黄金海岸国家级海洋公园	W	4.5
	辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区	N	紧邻
港口航运区	龙口港区	N	10.2
	龙口渔港	N	9.9
	春雨码头	S	4.4

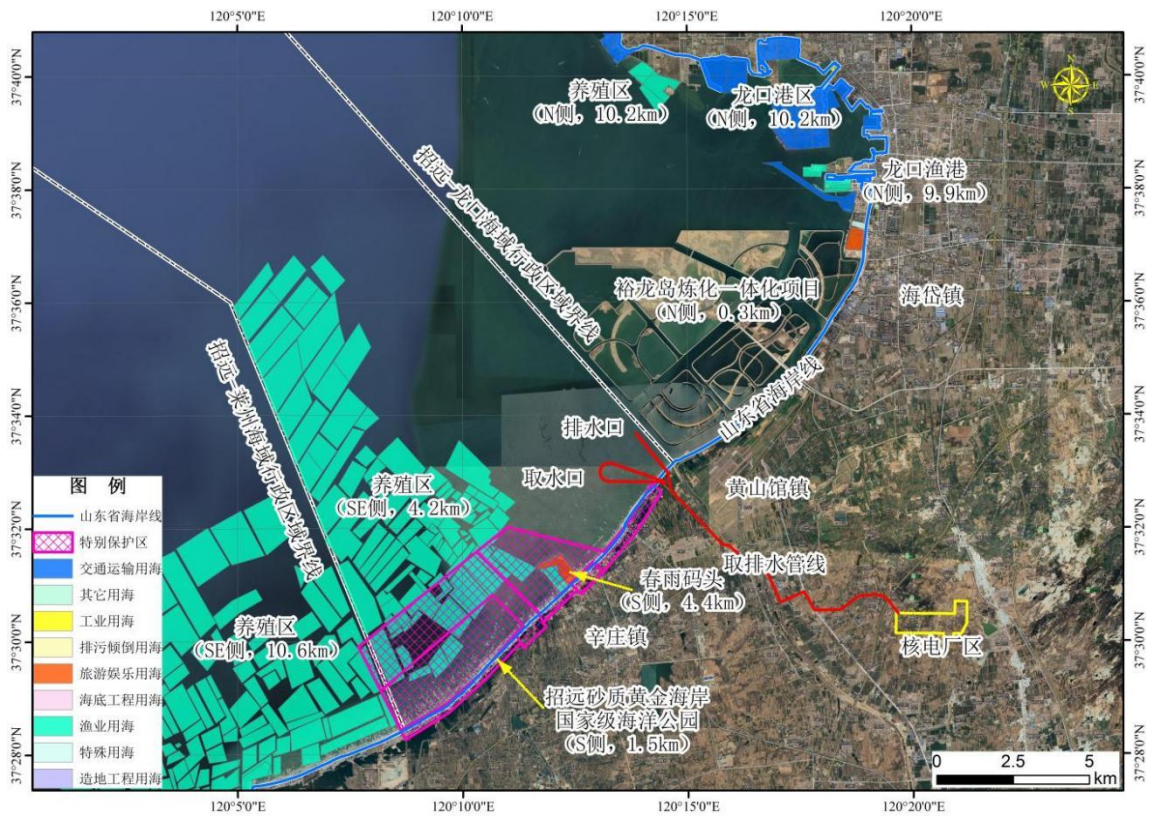


图 3.3-1a 项目周边海域开发利用现状图

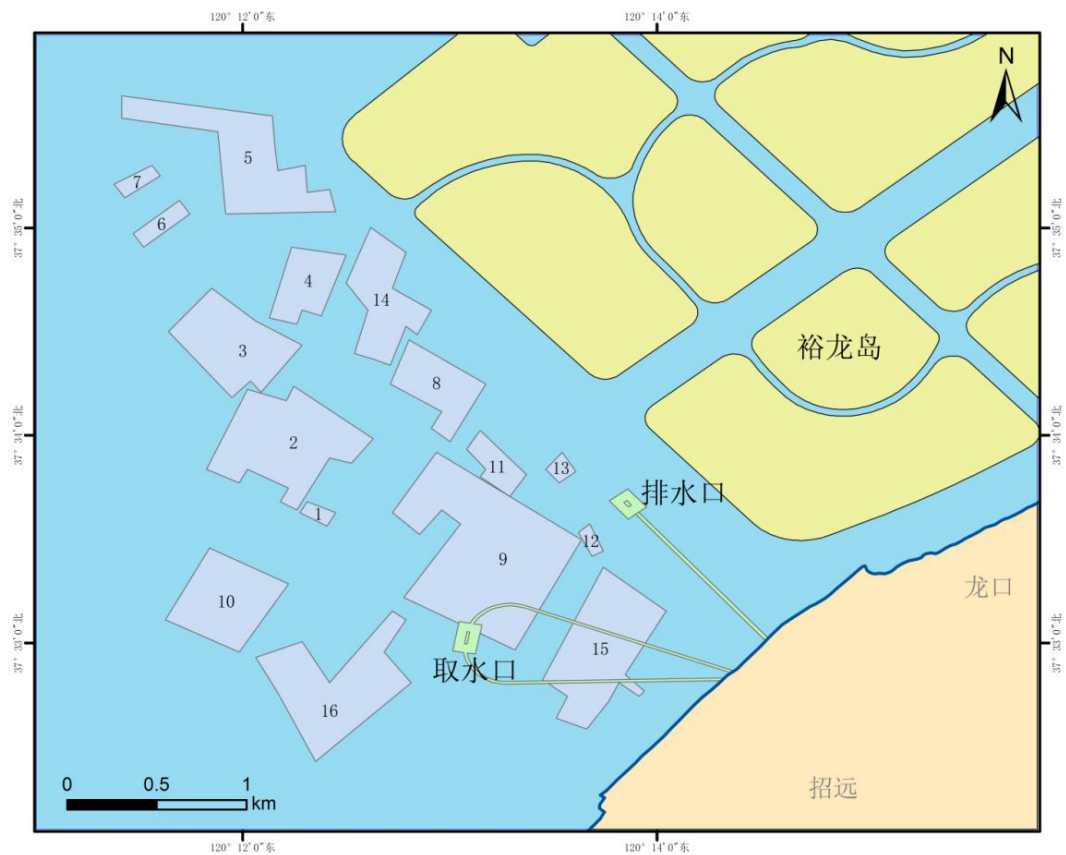


图 3.3-1b 项目周边未确权养殖图

(1) 港区及临港工业

工程周边的港区和临港工业，包括：龙口港（龙口港区、胜利油田港区、裕龙岛炼化一体项目等）、龙口三联海洋工程、龙口渔港、砣矶岛渔港等。

1) 龙口港

① 航道

龙口港区航道主要由龙口港区10万吨级航道、龙口港区2万吨级航道及胜利码头航道组成。10万吨级航道宽度已拓宽至300m，底标高为-16.0m，航道长约14km，航道分为外段、内段两部分，外段航道走向144°-324°，内段航道走向86°-266°。

2万吨级航道长7km，底宽94m，底标高-12.2m，航道走向86°-266°，2万吨级航道并入龙口港区10万吨级航道后进入港区。

本项目工程海域不占用航道。

② 锚地

龙口港区现有锚地4处，分别为1#-4#锚地，功能参数见表3.3-2。本项目不占用锚地。

表 3.3-2 龙口港区现有锚地具体参数一览表

锚地名称	锚地面积(km ²)	水深(m)	经纬度坐标	用途
1#锚地	2.7	4.2-17.0	A: 37°38'01"N,120°14'58"E; B: 37°37'24"N,120°14'59"E; C: 37°37'27"N,120°16'37"E; D: 37°38'04"N,120°16'36"E	综合锚地
2#锚地	5.8	7.0-16.0	A: 37°38'00"N,120°14'24"E; B: 37°37'13"N,120°14'25"E; C: 37°37'13"N,120°11'43"E; D: 37°38'00"N,120°11'41"E	综合锚地
3#锚地	2.8	9-15	A: 37°37'59"N,120°11'19"E; B: 37°37'12"N,120°11'19"E; C: 37°37'12"N,120°09'59"E; D: 37°37'59"N,120°09'59"E	燃油及液体化工品锚地
4#锚地	19.1	11.0-14.8	A: 37°40'42"N,120°08'30"E; B: 37°38'50"N,120°08'30"E; C: 37°38'50"N,120°13'10"E; D: 37°40'42"N,120°11'22"E	综合锚地

③ 龙口港区

龙口港区水域分为外港和内港两部分。自龙口港区南立标至北立标连线为内港界，以东为内港水域，面积约11km²；自龙口港南立标至砣矶岛西南角连线为外港界，内外港界之间为外港水域，面积约15km²。海岸线从南立标起至砣矶岛西端长约25km。1986年国家投资兴建龙口港煤炭专用码头，山东省人民政府又批准从油码头至北马河口长约2500m处均为龙口港发展岸线。目前龙口港区南北长达3km，生产与非生产性占地面

积达76万m²。龙口港区现状见图3.3-2。

龙口港区的码头设施主要分布在龙口湾的北、东侧，湾北侧建有龙口胜利船舶公司所属的胜利码头、龙口宏港码头、龙口滨港液体化工码头、龙口港区煤炭专用码头；湾东侧从南至北建有中海石油龙口基地码头、龙口渔港滚装码头、龙口渔港商用码头、散杂和件杂货码头、粮食码头、通用码头、集装箱码头等。

④胜利油田海洋石油船舶公司港区

为胜利油田自用港区，位于龙口湾北部、砵姆岛南岸，建有防波堤，有砵姆岛掩护，避风条件良好，现有码头长1450m，港池水深5~7.5m，5000t泊位2个、3000t泊位4个，并有1500t级船坞1个。1997年山东省政府批准为一类开发口岸，是我国北方重要的海洋石油船舶基地。

⑤裕龙石化人工岛

2010年5月5日，国家海洋局以国海管字〔2010〕250号《关于龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划的批复》回复山东省海洋与渔业厅，原则同意龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）用海规划，用于建设6个人工岛和1个突堤式人工岛，其余为水道用海，工程用海总面积为69.7209hm²，包括排水管道5.1518hm²、排水口7.7118 hm²、温排水56.8573 hm²。龙口人工岛围堰于2012年基本建成，围垦面积大约33km²。目前，按照山东省新旧动能转换的政策目标，龙口人工岛成为了裕龙岛炼化一体化项目建设用地，近期规划2000万吨的一体化炼化能力。裕龙岛炼化一体化项目利用已填海造地总面积为985.4430hm²，去掉护坡后的成陆面积为952.2240hm²。其中，炼油区主要位于3号岛，用海面积305.4423hm²，成陆面积291.5107hm²，主要建设2000万吨/年原油加工能力的炼油区及公用工程。化工区和公用工程区位于2号岛，化工区用海面积398.7827hm²，成陆面积390.0921hm²，主要建设300万吨/年乙烯装置和其他装置的化工区以及公用工程；公用工程区用海面积281.2180hm²，成陆面积270.6212hm²，主要建设炼油厂区和化工区配套的煤堆场、煤制氢装置、动力中心、ABS装置、水处理和凝结水站等配套设置。

2) 龙口渔港

龙口渔港北港区位于龙口湾东部、龙口港南邻，始建于1968年3月，1970年1月投产使用，该港由于地理位置的优势，自70年代初期至80年代中期的十几年间，是我国北方三省一市（山东、辽宁、河北、天津）渔船的重要集散地。北港区现有泊位总长546m，港池水域面积约30hm²，可使用面积约20hm²，可停泊400t以下船舶，航道水深

为自然水深，最浅水深0.6m，本港避风条件好。

龙口渔港万吨级码头位于龙口湾东南部、龙口渔港北港区西南侧，港池面积42hm²，陆域面积20hm²，泊位水深10m，现有滚装船泊位和万吨级多用途泊位各一个，目前正在续建配套工程，以尽早形成港口规模。1997年12月，省政府批准为一类开放口岸。

龙口渔港南港区位于龙口渔港万吨级码头南部。始建于2000年，现有简易浆砌块石码头2000m左右，内建有1600m²冷库一座，理鱼车间846m²，水产区批发市场10000多m²，承接附近沿海水产品的批发零售业务。水深3~3.5m，水域面积6.75 hm²，港池狭长，避风条件好，停泊渔船较多，已形成龙口港渔船停泊中心。

3) 砣姆岛渔港

砣姆岛渔港位于龙口湾北部、胜利油田港区西邻，砣姆岛村南侧。渔港现有码头岸线860m，陆域面积4.7hm²，港池水域面积约12.5hm²，停泊渔船多为养殖船和近岸捕捞船，船舶吨位较小，航道水深为自然水深，最浅水深约3.4m。

4) 春雨码头

招远春雨码头由渔港和旅游码头组成，其中渔港位于港池的西侧，旅游码头位于港池的东侧。港池由后方陆域、东防波堤、北防波堤和西防波堤围合而成，口门有效宽度100m。现渔港区水域面积为18.6万m²，渔港码头岸线总长884m，其中西防波内(东)侧码头岸线长600m，后方顺岸码头岸线长284m。西防波堤内侧码头岸线后方陆域纵深50m；渔港后方陆域纵深254-284m，面积12.7万m²。

5) 龙口三联海洋工程

龙口三联海洋工程有限公司位于龙口渔港南港区南侧，业务范围是海洋工程设施的建造与安装，现有用地46.67hm²，专用码头长898m，码头分为1#、2#、3#泊位，可停靠万吨级船舶。规划总占地面积1000亩，分三期进行建设：一期占地面积300亩，二期占地面积400亩，三期占地面积300亩。

(2) 海水养殖业

项目周边的养殖区包括龙口市养殖区和招远市养殖区，龙口市养殖区主要分布在砣姆岛北侧海域，招远市养殖区主要分布在界河以南的海域。工程周边临近海域海上养殖、岸边池塘养殖和陆上工厂化养殖已有一定程度开发，根据现状调查和资料收集，海上养殖方式为筏式养殖和底播养殖，养殖品种主要为扇贝、贻贝及牡蛎，岸边池塘养殖主要养殖品种为海参和扇贝，陆上工厂化养殖主要是鱼类和贝类。

1) 招远市养殖区

招远市开放式养殖区主要分布在界河以南的海域，距拟调整区域4.2km，主要养殖方式为筏式养殖和底播养殖。

2) 龙口市养殖区

龙口市开放式养殖区主要分布在砣矶岛北侧海域，距拟调整区域15km，养殖品种为底播（海参、杂色蛤）、扇贝、牡蛎、贻贝。主要养殖方式有底播养殖、设施养殖、池塘养殖和人工鱼礁。

（3）海洋公园与保护区

保护区及海洋公园位于项目区南侧海域，包括招远砂质黄金海岸国家级海洋公园及辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区。

1) 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园

①保护区的位置和范围

工程海域在招远砂质黄金海岸国家级海洋公园范围以外，位于招远砂质黄金海岸国家级海洋公园东北侧4.3km处。招远砂质黄金海岸国家级海洋公园，主要保护海洋公园内特有的砂质海岸、海洋生态系统以及周边人文和历史景观。位于山东省招远市滨海新区沿海海域，东西边界自招莱线向东延伸约11670m至淘金河东侧海域，南北边界为自高潮线以下向海中延伸约3200m左右的区域，面积约2699.94hm²。海洋公园内海滩宽阔，沙质细腻，海底坡度缓长，浪小水稳，沙细洁白柔软，沙粒均匀，平缓宽阔，沙滩资源丰富。绵延13.5km的优质沙滩为国内罕见，海洋生态系统类型多样，生物资源丰富。

招远砂质黄金海岸国家级海洋公园按功能划分为3个区，即重点保护区、生态与资源恢复区、适度利用区。

a重点保护区

重点保护区位于招远海洋公园的西侧，东西自招莱线向东延伸约5300m至诸流河附近，南北为自高潮线以下向海中延伸约1600m的区域，面积约816.08hm²，占公园总面积的30.23%。

重点保护区重点保护该海域优质的砂质岸线资源。该区海岸为环渤海一带典型的砂质海岸，岸线顺直完整，沙粒细腻、均匀，平缓宽阔，尤其是在淘金河流域及周边海域，沙滩富含黄金，为不可多得的黄金海岸自然景观，具有独特的历史文化价值，是发展滨海旅游的重要资源。该区岸线通过海洋动力自然活动长期影响，维持着系统的稳定，为水动力和泥沙冲淤学者提供科考价值。目前受周边围填海等工程的影响，

开始出现轻微的侵蚀，优质的砂质岸线将会受到破坏，急需重点保护。

b生态与资源恢复区

生态与资源恢复区包括淘金河口生态与资源恢复区、诸流河口生态与资源恢复区以及浅海养殖资源恢复区，面积约970.2349hm²，占公园总面积的35.94%。

淘金河口生态与资源恢复区：主要位于淘金河口两侧，面积48.0734hm²。该区域主要通过培育水生植物，恢复水禽栖息地，来修复受损的河口湿地生境。

诸流河口生态与资源恢复区：主要位于诸流河口两侧，面积52.878hm²。该区域主要通过培育水生植物，恢复水禽栖息地，来修复受损的河口湿地生境。

浅海资源恢复区：主要位于重点保护区的北侧及东侧海域，面积为869.2826hm²。重点保护区北侧海域宽度约为1500m，从西往东延伸，长度约为5200m，主要通过生态养殖，恢复受损的贝类和藻类等养殖资源。重点保护区东侧海域主要通过生态修复，恢复受损的河口湿地。

c适度利用区

适度利用区主要分布在海洋公园的东侧海域及沿岸海域，总面积约为913.6233hm²，占公园总面积的33.84%。其中海域部分位于东西自招莱线向东延伸约6800m，南北为自生态与资源恢复区向海中延伸780m的区域，面积约为589.1479hm²；陆域部分位于重点保护区南部908岸线以上陆地部分，主要分为3块区域，总面积约为324.4754hm²。经规划的适度利用与合理开发，主要开展生态林区、海上生态旅游、休闲渔业等项目，让公众参与其中，体验近海、亲海的乐趣。

②保护区的类别

按照我国国家标准GB/T14529-93《自然保护区类型与级别划分原则》中规定凡具备以下条件之一的地区都可以建立自然保护区：代表各种不同自然地带的典型自然生态系统；自然生态系统或物种已遭破坏而又有重要价值亟待恢复的地区；自然生态系统比较完整自然演替明显野生物种源丰富的地区；国家规定保护的珍稀动物、候鸟或具有重要经济价值的野生动物的主要栖息地区；典型而有特殊意义的植被珍贵林木及有特殊价值的植物原生地或集中成片的地区；具有特殊保护意义的地质剖面冰川遗迹熔岩温泉瀑布化石产地等自然历史遗迹地。

招远砂质黄金海岸国家级海洋公园，主要保护海洋公园内特有的砂质海岸、海洋生态系统以及周边人文和历史景观，属于海洋与海岸生态系统类型保护区。

③保护区的功能

招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的主导功能为：以保护独特的砂质岸线和海洋生态系统为基础，积极发展以滨海休闲为主的生态旅游，引导保护性生态旅游项目建设，建设集砂质岸线资源和海洋生态系统保护、生态旅游于一体的综合性国家级海洋公园。

a保护资源功能招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的建设，对现有的海岸、沙滩、海域进行合理的分区保护，以营造不同类型的生物栖息地，构建多样的海岸景观，构建海洋生态旅游胜地，有效保障招远附近海域生态安全。加强了对区域水质的保育，通过保护与恢复工程的建设净化海域的海洋环境。

b生态环境功能通过建立国家级海洋特别保护区，对人为活动进行了严格的和管理控制，在对公园内的原始海岸、岩礁带和沙滩等生态系统进行保育的基础上，建立流域复合生态系统，保护和新建多样性的海洋生境，能极大丰富海洋公园内的海洋景观类型，为各类海洋生物提供了多样化的栖息空间，将显著提升招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的生态承载力以及综合生态效益。有效保障区域滨海与海洋生态系统健康、安全；为海洋生物提供栖息、繁育和觅食的场所；有效保护和恢复区域生物多样性，构建完善的生态网络；海岸湿地能有效调节气候，主要表现在：明显的冷湿效应、涵养水源作用、调节气温和净化空气。

c经济与社会效益功能招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的经济与社会效益功能体现在通过对环境资源的合理开发，增加地区海洋经济发展的多样化，促进海洋文化的提升和传播，是科研、科普教育的理想基地，提高群众保护海洋公园的意识，构建生态和谐的人居环境。

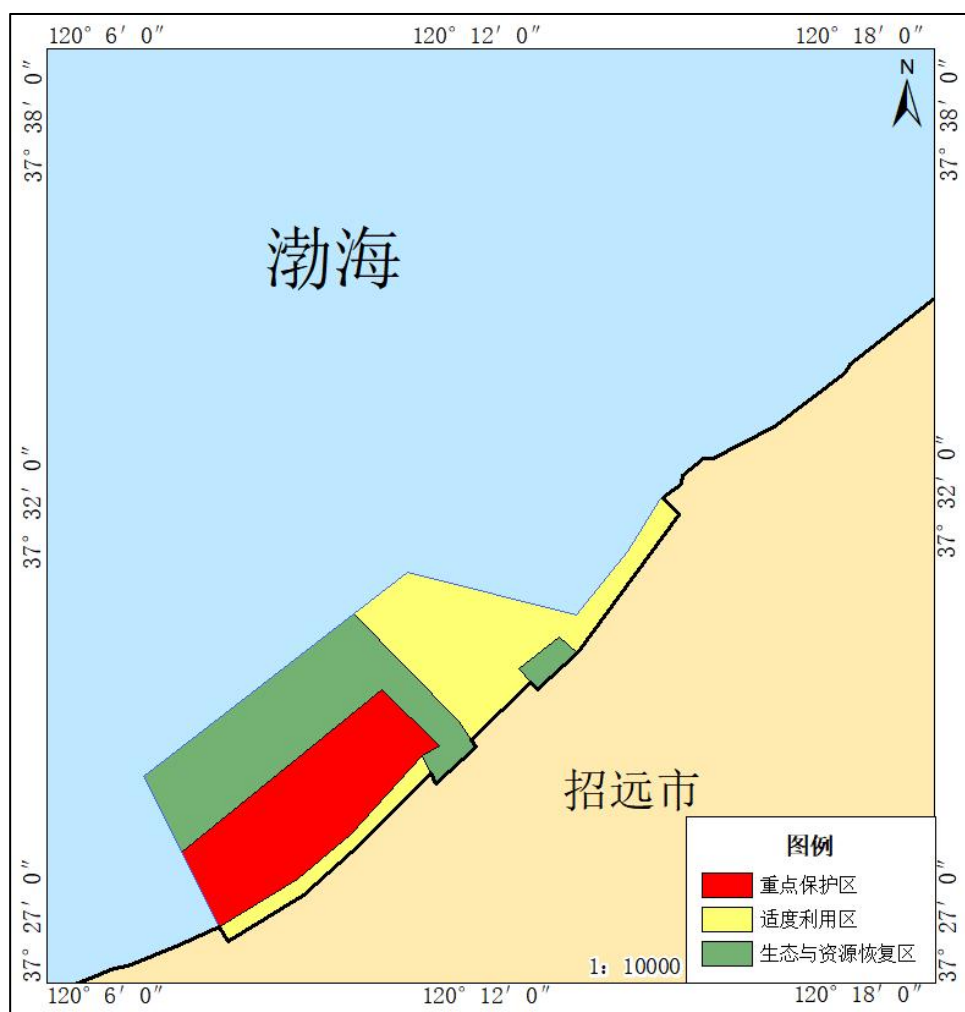


图 3.3-2 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园功能区

2) 辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区

辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区总面积为23219km²，位于渤海的辽东湾、渤海湾和莱州湾三湾内。其中，莱州湾保护区总面积为7124km²，其中核心区面积为1710km²，试验区面积为5414km²。核心区包括以下三个区域，核心一区主要保护对象有真鲷、花鲈、三疣梭子蟹，核心二区主要保护对象有三疣梭子蟹，核心三区主要保护对象有中国明对虾、文蛤、青蛤、中国毛虾。核心区特别保护期为4月25日~6月15日，施工应尽量避免。莱州湾实验区主要保护对象有中国明对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹、真鲷、花鲈，另外还有蓝点马鲛、口虾蛄、半滑舌鳎、文蛤、青蛤、中国毛虾。项目全部位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的莱州湾保护区实验区内。工程与莱州湾保护区实验区位置关系放大图见图3.3-3

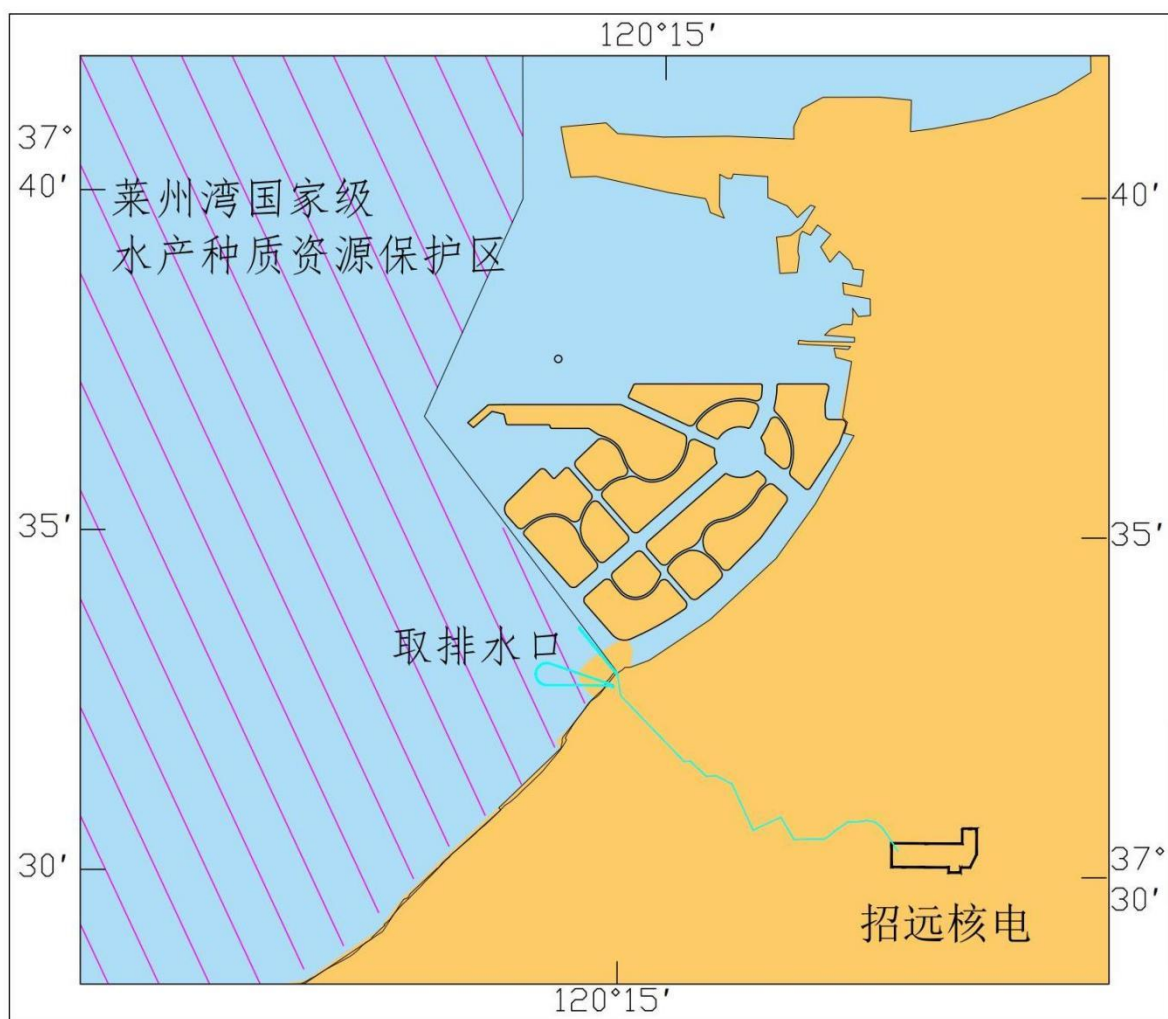


图 3.3-3 工程与莱州湾保护区实验区位置关系（放大）

4 环境质量现状及污染源调查

4.1 海洋环境质量现状调查

4.1.1 水质环境现状调查与评价

4.1.1.1 调查频次与站位布设

周边区域海洋水质环境现状调查引用《中广核山东招远核电厂工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第2次）总报告》中国国家海洋环境监测中心于2021年4月、2020年10月在工程海域进行的春秋两季大潮期调查，调查范围以取排水口为中心向外扩展15km，其中海水水质29个站位，站位布置情况见表4.1.1-1、图4.1.1-1。

表 4.1.1-1 2021 年 4 月、2020 年 10 月调查站位表

站位	经度	纬度	调查内容
1	120.244°	37.553°	海水水质、沉积物、海洋生物
2	120.23°	37.561°	海水水质、沉积物、海洋生物、渔业资源、生物体质量
3	120.271°	37.625°	海水水质
4	120.297°	37.628°	海水水质
8	120.267°	37.655°	海水水质
9	120.268°	37.691°	海水水质
12	120.262°	37.592°	海水水质
13	120.218°	37.644°	海水水质、沉积物、海洋生物、渔业资源、生物体质量
14	120.222°	37.692°	海水水质、沉积物、海洋生物、渔业资源、生物体质量
17	120.242°	37.619°	海水水质、沉积物、海洋生物、渔业资源、生物体质量
18	120.173°	37.668°	海水水质、渔业资源、生物体质量
21	120.213°	37.576°	海水水质
22	120.184°	37.603°	海水水质、渔业资源、生物体质量
23	120.149°	37.627°	海水水质、渔业资源、生物体质量
24	120.106°	37.655°	海水水质、沉积物、海洋生物、渔业资源、生物体质量
28	120.186°	37.576°	海水水质、海洋生物
29	120.145°	37.603°	海水水质、沉积物、海洋生物
30	120.081°	37.607°	海水水质、沉积物、海洋生物、渔业资源、生物体质量
34	120.139°	37.576°	海水水质、海洋生物、渔业资源、生物体质量
35	120.068°	37.561°	海水水质、渔业资源、生物体质量
39	120.226°	37.543°	海水水质
40	120.18°	37.553°	海水水质、沉积物、海洋生物
41	120.11°	37.524°	海水水质
45	120.214°	37.528°	海水水质
46	120.212°	37.554°	海水水质、沉积物、海洋生物
47	120.196°	37.539°	海水水质、渔业资源、生物体质量
48	120.165°	37.489°	海水水质、海洋生物
49	120.102°	37.465°	海水水质
52	120.072°	37.513°	海水水质、沉积物、海洋生物
C1	120.239°	37.548°	潮间带沉积物、生物
C2	120.131°	37.469°	潮间带沉积物、生物
C5	120.257°	37.686°	潮间带沉积物、生物

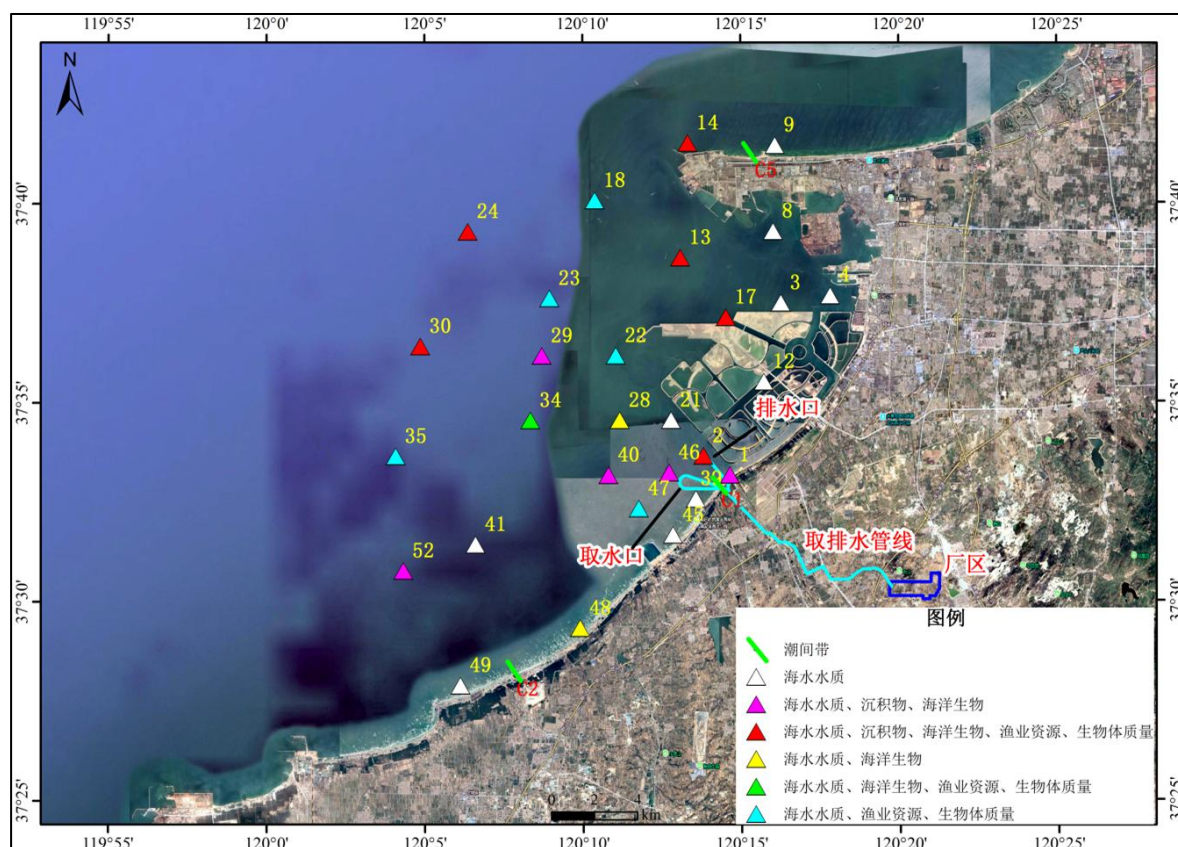


图 4.1.1-1 2020 年 4 月、10 月调查站位布置图

4.1.1.2 调查分析项目

总悬浮物、pH、DO、COD、BOD5、总碱度、铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐、活性磷酸盐、活性硅酸盐、石油类、余氯、氟化物、氰化物、硫酸盐（以SO₄²⁻计）、Cu、Pb、Cd、Cr、Zn、Hg、As、Ag、Mn、B项目，共计26项。

4.1.1.3 监测规范

按照《海洋调查规范》（GB12763-2007）和《海洋监测规范》（GB17378-2007）的要求进行。

4.1.1.4 调查分析方法

1) 调查方法

调查中水质样品的采集、保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB17378.4-2007）的要求执行。样品采集过程中采取严格的质量控制措施，避免样品污染。

① 采样水层确定

根据《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）的要求，海水水质调查需分层采样，具体见表4.1.1-2。

表 4.1.1-2 样品采集层次

水深范围/m	标准层次	底层与相邻标准层最小距离/m
小于 10	表层	
10~25	表层、底层	
25~50	表层、10m、底层	
50~100	表层、10m、50m、底层	5
100 以上	表层、10m、50m、以下水层酌情加层、底层	10
注 1: 表层系指海面以下 0.1m~1m;		
注 2: 底层, 对河口及港湾海域最好取离海底 2m 的水层, 深海和大风浪时可酌情增大离底层的距离。		

2) 海水水质样品分析方法

水质调查项目的分析方法均根据《海洋调查规范》(GB 12763-2007)、《海洋监测规范》(GB 17378-2007), 详见表4.1.1-3。

表 4.1.1-3 海水水文、水质分析方法

序号	监测项目	引用标准和测定方法	检出限
1	pH	GB17378.4-2007/26	--
		pH 计法	
2	总碱度	HY/T197-2015	--
		敞口式点位滴定法	
3	悬浮物	GB17378.4-2007/27	--
		重量法	
4	溶解氧	GB17378.4-2007/31	0.05mg/L
	(DO)	碘量法	
5	化学需氧量	GB17378.4-2007/32	0.15mg/L
	(COD)	碱性高锰酸钾法	
6	五日生化需氧量 (BOD ₅)	GB 17378.4-2007	1mg/L
		五日培养法	
7	氨氮(氨、非离子态 氨)	HY/T 147.1-2013	1.08 µg/L
		流动分析法	
8	硝酸盐	HY/T 147.1-2013	0.6 µg/L
		流动分析法	
9	亚硝酸盐	HY/T 147.1-2013	0.35µg/L
		流动分析法	
10	活性磷酸盐	HY/T 147.1-2013	0.72 µg/L
		流动分析法	
11	活性硅酸盐	HY/T 147.1-2013	0.84 µg/L
		流动分析法	
12	硫酸盐	GB17378.4-2007/18.1	0.2µg/L
		亚甲基蓝分光光度法	
13	氰化物	GB17378.4-2007/20.1	0.5µg/L
		异烟酸吡唑啉酮分光光度法	
14	氟化物	GB/T7484-1987	0.05mg/L
		《水质 氟化物的测定 离子选择电极法》	
15	石油类	GB17378.4-2007/13.1	1.00 µg/L
		荧光分光光度法	
16	硼(B)	HY/T 147.1-2013/5	0.9µg/L
		电感耦合等离子体质谱法	

序号	监测项目	引用标准和测定方法	检出限
17	铜 (Cu)	HY/T 147.1-2013/5	0.12 µg/L
		电感耦合等离子体质谱法	
18	铅 (Pb)	HY/T 147.1-2013/5	0.07µg/L
		电感耦合等离子体质谱法	
19	镉 (Cd)	HY/T 147.1-2013/5	0.03µg/L
		电感耦合等离子体质谱法	
20	锌 (Zn)	HY/T 147.1-2013/5	0.10µg/L
		电感耦合等离子体质谱法	
21	砷 (As)	HY/T 147.1-2013/5	0.05 µg/L
		电感耦合等离子体质谱法	
22	汞 (Hg)	GB17378.4-2007/5.1	0.007 µg/L
		原子荧光法	
23	总铬 (Cr)	GB17378.4-2007/10.1	0.05µg/L
		电感耦合等离子体质谱法	
24	Ag	GB/T11911-1989	--
		火焰原子吸收法	

表 4.1.1-4 海水水文、水质分析方法

序号	监测项目	引用标准和测定方法	检出限
25	Mn	HY/T 147.1-2013/5 电感耦合等离子体质谱法	0.01µg/L
26	余氯	HJ586-2010 水质 游离氯和总氯的测定 N,N-二乙基-1,4-苯二胺分光光度法	0.004 mg/L

4.1.1.5 评价标准与方法

海水的环境质量评价采用标准指数法。

表 4.1.1-5 海水水质标准(mg/L, pH 除外)

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量 ≤100	人为增加的量 ≤150
2	粪大肠杆菌（个/L）	2000 供人类生食的贝类增殖养殖水质 ≤140			-
3	水温	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其它季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃	
4	pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正常变动范围的 0.2 pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位	
5	溶解氧 >	6	5	4	3
6	化学需氧量≤（COD）	2	3	4	5
7	生化需氧量≤（BOD ₅ ）	1	3	4	5
8	无机氮≤（以 N 计）	0.20	0.30	0.40	0.50
9	活性磷酸盐≤ （以 P 计）	0.015	0.030		0.045
10	阴离子表面活性剂≤ （以 LAS 计）	0.03	0.10		
11	非离子氨≤（以 N 计）	0.02			
12	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
13	镉≤	0.001	0.005	0.010	

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
14	铅 \leq	0.001	0.005	0.010	0.050
15	六价铬 \leq	0.005	0.010	0.020	0.050
16	总铬 \leq	0.05	0.10	0.20	0.50
17	砷 \leq	0.020	0.030	0.050	
18	铜 \leq	0.005	0.010	0.050	
19	锌 \leq	0.020	0.050	0.10	0.50
20	硒 \leq	0.010	0.020		0.0005
21	硫化物（以 S 计）	0.02	0.05	0.10	0.25
22	挥发性酚 \leq	0.005		0.010	0.050
23	氰化物 \leq	0.005		0.10	0.20
24	石油类 \leq	0.05		0.30	0.50

(2) 评价方法

1) 一般水质因子采用标准指数法进行评价，按下列公式计算：

$$I_i = C_i / S_i$$

式中： I_i —— i 项评价因子的标准指数；

C_i —— i 项评价因子的实测浓度；

S_i —— i 项评价因子的评价标准值。

2) 溶解氧（DO）采用下式计算：

$$I_i(\text{DO}) = |\text{DO}_f - \text{DO}| / (\text{DO}_f - \text{DO}_s) \quad \text{DO} \geq \text{DO}_s$$

$$I_i(\text{DO}) = 10 - 9\text{DO} / \text{DO}_s \quad \text{DO} < \text{DO}_s$$

$$\text{DO}_f = 468 / (31.6 + t)$$

式中： $I_i(\text{DO})$ ——溶解氧标准指数

DO_f ——现场水温及氯度条件下，水样中氧饱和浓度（mg/L）

DO_s ——溶解氧标准值（mg/L）

t ——现场温度

3) pH采用下式计算：

$$\text{SpH} = |\text{pH}_j - \text{pH}_{\text{sm}}| / \text{DS}$$

其中 $\text{pH}_{\text{sm}} = (\text{pH}_{\text{su}} + \text{pH}_{\text{sd}}) / 2$ ， $\text{DS} = (\text{pH}_{\text{su}} - \text{pH}_{\text{sd}}) / 2$

式中： SpH ——pH值的标准指数

pH_j —— j 站位的pH值测定值

pH_{su} ——标准中规定的pH值上限

pH_{sd} ——标准中规定的pH值下限

4.1.1.6 海水水质质量状况与评价

2020年10月和2021年4月海水水质调查结果见附表1、2。

(1) 秋季海水水质评价结果

根据秋季现状评价结果可知,表层水体第一类海水水质标准超标因子有DO、COD、BOD₅、铅、锌、铜、总汞、镉、石油类、无机氮,其中以BOD₅超标率最高,为96.6%,只有34号站位符合第一类海水水质标准,其余各站位均超第一类海水水质标准符合第二类海水水质标准;底层水体第一类海水水质标准超标因子有DO、COD、BOD₅、铅、锌、铜、总汞、镉、无机氮,其中以BOD₅超标率最高,为100%。秋季调查海域水体第一类海水水质标准主要超标因子是BOD₅、铅、无机氮。

(2) 春季海水水质评价结果

根据春季现状评价结果可知,表层水体第一类海水水质标准超标因子有COD、BOD₅、无机氮、铜、石油类、铅、镉、锌,其中以铅超标率最高,为82.8%,除2、4、12、17、28符合第一类水质标准外,其他24个站位的表层铅均超第一类海水水质标准,符合第二类海水水质标准。底层水体第一类海水水质标准超标因子有COD、BOD₅、无机氮、铅、锌,其中以BOD₅超标率最高,为85.7%,除35、41号站位底层BOD₅符合第一类海水水质标准外,其余站位均超第一类海水水质标准、符合第二类海水水质标准;铅超标率其次,为78.6%,有11个站位(13、18、21、23、24、29、30、34、35、41、52号站位)底层铅超第一类海水水质标准、符合第二类海水水质标准。春季调查海域水体第一类海水水质标准的主要超标因子是铅、BOD₅、无机氮。

4.1.2 沉积物环境现状调查与评价

4.1.2.1 调查频次与站位布设

拟调整区域周边海洋沉积物环境现状调查引用《中广核山东招远核电厂工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查(第2次)总报告》中国国家海洋环境监测中心于2020年10月在工程海域进行的秋季大潮期调查,共设置11个浅海调查站位,以及3个潮间带调查站位,站位布置情况见表4.1.1-1、图4.1.1-1。

4.1.2.2 调查分析项目

底质类型、粒度、氧化还原电位(Eh)、有机碳、含水率、pH、硫化物、石油类、Cu、Pb、Cd、Cr、Zn、Hg、As、Ag、Mn、B,共计18项。

4.1.2.3 调查分析方法

各调查项目的样品采集、贮存、运输、预处理及分析测定过程均按《海洋调查规范》(GB12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)中的要求进行。各项目所采用的分析方法见表4.1.2-1。

表 4.1.2-1 沉积物监测各项目分析及检出限

监测项目	分析方法	检出限 (10 ⁻⁶)
含水率	重量法	—
有机碳	重铬酸钾氧化-还原容量法	300
油类	荧光分光光度法	1
硫化物	离子选择电极法	0.2
铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.5
铅	无火焰原子吸收分光光度法	1
锌	火焰原子吸收分光光度法	6
镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.04
铬	无火焰原子吸收分光光度法	2
汞	原子荧光法	0.002
砷	原子荧光法	0.06

4.1.2.4 评价标准与方法

海洋沉积物质量评价采用单因子污染指数法和综合评价法。

表 4.1.2-2 《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)

评价标准 评级指标		第一类	第二类	第三类
有机碳 (×10 ⁻²) ≤		2.0	3.0	4.0
硫化物 (×10 ⁻⁶) ≤		300.0	500.0	600.0
油类 (×10 ⁻⁶) ≤		500.0	1000.0	1500.0
重金属	铜 ≤	35.0	100.0	200.0
	铅 ≤	60.0	130.0	600.0
	锌 ≤	150.0	350.0	600.0
	镉 ≤	0.50	1.50	5.00
	铬 ≤	80.0	150.0	270.0
	砷 ≤	20.0	65.0	93.0
	汞 ≤	0.20	0.50	1.00

4.1.2.5 沉积物质量状况与评价

(1) 沉积物主要调查要素含量

海洋沉积物主要调查要素含量见附表4。

(2) 海洋沉积物评价结果

调查结果显示,调查海域表层沉积物质量良好,除2个站位(13、17号站位位于人工岛北侧港池内)硫化物超过第一类海洋沉积物质量标准,超标率为18.2%,超标站位满足第二类海洋沉积物质量标准,同时满足第二类沉积物质量评价标准,1个站位(2号站位位于人工岛南侧岸边)总汞超过第一类海洋沉积物质量标准,超标率为9.1%,超标站位满足第二类海洋沉积物质量标准。其余站位各评价因子均满足第一类海洋沉积物质量标准要求。

综合评价结果显示：依据《海洋沉积物质量综合评价技术规程（试行）》，本次调查共采集范围内11个调查站位的沉积物样品并进行分析，根据调查结果表可知单个站位理化性质指标（硫化物和有机碳）质量分级中，11个站位中，除硫化物有2个站位（13、17）指标分级为一般，其余站位硫化物和有机碳的含量均优于第一类海洋沉积物质量标准值，每个站位分级均为良好；单个站位一般污染指标（铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷、石油类）质量分级中，除1个站位的汞指标分级为一般，10个站位的各指标均优于第一类标准值，每个站位一般污染物质量指标分级均为良好。因此，在单个站位沉积物理化性质指标和一般污染物指标的分级基础上，对单个站位的沉积物质量进行分级，均为良好；在单个站位的沉积物质量分级基础上，最终得出评价区域海洋沉积物质量综合等级为良好。

4.1.3 海洋生态现状调查与评价

4.1.3.1 调查频次与站位布设

拟调整区域周边海洋生态现状调查引用《中广核山东招远核电厂工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第2次）总报告》中国国家海洋环境监测中心于2021年4月、2020年10月在工程海域进行的春秋两季大潮期调查，调查范围以取排水口为中心向外扩展15km，共14个站位，站位布置情况见表4.1.1-1、图4.1.1-1。

4.1.3.2 调查分析项目

海洋生态调查主要调查叶绿素，浮游生物、底栖生物，潮间带生物为主。分析生物种类，群落特征，均匀度，多样性等。

4.1.3.3 调查分析方法

评价方法按《海洋监测规范》中的“近海污染生态调查和生物监测”及《海洋调查规程》中“海洋生物调查”的有关要求进行。

4.1.3.4 评价标准与方法

(1) 多样性指数 H' ：采用Shannon-Weiner公式：

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

式中， H' ----为物种多样性指数值；

s ----为样品中的总种数；

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

一般认为，正常环境，该指数值高；环境受污，该指数值降低。

(2) 均匀度指数： $J' = H' / \log_2 S$

式中， J' ----表示均匀度指数值；

H' ----表示物种多样性指数值；

S ----表示样品中总种数。

J' 值范围为0~1之间， J' 值大时，体现种间个体分布较均匀，群落结构较稳定；反之， J' 值小反映种间个体分布不均。由于污染环境的种间个体分布差别大，表现为 J' 值低，群落结构往往不稳定。

(3) 丰富度指数： $d = (S-1) / \log_2 N$

式中， d ----表示丰富度指数值；

S ----表示样品中的总种数；

N ----表示群落中所有物种的总丰度。

一般而言，健康的环境，种类丰富度高；污染环境，种类丰富度较低。

(4) 优势度： $Y = n_i / N \cdot f_i$

式中： N ----为样品中所有种的总个体数（个）；

n_i ----为样品中第 i 种的个体数（个）；

f_i ----为第 i 种在所有样品中的出现频率（%）。

Y ----为优势度，将 $Y > 0.02$ 的物种作为优势种。

4.1.3.5 海洋生态状况与评价

(1) 叶绿素a和初级生产力调查及评价结果

1) 叶绿素a调查结果

秋季：调查海域表层叶绿素a最大值为1.74μg/L，最小值为0.64μg/L，平均值为1.25μg/L（n=14）。表层最大值出现在48号站，最小值出现在30号站。底层叶绿素a最大值为1.64μg/L，最小值为0.64μg/L，平均值为1.23μg/L（n=10）。底层最大值出现在14号站，最小值出现在30号站。表底层叶绿素a浓度相当，见表4.1.3-1。

春季：调查海域表层叶绿素a最大值为1.75μg/L，最小值为0.9μg/L，平均值为1.35μg/L（n=14）。表层最大值出现在13号站，最小值出现在52号站。底层叶绿素a最大值为1.83μg/L，最小值为1.3μg/L，平均值为1.57μg/L（n=8）。底层最大值出现在24号站，最小值出现在52号站。表底层叶绿素a浓度相当，见表4.1.3-1、4.1.3-2。

表 4.1.3-1 招远核电厂海域秋季叶绿素 a($\mu\text{g/L}$)的调查结果

站号	表层	底层
1	1.43	—
2	1.4	—
13	1.1	1.42
14	1.43	1.64
17	1.32	1.42
24	1.28	1.08
28	1.26	1.3
29	1.19	1.17
30	0.64	0.64
34	1.11	0.96
40	1.57	1.38
46	1.2	—
48	1.74	—
52	0.88	1.25
最大值	1.74	1.64
最小值	0.64	0.64
平均值	1.25	1.23

表 4.1.3-2 招远核电厂海域春季叶绿素 a($\mu\text{g/L}$)的调查结果

站号	表层	底层
1	1.05	—
2	1.12	—
13	1.75	1.66
14	1.74	1.73
17	1.47	—
24	1.14	1.83
28	1.34	—
29	1.70	1.56
30	1.01	1.34
34	1.69	1.74
40	1.66	—
46	1.38	1.43
48	1.01	—
52	0.90	1.3
最大值	1.75	1.83
最小值	0.9	1.3
平均值	1.35	1.57

2) 初级生产力调查及评价结果

秋季：调查海域初级生产力最大值为 $316.6\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，最小值为 $103.91\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 $196.23\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ （ $n=14$ ）。最大值出现在14号站，最小值出现在30号站。

春季：调查海域初级生产力最大值为 $188.31\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，最小值为 $37.88\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 $122.25\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ （ $n=29$ ）。最大值出现在14号站，最小值出现在1号站。

表 4.1.3-3 招远核电厂海域各季初级生产力(mgC/m²·d)的调查结果

站位	初级生产力	
	秋季	春季
1	105.53	37.88
2	258.30	80.81
13	121.77	126.26
14	316.60	188.31
17	292.25	106.06
24	236.16	148.05
28	278.96	96.68
29	184.43	183.98
30	103.91	182.18
34	147.45	121.93
40	173.80	119.77
46	221.40	149.35
48	154.09	72.87
52	129.89	97.40
最大值	316.6	188.31
最小值	103.91	37.88
平均值	194.61	122.25

3) 小结

秋季：调查海域表层叶绿素a最大值为1.74μg/L，最小值为0.64μg/L，平均值为1.25μg/L (n=14)。底层叶绿素a最大值为1.64μg/L，最小值为0.64μg/L，平均值为1.23μg/L (n=10)。表底层叶绿素a浓度相当。调查海域初级生产力最大值为316.6mgC/m²·d，最小值为103.91mgC/m²·d，平均值为196.23mgC/m²·d (n=14)。

春季：调查海域表层叶绿素a最大值为1.75μg/L，最小值为0.9μg/L，平均值为1.35μg/L (n=14)。底层叶绿素a最大值为1.83μg/L，最小值为1.3μg/L，平均值为1.57μg/L (n=8)。调查海域初级生产力最大值为188.31mgC/m²·d，最小值为37.88mgC/m²·d，平均值为122.25mgC/m²·d (n=29)。

(2) 浮游植物现状调查及评价结果

1) 网采浮游植物调查与评价结果

① 种类组成与优势种

秋季调查共鉴定出浮游植物2门46种，硅藻为36种，占总种类数78.26%；甲藻为10种，占21.74%（见附录1）。各调查站位网采浮游植物种类数量平均为12种。优势种为柔弱角毛藻（*Chaetoceros debilis*）、短角藻（*Ceratium breve*）、翼根管藻（*Rhizosolenia alata*）、细弱圆筛藻（*Coscinodiscus subtilis*）和粗刺角藻（*Ceratium horridum*），季节演替明显。

春季航次共鉴定出水采浮游植物2门10种，其中硅藻为91种，占总种类数的90.00%；

甲藻1种，占总种类数的10.00%，（见附录2）。各站位网采浮游植物种类数少，平均为3种。调查海域优势种为具槽直链藻（*Melosirasulcata*）、细弱圆筛藻（*Coscinodiscus subtilis*）、星脐圆筛藻（*Coscinodiscus asteromphalus*）和虹彩圆筛藻（*Coscinodiscus oculus-iridis*），优势度明显。

表 4.1.3-4 浮游植物优势种出现频率和优势度（ $Y \geq 0.02$ ）

季节	优势物种	出现频率	优势度（Y）
秋季	柔弱角毛藻	0.69	0.20
	短角藻	0.90	0.06
	翼根管藻	0.62	0.05
	细弱圆筛藻	0.72	0.03
	粗刺角藻	0.41	0.02
春季	具槽直链藻	0.68	0.54
	细弱圆筛藻	0.65	0.03
	星脐圆筛藻	0.62	0.03
	虹彩圆筛藻	0.62	0.02

②细胞丰度

调查海域各站位浮游植物细胞数量较高，属于正常范围。调查海域浮游植物细胞数量的平面分布差异较大，呈斑块状分布。

秋季，调查区内各站位浮游植物细胞数量总平均为 $155.99 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，其波动范围在 $(11.93-936.52) \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 之间。细胞数量最大值出现在24号站（ $936.52 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ），最小值出现在14号站（ $11.93 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ），见表4.1.3-5。

表 4.1.3-5 秋季调查海域网采浮游植物细胞密度和种类数的分布

站位	细胞密度（ cells/m^3 ）	种类数（种）
1	518000	9
2	331875	8
13	3321818	20
14	119308	10
17	3870000	14
24	9365263	13
28	777778	8
29	270545	15
30	318500	19
34	747300	20
40	135125	5
46	194250	10
48	309333	5
52	959400	20
最大值	9365263	20
最小值	119308	5
平均值	1559930	12

春季，调查区内各站位浮游植物细胞数量总平均为 $5.52 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，其波动范围

在 $(0.4-13.75) \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间。细胞数量最大值出现在14号站 $(13.75 \times 10^4 \text{cells/m}^3)$ ，最小值出现在52号站 $(0.43 \times 10^4 \text{cells/m}^3)$ ，见表4.1.3-6。

表 4.1.3-6 春季调查海域网采浮游植物细胞密度和种类数的分布

站位	细胞密度 (cells/m ³)	种类数 (种)
1	70000	2
2	29500	3
13	44100	3
14	137500	6
17	8143	2
24	7111	2
28	90000	3
29	120000	3
30	87818	4
34	27950	2
36	81000	3
38	6563	3
40	58750	2
46	4000	2
48	70000	2
52	29500	3
最大值	137500	6
最小值	4000	2
平均值	55173	3

③群落特征

秋季，调查海域各站位浮游植物群落生物多样性指数平均为2.77，其波动范围为1.01-3.87，多样性指数最大值出现在30号站（3.87），最小值在40号站（1.01）。调查海域各站位均匀度指数平均为0.79，其波动范围为0.44~0.96，均匀度最大出现在1号站（0.96），最小在40号站（0.44），平均为0.79，见表4.1.3-7。

春季，调查海域各站位浮游植物群落生物多样性指数平均为1.06，其波动范围为0.39-1.80，多样性指数最大值出现在14号站（1.80），最小值在34号站（0.39）。调查海域各站位均匀度指数平均为0.76，其波动范围为0.39~1.00，均匀度最大出现在1、2、17、24、46、52号站（1.00~0.96），最小在34号站（0.39），平均为0.76，见表4.1.3-8。

表 4.1.3-7 秋季调查海域各站位多样性指数与均匀度指数

站位	H'	J
1	3.04	0.96
2	2.44	0.81
13	3.20	0.74
14	2.98	0.90
17	3.03	0.80
24	1.68	0.45
28	2.59	0.86
29	3.30	0.84
30	3.87	0.91
34	3.23	0.75
40	1.01	0.44
46	3.03	0.91
48	2.16	0.93
52	3.19	0.74
最大值	3.87	0.96
最小值	1.01	0.44
平均值	2.77	0.79

表 4.1.3-8 春季调查海域各站位多样性指数与均匀度指数

站位	H'	J
1	1.00	1.00
2	1.59	1.00
13	1.15	0.72
14	1.80	0.70
17	1.00	1.00
24	1.00	1.00
28	0.87	0.55
29	0.64	0.40
30	1.44	0.72
34	0.39	0.39
40	0.72	0.46
46	1.59	1.00
48	0.72	0.72
52	1.00	1.00
最大值	1.80	1.00
最小值	0.39	0.39
平均值	1.06	0.76

2) 小结

①秋季调查共鉴定出浮游植物2门46种，硅藻为36种，占总种类数78.26%；甲藻为10种，占21.74%。春季航次共鉴定出水采浮游植物2门10种，其中硅藻为9种，占总种类数的90.00%；甲藻1种，占总种类数的10.00%。

②秋季优势种为柔弱角毛藻、短角藻、翼根管藻、细弱圆筛藻和粗刺角藻，季节演替明显。春季，调查海域优势种为具槽直链藻、细弱圆筛藻、星脐圆筛藻和虹彩圆筛藻，优势度明显。

③网采浮游植物细胞密度平均值。从季节变化趋势来看，秋季($155.99 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$)

>春季 ($5.52 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$)。

④从群落结构特征来看，春季，调查海域生物多样性指数和均匀度指数较低，反映出各站位浮游植物种类多样性较低，各种类间个体分布程度不均匀，群落结构稳定性较差。秋季，调查海域生物多样性指数和均匀度指数明显高于春季，相比春季，秋季各调查站位浮游植物种类多样性较高，各种类间个体分布比较均匀，群落结构比较稳定。

(3) 浮游动物现状调查及评价结果

1) 种类组成

①秋季

本季调查共鉴定出浮游动物 7 大类 26 种（类），其中水母类 3 种，占种类组成的 11%；栉水母 1 种，占种类组成的 4%；枝角类 1 种，占种类组成的 4%；桡足类 11 种，占种类组成的 42%；毛颚动物 1 种，占种类组成的 4%；被囊动物 2 种，占种类组成的 8%；7 类浮游幼虫，占种类组成的 27%；此外，还有猛水蚤、端足类和多毛类未定种（附录 4）。浮游动物优势种主要有强壮箭虫（*Sagittacra*）、球型侧腕水母（*Pleurobrachioglobosa*）、小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）和异体住囊虫（*Oikopleuradioica*）。

浮游动物种类组成主要是暖温带种，以广温近岸种为主体，生态属性为广温近岸群落。

②春季

本次调查共鉴定出浮游动物 5 大类 17 种（类），其中水母类 1 种，占种类组成的 6%；枝角类 1 种，占种类组成的 6%；桡足类 8 种，占种类组成的 47%；毛颚动物 1 种，占种类组成的 6%；6 类浮游幼虫，占种类组成的 35%；此外，还有端足类未定种（附录 5）。浮游动物优势种主要有腹针胸刺水蚤（*Centropages mcmurrici*）和太平洋真宽水蚤（*Eurytemora pacifica*）。

浮游动物种类组成主要是暖温带种，以广温近岸种为主体，生态属性为广温近岸群落。

2) 个体密度分布

①秋季

秋在调查海域浮游动物总个体密度 I 型（大网）和 II 型（中网）数量相差 1 个数量级。I 型网大型浮游动物平均数量为 88 ind/m^3 ，各站位数量波动范围在 $(6 \sim 262) \text{ ind/m}^3$ 之间，13 号站数量最多（ 262 ind/m^3 ），48 号站数量最少（ 6 ind/m^3 ）。

表 4.1.3-9 秋季调查海域大型浮游动物个体数量、生物量的分布

站位	个体数量 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
1	55	100
2	11	13
13	262	127
14	17	8
17	32	6
24	103	25
28	82	33
29	242	82
30	36	17
34	193	120
40	55	13
46	13	4
48	6	3
52	119	50
最大值	262	127
最小值	6	3
平均值	88	43

II 型网中、小型浮游动物平均数量为 10530ind/m³，各站位数量波动范围在 (1952~28995) ind/m³ 之间，17 号站数量最多 (28995ind/m³)，30 号站数量最少 (1952ind/m³)。

表 4.1.3-10 秋季调查海域中、小型浮游动物个体数量的分布

站位	个体数量 (ind/m ³)
1	15000
2	12907
13	15340
14	10624
17	28995
24	10001
28	5279
29	2520
30	1952
34	14718
40	5632
46	9921
48	2969
52	11563
最大值	28995
最小值	1952
平均值	10530

②春季

春季在调查海域浮游动物总个体密度I型（大网）和II型（中网）均以中小型浮游动物为主，数量相差1个数量级。I型网大型浮游动物平均数量为2562ind./m³，各站位数量波动范围在（37~6650）ind./m³之间，1号站数量最多（6650ind./m³），52号站数量最少（37ind./m³）（表4.1.3-11）。

表 4.1.3-11 春季调查海域大型浮游动物个体数量、生物量的分布

站位	个体数量 (ind/m ³)	生物量 (mg/m ³)
1	6650	800
2	1957	833
13	4515	1090
14	1991	92
17	1058	314
24	2725	411
28	232	19
29	2064	1080
30	5796	2000
34	1951	1510
40	4769	2650
46	1250	306
48	873	50
52	37	11
最大值	6650	2650
最小值	37	11
平均值	2562	798

II型网中、小型浮游动物平均数量为16058ind./m³，各站位数量波动范围在（5939~57032）ind./m³之间，48号站数量最多（57032ind./m³），52号站数量最少（5939ind./m³）。

表 4.1.3-12 春季调查海域中、小型浮游动物个体数量的分布

站位	个体数量 (ind/m ³)
1	10250
2	21772
13	13820
14	6782
17	23920
24	7479
28	17970
29	13190
30	10681
34	10864
40	10804
46	14306
48	57032
52	5939
最大值	57032
最小值	5939
平均值	16058

3) 生物量

①秋季

调查海域浮游动物生物量平均值为 $43\text{mg}/\text{m}^3$ ，各站位生物量波动范围在 $(3\sim 127)\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，生物量最大值出现在13号站($127\text{mg}/\text{m}^3$)，最小值出现在48号站($3\text{mg}/\text{m}^3$) (图4.1.3-1)。

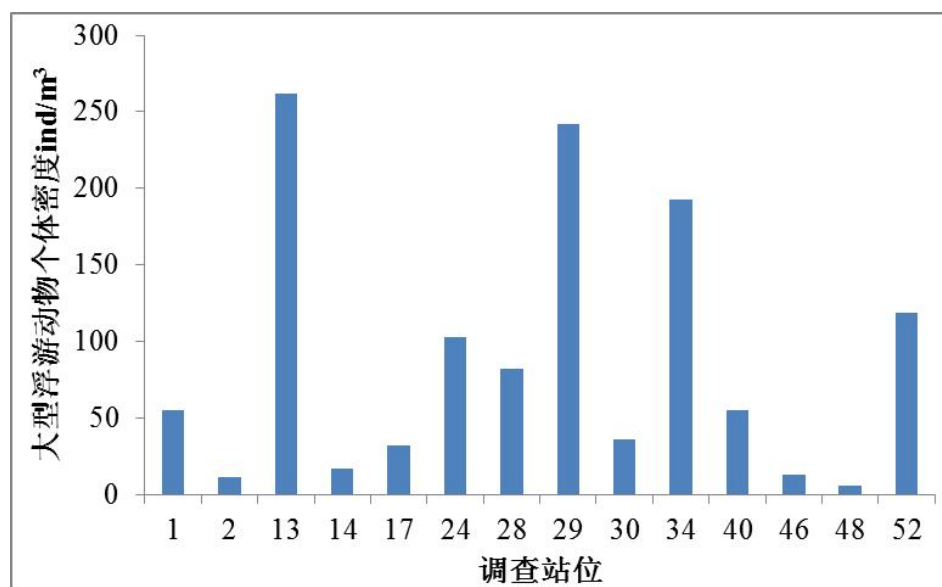


图 4.1.3-1 秋季调查海域浮游动物生物量分布

②春季

春季调查海域浮游动物生物量平均值为 $798\text{mg}/\text{m}^3$ ，各站位生物量波动范围在 $(11\sim 2650)\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，生物量最大值出现在40号站($2650\text{mg}/\text{m}^3$)，最小值出现在52号站($11\text{mg}/\text{m}^3$) (图4.1.3-2)。

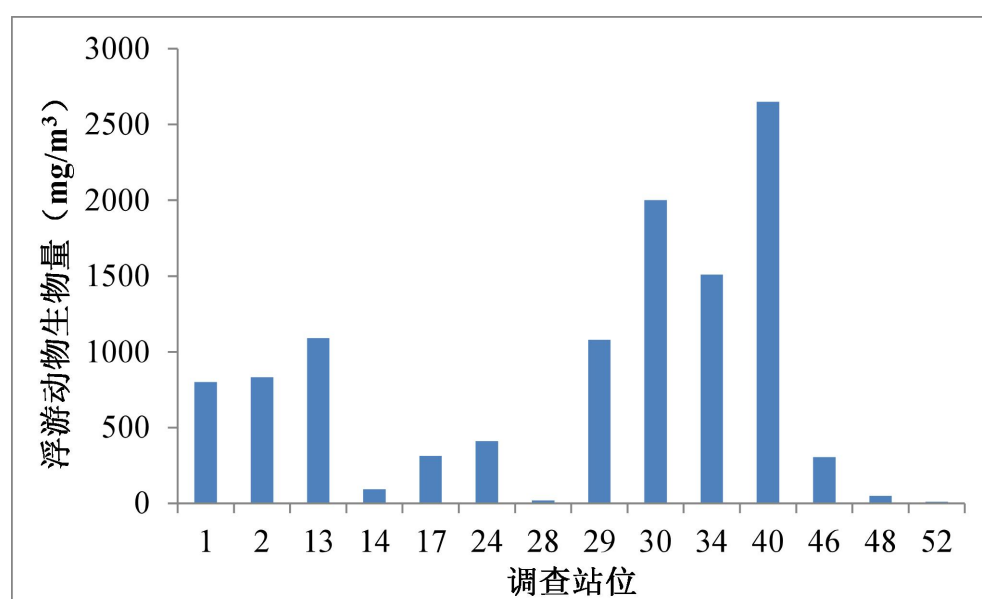


图 4.1.3-2 春季调查海域浮游动物生物量分布 (15km)

4) 优势种分布

1) 秋季

①强壮箭虫

强壮箭虫是近岸低盐种，是我国黄、渤海海区浮游动物优势种之一。在调查海域中，该种的数量在 I 型网中占一定的优势，优势度为0.33，占 I 型网总个体数的38.2%，各站位数量波动范围在（0~105）ind/m³，平均数量为33ind/m³。其中29号站数量最多（105ind/m³），17号站和48号站数量最少（0ind/m³）（表4.1.3-13）。

②球型侧腕水母

球型侧腕水母分布广、数量大，广泛分布于我国东南沿岸水域，尤其近海河口水域更为常见。在调查海域中，该种的数量在 I 型网中占一定的优势，优势度为0.10，占 I 型网总个体数的15.3%，各站位数量波动范围在（0~77）ind/m³，平均数量为13ind/m³。其中29号站数量最多（77ind/m³），1号站、2号站、17号站、46号站、48号站数量最少（0ind/m³）（表4.1.3-13）。

③小拟哲水蚤

小拟哲水蚤为我国沿岸广分布的小型浮游桡足类优势种群之一，终年出现，尤其在夏季数量很多，常成为浮游动物的优势种群。在调查海域中，该种的数量在 II 型网中占一定的优势，优势度为0.50，占 II 型网总个体数的49.6%，各站位数量波动范围在（1018~14236）ind/m³，平均数量为5219ind/m³。其中17号站数量最多（14236ind/m³），29号站数量最少（1018ind/m³）（表4.1.3-13）。

④异体住囊虫

异体住囊虫在我国沿岸水域广为分布。在调查海域中，该种的数量在 II 型网中占一定的优势，优势度为0.08，占 II 型网总个体数的9.3%，各站位数量波动范围在（0~4167）ind/m³，平均数量为985ind/m³。其中17号站数量最多（4167ind/m³），2号站和48号站数量最少（0ind/m³）（表4.1.3-13）。

表 4.1.3-13 秋季调查海域浮游动物优势种数量分布 (ind/m³)

种类 站位	I 型 (大网)		II 型 (中网)	
	强壮箭虫	球型侧腕水母	小拟哲水蚤	异体住囊虫
1	15	0	6250	625
2	1	0	1250	0
13	86	52	10227	2131
14	7	1	5409	841
17	0	0	14236	4167
24	25	8	4531	781
28	25	3	3229	208
29	105	77	1018	511
30	20	4	1250	182
34	100	20	10625	2188
40	25	3	3867	1055
46	1	0	2891	156
48	0	0	1250	0
52	58	20	7031	938
平均	33	13	5219	985
总个体数	1226		147421	
比例%	38.2	15.3	49.6	9.3
优势度	0.33	0.10	0.50	0.08

2) 春季

①腹针胸刺水蚤

腹针胸刺水蚤为温带的沿岸种，在我国渤、黄海数量较多。在调查海域中，该种在 I 型网和 II 型网总数量中均占有主导优势，优势度分别为 0.62 和 0.14；在 I 型网中，占 I 型网总数量的 62.2%，各站位数量波动范围在 (11~5000) 个/m³，平均数量为 1593 个/m³，30 号站数量最多 (5000 个/m³)，52 号站数量最少 (11 个/m³) (表 4.1.3-14)；在 II 型网中，占 II 型网总数量的 15.0%，各站位数量波动范围在 (0~8665) 个/m³ 之间，平均数量为 2410 个/m³，30 号站数量最多 (8665 个/m³)，48 号站数量最少 (0 个/m³) (表 4.1.3-14)。

②太平洋真宽水蚤

太平洋真宽水蚤是低盐区十分常见的暖水性沿岸桡足类物种之一。在调查海域中，该种在 I 型网和 II 型网总数量中均占有主导优势，优势度分别为 0.15 和 0.27；在 I 型网中，占 I 型网总数量的 15.7%，各站位数量波动范围在 (0~1250) ind./m³，平均数量为 403 ind./m³，1 号站数量最多 (1250 ind./m³)，30 号站数量最少 (0 ind./m³)；在 II 型网中，占 II 型网总数量的 27.2%，各站位数量波动范围在 (142~32813) ind./m³ 之

间，平均数量为 4365ind./m³，48 号站数量最多（32813ind./m³），30 号站数量最少（142ind./m³）。

表 4.1.3-14 春季调查海域浮游动物优势种数量分布（ind/m³）

种类 站位	I 型（大网）		II 型（中网）	
	腹针胸刺水蚤	太平洋真宽水蚤	太平洋真宽水蚤	腹针胸刺水蚤
1	3700	1250	2375	500
2	433	1150	1563	1146
13	3675	263	2188	4375
14	1577	154	2163	1563
17	268	214	8259	893
24	2236	42	868	2951
28	59	3	3516	977
29	1175	325	1719	3594
30	5000	0	142	8665
34	1213	288	625	2656
40	2357	714	670	2902
46	578	375	3516	1953
48	13	850	32813	0
52	11	11	694	1563
平均	1593	403	4365	2410
总个体数	2562		16058	
比例%	62.2	15.7	27.2	15.0
优势度	0.62	0.15	0.27	0.14

5) 群落特征指数

①秋季

秋季调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为 2.43，各站位波动范围在 1.00~3.05 之间，最大值出现在 28 号站（3.05），最小值出现在 48 号站（1.00）（表 4.1.3-15）。中、小型浮游动物多样性指数平均值为 2.08，各站位波动范围在 1.24~2.78 之间，最大值出现在 24 号站（2.78），最小值出现在 48 号站（1.24）（表 4.1.3-15）。

秋季调查海域，大型浮游动物均匀度指数平均值为 0.84，各站位波动范围在 0.65~1.00 之间，最大值出现在 48 号站（1.00），最小值也出现在 29 号站（0.65）（表 4.1.3-15）。中、小型浮游动物均匀度指数平均值为 0.61，各站位波动范围在 0.44~0.79 之间，最大值出现在 1 号站（0.79），最小值出现在 40 号站（0.44）。

②春季

春季调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为 1.58，各站位波动范围在 0.20~2.59 间，最大值出现在 28 号站（2.59），最小值出现在 48 号站（0.20）（表 4.1.3-16）。中、小型浮游动物多样性指数平均值为 2.35，各站位波动范围在 1.17~2.94 间，最大值出现在 28 号站（2.94），最小值出现在 30 号站（1.17）（表 4.1.3-16）。

春季调查海域，大型浮游动物均匀度指数平均值为 0.57，各站位波动范围在 0.13~0.86 之间，最大值出现在 52 号站（0.86），最小值也出现在 48 号站（0.13）。中、小型浮游动物均匀度指数平均值为 0.73，各站位波动范围在 0.30~0.91 之间，最大值出现在 40 号站（0.91），最小值出现在 30 号站（0.39）。

表 4.1.3-15 秋季调查海域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	2.66	0.95	2.38	0.79
2	2.73	0.91	1.75	0.55
13	2.87	0.78	1.84	0.51
14	2.93	0.85	2.75	0.69
17	2.69	0.96	2.61	0.65
24	2.70	0.85	2.78	0.75
28	3.05	0.88	2.05	0.54
29	2.17	0.65	2.70	0.69
30	2.10	0.75	2.10	0.57
34	2.56	0.67	1.43	0.45
40	2.33	0.83	1.58	0.44
46	1.83	0.92	1.72	0.50
48	1.00	1.00	1.24	0.78
52	2.41	0.73	2.25	0.61
最大值	3.05	1	2.78	0.79
最小值	1	0.65	1.24	0.44
均值	2.43	0.84	2.08	0.61

表 4.1.3-16 春季调查海域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	1.94	0.65	2.20	0.78
2	1.72	0.57	1.84	0.51
13	1.02	0.39	2.55	0.80
14	1.04	0.40	2.60	0.78
17	2.28	0.76	2.50	0.75
24	0.97	0.38	2.79	0.78
28	2.59	0.75	2.94	0.85
29	1.71	0.66	2.66	0.84
30	0.80	0.31	1.17	0.39
34	1.64	0.71	2.58	0.81
40	2.11	0.67	2.72	0.91
46	2.04	0.73	2.06	0.65
48	0.20	0.13	1.88	0.63
52	2.00	0.86	2.37	0.71
最大值	2.59	0.86	2.94	0.91
最小值	0.20	0.13	1.17	0.39
均值	1.58	0.57	2.35	0.73

6) 小结

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，主要是暖温带种，以广温近岸种为主体，生态属性为广温近岸群落。秋季调查海域共采集到7大类26种（类）浮游动物。浮游动物优势种主要有强壮箭虫、球型侧腕水母、小拟哲水蚤和异体住囊虫。春季调查共鉴定出浮游动物5大类17种（类），浮游动物优势种主要有腹针胸刺水蚤和太平洋真宽水蚤。

调查海域浮游动物个体密度分布呈斑块状。秋季调查海域中、小型浮游动物高出大型浮游动物1个数量级，大型浮游动物和中、小型浮游动物总平均数量分别为88ind/m³和10530ind/m³，波动范围分别在（6~262）ind/m³之间和（1952~28995）ind/m³之间。调查海域浮游动物生物量平均值为43mg/m³，各站位生物量波动范围在（3~127）mg/m³之间。春季在调查海域浮游动物总个体密度I型（大网）和II型（中网）均以中小型浮游动物为主，数量相差1个数量级。I型网大型浮游动物平均数量为2562ind./m³，II型网中、小型浮游动物平均数量为16058ind./m³，调查海域浮游动物生物量平均值为798mg/m³。

秋季调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为2.43，各站位波动范围在1.00~3.05之间；中、小型浮游动物多样性指数平均值为2.08，各站位波动范围在1.24~2.78之间。春季调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为1.58，各站位波动范围在0.20~2.59间。中、小型浮游动物多样性指数平均值为2.35，各站位波动范围在1.17~2.94间。

秋季调查海域，大型浮游动物均匀度指数平均值为0.84，各站位波动范围在0.65~1.00之间；中、小型浮游动物均匀度指数平均值为0.61，各站位波动范围在0.44~0.79之间。春季调查海域，大型浮游动物均匀度指数平均值为0.57，各站位波动范围在0.13~0.86之间，中、小型浮游动物均匀度指数平均值为0.73，各站位波动范围在0.30~0.91之间。

（4）底栖生物现状调查及评价结果

1）秋季调查结果

①种类组成

秋季共采集底栖生物28种（种名录见附录6）。其中环节动物11种，占39.29%；软体动物5种，占17.86%；棘皮动物4种，占14.29%；节肢动物7种，占25.00%；脊索动物1种，占3.57%。各站位生物种类数为1~10种，其中24号站位采集到底栖生物种类最多，为10种，1号站位采集到种类最少，为1种。

采泥底栖生物优势种为棘皮动物心形海胆和金氏真蛇尾，以及软体动物菲律宾蛤仔。采泥底栖生物经济种类有软体动物菲律宾蛤仔和扁玉螺，以及甲壳动物口虾蛄和

中国明对虾。

② 栖息密度

在调查海域各站位中，底栖生物密度在 $20\sim 230\text{ind}/\text{m}^2$ 之间，总密度分布差异较大。各站位中，最高密度出现在 24 号站位，密度为 $230\text{ind}/\text{m}^2$ ，其次为 13 和 48 号站位，密度为 $200\text{ind}/\text{m}^2$ ；40、52 号站位采集到底栖生物密度最低，密度为 $20\text{ind}/\text{m}^2$ 。各站位底栖生物的平均密度为 $100\text{ind}/\text{m}^2$ ，密度优势种为心形海胆、金氏真蛇尾和菲律宾蛤仔（图 4.1.3-3）

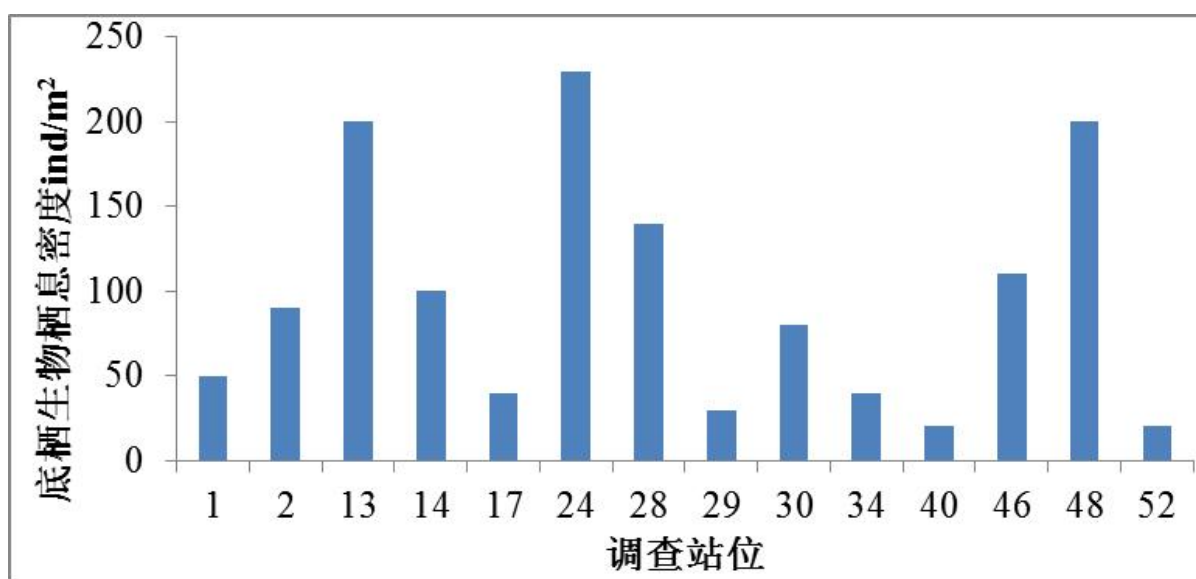


图 4.1.3-3 秋季调查海域底栖生物密度组成

③ 生物量分布

调查海域各站位中，底栖生物总生物量在 $1.4\sim 308.7\text{g}/\text{m}^2$ 之间，总生物量的分布差异较大。其中，14 号站位底栖生物量最多为 $308.7\text{g}/\text{m}^2$ ，48 号站位生物量较多为 $267.4\text{g}/\text{m}^2$ ；52 号站位采集到底栖生物生物量最低为 $1.4\text{g}/\text{m}^2$ 。调查海域底栖生物的平均生物量为 $112.5\text{g}/\text{m}^2$ （图 4.1.3-4）。

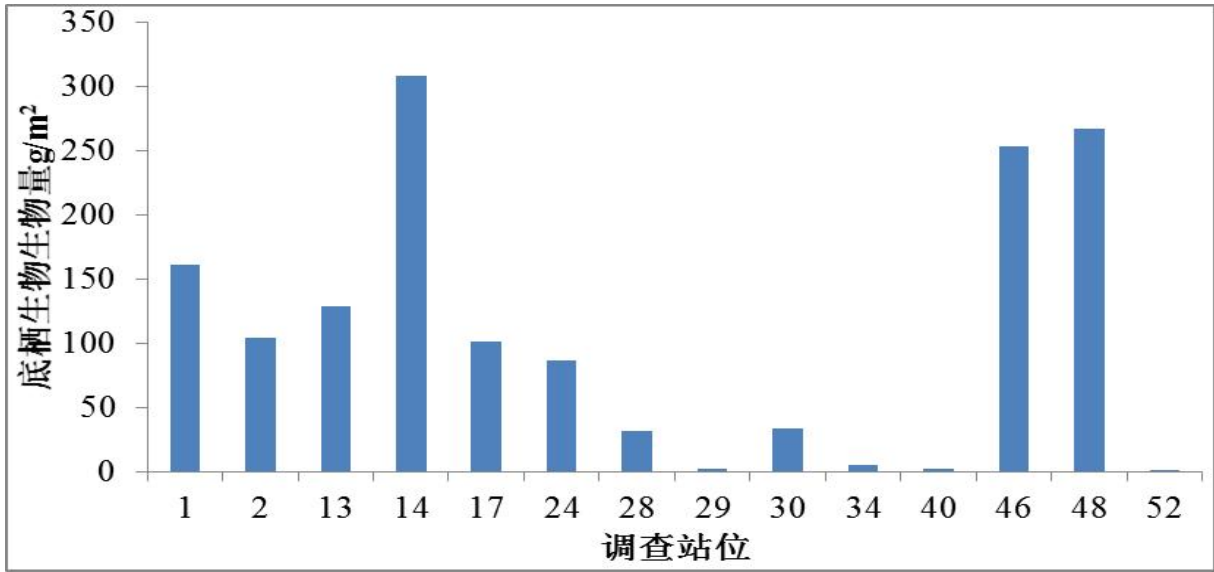


图 4.1.3-4 秋季调查海域底栖生物生物量组成

表 4.1.3-17 秋季调查海域各站位底栖生物密度和生物量

站位号	密度 (ind/m²)	生物量 (g/m²)	种类数 (种)
1	50	161.2	1
2	90	104.2	6
13	200	129	2
14	100	308.7	4
17	40	101.8	2
24	230	87	10
28	140	32.2	4
29	30	2.3	3
30	80	33.8	3
34	40	5.4	3
40	20	2.4	2
46	110	253.5	3
48	200	267.4	2
52	20	1.4	2
最大值	230	308.7	10
最小值	20	1.4	1
平均值	100	112.5	3

④生物多样性

秋季调查海域各站位底栖生物种类多样性指数在0.00~2.79之间。其中，24号站位多样性指数最高为2.79，2号站位次之为2.42；1号站位多样性指数最低，为0.00。全海区多样性指数平均值为1.28，见表4.1.3-18。

调查海域各站位底栖生物种类均匀度指数在0.29~1.00之间。29、40和52号站位均匀度指数最高为1.00，30号站位次之为0.99；48号站位的均匀度指数最低为0.29。全海区均匀度指数平均值为0.80，见表4.1.3-18。

表 4.1.3-18 秋季调查海域底栖生物多样性指数与均匀度指数

站位号	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J')
-----	------------	------------

1	0.00	(-)
2	2.42	0.94
13	0.61	0.61
14	1.36	0.68
17	0.81	0.81
24	2.79	0.84
28	1.43	0.71
29	1.58	1.00
30	1.56	0.99
34	1.50	0.95
40	1.00	1.00
46	1.35	0.85
48	0.29	0.29
52	1.00	1.00
最大值	2.79	1
最小值	0	0.29
平均值	1.28	0.80

2) 春季调查结果

①种类组成

共采集到底栖生物45种（种名录见附录7），其中纽形动物1种，占总种类数的2.22%；海洋线虫1种，占总种类数的2.22%；环节动物23种，占总种类数的51.11%；软体动物5种，占总种类数的11.11%；节肢动物11种，占总种类数的24.44%；棘皮动物4种，占总种类数的8.90%。环节动物多毛类是底栖生物的第一大类群。52号出现的种类最多，为12种，种类最少的是48号站，为1种，其它大部分站位种类在3~10种之间。

采泥型底栖生物优势种为棘皮动物心形海胆。采泥底栖生物经济种类有软体动物扁玉螺，以及甲壳动物细螯虾。

②栖息密度

在调查海域各站位中，底栖生物密度在 30~360ind/m²之间，总密度分布差异较大。各站位中，最高密度出现在 48 号站位，密度为 360ind/m²，其次为 52 号站位，密度为 300ind/m²，在底栖生物密度的高值区站位主要由软体动物和棘皮动物组成；1 号站位采集到底栖生物密度最低，密度为 30ind/m²。各站位底栖生物的平均密度为 14.29ind/m²，密度优势种为心形海胆。

按主要类群分析：环节动物栖息密度分布在 0ind/m²~150ind/m²之间，平均值为 49.29ind/m²，最高值分布在 52 号站位；软体动物栖息密度分布在 0ind/m²~60ind/m²之间，平均值为 10ind/m²，最高值分布在 52 号站；甲壳动物栖息密度分布在 0ind/m²~90ind/m²之间，平均值为 17.86ind/m²，最高值分布在 30 号站；棘皮动物栖息

密度分布在 $0\text{ind}/\text{m}^2 \sim 40\text{ind}/\text{m}^2$ 之间, 平均值为 $10.71\text{ind}/\text{m}^2$, 最高值分布在 52 号站。其他动物栖息密度分布在 $0\text{ind}/\text{m}^2 \sim 360\text{ind}/\text{m}^2$ 之间, 平均值为 $26.43\text{ind}/\text{m}^2$, 最高值分布在 48 号站。

本航次调查采集到的经济种类主要有 2 种, 分别为软体动物扁玉螺, 以及甲壳动物细螯虾。扁玉螺分布在 46 号站位, 栖息密度为 $10\text{ind}/\text{m}^2$; 细螯虾分布在 17 号和 30 号站位, 栖息密度均为 $10\text{ind}/\text{m}^2$ 。

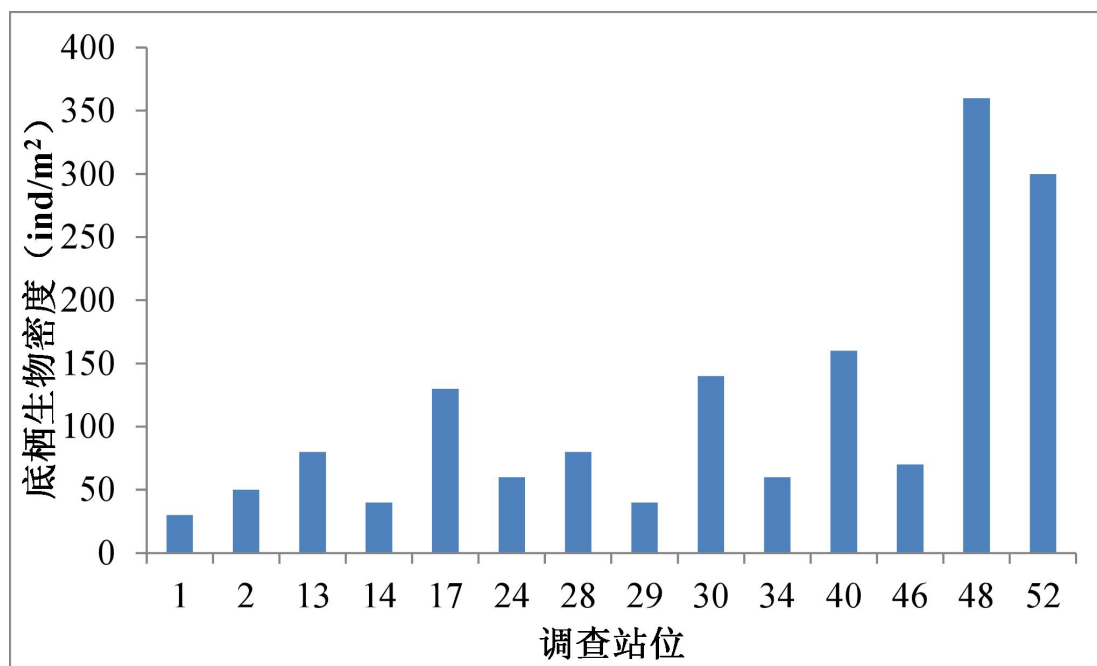


图 4.1.3-5 春季调查海域底栖生物密度组成

③生物量分布

调查海域各站位中, 底栖生物总生物量在 $0.2 \sim 126.5\text{g}/\text{m}^2$ 之间, 总生物量的分布差异较大。其中, 13 号站位底栖生物量最多为 $126.57\text{g}/\text{m}^2$, 1 号站位生物量较多为 $62.3\text{g}/\text{m}^2$; 2、48 号站位采集到底栖生物生物量最低为 $0.2\text{g}/\text{m}^2$ 。调查海域底栖生物的平均生物量为 $23.26\text{g}/\text{m}^2$ (图 4.1.3-6)。在这些高生物量站位, 皆因分布着数量较多的棘皮动物心形海胆所致。

按主要类群分析: 环节动物多毛类生物量分布在 $0\text{g}/\text{m}^2 \sim 3.5\text{g}/\text{m}^2$ 之间, 平均值为 $0.65\text{g}/\text{m}^2$, 最高值分布在 46 号站; 软体动物生物量分布在 $0\text{g}/\text{m}^2 \sim 34.0\text{g}/\text{m}^2$ 之间, 平均值为 $3.26\text{g}/\text{m}^2$, 最高值分布在 46 号站; 甲壳动物生物量分布在 $0\text{g}/\text{m}^2 \sim 33.5\text{g}/\text{m}^2$ 之间, 平均值为 $2.79\text{g}/\text{m}^2$, 最高值分布在 17 号站; 棘皮动物生物量分布在 $0\text{g}/\text{m}^2 \sim 125.0\text{g}/\text{m}^2$ 之间, 平均值为 $16.51\text{g}/\text{m}^2$, 最高值分布在 13 号站。其他棘皮动物生物量分布在 $0\text{g}/\text{m}^2 \sim 0.5\text{g}/\text{m}^2$ 之间, 平均值为 $0.05\text{g}/\text{m}^2$, 最高值分布在 13 号站。

本航次调查采集到的经济种类主要有2种，分别为软体动物扁玉螺，以及甲壳动物细螯虾。扁玉螺分布在46号站位，生物量为34.0g/m²；细螯虾分布在17号和30号站位，生物量均为0.5g/m²。

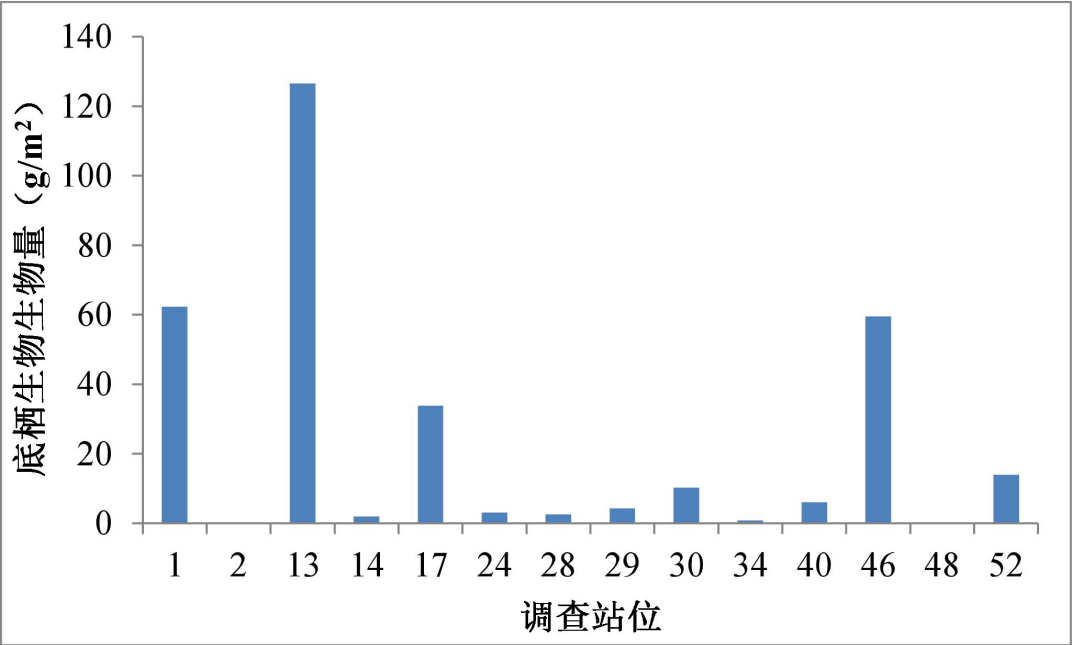


图 4.1.3-6 春季调查海域底栖生物生物量组成

表 4.1.3-19 春季调查海域各站位底栖生物密度和生物量

站位号	密度 (ind/m²)	生物量 (g/m²)	种类数 (种)
1	30	62.3	3
2	50	0.2	3
13	80	126.5	6
14	40	2	4
17	130	33.8	10
24	60	3.1	5
28	80	2.6	7
29	40	4.3	4
30	140	10.3	8
34	60	0.8	5
40	160	6.1	9
46	70	59.5	5
48	360	0.2	1
52	300	14	12
最大值	360	126.5	12
最小值	30	0.2	1
平均值	114.29	23.26	6

④生物多样性

春季调查海域各站位底栖生物种类多样性指数在0~3.18之间。其中，17号站位多样性指数最高为3.18，48号站位多样性指数最低，为0。全海区多样性指数平均值为2.17，见表7.3-30。7和48号站位多样性指数范围在 $H' < 1.0$ ，表示该区域底栖生物环境质量等

级为极差。调查海域1、2、14号站位区域底栖生物多样性指数在 $1.0 \leq H' < 2.0$ 表示底栖生物环境质量等级为差，其余调查站位多样性指数在 $2.0 \leq H' < 3.0$ 和 $H' \geq 3.0$ ，表示底栖生物环境质量等级较好。

调查海域各站位底栖生物种类均匀度指数在0~1.00之间。1、29号站位均匀度指数最高为1.00，48号站位的均匀度指数最低为0。全海区均匀度指数平均值为0.86，见表4.1.3-20。春季调查海域全部站位底栖生物均匀度指数 $J > 0.3$ ，说明该区域春季底栖生物个体分布较均匀。

表 4.1.3-20 春季调查海域底栖生物多样性指数与均匀度指数

站位号	多样性指数 (H')	均匀度指数 (J')
1	1.59	1.00
2	1.37	0.87
13	2.41	0.93
14	1.50	0.75
17	3.18	0.96
24	2.25	0.97
28	2.75	0.98
29	2.00	1.00
30	2.84	0.89
34	2.25	0.97
40	2.95	0.93
46	2.13	0.92
48	0.00	0.00
52	3.10	0.87
最大值	3.18	1.00
最小值	0.00	0.00
平均值	2.17	0.86

6) 小结

秋季共采集底栖生物 28 种。其中环节动物 11 种，占 39.29%；软体动物 5 种，占 17.86%；棘皮动物 4 种，占 14.29%；节肢动物 7 种，占 25.00%；脊索动物 1 种，占 3.57%。各站位生物种类数为 1~10 种，其中 24 号站位采集到底栖生物种类最多，为 10 种，1 号站位采集到种类最少，为 1 种。春季共采集到底栖生物 45 种，其中纽形动物 1 种，占总种类数的 2.22%；海洋线虫 1 种，占总种类数的 2.22%；环节动物 23 种，占总种类数的 51.11%；软体动物 5 种，占总种类数的 11.11%；节肢动物 11 种，占总种类数的 24.44%；棘皮动物 4 种，占总种类数的 8.90%。环节动物多毛类是底栖生物的第一大类群。52 号出现的种类最多，为 12 种，种类最少的是 48 号站，为 1 种，其它大部分站位种类在 3~10 种之间。

秋季调查海域各站位大型底栖生物栖息密度变化在 20~230ind./m²之间，平均密

度为 100ind./m²，密度优势种为心形海胆、金氏真蛇尾和菲律宾蛤仔。春季调查海域各站位中，底栖生物密度在 30~360ind/m²之间，平均密度为 14.29ind/m²，密度优势种为心形海胆，本航次调查采集到的经济种类主要有 2 种，分别为软体动物扁玉螺，以及甲壳动物细螯虾。扁玉螺分布在 46 号站位，栖息密度为 10ind/m²；细螯虾分布在 17 号和 30 号站位，栖息密度均为 10ind/m²。

秋季各站位底栖生物总生物量变化在 1.4~308.7g/m²之间，平均生物量为 112.5g/m²。春季调查海域各站位中，底栖生物总生物量在 0.2~126.5g/m²之间，平均生物量为 23.26g/m²。在这些高生物量站位，皆因分布着数量较多的棘皮动物心形海胆所致。

秋季调查海域各站位大型底栖生物种类多样性指数在 0.00~2.79 之间。其中，24 号站位多样性指数最高为 2.79，2 号站位次之为 2.42；1 号站位多样性指数最低，为 0.00。全海区多样性指数平均值为 1.28。均匀度指数在 0.29~1.00 之间。29、40 和 52 号站位均匀度指数最高为 1.00，30 号站位次之为 0.99；48 号站位的均匀度指数最低为 0.29。全海区均匀度指数平均值为 0.80。春季调查海域各站位底栖生物种类多样性指数在 0~3.18，平均值为 2.17。7 和 48 号站位多样性指数范围在 $H' < 1.0$ ，表示该区域底栖生物环境质量等级为极差。调查海域 1、2、14 号站位区域底栖生物多样性指数在 $1.0 \leq H' < 2.0$ 表示底栖生物环境质量等级为差，其余调查站位多样性指数在 $2.0 \leq H' < 3.0$ 和 $H' \geq 3.0$ ，表示底栖生物环境质量等级较好。均匀度指数在 0~1.00 之间，平均值为 0.86，春季调查海域全部站位底栖生物均匀度指数 $J > 0.3$ ，说明该区域春季底栖生物个体分布较均匀。

(5) 潮间带生物现状调查及评价结果

1) 种类组成

①秋季

共采集到潮间带生物 32 种（种名录见附录 8）。其中环节动物 15 种，占 46.89%；节肢动物 6 种，占 18.75%；软体动物 8 种，占 25.0%；脊椎动物、扁形动物、绿藻均为 1 种，各占 3.12%。调查区种类分布的主要是环节动物、节肢动物和软体动物。

C1 断面采到潮间带生物 17 种，其中多毛类 9 种，软体动物和节肢动物各 3 种，纽形动物和脊椎动物各 1 种。主要种类有长锥虫、中华内卷齿蚕和中华近方蟹，优势种为长锥虫，主要分布于中潮带和低潮带。

C2 断面采到 9 种潮间带生物，主要为节肢动物和环节动物，主要分布在中潮带，

高潮带仅采集到绿藻。

C5断面为沙质底质，种类比较稀少，在C5断面仅采到6种潮间带生物，在高潮带未采集到潮间带生物，中潮带采集到的主要为节肢动物团水虱、日本拟背尾水虱和滩拟猛钩虾。

②春季

通过调查共采集到潮间带生物2种（种名录见附录9），为节肢动物门的肉球近方蟹和四齿矶蟹。

C1断面为沙泥底质，本航次未采集到生物样品。

C2断面为沙质底质，本航次未采集到生物样品。

C5断面为沙质底质，种类比较少，在C5断面为沙质底质，仅采到2种潮间带生物，均为甲壳动物。

2) 栖息密度

①秋季

调查海域各站位生物栖息密度为0~34.67ind/m²，平均生物栖息密度11.85ind/m²。如表7.3-23所示，C1断面总平均密度为19.56ind/m²，环节动物密度最高，为12.89ind/m²。高、中、低潮带相比，中潮带的总平均密度最高，为34.67ind/m²，主要为环节动物和节肢动物，其次为低潮带，包括节肢动物和环节动物；高潮带密度最低，仅采集到软体动物。C2断面总平均密度很低，仅为8.89ind/m²，主要为环节动物和节肢动物，分布在中潮带和低潮带，密度分别为18.67ind/m²和8.00ind/m²，高潮带仅采集到绿藻生物样品，不作密度统计。C5断面总平均密度为7.11ind/m²，低潮带的密度最高，为12ind/m²，高潮带未采到生物样品。

表 4.1.3-21 秋季潮间带生物密度 (ind/m²)

断面	潮带	扁形动物门	环节动物门	脊椎动物门	节肢动物门	纽形动物门	软体动物门	总密度
C1	低	0	12.00	0	8.00	0.00	0	20.00
	高	0	0	0	0	0	4.00	4.00
	中	0	26.67	1.33	4.00	1.33	1.33	34.67
	平均密度	0	12.89	0.44	4.00	0.44	1.78	19.56
C2	低	0	0	0	4.00	0	4.00	8.00
	高	0	0	0	0	0	0	0.00
	中	0	8.00	0	9.33	0	1.33	18.67
	平均密度	0	2.67	0	4.44	0	1.78	8.89
C5	低	0	12.00	0	0.00	0	0	12.00

断面	潮带	扁形动物 门	环节动物 门	脊椎动物 门	节肢动物 门	纽形动物 门	软体动物 门	总密度
	高	0	0	0	0.00	0	0	0.00
	中	0	0	0	8.00	1.33	0	9.33
	平均密度	0	4.00	0	2.67	0.44	0	7.11

调查海域各断面中，C1断面生物栖息密度平均值最高，为19.56ind/m²；其次为C2断面，为8.89ind/m²；C5断面生物栖息密度平均值最低，为7.11ind/m²。

②春季

调查海域各站位生物栖息密度为0~2.67ind/m²，平均生物栖息密度为0.74ind/m²，见表4.1-32。

C1断面和C2断面本航次均未采到生物样品。

C5断面潮间带生物密度也很低，平均仅为2.22ind/m²。

表4.1.3-22 春季潮间带生物密度 (ind/m²)

断面	潮带	多毛类	软体动物	甲壳动物	其他生物	总密度
C1	高潮带	0	0	0	0	0
	中潮带	0	0	0	0	0
	低潮带	0	0	0	0	0
	平均密度	0	0	0	0	0
C2	高潮带	0	0	0	0	0
	中潮带	0	0	0	0	0
	低潮带	0	0	0	0	0
	平均密度	0	0	0	0	0
C5	高潮带	0	0	0	0	0
	中潮带	0	0	2.67	0	2.67
	低潮带	0	0	4	0	4
	平均密度	0	0	2.22	0	2.22

3) 生物量

①秋季

调查海域各站位生物量为0.00~11.75g/m²，平均生物量为2.49g/m²，见表4.1-33。

C1断面总平均生物量为1.50g/m²，其中，环节动物生物量最高。高、中、低潮带相比，中潮带的总平均生物量最高，为3.07g/m²，主要为环节动物和软体动物，其次为低潮带，包括节肢动物和环节动物；高潮带生物量最低，仅采集到软体动物，生物量为0.56g/m²。

C2断面总平均生物量为5.78g/m²，主要为绿藻，分布在高潮带和中潮带，生物量分别为5.34g/m²和11.45g/m²，低潮带仅采集到生物量较小的节肢动物和软体动物。

C5断面总平均生物量为0.20g/m²，低潮带的生物量最高，为0.32g/m²，高潮带未采

到生物样品。

调查海域各断面中，C2断面生物量平均值最高，为5.78g/m²；其次为C1断面，为0.56g/m²；C5断面生物量平均值最低，为0.20g/m²。

表4.1.3-23 秋季潮间带生物生物量(g/m²)

断面	潮带	扁形动物门	褐藻门	红藻门	环节动物门	脊索动物门	节肢动物门	绿藻门	纽形动物门	软体动物门	总计
C1	低	0	0	0	0.36	0	0.52	0	0	0	0.88
	高	0	0	0	0	0	0	0	0	0.56	0.56
	中	0	0	0	1.65	0.20	0.29	0	0.08	0.84	3.07
	平均生物量	0	0	0	0.67	0.07	0.27	0	0.03	0.47	1.50
C2	低	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0.20	0.24
	高	0	0	0	0	0	0	5.34	0	0	5.34
	中	0	0	0	0.13	0	0.05	11.45	0	0.11	11.75
	平均生物量	0	0	0	0.04	0	0.03	5.60	0	0.10	5.78
C5	低	0	0	0	0.32	0	0	0	0	0	0.32
	高	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中	0	0	0	0	0	0.13	0	0.16	0	0.29
	平均生物量	0	0	0	0.11	0	0.04	0	0.05	0	0.20

②春季

调查海域各站位生物量为0.00~4.96g/m²，平均生物量为0.77g/m²，见表4.1.3-24。

C1断面和C2断面本航次均未采到生物样品。C5断面总平均生物量为2.31g/m²。

表4.1.3-24 春季潮间带生物生物量 (g/m²)

断面	潮带	多毛类	软体动物	甲壳动物	腔肠动物	总生物量
C1	高潮带	0	0	0	0	0
	中潮带	0	0	0	0	0
	低潮带	0	0	0	0	0
	平均生物量	0	0	0	0	0
C2	高潮带	0	0	0	0	0
	中潮带	0	0	0	0	0

	低潮带	0	0	0	0	0
	平均生物量	0	0	0	0	0
C5	高潮带	0	0	0	0	0
	中潮带	0	0	1.97	0	1.97
	低潮带	0	0	4.96	0	4.96
	平均生物量	0	0	2.31	0	2.31

4) 生物多样性指数

①秋季

表4.1.3-25表明，C2、C5断面高潮带仅采集到1种潮间带生物外，其他断面的高、中、低潮带均采集到2种以上潮间带生物。C1断面高潮带和低潮带、C2断面低潮带均匀度指数 J' 最高，均为1.00；C2和C5断面高潮带的均匀度指数 J' 最低，均为0.00。多样性指数 H' 的波动较大，最高值为2.32（C1断面的低潮带），最低值为0（C2和C5断面高潮带）。

表4.1.3-25 秋季调查断面大型底栖生物多样性指数

断面	潮带	J'	H'
C1	高潮带	1.00	1.00
	中潮带	0.91	2.06
	低潮带	1.00	2.32
C2	高潮带	0	0
	中潮带	0.89	1.36
	低潮带	1.00	1.00
C5	高潮带	0	0
	中潮带	0.96	0.83
	低潮带	0.92	0.92

②春季

表4.1.3-26显示，C1、C2、C5断面潮间带生物的多样性指数和均匀度指数皆为零。

表4.1.3-26 春季潮间带生物多样性指数

断面	潮带	J	H'
C1	高潮带	0	0
	中潮带	0	0
	低潮带	0	0
C2	高潮带	0	0
	中潮带	0	0
	低潮带	0	0
C5	高潮带	0	0
	中潮带	0	0
	低潮带	0	0

5) 小结

秋季共采集到潮间带生物33种。其中环节动物15种，占45.45%；节肢动物6种，占

18.18%；软体动物8种，占24.24%；纽形动物、脊椎动物、扁形动物、绿藻均为1种，各占3.03%。调查区种类分布的主要是环节动物、节肢动物和软体动物。春季调查共采集到潮间带生物2种，为节肢动物门的肉球近方蟹和四齿矶蟹。

秋季调查海域各站位生物栖息密度为0~34.67ind/m²，平均生物栖息密度11.85ind/m²，其中C1断面总平均密度为19.56ind/m²，环节动物密度最高。C2断面总平均密度很低，仅为8.89ind/m²，主要为环节动物和节肢动物，分布在中潮带和低潮带。C5断面总平均密度为7.11ind/m²，低潮带的密度最高，为12ind/m²，高潮带未采到生物样品。春季调查海域各站位生物栖息密度为0~2.67ind/m²，平均生物栖息密度为0.74ind/m²，C1断面和C2断面本航次均未采到生物样品。C5断面潮间带生物密度也很低，平均仅为2.22ind/m²。

秋季调查海域各站位生物量为0.00~11.75g/m²，平均生物量为2.49g/m²，其中C1断面总平均生物量为1.50g/m²，其中，环节动物生物量最高。高、中、低潮带相比，中潮带的总平均生物量最高，为3.07g/m²，主要为环节动物和软体动物，其次为低潮带，包括节肢动物和环节动物；高潮带生物量最低，仅采集到软体动物，生物量为0.56g/m²。C2断面总平均生物量为5.78g/m²，主要为绿藻，分布在高潮带和中潮带，生物量分别为5.34g/m²和11.45g/m²，低潮带仅采集到生物量较小的节肢动物和软体动物。C5断面总平均生物量为0.20g/m²，低潮带的生物量最高，为0.32g/m²，高潮带未采到生物样品。春季调查海域各站位生物量为0.00~4.96g/m²，平均生物量为0.77g/m²，C1断面和C2断面本航次均未采到生物样品。C5断面总平均生物量为2.31g/m²。

秋季调查，C2、C5断面高潮带仅采集到1种潮间带生物外，其他断面的高、中、低潮带均采集到2种以上潮间带生物。C1断面高潮带和低潮带、C2断面低潮带均匀度指数 J' 最高，均为1.00；C2和C5断面高潮带的均匀度指数 J' 最低，均为0.00。多样性指数 H' 的波动较大，最高值为2.32（C1断面的低潮带），最低值为0（C2和C5断面高潮带）。春季调查C1、C2、C5断面潮间带生物的多样性指数和均匀度指数皆为零。

4.1.3.6 浮游植物数量及种群结构变化

为获取海域浮游植物数量及种群结构变化情况，引用《中广核山东招远核电厂工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第2次）总报告》中将2020年春、夏、秋、冬四季调查所获结果与国家海洋局第三海洋研究所于2017年完成的《山东招远核电厂一期工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查报告》中春秋两季调查结果进行对比分析的内容。

本区研究分别从浮游植物种类数、细胞丰度、优势种种类等方面比较2017年和2020年调查结果。从有可比较调查数据的春、秋季的调查结果来看（表4.1.3-27），本年度调查春、秋2个季度月共记录网采浮游植物72种，与历史调查的88种相差不大。种类组成也基本一致，硅藻为浮游植物的最主要类群，无论种类数还是细胞总量均占绝对优势。然而季节变化和各个季度月的优势种有较大的变化，春季浮游植物群落没有明显的优势种，而秋季优势种组成多样化。两季主要优势种均由广温广盐种组成，对浮游植物总量的平面分布趋势起支配作用。从两次调查结果来看，2020年调查春、秋季浮游植物优势种种类数多于2017年度调查数量，优势种种类组成与2017年度也不一致。

从季节变化来看，2017年和2020年调查浮游植物丰度季节变化显著，均表现为秋季高于春季。早春4月因海区水温还较低，浮游植物丰度普遍较低且分布极不均匀。秋季由于海区水温比早春升高，浮游植物丰度比春季增高4倍多，且平面分布较为均匀。从两次调查结果来看，2020年调查相较于2017年，春季浮游植物细胞丰度下降了71%，秋季浮游植物细胞丰度升高了96%。秋季浮游植物细胞丰度显著升高的原因应与浮游动物生物量结合来看，2020年调查浮游动物摄食压力减小，是导致浮游植物细胞丰度升高的直接原因。

浮游植物种类多样性是群落的重要特征之一，也是评价水质时最常用的检测指标。根据生物多样性指数评价标准，两次调查海区春、秋浮游植物的群落结构均较为稳定。2020年调查秋季虽然浮游植物丰度有较大幅度升高，但由于优势种不集中，种间个体分配较为均匀，物种多样性指数（H'）却低于2017年秋季调查结果；春季浮游植物丰度有较大幅度下降，同时多样性指数也大幅度下降。两次调查的均匀度指数变化不大（表4.1.3-27）。

表 4.1.3-27 厂址附近海域各年度春季和秋季浮游植物调查结果

调查时间		种类数 (种)	细胞丰度 $\times 10^4$ 个/ m^3		优势种类	多样性 指数 H'	均匀度 (J')
			范围	均值			
春季	2017 年	47 硅藻 38 种, 甲藻 7 种, 金 藻 1 种, 黄藻 1 种。	0.67~287.08	27.11	三角褐指藻 (<i>Phaeodactylum tricornutum</i>) 和具槽帕拉 藻 (<i>Paralia sulcata</i>)	2.06	0.55
	2020 年	17 种 硅藻 16 种, 甲藻 1 种	0.4~20.883	7.839	具槽直链藻 (<i>Melosira sulcata</i>)、细弱圆筛藻 (<i>Coscinodiscus subtilis</i>)、 星脐圆筛藻 (<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>) 和虹彩圆 筛藻 (<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>)	0.84	0.55
秋季	2017 年	41 硅藻 41 种, 甲藻 4 种, 蓝 藻 1 种。	51.64~ 359.75	117.68	柔弱伪菱形藻 (<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>) 和尖刺伪菱 形藻 <i>Pseudonitzschia pungens</i>)	3.34	0.72
	2020 年	55 硅藻 30 种, 甲藻 为 7 种, 金藻 1 种。	11.93-1008.8 0	231.25	柔弱角毛藻 (<i>Chaetoceros debilis</i>)、短角藻 (<i>Ceratium breve</i>)、翼根管藻 (<i>Rhizosolenia alata</i>)、细 弱圆筛藻 (<i>Coscinodiscus subtilis</i>) 和粗刺角藻 (<i>Ceratium horridum</i>)	2.86	0.77

4.1.4 渔业资源调查结果及评价

4.1.4.1 调查频次与站位布设

拟调整区域周边海洋水质环境现状调查引用《中广核山东招远核电厂工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查(第2次)总报告》中国国家海洋环境监测中心于2021年4月、2020年10月在工程海域进行的春秋两季大潮期调查,调查范围以取排水口为中心向外扩展15km,其中渔业资源12个站位,站位布置情况见表4.1.1-1、图4.1.1-1。

4.1.4.2 调查方法

(1) 鱼卵仔稚鱼

鱼卵、仔鱼调查根据GB/T 12763.6《海洋调查规范第6部分:海洋生物调查》的有关要求执行。

(2) 游泳动物

游泳动物拖网调查按GB/T 12763.6《海洋调查规范第6部分：海洋生物调查》、《海洋水产资源调查手册》和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的相关规定执行。

4.1.4.3 评价方法

(1) 鱼卵、仔稚鱼

给出调查海区鱼卵、仔稚鱼的种类、数量及其组成。计算鱼卵、仔稚鱼的分布密度，各站鱼卵、仔稚鱼优势种的密度数据。

(2) 渔业资源渔获物的种类组成和分布

给出鱼类、头足类、虾蟹类、头足类等游泳生物的成体和幼体，贝类、棘皮类、星虫类等底栖无脊椎动物、水母类等大型浮游性动物的分类群种类组成、现存资源密度（重量、尾数）及其平面分布情况。

渔业资源密度以各站拖网渔获量（重量、尾数）和拖网扫海面积来估算，计算式为： $\rho_i = C_i / a_i q$

式中： ρ_i ----第*i*站的资源密度（重量：kg/km²；尾数：10³ind./km²）；

C_i ----第*i*站的每小时拖网渔获量（重量：kg/h；尾数：ind./h）；

a_i ----第*i*站的网具每小时扫海面积（km²/h）（网口水平扩张宽度（km）×拖曳距离（km）），拖曳距离为拖网速度（km/h）和实际拖网时间（h）的乘积；

q ----网具捕获率（可捕系数，=1－逃逸率）， q 取0.5。

采用地理信息系统软件制图，图示说明各站分类别资源密度（重量、尾数）数据的平面分布。

(3) 渔获物体长体重及优势种

给出主要渔获物的体重、体长和幼体比例数据，以图和表的形式给出。

优势种采用Pinkas（1971）的相对重要性指数IRI确定优势种的优势度，计算公式如下：

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

上式中， $N\%$ 为某一物种尾数占总尾数的百分比； $W\%$ 为该物种重量占总重量的百分比； $F\%$ 为某一物种出现的站数占调查总站数的百分比。IRI ≥ 500的物种定为优势种，100 ≤ IRI < 500为常见种，10 ≤ IRI < 100为一般种，IRI < 10为少见种。

(4) 渔获物多样性、优势种的生态特征

计算渔获物的多样性参数，包括生物多样性、多样性指数 H' 、丰富度指数 d 、均匀

度J等，计算方法同浮游生物。

4.1.4.4 渔业资源现状及评价

(1) 鱼卵仔鱼

1) 种类组成

①春季

2021年4月调查水平和垂直拖网采集的样品中，出现鱼卵4目6科6种，出现仔稚1目1科1种。

2021年4月鱼卵出现鲱形目鲱科中斑鲱和鳀科中鳀鱼；鲈形目石首鱼科中石首鱼科和鲈科中梭鱼；鲉形目短鲷科中鲷；仙女鱼目狗母鱼科中狗母鱼科，共6种。仔稚鱼出现鲈形目虾虎鱼科中矛尾虾虎鱼，共1种。

表 4.1.4-1 2021 年 4 月出现的鱼卵、仔鱼种类

种名	学名	鱼卵	仔稚鱼
鲱形目·鲱科	<i>Clupeiformes · Clupeidae</i>		
斑鲱	<i>Konosirus punctatus</i>	▲	
鲱形目·鳀科	<i>Clupeiformes · Engraulidae</i>		
鳀鱼	<i>Engraulis japonicus</i>	▲	
鲈形目·鰕虎科	<i>Perciformes · Gobiidae</i>		
矛尾虾虎鱼	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>		▲
鲈形目·石首鱼科	<i>Perciformes · Sciaenidae</i>		
石首鱼科（未定种）	<i>Sciaenidae</i>	▲	
鲈形目·鲈科	<i>Perciformes ·</i>		
梭鱼	<i>Sphyraenus</i>	▲	
鲉形目·短鲷科	<i>Scorpaeniformes · Parabramidae</i>		
鲷	<i>Parabramas curtus</i>	▲	
仙女鱼目·狗母鱼科	<i>Aulopiformes (D. E. Rosen, 1973) · Synodidae</i>		
狗母鱼科	<i>Synodidae</i>	▲	

②秋季

2020年10月调查水平和垂直拖网采集的样品中，出现仔稚鱼1目1科1种、未发现鱼卵。2020年10月仔稚鱼出现鲱形目鲱科中青鳞沙丁鱼1种。

表 4.1.4-2 秋季出现的鱼卵、仔鱼种类

种名	学名	鱼卵	仔稚鱼
鲱科	<i>Clupeidae</i>		
青鳞沙丁鱼	<i>Harengula Zunasi</i>		▲

2) 数量分布和优势种

①春季

2021年4月调查期间鱼卵平均密度 0.64 ind./m^3 ，仔稚鱼平均密度 0.05 ind./m^3 。仔鱼数量分布不均匀。鱼卵密度最高处出现在2号站位，仔稚鱼密度最高值出现在22号站位。鱼卵优势种为梭鱼和斑鲈，仔稚鱼优势种为矛尾虾虎鱼。

②秋季

2020年10月调查期间鱼卵平均密度为 0 ind./m^3 ，仔稚鱼平均密度为 0.0375 ind./m^3 。仔鱼数量分布不均匀。仔稚鱼密度最高值出现在17号站位。仔稚鱼优势种为青鳞沙丁鱼。

(2) 游泳动物现状调查与评价结论

1) 种类组成

春季调查共鉴定游泳动物47种。其中，鱼类25种，占拖网总种数的53.19%；虾类8种，占17.02%；蟹类10种，占21.28%；头足类4种，占8.51%（见附录9）。种类分布较不均匀，最高值出现在13号站位，为26种，其中鱼类为16种，虾蟹类为8种，头足类2种。最低值出现在第17和18号站位，为14种。其他站位比较均匀，一般在14-17种之间。

秋季拖网调查共鉴定游泳动物49种。其中，鱼类29种，占拖网总种数的59.18%，虾类8种，占16.33%，蟹类8种，占16.33%，头足类4种，占8.16%（见附录7）。种类分布较不均匀，最高值出现在13号站位，为26种，其中鱼类13种，虾蟹类9种，头足类4种。最低值出现在第23、第30、第35号站位，为14种。其他站位比较均匀，一般在15-20种之间。

2) 渔业资源密度（重量、尾数）

①春季

2021年4月渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 161.92 kg/km^2 和 $8.11 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为 98.24 kg/km^2 （ $21.9 \text{ kg/km}^2 - 375.7 \text{ kg/km}^2$ ）；虾类 35.94 kg/km^2 （ $11.4 \text{ kg/km}^2 - 73.8 \text{ kg/km}^2$ ）；蟹类 14.15 kg/km^2 （ $1 \text{ kg/km}^2 - 33.9 \text{ kg/km}^2$ ）；头足类 13.59 kg/km^2 （ $2.3 \text{ kg/km}^2 - 56.6 \text{ kg/km}^2$ ）（表4.1.4-3）。

鱼类资源尾数密度均值为 $3.46 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ （ $0.7 \times 10^3 \text{ ind./km}^2 - 17.7 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ）；虾类为 $3.37 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ （ $0.6 \times 10^3 \text{ ind./km}^2 - 7.2 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ）；蟹类为 $0.52 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ （ $0 - 1.9 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ）；头足类为 $0.76 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ （ $0.1 \times 10^3 \text{ ind./km}^2 - 2.1 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ ）（表4.1.4-4）。

表 4.1.4-3 春季拖网各类群渔业资源平均密度（重量、尾数）

类群	2021.04	
	重量密度(kg/km ²)	尾数密度(10 ³ ind./km ²)
鱼类	98.24	3.46
	21.9-375.7	0.7-17.7
虾类	35.94	3.37
	11.4-73.8	0.6-7.2
蟹类	14.15	0.52
	1-33.9	0-1.9
头足类	13.59	0.76
	2.3-56.6	0.1-2.1
合计	161.92	8.11

2021年4月渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀,总重量密度最大值出现在13号站位,其中鱼类最大值出现在13号站位,虾类最大值出现在23号站位,蟹类最大值出现在24号站位,头足类最大值出现在30号站位。总尾数密度最大值出现在13号站位,其中鱼类最大值出现在13号站位,虾类最大值出现在2号站位,蟹类最大值出现在24号站位,头足类最大值出现在13号站位。

表 4.1.4-4 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 ²)				尾数密度(10 ³ ind./km ²)			
	鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
2	68.20	48.77	30.35	8.01	1.74	7.23	0.44	0.72
13	375.68	22.06	13.49	45.83	17.72	5.95	0.39	2.13
14	93.01	12.10	0.99	6.67	3.35	2.10	0.03	1.08
17	21.94	22.74	20.44	3.69	0.80	2.27	1.05	0.33
18	107.65	11.45	7.24	12.12	4.60	0.64	0.11	1.41
22	96.97	25.87	5.34	4.67	2.52	4.43	0.44	0.28
23	62.44	64.52	27.00	8.01	1.83	2.22	0.19	0.72
24	48.43	73.83	33.93	8.64	1.13	3.75	1.94	0.55
30	105.24	60.84	14.64	56.57	5.13	2.10	0.20	1.37
34	54.25	29.96	3.42	2.26	0.81	4.49	0.50	0.20
35	100.41	20.89	8.24	4.16	1.11	2.03	0.72	0.09
47	44.64	38.23	4.77	2.46	0.74	3.18	0.22	0.22

表 4.1.4-5 春季拖网各站位渔业资源全网密度（重量、尾数）

站位	全网重量(kg/h)				全网尾数(ind/h)			
	鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
2	2.46	1.76	1.10	0.29	126.00	522.00	32.00	52.00
13	13.57	0.80	0.49	1.66	1280.00	430.00	28.00	154.00
14	3.36	0.44	0.04	0.24	242.00	152.00	2.00	78.00
17	0.79	0.82	0.74	0.13	58.00	164.00	76.00	24.00
18	3.89	0.41	0.26	0.44	332.00	46.00	8.00	102.00
22	3.50	0.93	0.19	0.17	182.00	320.00	32.00	20.00
23	2.25	2.33	0.98	0.29	132.00	160.00	14.00	52.00
24	1.75	2.67	1.23	0.31	81.33	270.67	140.00	40.00
30	3.80	2.20	0.53	2.04	370.67	152.00	14.67	98.67
34	1.96	1.08	0.12	0.08	58.67	324.00	36.00	14.67
35	3.63	0.75	0.30	0.15	80.00	146.67	52.00	6.67
47	1.61	1.38	0.17	0.09	53.33	229.33	16.00	16.00

2020年10月渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为184.15 kg/km²和8.10×10³ ind./km²。鱼类资源重量密度均值为106.62 kg/km² (51.1 kg/km² – 195.6 kg/km²)；虾类28.67 kg/km² (12 kg/km² – 91 kg/km²)；蟹类13.70kg/km² (0.5kg/km²–31.6 kg/km²)；头足类35.16 kg/km² (4.4 kg/km² – 98.7 kg/km²) (表4.1.4-6)。

鱼类资源尾数密度均值为3.28×10³ ind./km² (0.8×10³ ind./km²–8.3×10³ ind./km²)；虾类为2.41×10³ ind./km² (0.4 ind./km² – 4.9×10³ ind./km²)；蟹类为0.41×10³ ind./km² (0 ind./km² – 1.2×10³ ind./km²)；头足类为2×10³ ind./km² (0.3×10³ ind./km² – 5.9×10³ ind./km²)

2020年10月渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀，总重量密度最大值出现在22号站位，总尾数密度最大值出现在17号站位。

表 4.1.4-6 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 ²)				尾数密度(10 ³ ind./km ²)			
	鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
2	79.12	44.64	5.91	48.34	3.24	3.32	0.22	3.43
13	146.54	37.91	31.65	60.70	4.60	2.30	0.69	2.41
14	137.84	24.32	27.95	59.05	8.28	1.97	0.80	3.85
17	159.25	12.71	14.22	68.71	6.45	2.52	0.25	5.87
18	87.16	23.32	0.53	9.07	2.58	3.38	0.03	1.33
22	73.11	91.03	17.30	98.73	2.91	3.16	0.33	3.82
23	97.54	13.27	2.11	9.53	1.86	0.42	0.14	0.53
24	53.96	16.46	16.53	31.53	2.22	4.87	1.25	0.47
30	51.08	26.86	28.40	7.94	1.02	1.25	0.44	0.72
34	60.91	19.07	6.76	5.52	0.78	1.36	0.33	0.53
35	195.57	11.98	8.66	18.34	3.43	0.78	0.08	0.78
47	137.39	22.49	4.41	4.44	2.05	3.60	0.36	0.28

表 4.1.4-7a 秋季拖网各站位渔业资源全网密度（重量、尾数）

站位	全网重量(kg/h)				全网尾数(ind/h)			
	鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
2	2.86	1.61	0.21	1.75	234	240	16	248
13	5.29	1.37	1.14	2.19	332	166	50	174
14	4.98	0.88	1.01	2.13	598	142	58	278
17	5.75	0.46	0.51	2.48	466	182	18	424
18	3.15	0.84	0.02	0.33	186	244	2	96
22	2.64	3.29	0.62	3.57	210	228	24	276
23	3.52	0.48	0.08	0.34	134	30	10	38
24	1.95	0.59	0.60	1.14	160	352	90	34

表 4.1.4-7b 秋季拖网各站位渔业资源全网密度（重量、尾数）

站位	全网重量(kg/h)				全网尾数(ind/h)			
	鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
30	1.84	0.97	1.03	0.29	74	90	32	52
34	2.20	0.69	0.24	0.20	56	98	24	38
35	7.06	0.43	0.31	0.66	248	56	6	56
47	4.96	0.81	0.16	0.16	148	260	26	20

3) 渔获物优势种

① 春季

2021年4月鱼类，IRI大于500的鱼类优势种共有4种，分别为矛尾虾虎鱼、方氏云鲷、鲱鲷和鲷；IRI值在100-500之间的鱼类重要种共有7种，分别为鳀鱼、黄鲛鲷、短吻红舌鲷、斑鲷、细纹狮子鱼、大泷六线鱼和绵鲷。

2021年4月虾类，IRI大于500的虾类优势共3种，分别为口虾蛄、脊褐腹虾和日本鼓虾；IRI值在100-500之间的虾类重要种共2种，分别为葛氏长臂虾和鲜明鼓虾。

2021年4月蟹类，IRI大于500的蟹类优势种共1种，为日本蟳；IRI值在100-500之间的蟹类重要种有2种，分别为三疣梭子蟹和隆线强蟹。

2021年4月头足类，未发现IRI大于500的头足类优势种；和IRI值在100-500之间的头足类重要种共2种，分别为日本枪乌贼和短蛸。

表 4.1.4-8 春季调查海域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
2021.04	鱼类	优势种 (IRI>500)	矛尾虾虎鱼	11.32	12.22	1.00	2353.65
			方氏云鲷	5.09	9.06	0.67	943.36
			鲱鲷	2.81	9.96	0.67	851.43
			鲷	7.31	0.69	0.83	666.91
		重要种 (IRI=100~500)	鳀鱼	3.15	3.15	0.67	419.96
			黄鲛鲷	7.47	0.22	0.50	384.39
			短吻红舌鲷	2.79	1.60	0.83	366.23
			斑鲷	2.49	2.30	0.58	279.23
			细纹狮子鱼	5.51	0.09	0.33	186.86
			大泷六线鱼	2.66	0.64	0.42	137.22
			绵鲷	2.59	0.66	0.42	135.73
	虾类	优势种 (IRI>500)	口虾蛄	15.67	13.17	0.92	2644.03
			脊褐腹虾	1.66	12.23	0.83	1157.70
			日本鼓虾	2.19	8.42	0.50	530.60
		重要种 (IRI=100~500)	葛氏长臂虾	0.95	4.64	0.75	419.51
			鲜明鼓虾	0.58	1.80	0.50	119.42
	蟹类	优势种 (IRI>500)	日本蟳	4.14	2.70	0.75	512.88
		重要种 (IRI=100~500)	三疣梭子蟹	1.78	0.69	0.75	185.46
			隆线强蟹	1.43	1.85	0.33	109.27

调查时间	类别	分类	种类	W (%)	N (%)	F	IRI
	头足类	重要种 (IRI=100~500)	日本枪乌贼	2.01	6.52	0.58	497.83
			短蛸	4.98	2.25	0.50	361.71

②秋季

2020年10月鱼类，IRI大于500的鱼类优势种，共有2种，分别为斑鲈和绯鲈；IRI值在100-500之间的鱼类常见种，共有9种，分别为矛尾虾虎鱼、白姑鱼、方氏云鲷、皮氏叫姑鱼、长蛇鲻、短吻红舌鲷、绵鲷、鲷和赤鼻棱鲷。

2020年10月虾类，IRI大于500的虾类优势种，共1种，为口虾蛄；IRI值在100-500之间的虾类常见种，共4种，分别为鹰爪虾、脊褐腹虾、日本鼓虾和葛氏长臂虾。

2020年10月蟹类，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3种，分别为三疣梭子蟹、日本关公蟹和寄居蟹。

2020年10月头足类，IRI大于500的头足类优势种，共2种，分别为日本枪乌贼和短蛸；IRI值在100-500之间的头足类常见种，共有1种，为长蛸。

表 4.1.4-9 秋季渔获物各类群优势种及 IRI 值

调查时间	类别	分类	种类	N%	W%	F%	IRI
2020.10	鱼类	优势种 (IRI>500)	斑鲈	3.2%	5.8%	75.0%	675.77
			绯鲈	1.5%	7.0%	75.0%	642.47
		常见种 (IRI=100~500)	矛尾虾虎鱼	4.5%	5.0%	41.7%	395.95
			白姑鱼	4.8%	1.3%	58.3%	353.46
			方氏云鲷	3.4%	4.7%	41.7%	336.64
			皮氏叫姑鱼	3.3%	1.8%	58.3%	294.63
			长蛇鲻	8.3%	2.2%	25.0%	263.13
			短吻红舌鲷	1.8%	1.9%	66.7%	243.43
			绵鲷	3.6%	2.5%	33.3%	204.35
			鲷	4.4%	0.5%	41.7%	203.68
			赤鼻棱鲷	1.3%	1.7%	58.3%	175.01
	虾类	优势种 (IRI>500)	口虾蛄	10.7%	9.1%	100.00%	1985.51
			鹰爪虾	1.3%	6.7%	58.33%	468.15
		常见种 (IRI=100~500)	脊褐腹虾	0.8%	6.2%	50.00%	351.25
			日本鼓虾	1.1%	4.9%	50.00%	297.80
			葛氏长臂虾	0.5%	2.0%	66.67%	164.87
	蟹类	常见种 (IRI=100~500)	三疣梭子蟹	3.6%	1.0%	58.3%	266.98
			日本关公蟹	0.8%	1.4%	50.0%	111.16
			寄居蟹	1.0%	0.9%	58.3%	109.25
	头足类	优势种 (IRI>500)	日本枪乌贼	6.1%	20.5%	83.3%	2215.58
			短蛸	8.3%	3.2%	83.3%	958.69
		常见种 (IRI=100~500)	长蛸	4.3%	0.3%	25.0%	114.72

4) 渔业资源多样性指数

①春季

2021年4月调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为3.24 (2.84-3.79)。丰富度指数 (d) 均值为2.36 (1.83-2.97)；均匀度指数 (J') 均值为0.78 (0.71-0.86)；单纯度指数 (C) 均值为0.15 (0.09-0.21) (表8.5.2-32)。2021年4月调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为2.91 (2.27-3.39)，丰富度指数 (d) 均值为1.32 (1.02-1.76)；均匀度指数 (J') 均值为0.70 (0.57-0.79)；单纯度指数 (C) 均值为0.21 (0.14-0.37) (表4.1.4-10)。

表 4.1.4-10 春季渔获物多样性指数值

站位	重量多样性				尾数多样性			
	C	H'	J'	d	C	H'	J'	d
2	0.12	3.37	0.84	2.06	0.37	2.27	0.57	1.13
13	0.15	3.47	0.74	2.83	0.18	3.05	0.65	1.70
14	0.13	3.24	0.81	2.20	0.16	3.07	0.77	1.18
17	0.16	3.05	0.80	2.13	0.17	3.01	0.79	1.07
18	0.17	3.01	0.79	1.83	0.29	2.41	0.63	1.02
22	0.09	3.79	0.86	2.84	0.14	3.39	0.77	1.55
23	0.20	2.87	0.73	1.91	0.19	2.85	0.73	1.14
24	0.21	2.84	0.71	2.04	0.18	2.94	0.73	1.17
30	0.12	3.58	0.81	2.53	0.17	3.18	0.72	1.53
34	0.16	3.29	0.78	2.77	0.21	2.97	0.70	1.43
35	0.13	3.47	0.78	2.97	0.16	3.30	0.74	1.76
47	0.21	2.91	0.75	2.16	0.33	2.45	0.63	1.16
平均值	0.15	3.24	0.78	2.36	0.21	2.91	0.70	1.32
幅度	0.09-0.21	2.84-3.79	0.71-0.86	1.83-2.97	0.14-0.37	2.27-3.39	0.57-0.79	1.02-1.76

② 秋季

2020年10月调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为3.27 (2.8-4.17)。丰富度指数 (d) 均值为2.28 (1.87-3.08)；均匀度指数 (J') 均值为0.79 (0.7-0.91)；单纯度指数 (C) 均值为0.15 (0.06-0.22)。2020年10月调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为3.12 (2.6-3.79)，丰富度指数 (d) 均值为1.32 (1.08-1.88)；均匀度指数 (J') 均值为0.75 (0.65-0.87)；单纯度指数 (C) 均值为0.17 (0.1-0.27) (表4.1.4-11)。

表 4.1.4-11 秋季渔获物多样性指数值

站位	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>
2	0.11	3.40	0.83	2.14	0.15	3.27	0.80	1.20
13	0.09	3.89	0.83	3.08	0.10	3.79	0.81	1.88
14	0.06	4.17	0.91	2.89	0.13	3.58	0.78	1.66
17	0.15	3.23	0.81	1.88	0.18	2.98	0.75	1.08
18	0.21	3.02	0.71	2.61	0.21	2.85	0.67	1.40
22	0.16	3.15	0.75	2.09	0.18	3.06	0.73	1.28
23	0.19	2.83	0.74	1.87	0.22	2.81	0.74	1.13
24	0.17	2.92	0.73	2.18	0.27	2.60	0.65	1.14
30	0.15	3.00	0.79	1.90	0.17	2.94	0.77	1.11
34	0.15	3.18	0.81	2.14	0.11	3.42	0.87	1.21
35	0.22	2.80	0.70	1.91	0.17	2.96	0.74	1.22
47	0.11	3.60	0.82	2.70	0.16	3.24	0.74	1.59
平均值	0.15	3.27	0.79	2.28	0.17	3.12	0.75	1.32
幅度	0.06-0.22	2.8-4.17	0.7-0.91	1.87-3.08	0.1-0.27	2.6-3.79	0.65-0.87	1.08-1.88

5) 小结

①鱼卵仔鱼

2020年10月调查水平和垂直拖网采集的样品中,出现仔稚鱼1目1科1种、未发现鱼卵。2020年10月调查期间鱼卵平均密度为0 ind./m³,仔稚鱼平均密度为0.0375 ind./m³。

2021年4月调查水平和垂直拖网采集的样品中,出现鱼卵4目6科6种,出现仔稚1目1科1种。2021年4月调查期间鱼卵平均密度为0.64 ind./m³,仔稚鱼平均密度为0.05 ind./m³。

②游泳动物

A.种类组成

2020年10月拖网调查共鉴定游泳动物49种。其中,鱼类29种,占拖网总种数的59.18%,虾类8种,占16.33%,蟹类8种,占16.33%,头足类4种,占8.16%。

2021年4月拖网调查共鉴定游泳动物47种。其中,鱼类25种,占拖网总种数的53.19%;虾类8种,占17.02%;蟹类10种,占21.28%;头足类4种,占8.51%。

B.渔业资源密度(重量、尾数)

春季,渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为161.92 kg/km²和8.11×10³ ind./km²。鱼类资源重量密度均值为98.24 kg/km²,最大值出现在13号站位;虾类35.94 kg/km²,最大值出现在23号站位;蟹类14.15 kg/km²,最大值出现在24号站位;头足类13.59 kg/km²,最大值出现在30号站位。

鱼类资源尾数密度均值为 3.46×10^3 ind./km²，最大值出现在13号站位；虾类为 3.37×10^3 ind./km²，最大值出现在2号站位；蟹类为 0.52×10^3 ind./km²，最大值出现在24号站位；头足类为 0.76×10^3 ind./km²，最大值出现在13号站位。

秋季，渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为184.15 kg/km²和 8.10×10^3 ind./km²。鱼类资源重量密度均值为106.62 kg/km²（51.1 kg/km² – 195.6 kg/km²）；虾类28.67 kg/km²（12 kg/km² – 91 kg/km²）；蟹类13.70 kg/km²（0.5 kg/km² – 31.6 kg/km²）；头足类35.16 kg/km²（4.4 kg/km² – 98.7 kg/km²）。

鱼类资源尾数密度均值为 3.28×10^3 ind./km²（ 0.8×10^3 ind./km² – 8.3×10^3 ind./km²）；虾类为 2.41×10^3 ind./km²（0.4 ind./km² – 4.9×10^3 ind./km²）；蟹类为 0.41×10^3 ind./km²（0 ind./km² – 1.2×10^3 ind./km²）；头足类为 2×10^3 ind./km²（ 0.3×10^3 ind./km² – 5.9×10^3 ind./km²）。

C. 渔获物优势种

2020年10月鱼类优势种共有2种，分别为斑鲷和绯鲷；虾蟹类优势种共1种，为口虾蛄；头足类优势种共2种，分别为日本枪乌贼和短蛸。

2021年4月鱼类优势种（IRI > 500）共有4种，分别为矛尾虾虎鱼、方氏云鲷、鲱鲷和鲷；虾蟹类优势（IRI > 500）共4种，分别为口虾蛄、脊褐腹虾、日本鼓虾和日本蟳；未发现IRI大于500的头足类优势种。

D. 幼体比例

2021年4月调查海域渔获物中，鱼类平均幼体比例为47.80%，幼体重量密度均值为16.66 kg./km²，幼体尾数密度均值为 1.23×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为81.57 kg./km²，成体尾数密度均值为 2.22×10^3 ind./km²。虾类平均幼体比例为35.83%，幼体重量密度均值为13.61 kg./km²，幼体尾数密度均值为 1.10×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为22.33 kg./km²，成体尾数密度均值为 2.26×10^3 ind./km²。蟹类平均幼体比例为29.31%，幼体重量密度范围为3.65 kg./km²，幼体尾数密度范围为 0.13×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为10.02 kg./km²，成体尾数密度均值为 0.39×10^3 ind./km²。头足类平均幼体比例为21.45%，幼体重量密度范围为1.02 kg./km²，幼体尾数密度范围为 0.13×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为12.57 kg./km²，成体尾数密度均值为 0.63×10^3 ind./km²。

2020年10月调查海域渔获物中，鱼类平均幼体比例为40.48%，幼体重量密度均值为16.73 kg./km²，幼体尾数密度均值为 1.03×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为

89.89kg./km²，成体尾数密度均值为 2.26×10^3 ind./km²。虾类平均幼体比例为28.93%，幼体重量密度均值为8.79kg./km²，幼体尾数密度均值为 0.57×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为19.88kg./km²，成体尾数密度均值为 1.84×10^3 ind./km²。蟹类平均幼体比例为33.71%，幼体重量密度均值为4.23kg./km²，幼体尾数密度均值为 0.14×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为9.47kg./km²，成体尾数密度均值为 0.27×10^3 ind./km²。头足类平均幼体比例为11.88%，幼体重量密度均值为9.11kg./km²，幼体尾数密度均值为 0.61×10^3 ind./km²；成体重量密度均值为26.05kg./km²，成体尾数密度均值为 1.39×10^3 ind./km²。

(3) 渔业资源评价结论

综合各生态指标，调查水域渔业资源资源密度较好，经济种类密度偏高。

通过物种丰富度指数(d)和多样性指数(H')评价环境受污染情况，参考《水生生物监测手册》，影响程度可以分成4类： $H'=0$ ，为环境污染严重； $0 < H' < 1$ ，为受到重度影响； $H'=1 \sim 3$ ，为受到中度影响； $H' > 3$ ，为基本没影响。

2020年10月调查海域渔获物重量和尾数密度多样性指数(H')均值分别为3.27(2.8-4.17)和3.12(2.6-3.79)；存在1/3-1/2的站位受中度污染，其他所有站位均未受到污染。通过物种优势度(C)和均匀度指数(J')评价物种种群稳定性，统计分析结果表明2020年9月调查海域渔获物重量和尾数密度均匀性指数(J')分别为0.79(0.7-0.91)和0.75(0.65-0.87)，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。

2021年4月调查海域渔获物重量和尾数密度多样性指数(H')均值分别为3.24(2.84-3.79)和2.91(2.27-3.39)；仅23、24和47号等25%的站位受中度污染，其他所有站位均未受到污染。通过物种优势度(C)和均匀度指数(J')评价物种种群稳定性，统计分析结果表明2021年4月调查海域渔获物重量和尾数密度均匀性指数(J')分别为0.78(0.71-0.86)和0.70(0.57-0.79)，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。

调查期间未出现珍稀濒危保护物种。

4.1.4.5 鱼、虾、贝等游泳动物数量及种群结构变化

为获取海域游泳动物数量及种群结构变化情况，引用《中广核山东招远核电厂工

程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第2次）总报告》中将2020年春、夏、秋、冬四季调查所获结果与国家海洋局第三海洋研究所于2017年完成的《山东招远核电厂一期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查报告》中春秋两季调查结果进行对比分析的内容。

（1）种类组成和优势种变化与分析

对比2017年和2020年调查游泳动物种类数量和优势种，2017年度春、秋季拖网调查共鉴定游泳动物32种，其中鱼类13种，占拖网总种数的40.63%，虾类9种，占28.13%，蟹类5种，占15.63%，虾蛄类1种，占3.13%，头足类4种，占12.50%。2020年调查春、秋季共鉴定游泳动物82种，其中鱼类49种，占拖网总种数的59.75%，虾类13种，占15.85%，蟹类14种，占17.07%，头足类6种，占7.33%。相比2017年调查结果，2020年查的游泳动物种类数显著增加，尤其鱼类种类数明显增加。

从游泳动物优势种类的出现来看，2017年春季，游泳动物优势种只有4种，分别为口虾蛄、矛尾虾虎鱼、鲜明鼓虾、脊腹褐虾，其中口虾蛄是2020年调查最优势的种类，IRI达11634.48，其渔获量占总渔获量的74.43%，尾数占41.91%，且在每个站位都有渔获；秋季调查优势种为六丝矛尾鰕虎鱼、日本鼓虾、鹰爪虾和口虾蛄，其中六丝矛尾鰕虎鱼是2020年调查最优势的种类，其渔获量占总渔获量的52.45%，尾数占32.58%，且在每个站位都有渔获。2020年调查春季优势种为8种，比2017年有所增加，分别为矛尾虾虎鱼、方氏云鰕、斑鰾、绯鰾、口虾蛄、脊褐腹虾、日本鼓虾、日本枪乌贼；秋季调查优势种比2017年有所增加，为10种，分别为斑鰾、长蛇鰩、短吻红舌鰩、白姑鱼、鲷、口虾蛄、鹰爪虾、日本鼓虾、日本枪乌贼和短蛸，日本枪乌贼是2020年调查最优势的种类，IRI达2724.6，其渔获量占总渔获量的28.3%，尾数占7.6%，且在75%的站位都有渔获。总体来看，优势种种类数量增加，与海洋生态环境的恢复及增殖放流相关。

表 4.1.4-12 厂址附近海域各年度春季和秋季游泳动物种类数量和优势种调查结果

季节	年度	种类数量（种）				优势种（IRI 大于 500）			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
春季	2017年	8	6	2	1	矛尾虾虎鱼	口虾蛄、鲜明鼓虾、脊腹褐虾	—	—
	2020年	35	12	9	5	矛尾虾虎鱼、方氏云鰕、斑鰾和绯鰾	口虾蛄、脊褐腹虾和日本鼓虾	—	日本枪乌贼
秋季	2017年	9	7	5	3	六丝矛尾鰕虎鱼	日本鼓虾、鹰爪虾、口虾蛄	—	—

季节	年度	种类数量 (种)				优势种 (IRI 大于 500)			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
	2020 年	43	9	9	4	斑鲦、长蛇鲻、短吻红舌鲷、白姑鱼和鲷	口虾蛄、鹰爪虾和日本鼓虾	—	日本枪乌贼和短蛸

(2) 资源密度 (重量、尾数) 变化与分析

2017年和2020年调查的春季和秋季游泳动物资源密度 (重量、尾数) 调查结果见表4.1.4-13。由表可知, 2020年调查春、秋季的各渔获物重量相对资源密度, 除2017年春季虾类的重量相对资源密度高于2020年调查的春季结果外, 其余种类2020年调查春季、秋季的密度高于2017年调查结果。除2017年春季调查的鱼类、虾类的尾数相对资源密度显著高于2020年春季调查的结果外, 春季的其余种类及秋季的全部调查种类尾数相对资源密度均显著高于2017年度的调查结果。

表 4.1.4-13 厂址附近海域各年度春季和秋季游泳动物资源密度 (重量、尾数) 调查结果

季节	年度	重量相对资源密度 (kg/km ²)				尾数相对资源密度 (ind./km ²)			
		鱼类	虾类	蟹类	头足类	鱼类	虾类	蟹类	头足类
春季	2017年	13.03	88.2	4.11	0.36	13948	18768	129	64
	2020年	110.46	31.49	13.59	19.63	3840	2880	420	830
秋季	2017年	78.21	28.33	0.12	24.17	45.62	58.22	2.12	12.27
	2020年	234.52	42.84	18.33	55.26	5090	5290	440	4850

4.1.5 生物质量调查结果及评价

4.1.5.1 调查频次与站位布设

拟调整区域周边海洋生物质量现状调查引用《中广核山东招远核电厂工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查 (第2次) 总报告》中国国家海洋环境监测中心于2020年4月、2020年10月在工程海域进行的春秋两季大潮期调查, 调查范围以取排水口为中心向外扩展15km, 其中海洋生物质量12个站位, 站位布置情况见表4.1.1-1、图4.1-1。

4.1.5.2 调查分析项目

海洋生物体质量调查主要调查贝类、鱼类、虾类和头足类, 以区域范围内底拖网获取为主。贝类一般采集菲律宾蛤仔、文蛤、四角蛤蜊、紫贻贝、翡翠贻贝、毛蚶、缢蛏、牡蛎等。鱼类、虾类和头足类应采集当地海域代表物种。

4.1.5.3 采样及分析方法

样品的采集、保存、运输与分析均按《海洋调查规范》(GB12763-2007)、《海

洋监测规范》（GB17378-2007）进行。具体方法和检出限如表4.1.5-1所示。

表 4.1.5-1 生物体质量各项目分析及检出限

监测项目	分析方法	检出限（10 ⁻⁶ ）
石油烃	荧光分光光度法	0.2
铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.4
铅	无火焰原子吸收分光光度法	0.04
锌	火焰原子吸收分光光度法	0.4
镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.005
铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.04
汞	原子荧光法	0.002
砷	原子荧光法	0.2

4.1.5.4 评价标准与方法

海洋生物质量评价采用标准指数法。

表 4.1.5-2 海洋生物质量评价标准（鲜重 mg/kg）

生物类别	贝类（双壳类）			软体动物 （非双壳类）	甲壳类	鱼类
评价标准	《海洋生物质量》 （GB18421-2001）			《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》 《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》 （第二分册）		
	第一类	第二类	第三类	参考值	参考值	参考值
铜	10	25	50（牡蛎100）	100	100	20
铅	0.1	2.0	6.0	10.0	2.0	2.0
锌	20	50	100（牡蛎500）	250	150	40
镉	0.2	2.0	5.0	5.5	2.0	0.6
铬	0.5	2.0	6.0	/	/	/
砷	1.0	5.0	8.0	/	/	/
汞	0.05	0.10	0.30	0.3	0.2	0.3
石油烃	15	50	80	15	15	15

标准指数按下式计算：

$$I_i = C_i / S_{ij}$$

式中：I_i——i测项的污染指数；

C_i——i测项的实测浓度或指标值；

S_{ij}——i测项的j类生物质量标准值。

4.1.5.5 海洋生物质量状况与评价

（1）现状调查结果

1）秋季调查结果

秋季调查海域所获取的生物种类包括双壳类贝类、软体动物和鱼类。其中，双壳

类贝类为魁蚶和毛蚶，共计2种；软体动物为脉红螺；鱼类包括焦氏舌鳎、鲷、长蛇鲻，共计3种。秋季海域各类海洋生物质量调查结果见表4.1-40。

秋季调查海域潮间带所获取的动物为双壳类贝类的菲律宾蛤仔和近江牡蛎，潮间带生物质量调查结果见表4.1.5-3。

表4.1.5-3a 秋季鱼类生物质量调查结果（单位：mg/kg）

调查 站位	物种	石油 烃	汞	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
02	焦氏舌 鳎	4.65	0.0411	0.28	0.15	4.01	0.03L	0.54	1.21	0.03L	0.69
14	长蛇鲻	3.80	0.0172	0.37	0.10	7.74	0.03L	0.31	3.62	0.03L	0.40
17	鲷	4.46	0.0357	0.25	0.03L	7.70	0.03L	0.39	1.38	0.03L	0.46
23	鲷	4.43	0.0270	0.25	0.03L	7.59	0.03L	1.13	1.05	0.03L	0.49
34	长蛇鲻	7.01	0.0132	0.33	0.11	6.64	0.03L	0.48	3.06	0.03L	0.38
47	长蛇鲻	5.86	0.0150	0.32	0.03L	9.29	0.03L	0.84	1.51	0.03L	0.53

注：“L”表示未检出。

表4.1.5-3b 秋季软体动物生物质量调查结果（单位：mg/kg）（15km）

调查 站位	物种	石油 烃	汞	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
13	脉红螺	13.0	0.0384	7.10	0.14	21.50	1.87	1.14	6.86	0.24	1.18
30	脉红螺	13.1	0.0412	5.32	0.07	25.00	1.90	0.78	7.88	0.18	0.93

表4.1.5-3c 秋季双壳类贝类生物质量调查结果（单位：mg/kg）（15km）

调查 站位	物种	石油 烃	汞	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
18	魁蚶	16.5	0.0153	0.51	0.05	9.63	1.63	0.67	2.07	0.07	3.16
22	魁蚶	18.1	0.0147	0.51	0.10	9.71	1.48	1.23	1.84	0.03	3.12
24	魁蚶	16.2	0.0151	0.38	0.07	10.90	0.03	0.54	6.08	0.03L	0.56
35	毛蚶	13.8	0.0173	0.46	0.19	8.82	1.27	0.72	1.75	0.04	3.06

表4.1.5-3d 秋季潮间带生物质量调查结果（单位：mg/kg）

断面	物种	汞	石油 烃	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
C1Z	菲律宾蛤仔	0.036 4	29.6	0.89	0.08	19.2	0.25	0.47	1.33	0.03 L	2.64
C5G	近江牡蛎	0.014 3	61.1	45.1	0.48	127	1.70	1.61	1.00	1.07	1.01

2) 春季调查结果

春季调查海域所获取的生物种类包括双壳类贝类、甲壳类和鱼类。其中，双壳类贝类为镜蛤和毛蚶，共计2种；甲壳类为脊褐腹虾和口虾蛄，共计2种；鱼类包括钝吻黄盖鲷、短吻红舌鳎、鲷、绯鲷、褐牙鲷、鲷，共计6种。春季海域各类海洋生物质量调查结果见表4.1.5-4。

春季调查海域潮间带所获取的动物为甲壳类肉球近方蟹。潮间带生物质量调查结果见表4.1.5-4。

表4.1.5-4a 春季鱼类生物质量调查结果 (单位: mg/kg)

站位	物种	汞	石油 烃	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
2	钝吻黄盖鲽	0.027	3.81	0.53	0.09	12.8	0.03	0.75	1.29	0.03L	0.58
14	短吻红舌鲷	0.023	2.96	0.43	0.11	5.85	0.03L	0.69	1.85	0.03L	1.17
17	鲷	0.053	1.40	0.40	0.03	7.85	0.03L	0.31	1.17	0.03L	0.50
23	绯鲷	0.014	1.44	0.94	0.19	14.5	0.05	0.98	1.48	0.03L	1.07
24	褐牙鲷	0.022	1.15	0.29	0.03	4.24	0.03L	0.94	1.18	0.03L	0.55
47	鲷	0.064	1.57	0.36	0.03	5.56	0.03L	0.28	1.86	0.03L	0.40

注: “L”表示未检出。

表4.1.5-4b 春季甲壳类生物质量调查结果 (单位: mg/kg)

站位	物种	汞	石油 烃	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
13	脊褐腹虾	0.017	1.13	6.59	0.25	4.76	0.03L	0.74	1.13	0.07	1.07
17	口虾蛄	0.015	1.61	9.4	0.04	7.36	0.85	0.14	3.23	0.11	1.09
22	口虾蛄	0.019	0.365	7.38	0.06	6.26	0.68	0.16	2.33	0.03L	1.12
35	脊褐腹虾	0.014	4.12	6.81	0.35	5.66	0.03L	1.26	1.54	0.06	1.6

表4.1.5-4c 春季双壳类贝类生物质量调查结果 (单位: mg/kg)

站位	物种	汞	石油 烃	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
2	镜蛤	0.03	14.4	4.21	15.2	140	4.7	0.03	3.71	2.32	4.58
17	镜蛤	0.022	17.4	4.07	15.1	146	3.69	0.09	3.52	1.59	4.81
18	毛蚶	0.011	5.06	0.76	0.31	13.7	1.39	0.62	1.49	0.05	2.66
35	毛蚶	0.015	7.32	0.59	0.25	12.1	1.12	0.51	1.6	0.03 L	2.65
47	镜蛤	0.023	20.1	5.67	10.1	125	3.2	0.82	3.66	0.51	5.43

表4.1.5-4d 春季潮间带生物质量调查结果 (单位: mg/kg)

断面	物种	汞	石油 烃	铜	铅	锌	镉	铬	砷	银	硼
C5	肉球近方蟹	0.043	2.52	23.3	0.11	23.7	1.20	0.68	5.13	0.63	1.20

(2) 生物体质量评价结论

秋季海域调查结果显示, 鱼类和软体动物生物样品质量状况较好; 双壳类贝类主要是魁蚶、毛蚶体中, 大部分指标超标严重, 其中石油烃、重金属镉、铬、砷含量均超第一类海洋生物质量标准、符合第二类海洋生物质量标准, 且24号站位魁蚶体内的砷含量符合第三类海洋生物质量标准。秋季潮间带调查结果显示: 菲律宾蛤仔体内的石油烃含量、镉含量和砷含量超过第一类海洋生物质量标准符合第二类海洋生物质量标准, 其余残留物含量均符合第一类海洋生物质量标准; 近江牡蛎体内除汞含量符合

第一类海洋生物质量标准外，其余各残留物均超过第一类海洋生物质量标准。其中石油烃含量、铜含量、锌含量符合第三类海洋生物质量标准，铅含量、铬含量、砷含量符合第二类海洋生物质量标准，C5断面近江牡蛎体内镉含量符合第二类海洋生物质量标准。

春季海域调查结果显示：鱼类、甲壳类生物样品质量状况较好。双壳类贝类主要是镜蛤和毛蚶，镜蛤体内汞、石油烃和铜含量基本符合第一类海洋生物质量标准，其他重金属残留包括铅、锌、铬、镉和砷等大部分指标超标严重，其中铅的含量超第三类海洋生物质量标准，锌的含量超第三类海洋生物质量标准，镉含量符合第三类海洋生物质量标准，铬和砷的含量均超第一类海洋生物质量标准符合二类海洋生物质量标准；毛蚶体内残留物质量状况较好，除铅、镉、砷含量符合第二类海洋生物质量标准外，其他残留污染物均符合第一类海洋生物质量标准。春季潮间带调查的甲壳类生物样品质量状况较好。

4.2 海水水质变化趋势分析

4.2.1 研究区近10年的水质变化趋势分析

为研究海域近十年来的水质变化趋势，收集了2010年、2013年、2017年《山东省海洋环境公报》中研究区海域水质环境情况，同时引用项目《中广核山东招远核电厂工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第2次）总报告》中国国家海洋环境监测中心于2021年4月、2020年10月在工程海域进行的春秋两季大潮期调查结果，通过对比分析，研究海域水质环境的变化趋势。

2010年研究区及周边海域均为海水水质一类区；2013年水质明显变差，研究区及周边海域均为海水水质为三类区，西侧海域为海水水质四类及劣四类区，根据“公报”研究结果，主要为陆源入海排污口达标排放率较低造成；2015年全年水质呈现好转趋势，对比全年监测结果，研究区春季水质较差，为海水水质三类区，夏、秋及冬季为海水水质二类区；2017年研究区水质季节变化特征与2015年保持一致，春季水质较差，为海水水质二类区，夏、秋及冬季为海水水质一类区，研究区海水水质优良；根据2020年10月及2021年4月对研究区水质调查结果显示，2020年10月研究区海域为海水水质二类区，2021年4月研究区海域为海水水质三类区，水质季节变化保持秋季优于夏季的特征，水质变化不大。

根据以上研究区近十年水质调查结果，研究区自2013年至今海水水质处于改善趋

势，2017年至今海水水质保持优良状态，水质较稳定。

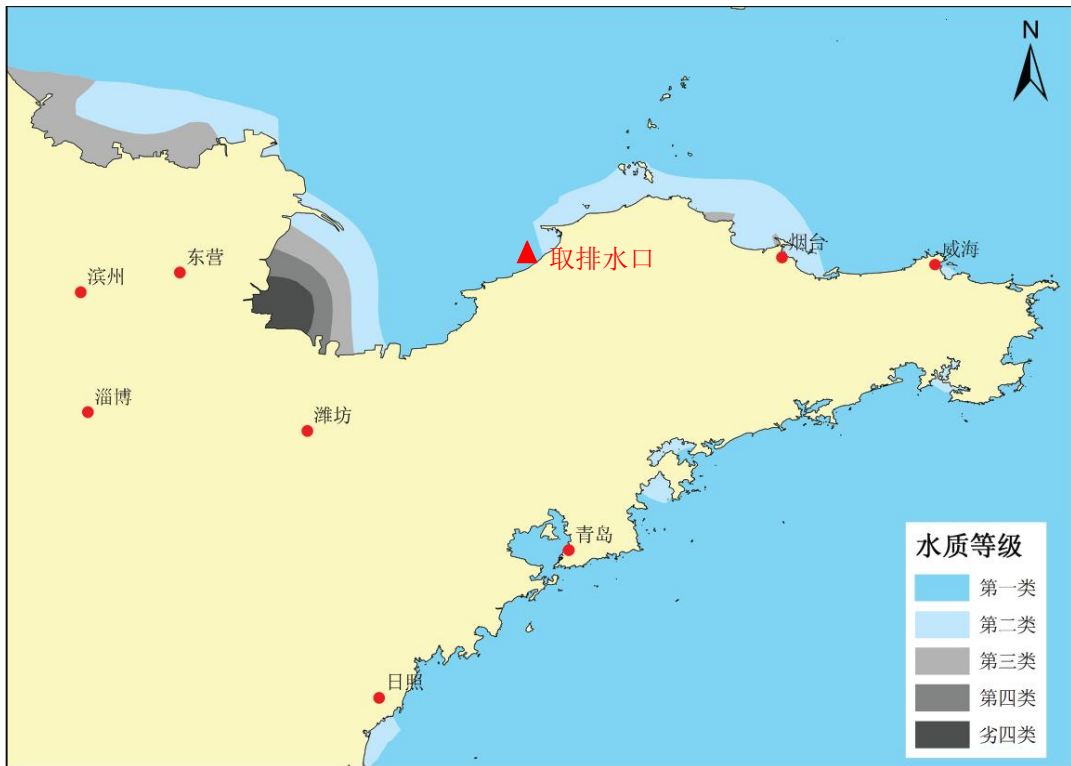


图 4.2-1 2010 年全省近岸海域水质等级分布示意图



图 4.2-2 2013 年全省近岸海域水质等级分布示意图

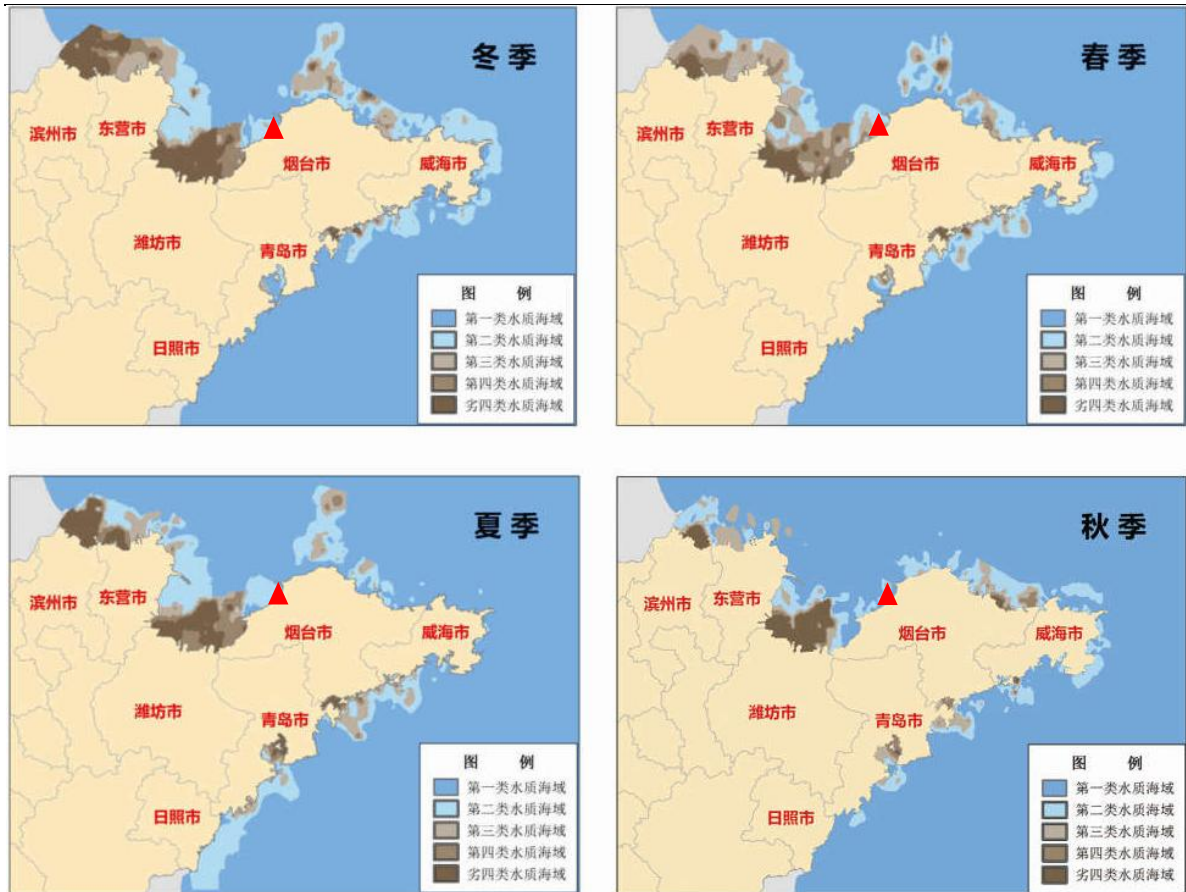


图 4.2-3 2015 年全省近岸海域水质等级分布示意图

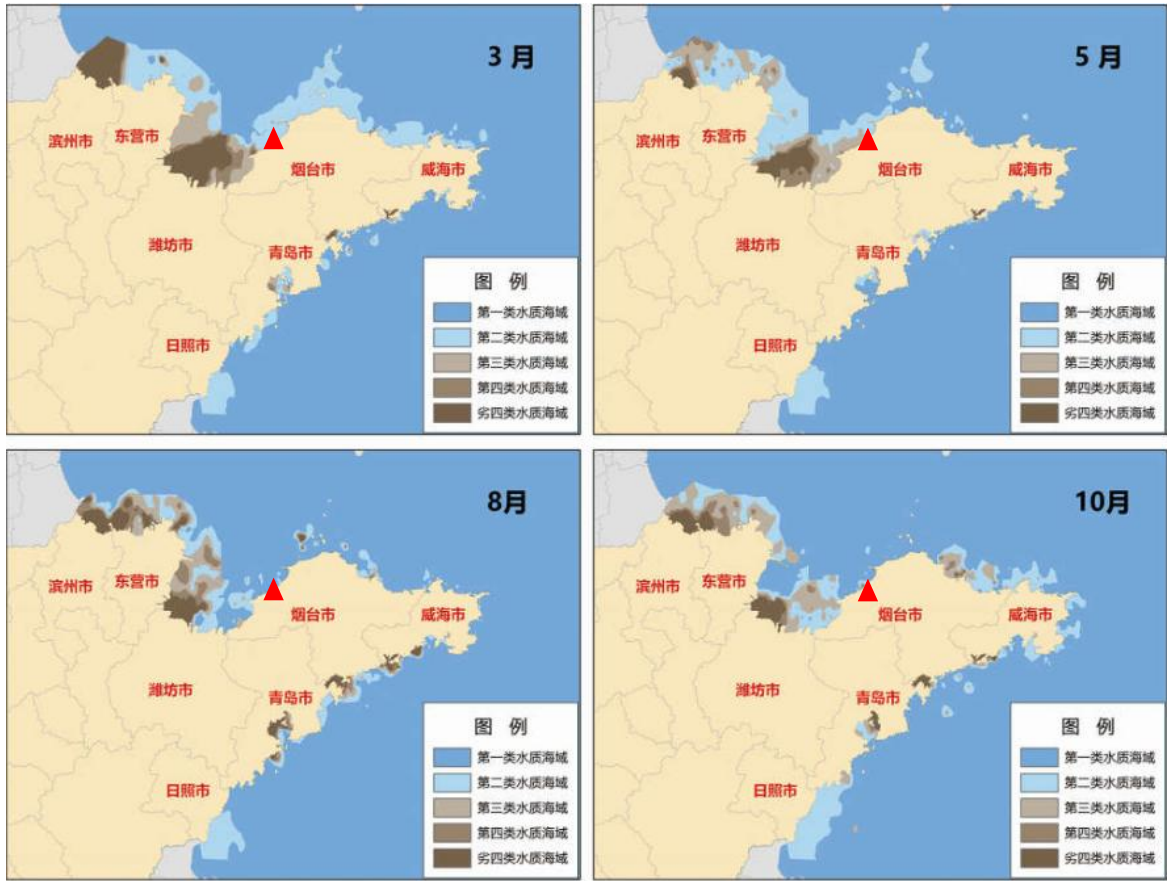


图 4.2-3 2017 年全省近岸海域水质等级分布示意图

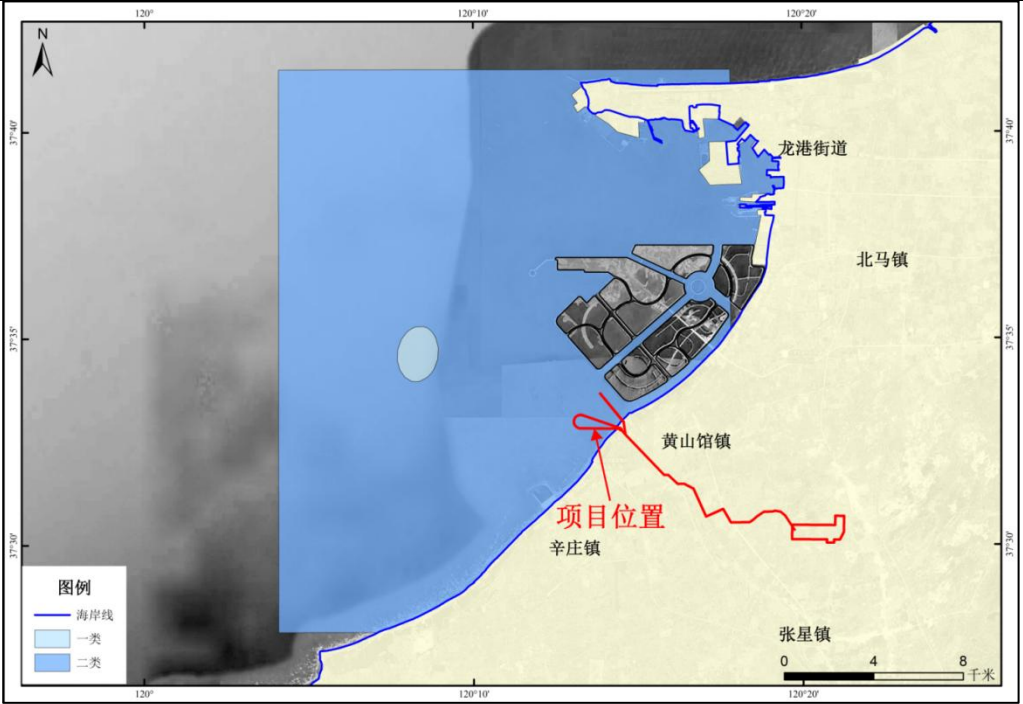


图 4.2-4a 2020 年 10 月海域水质 BOD 调查结果等级分布示意图

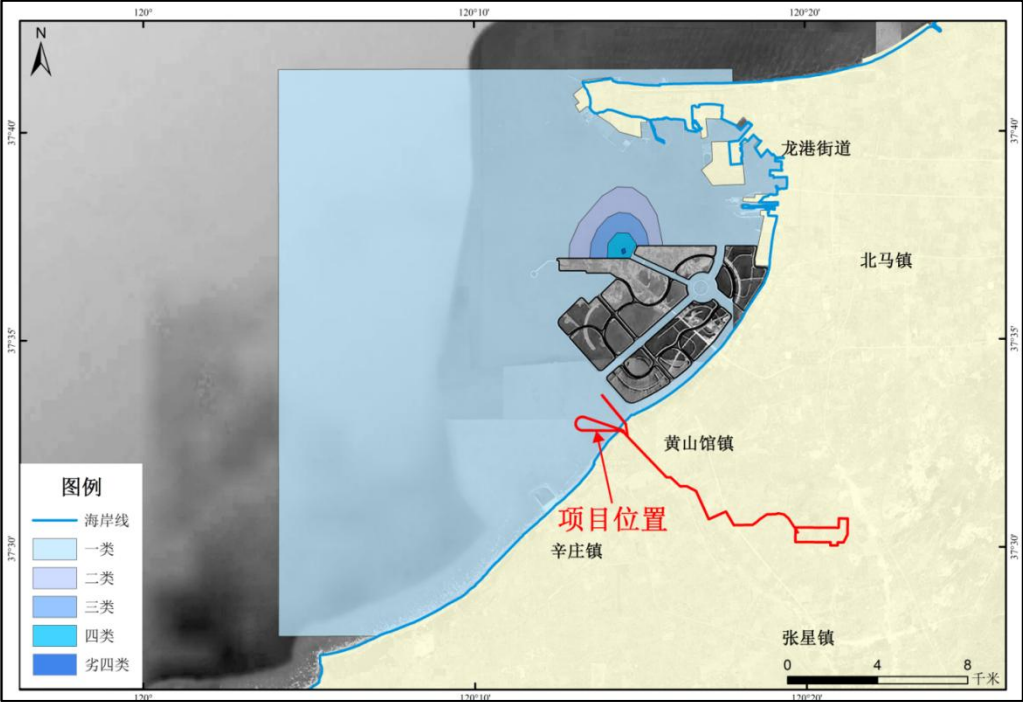


图 4.2-4b 2020 年 10 月海域水质无机氮调查结果等级分布示意图

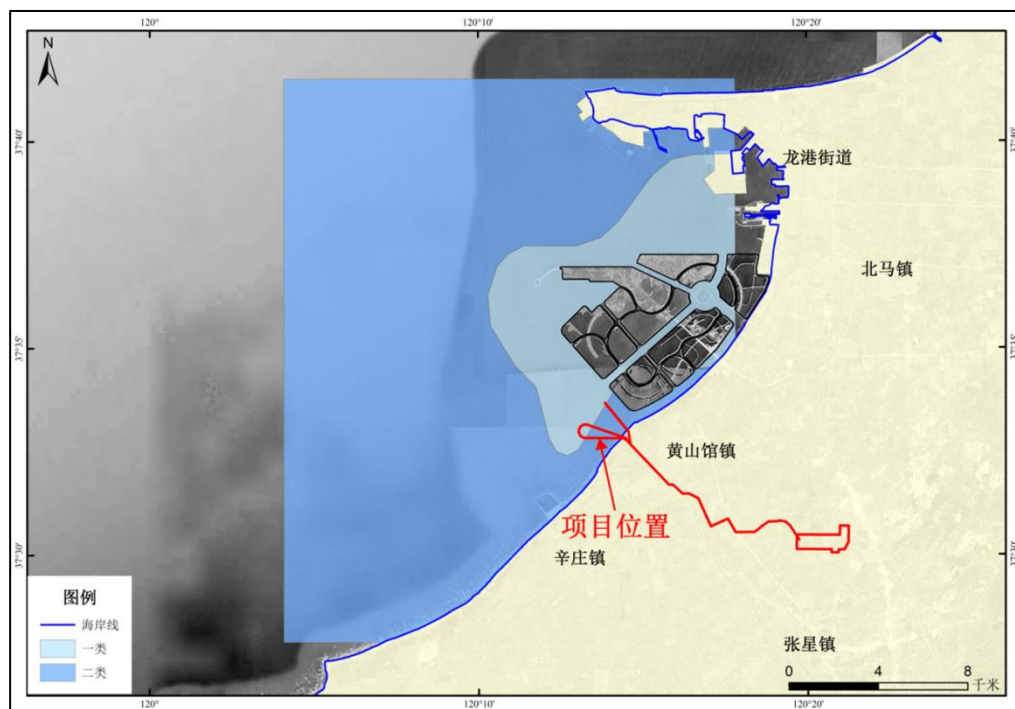
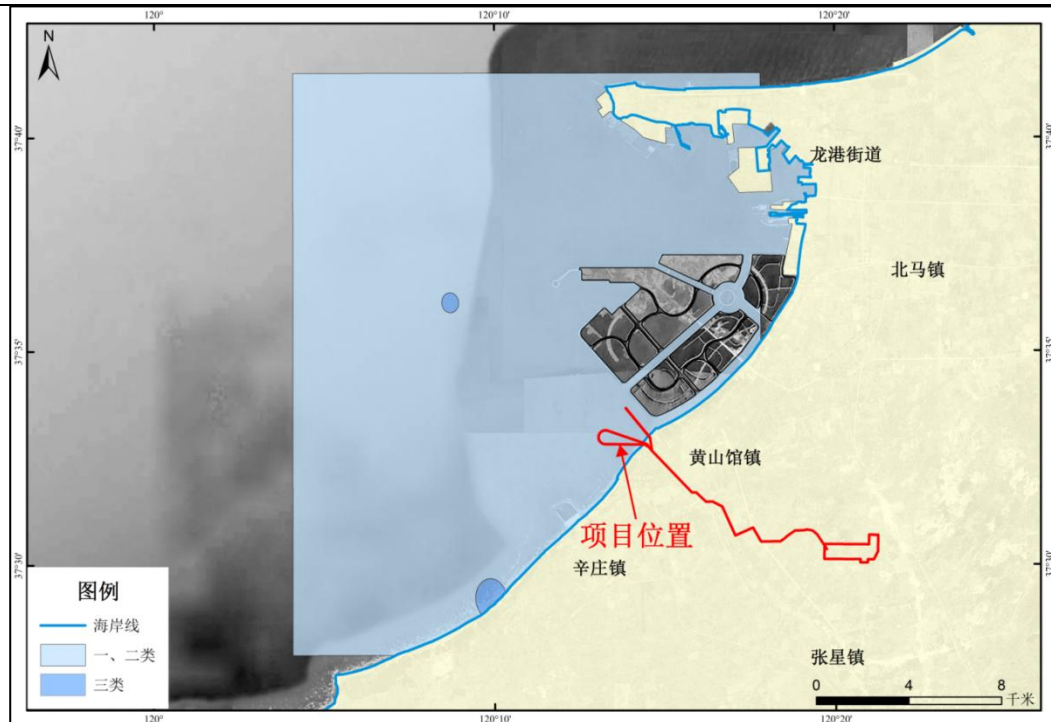




图 4.2-4e 2021 年 4 月海域水质无机氮调查结果等级分布示意图

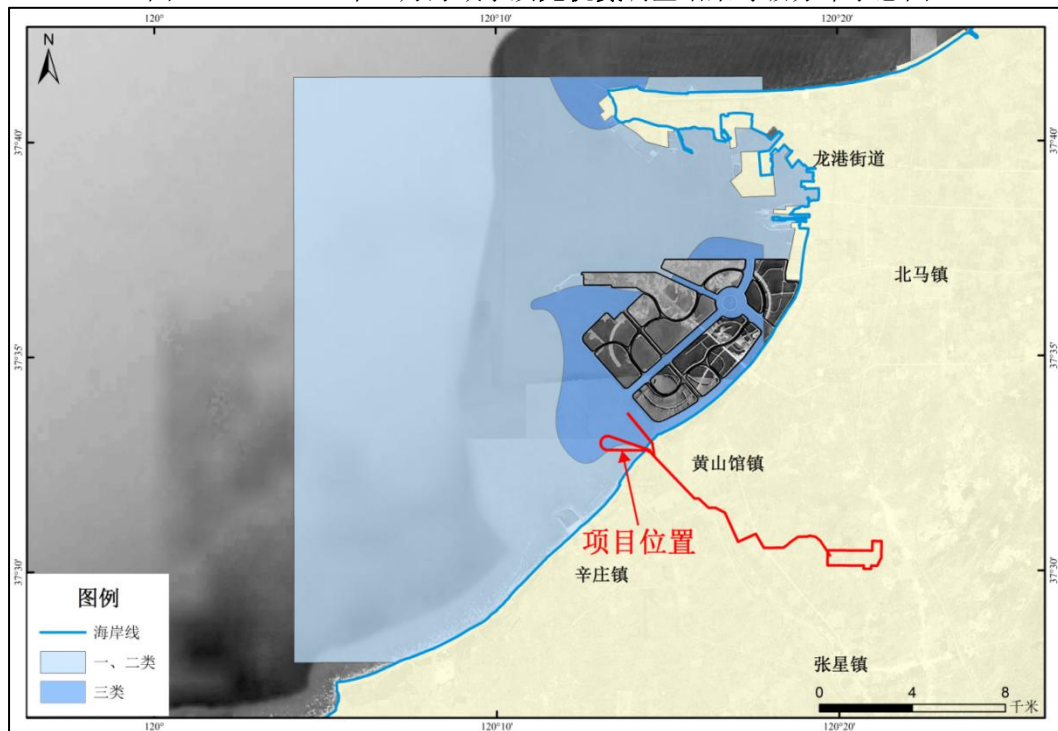


图 4.2-4f 2021 年 4 月海域水质石油类调查结果等级分布示意图

4.3 污染源调查

根据中广核公司项目建设前期污染源排查，项目区域附近主要排水口及污染源为裕龙岛炼化一体化项目以及界河口入海口。

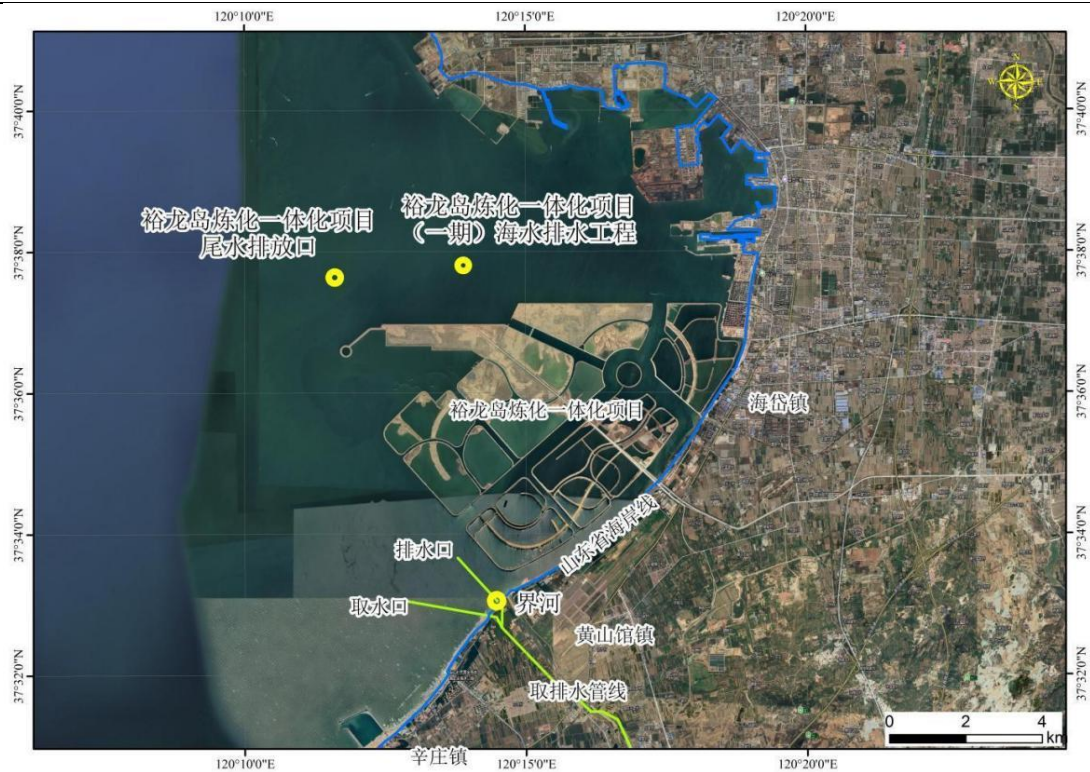


图 4.3-1 项目区污染源分布示意图

(1) 裕龙岛炼化一体化项目尾水排放口

裕龙岛用海规划于 2010 年 5 月由国家海洋局《关于龙口湾临港高端制造业聚集区一期（龙口部分）区域建设用海规划的批复》（国海管字〔2010〕250 号）批准，规划填海面积 35.23 平方公里，建设 7 个离岸式人工岛。2018 年，山东省委、省政府认真贯彻落实党的十九大精神，将新旧动能转换作为统领全省经济建设的重大工程，以供给侧结构性改革为主线，开展地炼企业的重组整合和转型升级。计划以烟台龙口裕龙岛为承接地，通过整合 5000 万吨“地炼”产能，新上 4000 万吨炼油、配套芳烃和乙烯的大型炼化一体化项目。由万华集团、山东炼化能源集团以及南山集团牵头，有关“地炼”企业参股，成立混合所有制企业主体，负责项目的建设 work。目前确认的项目包括 4000 万吨炼油、配套芳烃和乙烯的大型炼化一体化项目、南山乙烷综合利用项目和裕龙岛万华炼化新材料项目等。

山东裕龙石化产业园产生的大量污水（初步匡算最大约 $17033 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ）龙口现有污水处理厂无法处理，因此南山裕龙石化有限公司拟在裕龙岛建设污水处理厂用于处理石化园区产生的污水。污水经裕龙岛建设污水处理厂处理后 80% 回用，有部分尾水需排海，尾水排放总量约 $9.4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ($3431 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$)，主要排放的污染物包括 COD 和无机氮。目前该排放口尚未建成。

(2) 界河入海口混合区

界河位于招远市北半部，发源于招远市齐山镇铁乔村西尖尖山山麓，流经市区、玲珑镇、金岭镇、张星镇、辛庄镇等9个镇(街道、区)，由南向北于辛庄镇东。良村东北注入渤海。主要支流有金泉河、罗山河、金龙河、钟离河、付家河等。河床宽100m，主流全长45km，流域面积589.8km²，占全市总流域面积的42.7%，为招远市内第一大河。

近几年，招远市降水量偏低，界河流域径流量小，主要水源为污水处理厂外排水。随着人口的不断增加，加之生活水平不断提高，生活废水排放量激增，流域内城镇污水管网建设及污水处理能力建设相对滞后，污水处理厂现有处理规模为8万m³/d，目前处于超负荷运行状态。同时下游沿岸部分建制镇无规范的污水处理设施，大量的乡镇和农村生活污水未经处理直排环境，严重影响水环境质量；两岸部分村庄垃圾处理处置等环境基础设施建设滞后，生活垃圾、工业垃圾、建筑垃圾收集率较低；部分黄金、化工、石材、粉丝等行业没有设立相应行业园区，多数工业企业分布在界河流域两岸，难以实施统一管理，超排偷排现象时有发生。目前，招远市政府正在加快实施管网及水处理设施建设，届时招远市污水处理厂出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级A标准。然而，界河内水流量较小，天然径流量很少或形不成径流，水体生态基流难以保证。

5 招远核电项目对海洋环境的影响

温排水影响分析引自《山东招远核电项目冷却塔排放水数值模拟研究报告》（南京水利科学研究院）2022年8月。余氯、低放射性废液、浓盐水影响引自《山东招远核电项目含放射性液态流出物排放数值模拟研究报告》（南京水利科学研究院，2022年8月）。见附件7。

5.1 基本方程

5.1.1 控制方程

该模型是在 Boussinesq 和静水压力的假设下，基于三维不可压缩雷诺平均 Navier-Stokes 方程求解，引入 σ 坐标系：

$$\sigma = \frac{z-z_b}{h} \quad (\text{公式1})$$

σ 在 0 和 1 之间变化。

在 σ 坐标系中，控制方程如下：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} + \frac{\partial hw}{\partial \sigma} = hS \quad (\text{公式2})$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial hvu}{\partial y} + \frac{\partial hwu}{\partial \sigma} = f_v h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + hF_u + \\ \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S \end{aligned} \quad (\text{公式3})$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{\partial h w v}{\partial \sigma} = -fu h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \\ hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_s S \end{aligned} \quad (\text{公式4})$$

变化后的 σ 坐标系中垂向速度为：

$$\omega = \frac{1}{h} \left[\left(w + u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right) \right] \quad (\text{公式5})$$

水平扩散项为：

$$hF_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(2hA \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \quad (\text{公式6})$$

$$hF_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2hA \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (\text{公式7})$$

式中：t 为时间；

h 、 η 为总水深和水位；

u 、 v 、 w 是 x 、 y 、 z 方向上的速度分量；

$f = 2\Omega \sin \Phi$ 为科氏力参数（ Ω 为角速度， Φ 为地理纬度）；

g 为重力加速度；

ρ 为水的密度， ρ_0 为水的参考密度；

s_{xx} ， s_{xy} ， s_{yx} ， s_{yy} 为辐射应力张量的分量；

A 为水平涡粘系数；

v_t 为垂向涡粘系数；

p_a 为大气压；

S 为源强， (u_s, v_s) 为源项速度。

(2) 定解条件

1) 边界条件：陆边界流速为零，开边界给定水位，根据实测潮位确定。

2) 初始条件：采用静流条件。

5.1.2 热输运方程

(1) 控制方程

$$\frac{\partial hT}{\partial t} + \frac{\partial huT}{\partial x} + \frac{\partial hvT}{\partial y} + \frac{\partial hwT}{\partial \sigma} = hF_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right) + \frac{K_s \Delta T}{\rho C_p} + hT_s S \quad (\text{公式8})$$

$$hF_T \approx \left[\frac{\partial}{\partial x} (hD_h \frac{\partial}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (hD_h \frac{\partial}{\partial y}) \right] T \quad (\text{公式9})$$

式中： T 为水体温度；

ΔT 为水气温差；

T_s 为源项温度；

D_v 为温度垂向扩散系数；

D_h 为温度水平扩散系数；

K_s 为水面综合散热系数；

C_p 为水体比热。

(2) 定解条件

1) 初始条件： $T(x,y,z,0) = T_0(x,y,z)$

2) 边界条件：入流边界为 $T = T(t)$ 。

5.1.3 求解方法

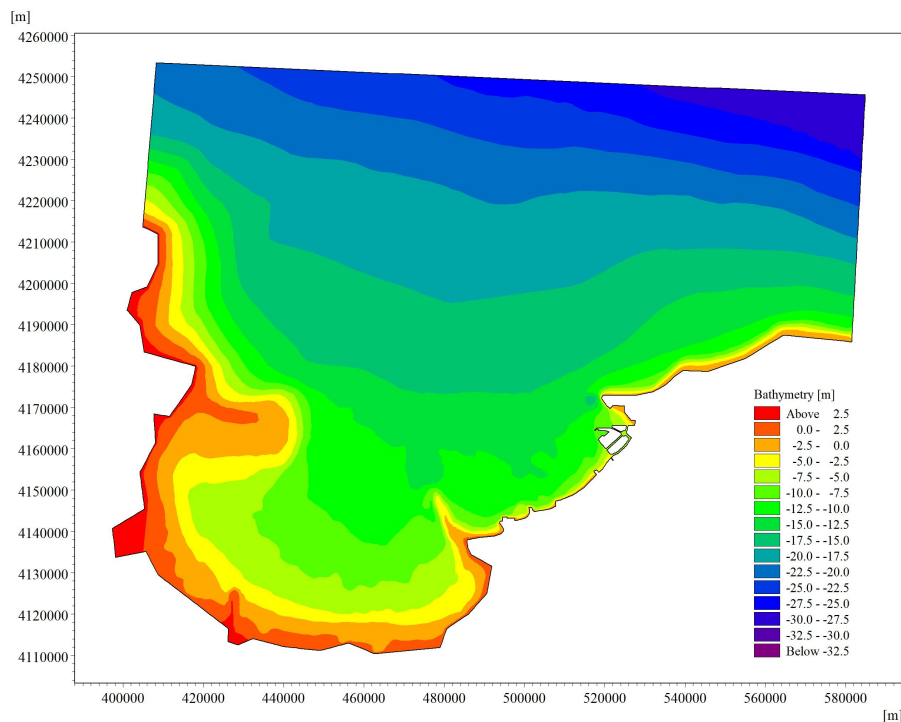
模型采用有限体积法对控制方程进行空间离散化。浅水方程的时间积分和扩散方程采用半隐式格式求解，平流项采用显示格式求解，垂直对流项采用全隐式格式求解。

5.1.4 模拟范围及网格划分

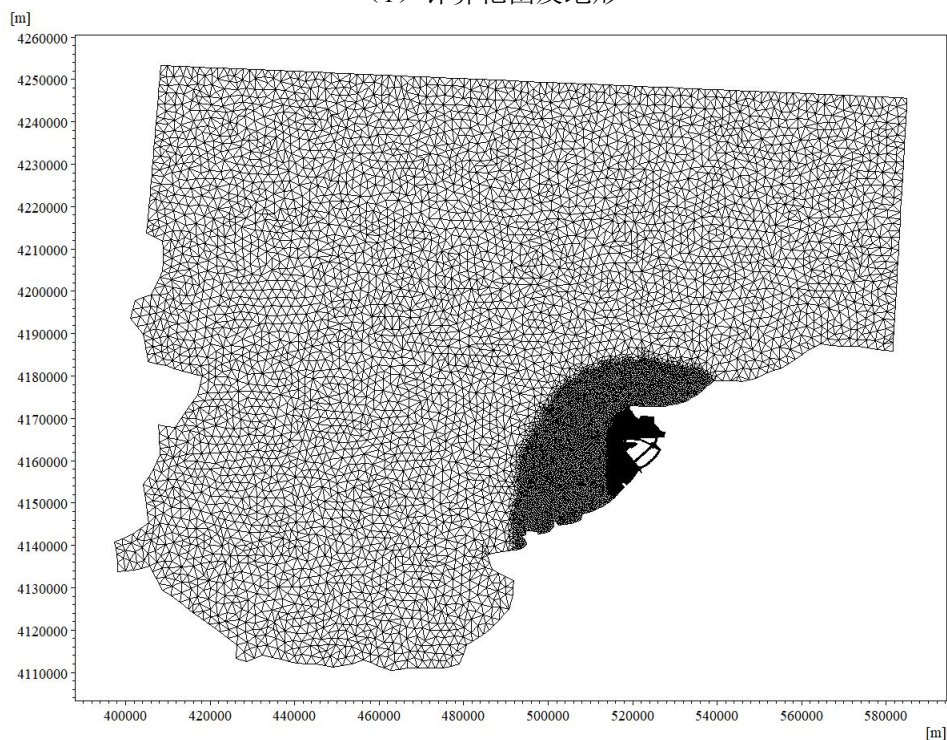
模型网格剖分根据地形变化程度及计算域的重要性采用非均匀网格，网格尺度最大约为

2000m, 在取排水工程附近对网格进行加密, 最小尺度约为50m, 整个模型沿水深方向均匀地分为5层, 网格总数为145325。根据排水工程平面布置, 排水区长度约30m, 模型中概化为一个点源, 位于底部第2层。

模型计算范围及网格剖分图见图5.1-1。



(1) 计算范围及地形



(2) 网格剖分

图 5.1-1 三维数学模型计算范围及网格剖分图

5.1.5 模型参数选取

◆ 水流数学模型

水流数学模型中的主要参数为粗糙高度 h_s 、水平涡粘系数 和垂向涡粘系数 。

粗糙高度 h_s 根据工程所在海域的实际情况，通过模型率定取0.01m。

水平涡粘性系数 A 采用Smagorinsky扩散率公式计算，认为水平涡粘系数与水平网格尺度及速度梯度非线性项有关。

$$A = C_s^2 l^2 \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}}$$

式中 C_s 为常数，选为默认值 0.28， l 为水平网格尺度，变形率

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), (i, j = 1, 2)。$$

垂向涡粘性系数 采用k-ε紊流模型计算。

◆ 温升场数学模型

水平扩散系数 D_h 采用 A 的线性关系（ $D_h=A/\sigma$ ，本研究 σ 取1），排水口近区水平扩散系数介于0~5m²/s之间。

垂向扩散系数 D_v 采用 的线性关系（ $D_v= / \sigma$ ，本研究 σ 取1），排水口近区垂向扩散系数介于0~0.002m²/s之间。

水面综合散热系数 K_s 计算细化过程见表5.1-1，相关水文气象数据选自龙口站，夏季取6、7、8月平均值，冬季取12、1、2月平均值。计算得到夏季 k_s 为33.4W/（m²℃），冬季 k_s 为19.6 W/（m²℃）。

表5.1-1 夏、冬季表面综合散热系数计算过程表

季节	夏季	冬季
空气温度（℃）	24.53	-0.67
水面温度（℃）	25.20	1.37
水气温差（℃）	0.67	2.04
水面以上 10m 处风速（m/s）	3.27	3.87
水面以上 1.5m 处风速（m/s）	2.54	3.34
水面蒸发系数	10.20	12.87
b	0.66	0.68
β	1.96	0.47
水面辐射系数	0.97	0.97
Stefan-Boltzman 数	5.67×10^{-8}	5.67×10^{-8}
水面以上 1.5m 处气压（hPa）	1005.37	1026.33
饱和水汽压（hPa）	32.05	6.11
湿度（%）	76	63
水汽压分压（hPa）	24.36	3.85

气压差 (hPa)	7.69	2.26
$\partial\alpha/\partial T_s$	0.10	0.09
K_s (W/(m ² °C))	33.4	19.6

5.1.6 模型验证

结合 2016 年和 2017 年水文原型观测资料,对上述建立的三维水流数学模型进行验证计算分析验证可见:

(1) 潮位验证结果良好:高、低潮潮位最大误差 9cm,高低潮潮时最大 30min,表明计算得到的潮波运动与实际潮波吻合良好,数学模型较好地反映了工程所在海域的实际潮波运动情况。

(2) 流速基本呈现由表至底略有减小的规律,各层流速过程相似,各时刻流向基本一致。

(3) 各测点不同深度(以表层、中层、底层为例)的计算流速、流向与实测过程吻合良好,流速、流向过程线的形态基本一致。流速误差多在 0.1m/s 以内;除转流时刻外的流向误差较小,在 30°以内。

(4) 总体而言,所建立的三维潮流数学模型较好地模拟了招远核电工程所在海域的潮位、潮流变化情况,分层流速、流向验证良好,可据此开展招远核电温排水三维数值模拟研究工作。

5.2 温排水影响预测与分析

夏季和冬季半月潮水文条件下，招远核电运行时不同深度（以表层、中层、底层为例）及垂向投影的全潮最大温升包络线相应的分层及垂向投影最大温升包络面积及范围见表5.2-1，图5.2-1，图5.2-2。

5.2.1 招远核电单独运行

招远核电排水口处于人工岛的掩护区，潮流动力较弱，水深相对较浅，受热水浮力作用较大。排水口近区高温升区水域表、底热分层现象明显，表层高温升区范围大于底层。随着距排水口距离的增加，温排水被环境水体稀释，温度降低，浮力效应减弱，温排水在水深方向混掺逐渐均匀，低温升区各层温排水分布形态及面积差别不大。

夏季工况：0.5℃温升垂向投影最大包络面积为3.59km²，1.0℃温升垂向投影最大包络面积为0.74km²，2.0℃温升垂向投影最大包络面积为0.03km²，3.0℃温升垂向投影最大包络面积小于0.01km²。

冬季工况：0.5℃温升垂向投影最大包络面积为14.27km²，1.0℃温升垂向投影最大包络面积为8.49km²，2.0℃温升垂向投影最大包络面积为2.39km²，3.0℃温升垂向投影最大包络面积1.06km²，4.0℃温升垂向投影最大包络面积0.51km²。

5.2.2 招远核电与裕龙石化的叠加影响

龙口人工岛东北侧区域建设裕龙岛炼化一体化项目，裕龙石化冬、夏季的最大取、排水流量为205.56m³/s，排水温升为8.0℃。由于裕龙石化已经在规划建设，因此在分析招远核电温排水范围时需考虑与裕龙石化项目温排水的叠加影响。

1) 夏季半月潮水文条件下，裕龙石化0.5℃温升线距招远核电排水口最短约为0.9km。因此，考虑裕龙石化运行后，招远核电温升场与单独运行时基本一致，表明夏季水文条件下裕龙石化对招远核电0.5℃及其以上温升范围无影响。

2) 冬季半月潮水文条件下，裕龙石化0.5℃温升线和1℃温升线接合，2℃温升线距离招远核电排水口最短约为2km。从计算结果看，招远核电2.0℃及其以上温升影响范围与单独运行时基本一致。因此，冬季水文条件下，裕龙石化运行对招远核电温排水的影响有限。

夏季工况：0.5℃温升垂向投影最大包络面积为1.38km²，1.0℃温升垂向投影最大包络面积为0.50km²，2.0℃温升垂向投影最大包络面积为0.02km²。

冬季工况：2.0℃温升垂向投影最大包络面积为3.12km²，3.0℃温升垂向投影最大包络面积1.31km²，4.0℃温升垂向投影最大包络面积0.69km²。

5.2.3 海水温升对海洋生物的影响

本小节引自《中广核山东招远核电项目对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区影响专题报告》（中国水产科学研究院黄海水产研究所，2021年9月）。2021年4月23日该专题已通过专家评审，评审意见见附件6。温海水排入海域后，在水动力条件的作用下，经过扩散稀释的散热过程，温水水团的温度迅速降低，与此同时，排放口附近一定范围内的海洋环境水体水温则有不同程度的上升。研究表明，海水温度改变影响海洋生物的新陈代谢，影响其呼吸、代谢速率，生长、繁殖等功能。各种海洋生物都有一定的正常生长温度范围及最佳温度范围，它们对温度的突然变化的忍受能力很有限。当环境水体水温增加程度超过海洋生物生长的适宜温度范围时，将可能导致海洋生物的生长受到抑制，甚至死亡。但如果环境水体水温增加仍在海洋生物生长的适温范围内，则会促进海洋生物的生长和繁殖。水温越接近海洋生物最适温度，温升引起的种群丰度改变越小，但如接近其极限温度耐受限，则微小的温升也可能造成较大影响。

5.2.3.1 温排水对鱼类的影响

鱼类属变温动物，一般在适温范围内，水温提高会促进鱼类的生长，但如果水温超过鱼类的适温范围，则会对某些鱼类的繁殖、胚胎发育、鱼苗的成活均有不同程度的影响，抑制鱼类的新陈代谢和生长发育；超过其忍受限度，还会导致死亡。美国Argonne国立实验所对核电站温排水与鱼群分布的关系进行了研究分析，结果显示在低温季节鱼群频繁进入热羽流区域，而在高温季节则回避该海区。同时根据研究，幼鱼和成鱼能感受到环境水温的微弱变化，对超出适温范围的高温（超出其喜爱的温度1~3℃）或低温水体，均具有回避反应，这种回避现象排除了夏季幼鱼和成鱼受到热威胁的可能。此外，水温变化会影响鱼类的产卵、渔期的迟早、渔场的变动。

在冬季低温背景下，排水口3℃最大温升包络面积1.31km²，根据前述研究表明，适当温升对鱼类生存是有利的。可以预测在海水水温较低和相对较低的春、秋、冬三季对工程所在海域鱼类生长不会造成明显影响，但可能会对鱼类产卵行为和鱼类群落结构产生一定影响(鱼类从异常活动到死亡的平均温升为3℃)。而在夏季高水温背景下，4~10℃的升温会使得某些生物到达其临界温度，所以在评估温排水热影响效应时要重点考虑夏季情景。结合前述研究成果，对于该海域大多数暖性鱼类或暖温性鱼类，该海区夏季7、8月份的最高水温会达到30℃左右，夏季温排水引起的温升2℃基本上在鱼类适应范围内，一般对该海域主要经济鱼类的生长不会产生影响；但夏季大于2℃温升区尤其是温

水排放口附近水温可能超过32℃时，超过该海域大多数鱼类适宜温度，大多数鱼类将回避升温场。

综上，项目温排水对鱼类的影响主要集中在排放口夏季3℃温升区，该区域集中在排水口附近，面积小于0.01km²，对鱼类影响不大。水温相对较低的春、秋、冬三季对工程所在海域鱼类生长不会造成明显影响。

5.2.3.2 温排水对甲壳类（虾、蟹）的影响

在一定适温范围内，温升可以促进仔虾的生长和体重的增加，对中国对虾而言，在20℃~32℃的范围内，其生长速度随水温升高而加快。对中国对虾幼体的试验表明，当水温超过30℃时，温度升高，其幼体的死亡率增大，忍受时间缩短。温度达33℃时，中国对虾早期幼体死亡率为53%，35℃时，死亡率为100%。

三疣梭子蟹属广温性水产动物，其适宜生长水温为17~30℃，最适生长水温为25~28℃，当水温低于6℃时梭子蟹进入冬眠状态。低温致死温度为-1.5℃，高温致死温度为35℃。刘永叶等（2016）研究发现，在基础水温为26℃时，口虾蛄、日本蟳24小时急性升温半致死温度（UILT50）分别为31.9℃、36.6℃。在夏季自然水温为30.0℃时，口虾蛄和三疣梭子蟹两种受试生物的24 h（UILT50）分别为35.6℃和38.2℃（李毅等，2020）。

5.2.3.3 温排水对鱼卵仔鱼的影响

鱼卵、仔鱼的分布受到亲鱼的产卵行为（包括各种环境及生态因子）的影响，同时也会受到海流等物理因子的影响。国内学者认为，温排水调查海域鱼卵和仔鱼的总数量及季节变化均无明显影响，但对鱼卵仔鱼的优势种会造成一定影响。

因此考虑温水对鱼卵仔鱼的影响温度参照成鱼的范围，即夏季3℃温升的范围。该区域集中在排水口附近，面积小于0.01km²，对鱼卵仔鱼影响不大。在冬季低温背景下，适当温升对鱼类生存是有利的。

5.2.3.4 温排水对浮游生物的影响

浮游生物不仅是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，同时它的数量的多寡决定了海域初级生产力的大小，从而能影响渔业资源的潜存量。冷却水的热效应会改变局部海区的自然水温状况，研究表明：水体增温对浮游藻类的生长、种类组成、优势种都有影响，影响的程度与环境水温及增温幅度有关。如环境水温较低时，水体增温能促进藻类生长，且藻类增量则随着温度的增长而增大；环境水温适中时，弱增温（温升≤3℃）和中增温区（温升3℃~5℃）时能促进藻类生长，强增温（温升>8~10℃时）则会抑制藻类的生长；环境温度较高时，水体增温会抑制藻类生长，增温幅度越大，抑制效应越强（郑琳等，

2012)。此外,水体持续增温对浮游藻类的种类组成也产生影响。环境水温较低时,弱增温和中增温对蓝藻稍有抑制,对绿藻影响不大,对其他藻类有利;强增温只对蓝藻有利,对硅藻影响不大,对其他藻类不利。环境水温适中时,弱增温和中增温对蓝藻、甲藻影响不大,对绿藻有利,对硅藻明显不利;强增温对蓝藻有利,对绿藻和硅藻影响不大,对甲藻和裸藻明显不利。环境水温较高时,弱增温和中增温对藻类组成影响不大;强增温使绿藻比例有所上升,硅藻和甲藻明显下降(张继民,2006)。

参考本报告第4章节调查结果,本项目周边海域浮游植物的主要优势种为菱形海线藻和中肋骨条藻,其最适增殖温度范围则为 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。浮游动物以桡足类最为优势,其次是水母类,其余各类群如:被囊类、毛颚类、端足类、钩虾科、糠虾类和栉水母种类数较少,所占比例较低。本海域浮游植物优势种最适增殖温度范围在 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ 内,根据厂址海域温度季节变化来看,适当的温升在春、秋和冬季对温升区内的浮游生物种类组成、数量及群落结构的作用是正面的,能够促进藻类生长。其潜在的不利影响体现在7-8月高温期的极值水温时段,该海区在7、8月份的最高水温在 30°C 左右, 1°C 温升影响不大,但是 4°C 温升可能会对范围内的浮游植物生长带来一定影响。

就招远核电本身的温排水而言, 4°C 温升主要发生在冬季,对浮游植物生存有利,夏季无 4°C 温升区域。所以,项目温排水对浮游生物基本无影响。

5.2.3.5 温排水对底栖生物的影响

水温的适度升高,可明显增加海区底栖动物的种类数,增强新陈代谢强度,促进生长发育,如果水体增温超出期适温范围,其生长就可能受到抑制或导致死亡。有研究表明,当水温超出自然水体 6°C 以上的强增温,会造成底栖动物多样性降低、群落结构改变(韩彬光等,2017)。但也有研究表明,增温 4°C 以内对底栖动物的生长和繁殖有利,并且在一定的水温范围内,自然水温越低,增温对底栖动物越有利。赵升等(2013)研究了黄岛电厂温排水对大型底栖生物的影响,结果表明水温是影响底栖生物群落变化的最主要因子,影响范围在温水排放口附近温升 3°C 以上区域,靠近温排水区域站位的生物多样性有呈现下降的趋势。

参考本报告第4章节调查结果,项目海域主要底栖生物为软体动物和多毛类。软体动物双壳类和多毛类主要是底埋性栖息类群,运动性低。软体动物中的腹足类如红螺,为底爬性生态习性,具备一定的爬行运动能力。项目海域出现的底栖生物种类,均为暖温带生物种类,春季产卵,最适宜的海水温度为 $14\sim 25^{\circ}\text{C}$,在 28°C 以下海水温度条件下,能正常生存。

综上，冬季温排水对底栖生物存在有利影响，夏季温排水对底栖生物的影响主要集中在排水口3℃温升区，该区域面积小于0.01km²，范围很小，影响不大。

5.2.3.6 结论

通过以上分析发现，春秋冬季低温背景下，温排水对海洋生物生长发育无影响或存在有利影响；夏季4℃温升可能会对浮游植物生长带来一定影响。本项目6台机组同时运行时，夏季半月潮水文条件下3.0℃等温升值全潮最大包络面积小于0.01km²，影响区域主要集中在排水口附近，周边没有海洋生物集中分布区，本工程温排水只会对小范围海域内虾、蟹类幼体产生影响，而对鱼类、虾类、蟹类成体以及底栖生物的影响不大。

5.3 余氯影响预测与分析

本节引用南京水利科学研究院水工水力学研究所《山东招远核电项目含放射性液态流出物排放数值模拟研究报告》中水流浓度场模型及余氯预测结果。2021年4月23日该专题已通过专家评审，评审意见见附件7。

本报告引用了在最大工组运行时冲击加药工况下的余氯影响范围。招远核电厂正常运行情况下，排水口处水中余氯浓度不高于0.2mg/L。由于余氯排放总体扩散范围较小，影响是局部的、可控的。如表5.3-1，图5.3-1，5.3-2所示。给出了6×1000MWe机组运行时冲击加药工况，冬夏季半月潮时招远核电单独运行时余氯相对浓度包络线面积。

5.3.1 招远核电单独运行

夏季半月潮水文条件，6×1000MWe机组运行工况条件下：0.50相对浓度全潮最大包络面积小于0.01km²，0.40相对浓度全潮最大包络面积0.02km²，0.30相对浓度全潮最大包络面积0.03km²，0.20相对浓度全潮最大包络面积0.08km²，0.13相对浓度全潮最大包络面积0.15km²，0.10相对浓度全潮最大包络面积0.21km²，0.05相对浓度全潮最大包络面积0.41km²。

冬季半月潮水文条件，6×1000MWe机组运行工况：0.50相对浓度全潮最大包络面积小于0.01km²，0.40相对浓度全潮最大包络面积小于0.01km²，0.30相对浓度全潮最大包络面积0.02km²，0.20相对浓度全潮最大包络面积0.04km²，0.13相对浓度全潮最大包络面积0.08km²，0.10相对浓度全潮最大包络面积0.12km²，0.05相对浓度全潮最大包络面积0.27km²。

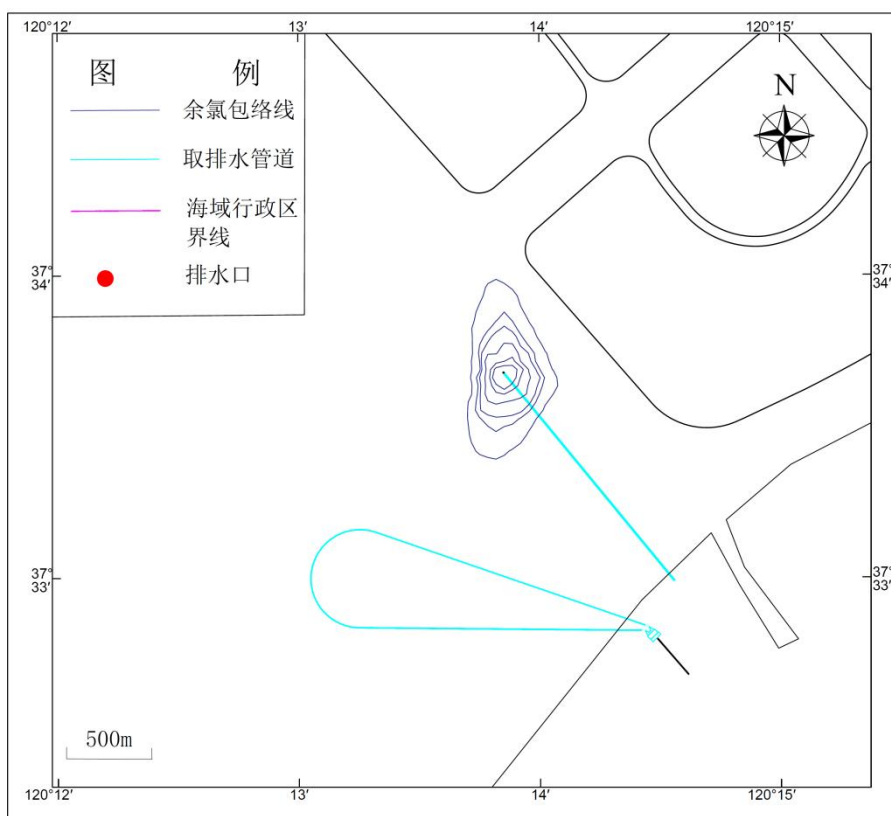


图 5.3-1 夏季半月潮水文条件三维投影最大余氯包络线（6×1000MW 机组运行）（包络线由外到内依次为相对浓度 0.05, 0.1, 0.13, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5,）

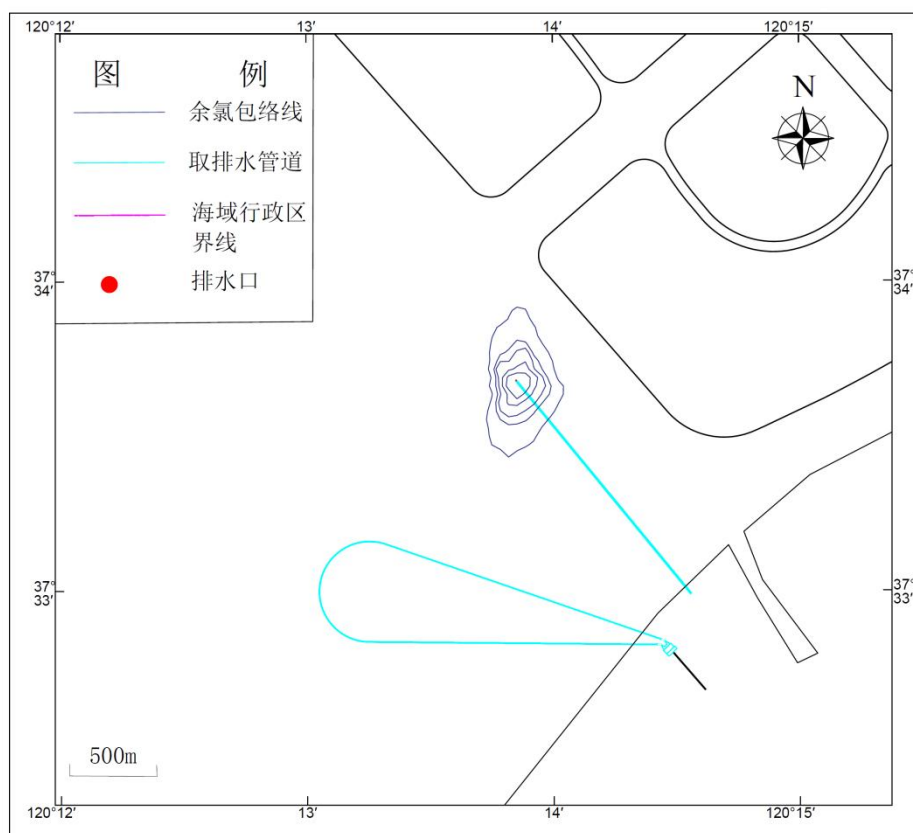


图 5.3-2 冬季半月潮水文条件三维投影最大余氯包络线（6×1000MW 机组运行）（包络线由外到内依次为相对浓度 0.05, 0.1, 0.13, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5,）

5.3.2 招远核电与裕龙石化的叠加影响

如表5.3-2，图5.3-3，5.3-4所示。给出了6×1000MWe机组运行时冲击加药工况叠加裕龙石化影响，冬夏季半月潮时招远核电单独运行时余氯相对浓度包络线面积。

夏季半月潮水文条件6×1000MWe机组+裕龙石化运行工况：0.50相对浓度全潮最大包络面积小于0.01km²，0.40相对浓度全潮最大包络面积小于0.02km²，0.30相对浓度全潮最大包络面积0.03km²，0.20相对浓度全潮最大包络面积0.07km²，0.13相对浓度全潮最大包络面积0.14km²，0.10相对浓度全潮最大包络面积0.21km²，0.05相对浓度全潮最大包络面积0.41km²。

冬季半月潮水文条件，6×1000MWe机组+裕龙石化运行工况下：0.50相对浓度全潮最大包络面积小于0.01km²，0.40相对浓度全潮最大包络面积小于0.01km²，0.30相对浓度全潮最大包络面积0.02km²，0.20相对浓度全潮最大包络面积0.04km²，0.13相对浓度全潮最大包络面积0.08km²，0.10相对浓度全潮最大包络面积0.12km²，0.05相对浓度全潮最大包络面积0.27km²。

综上，招远核电叠加裕龙石化冬季影响范围较核电厂单独运行时面积变化不大。

5.3.3 余氯对海洋生物的影响

5.3.3.1 对浮游植物的影响

参考《中广核山东招远核电项目对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区影响专题报告》，电厂温排水中的余氯是损害浮游植物的主要因素，而温排水的热冲击对浮游植物的影响不大。研究发现，0.2mg/L的氯可以直接杀死水中60~80%的藻类；0.1mg/L的余氯会使浮游植物光合作用下降50%；当余氯稀释到0.03mg/L以下时，水中初级生产力可完全恢复。根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为0.05mg/L时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于0.3mg/L时初生组织将完全受到抑制。余氯浓度大于0.05mg/L时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

综上，余氯对浮游植物的影响范围应考虑0.05mg/L浓度围即相对浓度0.5内的区域，主要集中在排水口附近，该区域面积小于为0.01km²，范围较小，项目排放的余氯对浮游植物影响不大。

5.3.3.2 对浮游动物的影响

浮游动物对氯较为敏感，较低浓度的氯即可对浮游动物产生明显的影响。国内外的研究结论表明，25℃时余氯对海水中浮游动物的96h的半致死浓度（LC50）为0.062~0.267mg/L。徐兆礼通过研究发现余氯对真刺唇角水蚤的半致死浓度(24hLC50)为

0.58mg/L，安全浓度为0.21mg/L（安全系数取值0.37）。而进一步实验研究表明，在余氯浓度为0.2mg/L（低于安全浓度）时，即可显著抑制真刺唇角水蚤的摄食及其呼吸。

综上，余氯对浮游动物的影响浓度为0.2mg/L即相对浓度为1的范围内，主要集中在排水口附近，该区域面积小于0.01km²，范围较小，项目排放的余氯对浮游动物影响不大。

5.3.3.3 余氯对贝类的影响

余氯可造成贝类滤食率、足活动频率、外壳开闭频率、耗氧量、足丝分泌量、排粪量等亚致死参数的降低，从而使贝类失去附着能力。当余氯浓度低于0.1mg/L时，贝类仍可以打开外壳进行摄食，但摄食速率降低；浓度更高时，贝类便被迫关闭外壳，依靠体内积蓄的能量和缺氧呼吸作用生存，直至能量完全消耗或代谢废物达到毒害水平。

余氯对贝类致毒的机理可能为：氯直接对贝类鳃上皮细胞造成伤害；由氯造成的氧化作用破坏贝类呼吸膜，导致其体内缺氧、窒息而死；氯直接参加贝类酶系统的氧化作用。

综上，余氯对贝类的影响浓度为0.1mg/L即相对浓度10，排水口附近余氯最大浓度为0.2mg/L，因此排水口余氯对贝类影响有限。

5.3.3.4 余氯对鱼类的影响

余氯对鱼鳃有损伤作用，使鱼鳃组织发生病变,如组织增生、上皮组织脱离、鳃中积累大量粘液、生成动脉瘤等，从而影响并阻碍鱼鳃与水中溶解氧的交换。余氯也可能通过鱼鳃组织渗入血液中，把血液中能携带氧的还原性血红蛋白氧化成不能携带氧的正铁血红蛋白，还可能抑制正铁血红蛋白还原性酶的活性，从而导致血液运载氧的能力下降。

鱼类对亚致死浓度的余氯也非常敏感，较低浓度的余氯(0.01~0.40mg/L)，就可引起部分鱼类的回避反应。有些鱼类可以通过自身的调节,对氯产生一定的抗性，提高自身对氯的忍耐力。如Lotts等认为0.04~0.08mgL⁻¹的余氯可以引发鲤科鱼对氯的适应能力。当余氯浓度0.08和0.18mg/L时,鳃盖呼吸频率渐渐增加;而当余氯浓度为0.22~2.48mg/L时，鳃盖呼吸频率会迅速增加；但当余氯浓度仅为0.02和0.04mg/L时，与对照组相比，鳃盖呼吸频率并无明显差异。

李桂中(2000)研究发现，淡水生物慢性中毒的余氯剂量为0.0015mg/L，海水生物为0.02mg/L，超过上述浓度时，能引起生物死亡。国外Matlice和Zitlel（1976）通过大量的余氯对水生生物影响的实验数据,得到了普遍意义上的余氯浓度安全阈值为0.02mg/L，目

前国内大都采用的余氯致使海水生物中毒的最低浓度（0.02mg/L）。

综上，余氯致使海水生物中毒的最低浓度0.02mg/L即相对浓度0.2，主要集中在排水口附近，该区域面积约为0.08km²，范围较小，项目排放的余氯对鱼类影响不大。

5.3.3.5 结论

综合分析，海水生物余氯安全阈限为0.02mg/L，因此本报告以0.02mg/L即相对浓度0.2的余氯浓度来衡量余氯对生物的毒性效果。余氯的半衰期很短，衰减常数较大，随温排水流出排水口后很快被自然水体所掺混、稀释，其相对浓度影响范围很小，对海洋生物的影响范围基本限于排水口附近，本工程6台核电机组排放的余氯增量与裕龙石化叠加后大于0.02mg/L的最大包络面积为仅0.08km²，如图5.3-3。对海洋生物的影响范围有限，对海洋生物影响不大。

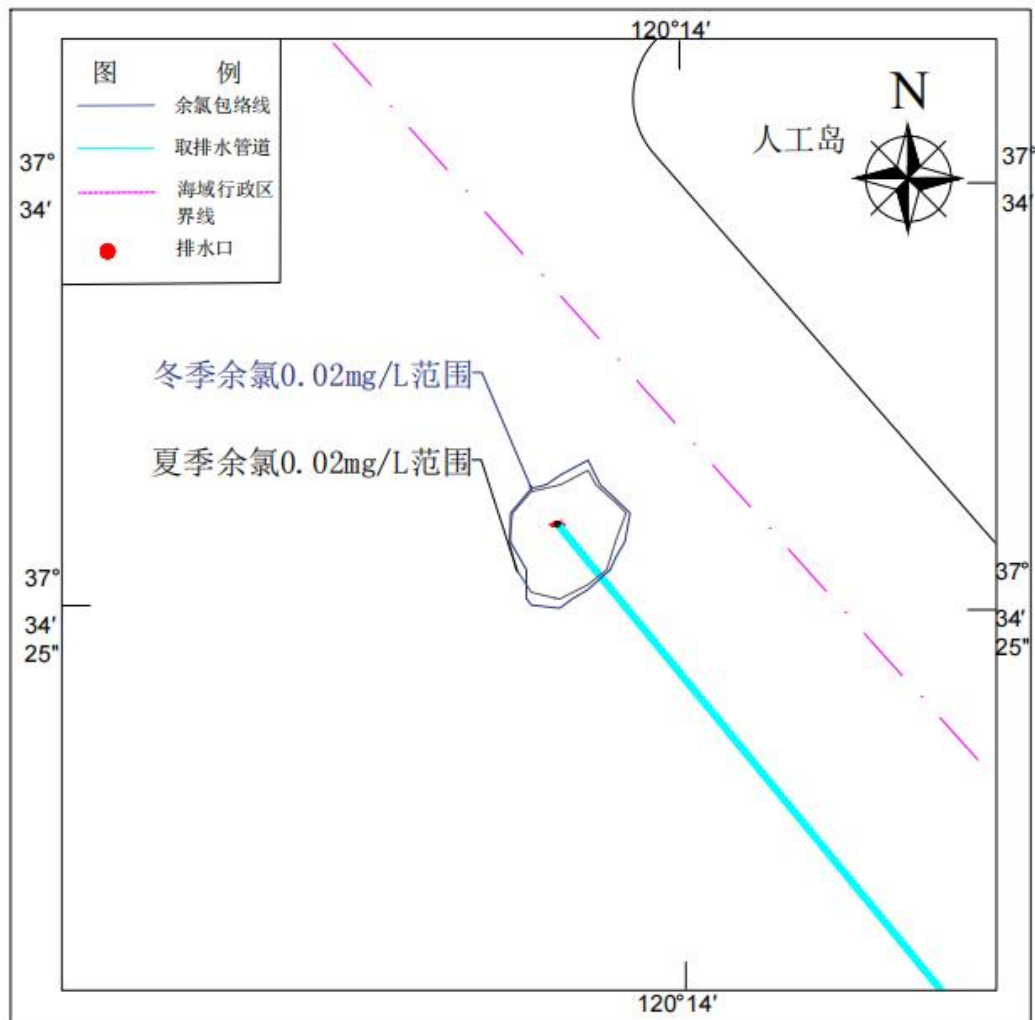


图5.3-3 冬、夏季0.02mg/L余氯包络范围示意图

5.4 放射性核素影响预测与分析

5.4.1 放射性核素影响预测

(a) 液态流出物浓度场变化受自身衰减和水体掺混能力的双重影响，但主要还是受潮流涨落特性影响。在涨潮时段，液态流出物被外海涨潮流带向招远港区方向；在落潮时段，液态流出物被落潮流带向砣矶岛方向。

(b) 招远核电排水量很小，液态流出物的影响范围较小，相对浓度高于0.05的影响范围基本集中在招远港区至砣矶岛之间的海域。

(c) 招远核电排水量很小，虽然受纳海域潮流动力较弱，但也有足够的水深和流速对液态流出物进行掺混、稀释和扩散。

(d) 夏季半月潮水文条件：

招远核电6×1000MWe机组+裕龙石化联合运行工况：0.50相对浓度全潮最大包络面积0.11km²，0.40相对浓度全潮最大包络面积0.28km²，0.30相对浓度全潮最大包络面积0.52km²，0.20相对浓度全潮最大包络面积0.91km²，0.13相对浓度全潮最大包络面积1.55km²，0.10相对浓度全潮最大包络面积3.23km²，0.05相对浓度全潮最大包络面积6.65km²。

(e) 冬季半月潮水文条件：

招远核电6×1000MWe机组+裕龙石化联合运行工况：0.50相对浓度全潮最大包络面积0.03km²，0.40相对浓度全潮最大包络面积0.07km²，0.30相对浓度全潮最大包络面积0.25km²，0.20相对浓度全潮最大包络面积0.66km²，0.13相对浓度全潮最大包络面积1.10km²，0.10相对浓度全潮最大包络面积1.63km²，0.05相对浓度全潮最大包络面积5.70km²。

5.4.2 液态流出物对水质环境影响分析

1、运行状态下放射性液态流出物排放量、排放浓度控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的6.1款规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于0.25mSv的剂量约束值。

招远核电项目采用的华龙一号技术融合方案核发电机组为轻水反应堆，机组额定热功率为3180MW。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中对于3000MW 热功率的轻水反应堆设计控制值，则单堆排放量控制值如下：

液态放射性流出物：

——氚： $7.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；

——C-14： $1.5 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；

——其它核素： $5 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中对于同一堆型的多堆厂址，年总排放量应控制在上述单堆规定值的4倍以内，具体如下：

——氚， $3.0 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；

——C-14， $6.0 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；

——其余核素（除氚、C-14外其他核素）， $2.0 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

参照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性液态流出物中除氚和C-14外其他放射性核素浓度不应超过1000Bq/L。

2、放射性液态流出物排放源项

本项目华龙一号机组运行状态下，放射性液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的放射性液态流出物年排放量控制值的比较见5.4-1。

表5.4-1 放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较

单堆机组			单位：Bq/a	
液态 放射性 流出物	液态流出物	GB6249-2011 单堆控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	^3H	$7.50\text{E}+13$	$4.48\text{E}+13$	59.73%
	^{14}C	$1.50\text{E}+11$	$1.85\text{E}+10$	12.33%
	其余核素	$5.00\text{E}+10$	$1.22\text{E}+10$	24.4%

从表5.4-1中可以看出，各核素均满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）

中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

3、海水中的放射性核素浓度

《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定了海水中 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 5个放射性核素的浓度限值。根据《中广核山东招远核电站一期工程环境影响报告书（选址阶段）》（2022年8月），项目6台机组相应核素在排放口0~1km海域峰值浓度分别为 $3.77\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ 、 $5.69\times 10^{-6}\text{Bq/L}$ 、 $3.41\times 10^{-6}\text{Bq/L}$ 、 $8.08\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ 和 $1.19\times 10^{-2}\text{Bq/L}$ 。根据《中广核山东招远核电工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查报告（第2次）总报告》（2021年7月）中2020年关于放射性核素的调查结果。

核电站运行后放射性核素排放叠加本底仍符合《海水水质标准》（GB3097-1997）。

5.5 浓盐水影响预测与分析

5.5.1 浓盐水影响预测

本节预测结果引自《山东招远核电项目含放射性液态流出物排放数值模拟研究报告》（南京水利科学研究院，2022年8月）。

本次预测浓缩倍率从1.4倍开始按10%递减。考虑招远核电6台机组+裕龙石化联合运行对潮流场的影响。核电站浓盐水排放夏季、冬季浓度场包络面积预测结果见表5.5-1。

表5.5-1 核电站浓盐水排放夏季、冬季浓度场包络面积（单位： km^2 ）

运行方式	潮型	浓缩倍率			
		1.1	1.2	1.3	1.4
招远核电 6 台机组+裕龙石化联合运行	夏季半月潮	0.8	0.21	0.03	<0.01
	冬季半月潮	0.57	0.05	<0.01	<0.01

根据预测结果可知：

夏季半月潮，浓盐水浓缩倍率为1.1倍时全潮最大包络面积不大于 0.8km^2 ；浓盐水浓缩倍率为1.2倍时全潮最大包络面积不大于 0.21km^2 ；1.3及以上全潮最大包络面积不大于 0.03km^2 。

冬季半月潮，浓盐水浓缩倍率为1.1倍时全潮最大包络面积不大于 0.57km^2 ；浓盐水浓缩倍率为1.2倍时全潮最大包络面积不大于 0.05km^2 ；1.3及以上时全潮最大包络面积< 0.01km^2 。

5.5.2 运营期浓盐水对海洋生态的影响

由于浓盐水没有质量标准，本论证报告通过检索参考文献，给出海水盐度对部分海

洋生物种类的最适宜生长影响的情况。见表5.5-2。

根据项目区周边养殖生物海湾扇贝的适宜生长盐度可以计算出：浓盐水浓缩倍率为1.33倍（盐度约为 $32.2 \times 1.33 = 42.8$ ）时养殖生物海湾扇贝不会受到盐度影响，根据（表4.1.4-8）可知，浓盐水浓缩倍率为1.33倍时全潮最大包络面积（6台机组、夏季半月潮） $< 0.03\text{km}^2$ ，主要分布在排水口附近，工程浓盐水在排入海域后在很小范围内即被稀释至海水本底盐度，因此海水淡化系统产生的浓盐水对周边海域海洋生物不会产生明显影响。

表5.5-2 海水盐度对部分海洋生物的影响

生物分类	物种	最适生长盐度	受高浓度盐水影响情况	参考文献
养殖生物	海湾扇贝	15~43	当盐度低于15或高于47时生长迅速减慢，当盐度低于11或高于43时稚贝死亡严重	林瑞才、林笔水等. 温盐度对海湾扇贝稚贝迁移行为、生长和存活影响的实验. 台湾海峡, 1991年6月, 第10卷2期
	栉孔扇贝	25~36	盐度高于36区域范围内扇贝幼贝存活率降低	袁有宪等. 栉孔扇贝对环境变化适应性研究—盐度、pH对存活、呼吸、摄食及消化的影响. 中国水产科学, 2001年, 7(4):73-77
	翡翠贻贝	19.5~31.4	16~32 滤水率随盐度升高而增大，尤其在低温条件下盐度对滤水率影响最大	杨晓新等. 温度、盐度和光照条件对翡翠贻贝滤水率的影响. 海洋科学, 2000, 24(6):36-38
	硬壳蛤	18~36	18~48 均能成活，但生长情况很不一致，适宜生长盐度范围为18-42	张涛等. 环境因子对硬壳蛤稚贝成活率和生长率的影响. 海洋与湖沼, 2003, 34(2):142-149
浮游生物	中肋骨条藻	13~36	盐度高于36区域范围内中肋骨条藻不能正常生长，繁殖过程受到抑制	霍文毅等. 胶州湾中肋骨条藻赤潮与环境因子的关系. 海洋与湖沼, 2001年, 32(3):311-317
底栖生物	菲律宾蛤仔	23.8~34.8	盐度高于38.3区域范围内受精卵孵化受到负面影响 25~35 区域摄食率随盐度升高而减低	王军等. 盐度对菲律宾蛤仔浮游幼体存活和生长的影响. 水产科学, 2003, 22(2):12-13
	马粪海胆	27~35	盐度高于35区域范围内受精率下降，到43时受精率仅为60%	张鹏等. 盐度及饵料对马粪海胆幼体生长发育及变态的影响. 海洋湖沼通报, 2004年, (4):75-80
	刺参	18~39	盐度高于39区域范围内排脏或大批死亡	张少华等. 刺参对盐度的适应实验. 齐鲁渔业. 2004年, 21(12):9-10
游泳动物	牙鲆	10~35	摄食转化率在盐度为16和24时最高，32次之；盐度高于35区域范围内胚胎发育受到影响	姜志强等. 不同盐度下牙鲆幼鱼存活、生长和摄食的研究. 大连水产学院学报, 2006年, 17(2):15-30.

		5~45	初孵仔鱼生长的适宜盐度	王宏田等.牙鲆胚胎及其初孵仔鱼的盐度耐受力. 中国水产科学, 2000, 7 (3):21-23
	真鲷	17~33	盐度高于 33 区域范围内摄食强度急剧下降, 稚鱼存活率逐步降低	王涵生. 盐度对真鲷受精卵发育及仔稚鱼生长的影响. 中国水产科学, 2002 年, 9 (1):33-37
	日本对虾	18~30	耐受盐度 18~36, 成体可达 38; 盐度高于 40, 虾苗无法生存	水柏年. 日本对虾虾苗对若干环境因子的适应性研究. 水产学报, 2004 年, 28 (4):468-472

6 海域环境功能区划及相关规划符合性

6.1 与海洋功能区划符合性分析

6.1.1 《全国海洋主体功能区规划（2011-2020年）》

《全国海洋主体功能区规划》依据海洋主体功能，将海洋空间划分为优化开发区域、重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域。招远核电项目用海区域位于山东半岛，海洋主体功能区划为优化开发区域。

优化开发区域的发展方向与开发原则主要为优化近岸海域空间布局，合理调整海域开发规模和时序，控制开发强度，严格实施围填海总量控制制度；推动海洋传统产业技术改造和优化升级，大力发展海洋高技术产业，积极发展现代海洋服务业，推动海洋产业结构向高端、高效、高附加值转变；推进海洋经济绿色发展，提高产业准入门槛，积极开发利用海洋可再生能源，增强海洋碳汇功能；严格控制陆源污染物排放，加强重点河口海湾污染整治和生态修复，规范入海排污口设置；有效保护自然岸线和典型海洋生态系统，提高海洋生态服务功能。

项目选址在山东省招远市，占用海域建设核电厂的取排水口，项目建成后可提供大量的电力服务，推动清洁能源事业的发展，有利于我国双碳目标的实现，项目建设符合《全国海洋主体功能区规划》。

6.1.2 《山东省海洋功能区划（2011-2020年）》

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020）》，招远核电项目所在海域的海洋功能区为龙口湾工业与城镇用海区（A3-11）。附近主要功能区有招远旅游娱乐区（A5-6）、龙口湾特殊利用区（A7-5）、龙口港口航运区（A2-9）、莱州招远农渔业区（A1-8）、龙口港保留区（A8-9）、烟台招远海洋保护区（A6-12）等。项目所在海域及周边海域的海洋功能区划如图6.1-1及表6.1-1。

排水口所在功能区为龙口湾工业与城镇用海区（A3-11），该功能区海域使用管理要求：“基本功能为工业与城镇用海，河口处兼容污水达标排放功能。在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。保障河口行洪安全，河口区域围填海造地应当符合防洪规划。”用海方式：“允许适当改变海域自然属性，鼓励采用人工岛、多突堤、区块组团等用海方式。”海域整治：“优化围填海海岸景观设计。”生态保护重点目标：“近岸生态系统。”环境保护要求：“加强海洋环境质量监测，加强工业区环境治理及动态监测；实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。海域开发前基本保持所在

海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于二类标准。”

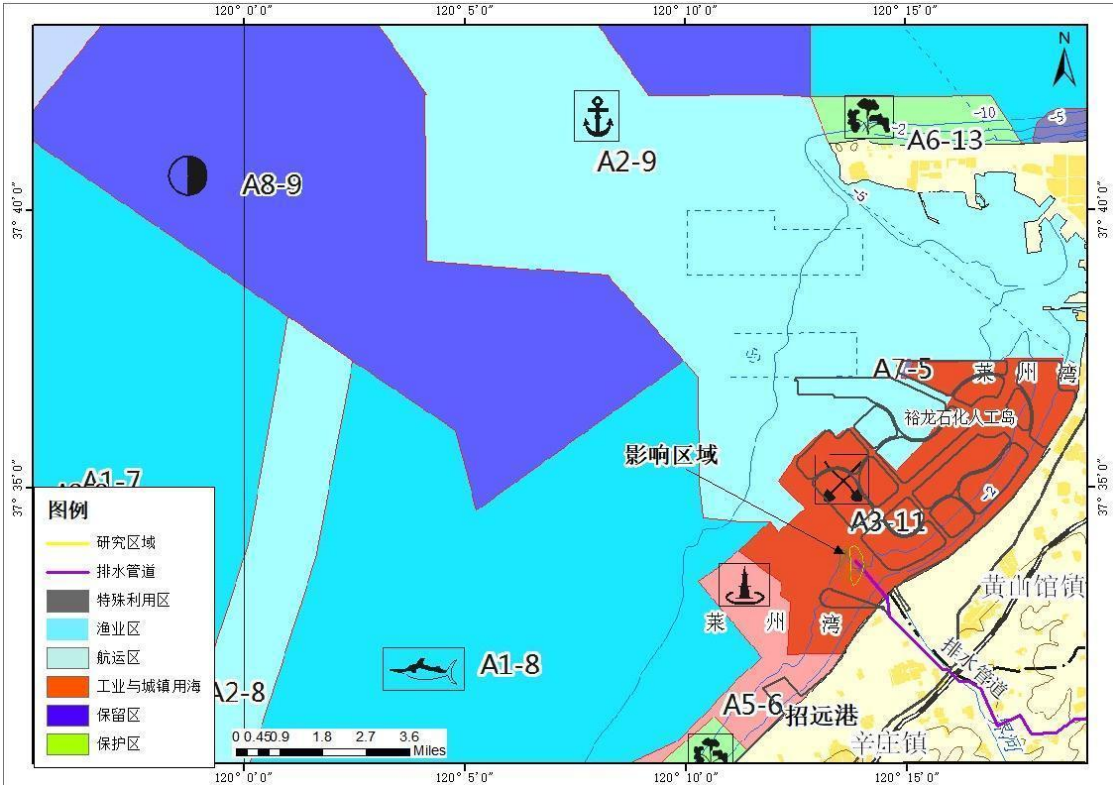


图 6.1-1 项目邻近海域海洋功能区划图（山东省海洋功能区划，2011-2020）（注：图中影响区域为冬季 4℃温升范围，下同）

表 6.1-1 项目邻近海域海洋功能区

代码	功能区名称	方位	距离（km）	功能区类型
A6-12	烟台招远海洋保护区	S	6.3	保护区
A5-6	招远旅游休闲娱乐区	S	1.8	旅游休闲娱乐区
A1-8	莱州-招远农渔业区	W	2.4	农渔业区
A3-11	龙口湾工业与城镇用海区	位于该功能区内	/	工业与城镇用海区
A7-5	龙口湾特殊利用区	N	5.8	特殊利用区
A8-9	龙口港保留区	WN	8.2	保留区
A2-9	龙口港口航运区	N	8.5	航运区
A6-13	烟台砗姆岛保护区	N	13.3	保护区

本项目占用海域建设核电厂的取排水工程，用海功能符合所在功能区“工业与城镇用海功能”，排水质量仅受余温和余氯影响，不进行填海活动，排水口距离界河河口1.7km且排水过程中水流量稳定不会出现激增现象将不影响河口行洪安全，符合该功能区海域使用管理要求；取排水口的建设基本不改变该海域自然属性、不影响海岸景观及近岸生态系统，符合用海方式、海域整治及生态保护重点目标要求；本项目排放的液态流出物的影响范围将严格控制在近岸海域环境功能区划调整区域内，根据《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（GB

14587-2011)开发过程中严格控制排放物入海总量,与该功能区环境保护要求基本符合。与排水口影响区域距离较近的招远旅游休闲娱乐区(A5-6)有1.8km,排放物经海水自然稀释后,对该功能区的影响可以忽略不计。

本项目运营期温排水排放,夏季无4℃温升区,冬季存在4℃温升区,不满足《海水水质标准》(GB3097-1997)中“人为造成的海水温升不超过当时当地4℃”的海水水质三类标准的要求。因此,本项目用海与该功能区的“开发利用期执行海水水质不劣于三类标准”的海洋环境保护要求不一致。

目前,项目所在区域国土空间规划仍在调整制定中,招远市政府出具了《关于山东招远核电项目用地用海纳入国土空间规划的报告》(招政发[2022]18号)(附件8)的说明函件,反馈招远市“拟将招远核电项目用海、用地纳入招远国土空间规划中”。

因此,排水口影响区域排水仅对龙口湾工业与城镇用海区(A3-11)水质环境产生一定影响。

表 6.1-2 工程所在海域及周边海域的功能区登记表

代码	功能区名称	地理范围	功能区类型	面积(km ²)	岸段长度(km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
A2-9	龙口港口航运区	龙口湾内及北部近海四至：120°8.5"--120°19'27.21";37°34'10.07"--37°49'12.73"	港口航运区	252.51	36.51	用途管制：本区域基本功能为港口航运功能，在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。保障港口航运用海，航道及两侧缓冲区内禁止养殖。 用海方式：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。	生态保护重点目标：港口水深地形条件。 环境保护要求：防止渔港环境污染，加强环境综合治理。避免对毗邻海洋保护区产生影响。港口区海域海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于三类标准。航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。
A6-13	烟台砬姆岛海洋保护区	砬姆岛村北四至：120°12'50.75"--120°17'39.94";37°41'7.21"-37°42'3.07"	海洋保护区	10.06	6.69	用途管制：本区域基本功能为海洋保护功能兼容旅游休闲娱乐功能。规划建立砬姆岛省级海洋特别保护区，优先保障海洋保护区用海按照《海洋特别保护区管理办法》进行管理 用海方式：生态保护区禁止改变海域自然属性，资源恢复区严格限制改变海域自然属性开发利用区和环境整治区允许适度改变海域自然属性。 海域整治：保持自然岸线形态、长度和邻近海域底质类型的稳定。	生态保护重点目标：海岛生态系统和海洋生态系统、渔业资源和海珍品。 环境保护要求：严格执行国家关于海洋环境保护的法律、法规和标准，加强海洋环境质量监测。维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
A8-9	龙口港保留区	龙口港西部海域四至：119°54'50.05"--120°9'58.04";37°34'34.87"--37°46'40.7"	保留区	177.87	0	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。 用海方式：严格限制改变海域自然属性；调整时需经科学论证，调整保留区的功能，并按程序报批。	生态保护重点目标：海洋自然生态系统。环境保护要求：保持现状。

代码	功能区名称	地理范围	功能区类型	面积(km ²)	岸段长度(km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
A1-8	莱州 - 招远北农渔业区	石虎咀至界河以北海域四至： 119°59'18.28"--120°11'55.74";37°26'6.67"--37°37'16.68"	农渔业区	216.27	6.39	用途管制：本区域基本功能为农渔业功能，兼容矿产与能源等功能。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。加强渔业资源养护，控制捕捞强度。保障河口的行洪安全。 用海方式：严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海。 海域整治：严格保护砂质自然岸线，禁止破坏其自然形态。	生态保护重点目标：对虾种质资源；近岸砂质海岸。 环境保护要求：加强海洋环境质量监测。河口实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。渔业设施建设区海水水质不劣于二类（渔港区执行不劣于现状海水水质标准），海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。水产种质资源保护区、捕捞区海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。其它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。
A3-11	龙口湾工业与城镇用海区	龙口湾内四至： 120°11'10.86"--120°18'55.21";37°31'58.1"--37°37'17.94"	工业与城镇用海区	51.64	12.25	用途管制：本区域基本功能为工业与城镇用海，河口处兼容污水达标排放功能。在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。保障河口行洪安全，河口区域围海造地应当符合防洪规划。 用海方式：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。 海域整治：优化围填海海岸景观设计。	生态保护重点目标：近岸生态系统。 环境保护要求：加强海洋环境质量监测，加强工业区环境治理及动态监测；实行陆源污染物入海总量控制，进行减排防治。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于二类标准。

代码	功能区名称	地理范围	功能区类型	面积(km ²)	岸段长度(km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
A5-6	招远旅游休闲娱乐区	招远辛庄镇西北四至： 120°6'55.79"--120°13'35.46";37°27'59.52"--37°33'50.73"	旅游休闲娱乐区	20.24	6.63	用途管制：本区域基本功能为旅游休闲娱乐功能，兼容农渔业等功能。允许建设旅游基础设施，严格控制岸线附近的景区建设工程；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：严格限制改变海域自然属性；控制岸线附近的景区建设工程；合理控制旅游开发强度，严格论证基础设施建设。 海域整治：保护砂质岸线，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。	生态保护重点目标：自然景观、海岸线。 环境保护要求：治理和保护海域环境，加强水质监测，控制污染损害事故的发生；防止渔港环境污染，加强环境综合治理。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。本海域文体休闲娱乐区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；风景旅游区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二类标准。
A6-12	烟台招远海洋保护区	马埠至高家庄子四至： 120°8'6.72"--120°11'22.46";37°28'25.06"--37°30'51.48"	海洋保护区	8.75	5.36	用途管制：本区域基本功能为海洋保护功能兼容旅游休闲娱乐功能。保障海洋保护区用海，按照《海洋特别保护区管理办法》进行管理。保障河口行洪安全。 用海方式：生态保护区禁止改变海域自然属性，资源恢复区严格限制改变海域自然属性开发利用区和环境整治区允许适度改变海域自然属性。 海域整治：禁止采砂，保持海岸线自然风貌对侵蚀岸段进行合理整治。	生态保护重点目标：沙滩、海岸线、自然景观。 环境保护要求：严格执行国家关于海洋环境保护的法律、法规和标准，加强海洋环境质量监测。维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性，保护自然景观。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
A7-5	龙口湾特殊利用区	龙口湾内四至： 120°14'46.37"-120°15'9.7";37°36'57.19"-37°37'17.98"	特殊利用区	0.27	0	用途管制：本区域基本功能为特殊利用功能应充分论证，合理规划，科学确定用海的位置和范围。 用海方式：严格限制改变海域自然属性；调整时需经科学论证。	生态保护重点目标：海洋自然生态系统。 环境保护要求：海水水质不劣于四类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准。

6.1.3 《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》

按照《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》，项目周边的近岸海域环境功能区划如图6.1-2，表6.1-3所示。本项目工程位于龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII），执行第三类海水水质标准。

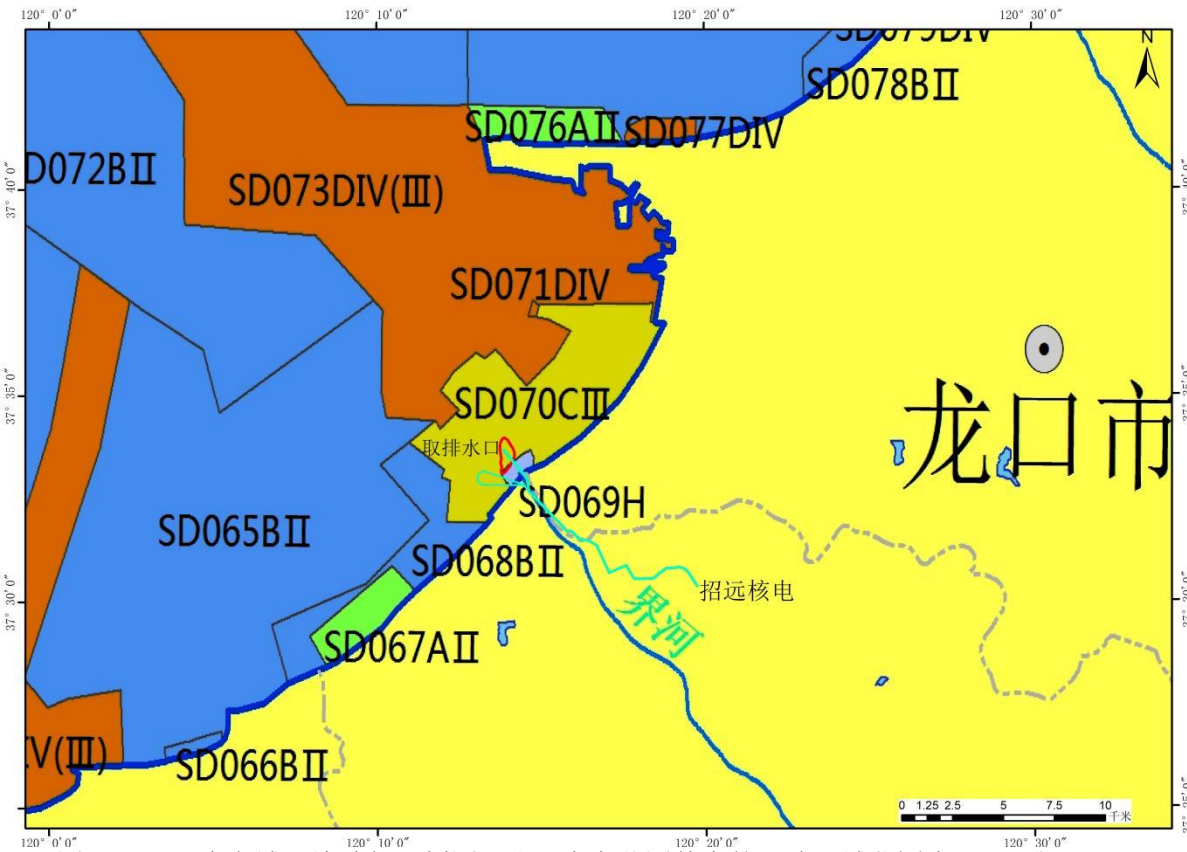


图6.1-2 近岸海域环境功能区划图（注：本章节图件中的影响区域范围为4℃温升及0.02mg/L余氯的最大扩散范围，下同）

表 6.1-3 近岸海域环境功能区登记表

序号	功能区代码	名称	地理位置	面积 (km ²)	方位与距离 (km)	功能类别	水质保护目标
1	SD070CIII	龙口湾工业与城镇建设区	龙口湾内	50.41	位于功能区内	C	III
2	SD067A II	招远砂质海岸海洋特别保护区	马埠到高家庄子	8.75	S 4.2	A	II
3	SD068B II	招远旅游娱乐区	招远辛庄镇西北	20.24	S 3.2	B	II
4	SD069H	界河入海口混合区	界河入海口	1.23	E 0.3	H	-
5	SD071DIV	龙口湾特殊利用区	龙口湾内	0.27	N 2.6	D	IV
6	SD072B II	龙口港留用备择区	龙口港西部海域	177.87	W 8.5	B	II
7	SD073DIV	龙口港口航运区	龙口港附近海域	252.51	WN 2.4	D	IV（港口IV、航道与锚地III）

《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》中明确：对尚待开发的留用备择区，调整前应按水质现状加以保护，不得随意降级使用。混合区不设置水质目标，但不得影响临近功能区的水质。部分现状水质较差，与实现目标水质有较大差距的环境功能区或现状水质尚可但短期内经努力仍无法达到目标水质的环境功能区，采用目标倒逼机制，分阶段逐步加严，规划期按照不低于现状水质或水质较现状略有改善的要求进行保护，远期应按照使用功能稳定达到GB3097-1997规定的相应水质标准。个别环境功能区现状水质较好，优于所在环境功能区使用功能所对应的水质标准，按照现状水质从严确定水质保护目标。

本项目排水口所在的龙口湾工业与城镇建设区（代码SD070CIII）为C类环境功能区，执行《海水水质标准（GB3097-1997）》中第三类海水水质标准，水质保护要求人为造成的海水温升不超过当时当地4℃，而本项目区冬季排水口处冷却水最大温升与所在功能区水质要求不符，根据《近岸海域环境功能区管理办法》(国家环境保护总局令第8号)第六条规定，将对附近环境功能区进行合规、合理地调整，以符合近岸海域环境功能区划要求。

6.2 与海洋生态保护红线的符合性分析

6.2.1 《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》

根据《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》，招远渔港到莱州方向的近岸500m-600m范围基本均被列入限制开发的区域。招远海域的大部分被列入重要渔业保护区。招远核电项目用海所在海域不属于生态红线范围内。招远海域的生态红线情况见图6.2-1。本项目拟调整区域的位置与各海洋生态红线区的距离一览表见表6.2-1。

表 6.2-1 本项目排水口的位置与各海洋生态红线区的距离一览表

代码	海洋生态红线区名称	方位	距离（km）
XZ8-2	莱州—招远砂质岸线限制区	WS	7.91
JZ2-8	招远砂质海岸禁止区	WS	6.15
XZ2-8	招远砂质海岸限制区	WS	6.15
XZ5-10	莱州湾中国对虾渔业海域限制	WS	4.15
XZ5-11	招远渔业海域限制区	WN	9.13
XZ5-12	龙口渔业海域限制区	N	15.61
XZ7-2	龙口砬岬岛景观遗迹限制区	N	13.77

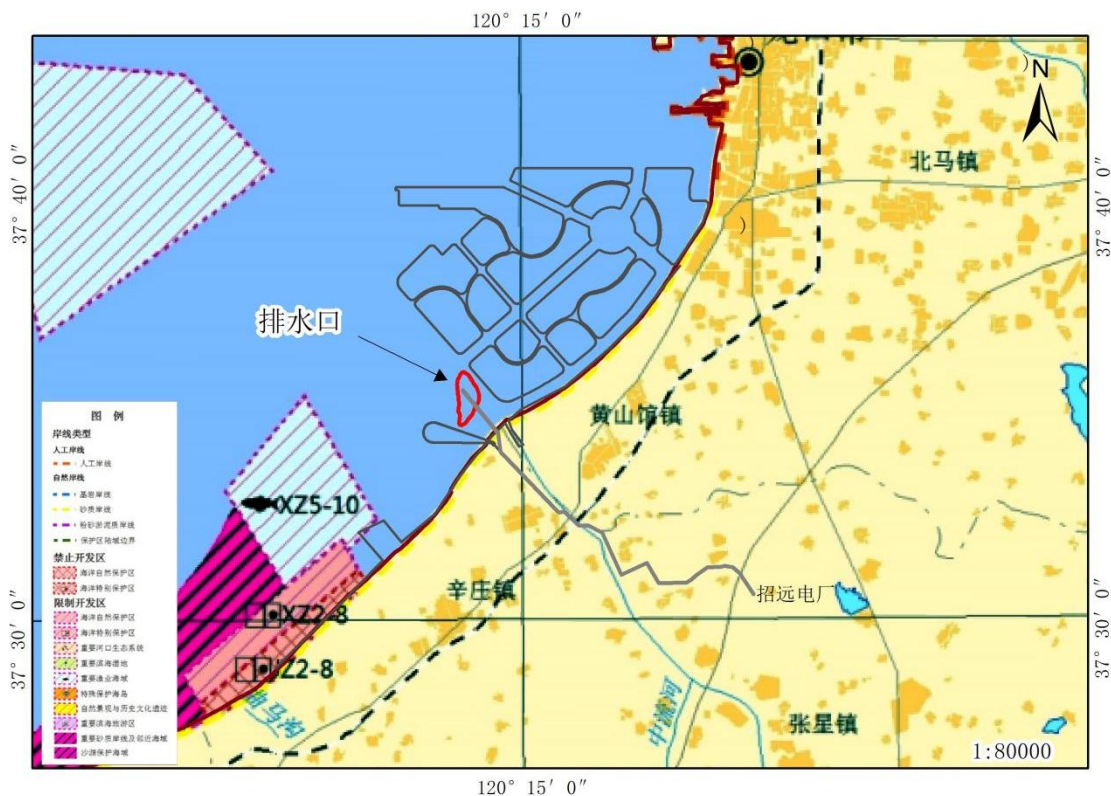


图 6.2-1 项目周边海域海洋生态红线示意图

项目区最近的海洋生态红线区为莱州湾中国对虾渔业海域限制区（XZ5-10）位于招远辛庄镇西北四至：120°8'59.64"—120°12'2.52"；37°30'32.76"—37°33'37.80"，距离为4.15km。管控措施：“禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破和施工等开发活动，加强渔业资源养护，控制捕捞强度。”环境保护要求：“加强海域污染防治和监测。保护区周边海域环境杜绝影响本海域的点面源污染，禁止排污、倾倒废弃物等不利于环境保护与资源恢复行为，保护海洋生物资源的生存环境不受破坏。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。”

排水口影响区域与最近的海洋生态红线区距离较远（4.15km），据《对辽东湾渤海莱州湾国家级水产种质资源保护区影响专题报告》，排水口附近无“三场一通”的分布，排水经海水自然淡化与稀释后，不会对该区域内游泳生物的生长繁殖产生显著影响，对该海洋生态红线区不会产生明显的负面影响。

表6.2-2 山东省渤海海洋生态红线保护区域说明

代码	类别	类型	名称	覆盖区域		生态保护目标	管控措施
				面积(km ²)	岸线长 (km)		
XZ5-9	限制开 发区	重要渔业 海域	莱州湾半滑舌 鳎口虾蛄梭子 蟹渔业海域限 制区	29.87		半滑舌鳎、口 虾蛄、梭子蟹 等种 质资源 及 生存环境	管控措施：禁止围填海、截断洄游通道、水下施工等用海活动。加强渔业资源养护， 控制捕捞强度。在不影响海域生态环境的前提下，允许航道用海。 环境保护要求：周边海域禁止排污、倾倒废弃物等不利于环境保护与资源恢复行 为，保护海洋生物资源的生存环境不受破坏。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
XZ5-10	限制开 发区	重要渔业 海域	莱州湾中国对 虾渔业海域限 制区	13.08	0.00	中国对虾、牙 鲆、日本鲷、 梭子 蟹、红螺 等种质资源 及生存环 境	管控措施：禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破和施工等开发活动，加强渔业资源养护，控制捕捞强度。 环境保护要求：加强海域污染防治和监测。保护区周边海域环境杜绝影响本海域的点面源污染，禁止排污、倾倒废弃物等不利于环境保护与资源恢复行为，保护海洋生物资源的生存环境不受破坏。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
XZ5-11	限制开 发区	重要渔业 海域	招远渔业海域 限制区	177.88	0.00	海洋自然 生 态系统， 重要 渔业 资源的 产 卵场、索饵 场、越冬场和 洄游通 道	管控措施：禁止水下采砂和施工等用海活动，保护经济鱼类的三场一道，采取增殖放流等措施，加强渔业资源养护，控制捕捞强度。在不影响海域生态环境的前提下， 可允许符合港口规划的航道用海和码头建设。 环境保护要求：维护海洋自然生态，保护海洋生物的生存环境。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标 准。

代码	类别	类型	名称	覆盖区域		生态保护目标	管控措施
				面积(km ²)	岸线长 (km)		
XZ5-12	限制开 发区	重要渔业 海域	龙口渔业海域 限制区	208.20	0.00	海洋自然 生 态系统, 重要 渔业 资源的 产 卵场、索饵 场、越冬场和 洄游通 道	管控措施: 禁止水下采砂和施工等用海活动, 保护经济鱼类的三场一道, 采取增殖放流等措施, 加强渔业资源养护, 控制捕捞强度。在不影响海域生态环境的前提下, 允许航道用海。 环境保护要求: 维护海洋自然生态, 保护海洋生物的生存环境。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
JZ2-8	禁止开 发区	海洋特别 保护区	招远砂质海岸 保护区	4.26	6.35	砂质海岸及其 海洋生态系统	管控措施: 按照《海洋特别保护区管理办法》进行管理。禁止进行海岸带的开发利用以及一切有关的能够影响该保护区生态系统稳定性的活动。维持与改善自然生态条件, 使砂质海岸得到有效保护和修复。 环境保护要求: 维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性, 保护自然景观。维护海洋动力环境的稳定。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
XZ8-2	限制开 发区	砂质岸线 与邻近海 域	莱州—招远砂 质岸线限制区	30.72	11.03	海砂、潮间带、 海底地形等海 洋 自然环境及砂 质岸线	管控措施: 禁止从事可能改变或影响沙滩自然属性的开发建设活动。设置砂质岸线退缩线。禁止采挖海砂等可能诱发海滩蚀退的开发活动, 适当进行沙滩保持的岸线整治修复工程, 以保持岸线基本稳定。 环境保护要求: 保持砂质岸线及附近的海洋生态环境基本稳定, 保证废水、污水必须达标排海。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不劣于一类标准。

6.2.2 山东省“三区三线”划定成果

2022年10月14日自然资源部办公厅发布的《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函【2022】2207号）中明确指出，山东“三区三线”划定成果正式启用，作为报批建设项目用地用海组卷报批的依据。“三区三线”是根据农业空间、生态空间、城镇空间三个区域，分别对应划定的耕地和永久基本农田保护红线、城镇开发边界、生态保护红线三条控制线。农业空间是以农业生产、农村生活为主体的区域；生态空间是指具有自然属性、以提供生态服务或生态产品为主的区域；城镇区间是以承载城镇经济、社会、政治、文化、生态等要素为主的功能空间。

根据本工程用海范围、最大影响范围与“三区三线”叠加图，本工程用海范围及最大影响范围均不占用耕地和永久基本农田，不占用生态红线，符合国土空间管控要求。因此，项目用海符合山东省“三区三线”划定成果。

6.3 与相关规划符合性分析

6.3.1 《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》

2018年1月12日国家发展改革委发布的《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》中提到，到2022年，山东省在试验区的带动下，以济南、青岛、烟台为核心，基本形成新动能主导经济发展的新格局，经济质量优势显著增强，现代化经济体系建设取得积极进展；新兴产业逐步成长为新的增长引擎，成为引领经济发展的主要动能；现有的传统产业基本完成改造升级，成为推动经济发展的重要动能；创新创业活力显著增强，创新型经济初步具备核心竞争力。

《山东省新旧动能转换重大工程实施规划》提出以“四新”促“四化”实现“四提升”，重点发展新能源新材料产业等“十强”产业。烟台市积极对接全省“十强”产业，以装备制造等八大产业为重点，努力培育壮大优势产业集群。

招远核电项目建设期内预期拉动社会总产出约3600亿元，项目将有力地带动烟台市核电装备产业规模化发展。建设招远核电项目，对于促进烟台市乃至全省新旧动能转换具有重要作用，契合山东省新旧动能转换的发展目标。

6.3.2 《山东省新能源产业发展规划（2018-2028年）》

《山东省新能源产业发展规划（2018-2028年）》中对于核能产业发展提出：“围绕我国先进的三代、四代核电技术示范项目与核能小型堆多元供给平台建设，以核电技术自主创新为重点，发挥国家级核电产业创新示范平台作用，加快技术创新和产业

孵化，打造我国先进的核能技术研发、人才集聚和核能综合利用产业示范高地，支撑和培育核能材料与装备制造、核电建设运维等产业发展，形成具有国际先进水平的核电装备基地和集成供应商。到2022年，核电技术创新能力与装备制造规模进一步提升，全省核电及配套产业产值力争突破1000亿元。到2028年，核电装备与材料关键技术走在全国前列，具备新一代核电共用技术支持能力，成为中国核电走向世界的“桥头堡”，全省核电及配套产业产值力争达到1800亿元。”

本项目占用海域建设取排水口，项目建成后可推动核电事业的发展，项目建设符合《山东省新能源产业发展规划（2018-2028年）》要求。

6.3.3 《山东省能源发展“十四五”规划》

《山东省能源发展“十四五”规划》中提出的实施核能积极有序开发利用行动计划主要有：秉承“严谨细实”核安全理念，积极推进核电项目建设，加快核能综合利用示范推广。到2025年，在运在建核电装机达到1300万千瓦左右。围绕打造胶东半岛千万千瓦级核电基地，按照“3+2”核电总体开发布局，积极推进海阳、荣成、招远三大核电厂址开发。依托沿海核电基地建设，聚焦华龙一号、CAP系列、高温气冷堆等三代及以上核电关键技术装备国产化，重点在烟台、威海、济南等地布局核电装备产业园区。

本项目《山东省能源发展“十四五”规划》中的招远核电项目，项目建设符合《山东省能源发展“十四五”规划》。

6.3.4 《烟台市海洋功能区划（2013—2020年）》

根据《烟台市海洋功能区划（2013—2020年）》，招远核电项目所在海域的海洋功能区为龙口湾工业与城镇用海区A3-11。附近主要功能区有招远风景旅游区（A5-6-1）、龙口湾特殊利用区（A7-5）、龙口港口区（A2-9-1）、招远近海养殖区（A1-8-3）、龙口港保留区（A8-9）、烟台招远海洋特别保护区（A6-12）等。项目所在海域及周边海域的海洋功能区划如图6.3-1。

排水口影响区域所在功能区为龙口湾工业与城镇用海区（A3-11），该功能区海域使用管理要求：“本区域基本功能为工业与城镇用海功能，河口处兼容污水达标排放功能。在基本功能未利用时允许兼容养殖等功能，控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制；保护自然岸线的形态、长度。保障河口行洪安全，河口区域围海造地应当符合防洪规划。”用海方式：“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。”海域整治：“优化围填海海岸景观设计。”生态保护重点目标：“近岸生态系统。”环境保护要求：“加强海洋环境质量监测，加强工业区环境治理及动

A3-11	龙口湾工业与城镇用海区	位于该功能区内	/	工业与城镇用海区
A7-5	龙口湾特殊利用区	N	5.8	特殊利用区
A8-9	龙口港保留区	WN	8.2	保留区
A2-9-1	龙口港口区	N	8.5	港口航运区
A6-13-1	烟台砬姆岛海洋特别保护区	N	13.3	海洋保护区

6.3.5 《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》

《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出：“推进能源供给侧结构性改革，培育能源生产消费新业态新模式。把清洁绿色能源作为主攻方向，大力发展可再生能源、核电，加快天然气产供储销基地建设，推动清洁能源综合利用示范，增强能源自主保障能力。到2025年，清洁能源装机容量突破1200万千瓦，发电量突破350亿千瓦时，天然气供应量突破200亿立方。”

混合区的调整规划，使排水工程的建设能够满足核电厂循环冷却水排放的要求，项目建设有利于推动清洁绿色能源的发展，项目建设符合《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》。

6.3.6 《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》

——**生态保护红线和一般生态空间**。本项目主体工程位于招远市陆域，取排水工程位于招远市与龙口市交界处，占用的陆域及海域均不属于生态环境敏感区和重要区，项目不占用《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020年）》、《山东省生态保护红线规划（2016-2020）》中的生态红线区，符合烟台市“全市陆域生态保护红线面积不低于1478.59 平方公里，海洋生态保护红线面积不低于3551.57 平方公里”的生态保护目标要求。

——**环境质量底线**。本项目为核电工程，利用放射性核素原子核内部蕴藏的能量进行发电，属于清洁能源，没有传统火电产生的废水、废气、废渣的产生，整个项目在运营期均采取严格的污染防治措施，防治污染事故的发生，项目建设符合烟台市“稳固空气质量改善成效，市区环境空气质量稳定达到国家二级标准，空气质量优良率达到80%以上，基本消除重污染天气。水环境质量持续改善，各区市地表水考核断面水质达到国家、省、市考核要求，国控地表水考核断面优良水体比例达到63.6%；入海河流消除劣Ⅴ类；近岸海域水质优良面积比例达到97.6%.....”的环境质量底线要求。

——**资源利用上线**。本项目为核电工程，利用核燃料的核裂变反应所释放的核能来发电，属于高效能源，所消耗的核燃料比同样功率的火电厂所消耗的化石燃料减少数千上万倍，项目建设符合烟台市“能源结构调整优化，煤炭消费总量进一步压减，能

耗总量及强度指标完成省下达任务.....”的资源利用上线要求。

——**生态环境准入清单**。本项目为核电站建设项目，根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》，本项目属于“第一类 鼓励类”项目，不属于烟台市市级生态环境准入清单中的“禁止开发建设活动的要求”、“限制开发建设活动的要求”，项目建设符合烟台市市级生态环境准入清单。

综合分析，项目建设符合《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

6.3.7 龙口港区总体规划

根据《山东半岛蓝色经济区规划》、《胶东半岛高端产业集聚区发展总体规划》等相关规划，龙口市人民政府编制了《龙口湾临港高端制造业集聚区一期（龙口部分）区域建设用海规划报告》，2010年5月获国家海洋局批复。之后龙口市全面开始人工岛的建设工作，目前人工岛填海造地已基本完成。从2010年国家海洋局批复人工岛项目至今，国际国内的形势发生了重大变化，新形势下人工岛的产业发展定位需要重新调整，需抓住我国产业结构调整、转型升级和新旧动能转换的机会，充分利用龙口的区位优势 and 港口运输条件，通过进口原材料发展港口产业一体化的新型园区，推动人工岛产业开发工作，使人工岛投资尽快发挥作用。

2018年1月，国务院批复了《山东新旧动能转换综合试验区建设总体方案》，山东省相应制定了《山东省高端化工产业发展规划（2018-2020年）》，规划利用人工岛发展龙口高端化工新材料产业，主要包括乙烷裂解、丙烷脱氢、甲醇制烯烃等，规划发展目标为烯烃总规模400万吨/年。石化产业发展所需原材料和产成品大都需通过海运进出口。为更好地适应新形势下山东省实施新旧动能转换等重大战略和腹地经济社会发展对港口运输的新要求，适应国家煤电油气运保障工作要求，服务产业规划和项目落实，促进烟台全港布局优化和结构调整，有必要优化调整龙口港区的总体规划方案。

交通运输部于2018年6月份出具了《关于烟台港龙口港区总体规划方案调整有关事项的复函》，原则同意开展烟台港龙口港区总体规划方案调整工作。

本项目取排水口不在烟台港龙口港区作业范围内，项目温排水导致的温升对港口航运功能没有影响。因此，本项目建设不影响龙口港区总体规划的功能发挥。

本项目与烟台港龙口港区总体规划方案叠置图见图6.3-2。

160

7 近岸海域环境功能区划调整方案

7.1 拟调整海域环境功能区划现状

(1) 近岸海域环境功能区划管理现状

2016年5月17日，山东省人民政府以鲁政字[2016]109号文批复《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》。修编后的区划方案总计331个环境功能区，其中三类环境功能区50个(风景旅游区13个，工业与城镇建设或用海区37个)，占15.11%；特殊利用区23个，占6.95%；入海河口混合区21个(河水与海水交汇混合区域)，占6.34%。

该规划中规定，在331个环境功能区中，允许在其中的3个三类环境功能区和23个四类环境功能区(21个特殊利用区、2个港口航运区)内设置排污口并划定混合区，排污口的位置和影响范围需要准确论证，并严格控制污染物排放量，以保证受纳水体的水质。排污口的设置需按程序报有关部门审批。

本项目排水口附近原设定有龙口湾特殊利用区（SD071DIV），该区内部可以根据需要设置排污口并核定混合区，混合区的边界不得超过该特殊利用区的界限。但是由于该特殊利用区位于裕龙岛围填海项目，已被人工岛占用，无法行使其功能。因此本项目现拟建排水口区域位于龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII），该工业与城镇建设区执行第三类海水水质环境质量标准，根据《近岸海域环境功能区管理办法》(国家环境保护总局令第8号)第九条“对入海河流河口、陆源直排口和污水排海工程排放口附近的近岸海域，可确定为混合区”，拟将中广核招远核电厂排水口附近部分海域调整为混合区。

根据《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》，招远核电项目排水口所在SD070CIII龙口湾工业与城镇建设区，相邻环境功能区划共计7个，各功能区对应的水质保护目标见表7.1-1。以及项目区所在SD070CIII龙口湾工业与城镇建设区位置图7.1-1。

表 7.1-1 近岸海域环境功能区登记表

序号	功能区代码	名称	地理位置	面积（km ² ）	功能类别	水质保护目标
1	SD067A II	招远砂质海岸海洋特别保护区	马埠到高家庄子	8.75	A	II
2	SD068B II	招远旅游娱乐区	招远辛庄镇西北	20.24	B	II
3	SD069H	界河入海口混合区	界河入海口	1.23	H	-
4	SD070CIII	龙口湾工业与城镇建设区	龙口湾内	50.41	C	III

序号	功能区代码	名称	地理位置	面积 (km ²)	功能类别	水质保护目标
5	SD071DIV	龙口湾特殊利用区	龙口湾内	0.27	D	IV
6	SD072B II	龙口港留用备择区	龙口港西部海域	177.87	B	II
7	SD073DIV (IV)	龙口港口航运区	龙口港附近海域	252.51	D	IV (港口IV、航道与锚地III)

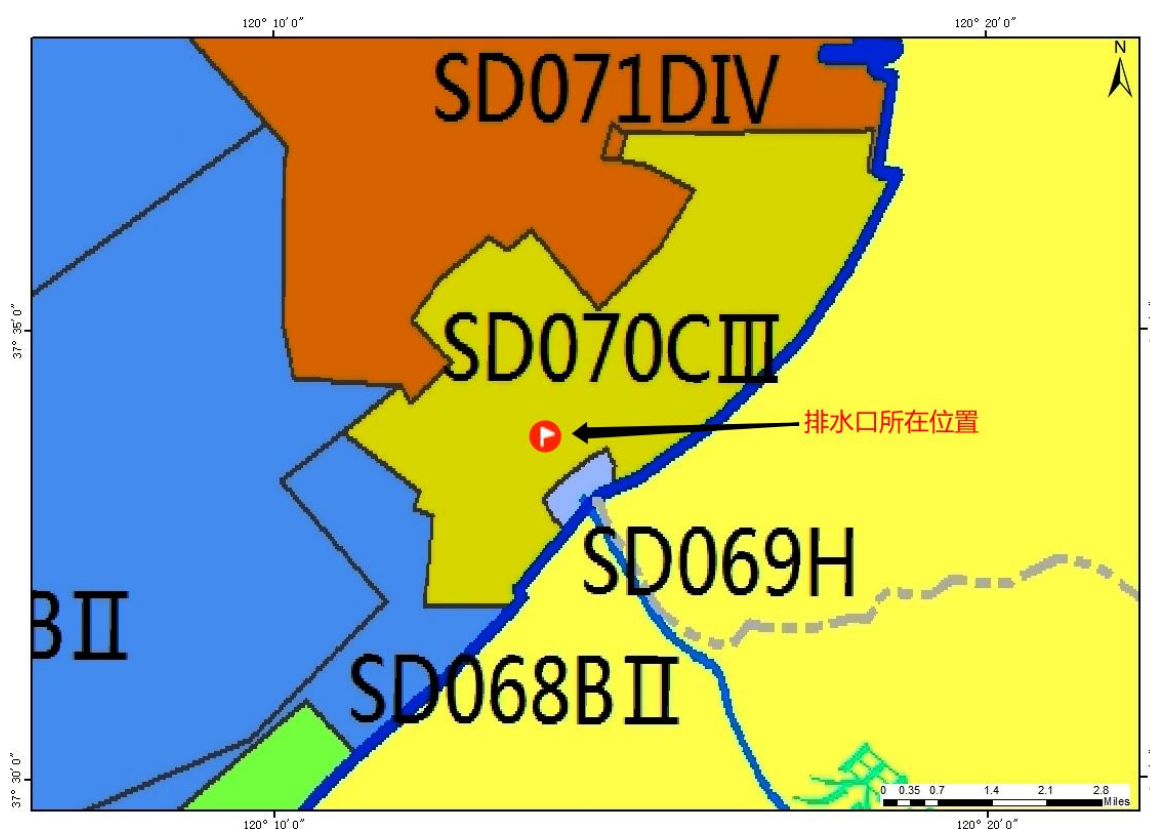


图 7.1.1 SD070CIII龙口湾工业与城镇建设区位置图

(2) 排水口所在功能区划海水水质情况

根据本报告第4章海水水质调查结果分析得龙口湾工业与城镇建设区 (SD070CIII) 海水水质现状如下:

根据秋季现状评价结果可知,表层水体第一类海水水质标准超标因子有DO、COD、BOD₅、铅、锌、铜、总汞、镉、石油类、无机氮,其中以BOD₅超标率最高,各站位均超第一类海水水质标准符合第二类海水水质标准;底层水体第一类海水水质标准超标因子有DO、COD、BOD₅、铅、锌、铜、总汞、镉、无机氮,其中以BOD₅超标率最高。秋季调查海域水体第一类海水水质标准主要超标因子是BOD₅、铅、无机氮。

根据春季现状评价结果可知,表层水体第一类海水水质标准超标因子有COD、BOD₅、无机氮、铜、石油类、铅、镉、锌,其中以铅超标率最高,为82.8%,除2、4、

12、17、28符合第一类水质标准外，其他24个站位的表层铅均超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准。底层水体第一类海水水质标准超标因子有COD、BOD₅、无机氮、铅、锌，其中以BOD₅超标率最高，为85.7%，除35、41号站位底层BOD₅符合第一类海水水质标准外，其余站位均超第一类海水水质标准、符合第二类海水水质标准；铅超标率其次，为78.6%，有11个站位（13、18、21、23、24、29、30、34、35、41、52号站位）底层铅超第一类海水水质标准、符合第二类海水水质标准。春季调查海域水体第一类海水水质标准的主要超标因子是铅、BOD₅、无机氮。

总体来说，龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）水质符合第二类海水水质标准，符合该区水质保护目标。

（3）开发利用现状情况

根据本报告第3章节，本项目距离养殖区较远，龙口湾工业与城镇建设区主要开发利用项目为春雨码头，裕龙岛炼化一体化项目等。

裕龙石化冬、夏季的最大取、排水流量为205.56m³/s，排水温升为8.0℃。需考虑与裕龙石化项目温排水的叠加影响。

（4）小结

拟调整海域环境功能区划为三类功能区，功能区内原设定有特殊利用区，可以根据需要设置排水口并核定混合区。后该特殊利用区被人工岛围填海占用，无法行使其功能。本次招远核电厂排水口设置在该三类功能区内，核电厂温排水需要排放到该功能区内。该区海水水质现状符合其功能区划管理要求，由于温排水的排放以及与裕龙石化温排水的叠加影响，使得排水口附近海域存在4℃温升区，温升区不符合龙口湾工业与城镇建设区对第三类海水水质温升的管控要求，因此需对其温升范围进行核定并进行混合区的划定。

7.2 调整范围及调整依据

7.2.1 近岸海域环境功能区划调整的依据

（1）《近岸海域环境功能区管理办法》

根据《近岸海域环境功能区管理办法》，近岸海域环境功能区分为四类，分别执行相应类别的海水水质标准。

一类近岸海域环境功能区包括海洋渔业水域、海上自然保护区、珍稀濒危海洋生物保护区等；一类近岸海域环境功能区应当执行一类海水水质标准。

二类近岸海域环境功能区包括水产养殖区、海水浴场、人体直接接触海水的海上

运动或娱乐区、与人类食用直接有关的工业用水区等；二类近岸海域环境功能区应当执行不低于二类的海水水质标准。

三类近岸海域环境功能区包括一般工业用水区、海滨风景旅游区等；三类近岸海域环境功能区应当执行不低于三类的海水水质标准。

四类近岸海域环境功能区包括海洋港口水域、海洋开发作业区等。四类近岸海域环境功能区应当执行不低于四类的海水水质标准。

对入海河流河口、陆源直排口和污水排海工程排放口附近的近岸海域，可确定为混合区。混合区不得影响邻近近岸海域环境功能区的水质和鱼类洄游通道。

(2) 《中华人民共和国国家标准——海水水质标准》（GB3097-1997）

依据《海水水质标准》中第三部分关于海水水质标准与分类的相关规定，按照海域不同使用功能和保护目标，海水水质分为四类：

第一类 适用于海洋渔业水域，海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区。

第二类 适用于水产养殖区，海水浴场，人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区。

第三类 适用于一般工业用水区，滨海风景旅游区。

第四类 适用于海洋港口水域，海洋开发作业区。

各类海水水质标准见表7.2-1

表 7.2-1 海水水质标准表（GB3097-1997）

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	漂浮物质	海面不得出现油膜、浮沫和其他漂浮物质			海面无明显油膜、浮沫和其他漂浮物质
2	色、臭、味	海水不得有异色、异臭、异味			海水不得有令人厌恶和感到不快的色、臭、味
3	悬浮物质	人为增加的量≤10		人为增加的量≤100	人为增加的量≤150
4	大肠菌群≤（个/L）	10000 供人生食的贝类增殖水质≤700			
5	粪大肠菌群≤（个/L）	2000 供人生食的贝类增殖水质≤140			
6	病原体	供人生食的贝类增殖水质不得含有病原体			
7	水温（℃）	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地1℃，其他季节不超过2℃		人为造成的海水温升不超过当时当地4℃	
8	pH	7.8-8.5同时不超出该海域正常变动范围的0.2 pH单位		6.8-8.8同时不超出该海域正常变动范围的0.5 pH单位	
9	溶解氧>	6	5	4	3

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
10	化学需氧量≤	2	3	4	5
11	生化需氧量≤	1	3	4	5
12	无机氮≤	0.2	0.3	0.4	0.5
13	非离子氨≤	0.02			
14	活性磷酸盐≤	0.015	0.03		0.045
15	汞≤	0.00005	0.0002		0.0005
16	镉≤	0.001	0.005	0.01	
17	铅≤	0.001	0.005	0.01	0.05
18	六价铬≤	0.005	0.01	0.02	0.05
19	总铬≤	0.05	0.1	0.2	0.5
20	砷≤	0.02	0.03	0.05	
21	铜≤	0.005	0.01	0.05	
22	锌≤	0.02	0.05	0.1	0.5
23	硒≤	0.01	0.02		0.05
24	镍≤	0.005	0.01	0.02	0.05
25	氰化物≤	0.005		0.1	0.2
26	硫化物≤	0.02	0.05	0.1	0.25
27	挥发性酚≤	0.005		0.01	0.05
28	石油类≤	0.05		0.3	0.5
29	六六六≤	0.001		0.002	0.003
30	滴滴涕≤	0.00005		0.0001	
31	马拉硫磷≤	0.0005		0.001	
32	甲基对硫磷≤	0.0005		0.001	
33	苯并芘≤	0.0025			
34	阴离子表面活性剂	0.03		0.1	
35	放射性核素 (Bq/L)	⁶⁰ Co	0.03		
		⁹⁰ Sr	4		
		Ru	0.2		
		¹³⁴ Cs	0.6		
		¹³⁷ Cs	0.7		
36	六六六≤	0.001		0.002	0.003

7.2.2 近岸海域环境功能区调整的思路及方法

(1) 工况的选择

近岸海域环境功能区划调整既要考虑到已建设的核电厂对海域环境的影响强度与范围，又要考虑到正在规划的核电项目可能产生的各种影响。把现状实际与长远规划结合起来。因此环境功能区划调整需要考虑工程建设对海洋环境产生最大影响的规划方案，及其与邻近开发利用现状的叠加影响，进行分析。

对于本项目来说，招远核电厂址规划建设6台机组。对海洋环境影响最大的工况为6台核电机组同时运行的工况。

(2) 模型参数的设置

在参考最大运行工况情况下，需要对温排水及液态流出物的扩散范围进行模拟。由于环境的不可预测性，模型采用的参数唯一的情况下，模拟预测的结果不能与实际情况完全吻合。因此，需要通过不同模型，不同潮型对扩散影响范围进行预测。最后综合考虑，使预测结果尽可能的接近实际情况。

对于本项目来说，采用了数学模型在典型潮和半月潮情况下的温排水及液态流出物扩散范围模拟结果。同时，在三维垂向上将水体还分为表、中、底三层进行温升范围的预测。模型结果参数设定具有典型性和代表性，能够反映招远核电厂最大工况下的扩散范围。

（3）扩散范围的叠加

在获得不同模型预测的不同潮型的温升、液态流出物等的扩散范围后。需要对扩散范围进行叠加处理。数模在三维垂向上表、中、底三层的预测进行垂向投影叠加后获得数模的三维扩散最大范围。本报告第五章采用了叠加后的最大数模扩散范围。

最后，将同一浓度的最大叠加范围包络线在不同潮型下进行叠加，获得理论意义上对应温升在研究海域内的最大扩散范围包络线。

（4）参考线的选择

近岸海域环境功能区划的调整，从保守的角度出发，需要考虑项目工程对海域产生的最大影响范围，并以此范围进行分析论证。

（5）调整范围的确定

在进行环境功能区边界范围界定时，节点的选择若严格按照扩散范围选定，则新功能区的界线是一条复杂的多段折线，其控制节点很多，这将给今后的海洋环境管理带来诸多不便，因此，在划定调整范围时。从管理方便的角度出发，可以将调整范围适当外扩，尽量采用最小范围的规则图形进行划定调整。。

对于本项目来说，选择最大扩散范围包络线的外切直线，得到较为规则的调整范围。

（6）与周边功能区的协调

在获得较为规则的调整范围后，在现行规划的基础上进行范围微调，与周边功能区的衔接时，尽量保持与以现行区划的控制节点一致。与周边功能区划相交时，控制节点不能进入周边功能区划。

7.2.3 区划调整的范围

温升：由于本项目温升范围完全位于《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020

年)》中的龙口湾工业与城镇建设区(SD070CIII)中,工业与城镇建设区执行第三类海水水质标准;根据《海水水质标准》GB3097-1997),第三类及第四类水质标准对水温的要求是“人为造成的海水温升不超过当时当地 4°C ”,因本项目 4°C 温升包络线围合区域超过 4°C ,需进行混合区规划调整,如图7.2-1;其他区域满足龙口湾工业与城镇建设区(SD070CIII)的水质要求,且排水口温升区夏季 1°C ,其他季节 2°C 温升范围未超过龙口湾工业与城镇建设区(SD070CIII)如图7.2-2,不影响邻近二类水质功能区的管控要求,因此仅需调整混合区范围,三类功能区无需调整。

余氯:余氯未被列入《海水水质标准》GB3097-1997)的指标因子中,暂无统一标准,参考《海洋湖沼通报》中《余氯排海预测及渔业损失计算》及Matlice和Zittlel大量的余氯对水生生物影响的实验数据,得到了普遍意义上的余氯浓度安全阈值为 0.02mg/L 。因此本次规划调整时以排放口余氯浓度大于 0.02mg/L 的包络线围合区域为界,如图7.2-1。

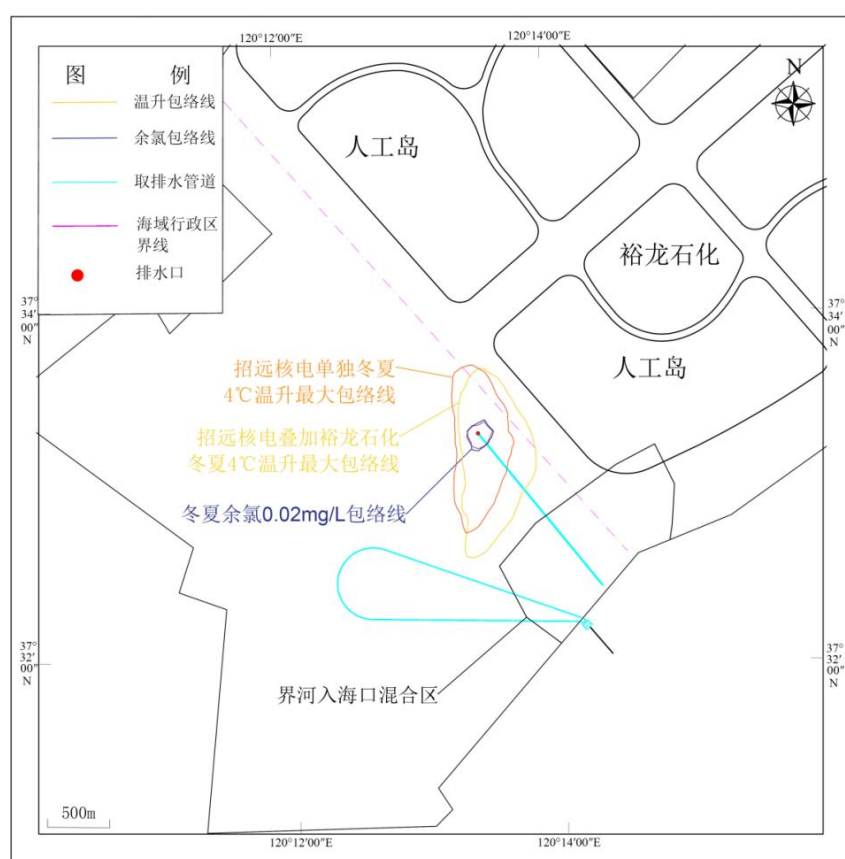


图 7.2-1 招远核电 $6\times 1000\text{MW}$ 机组运行工况半月潮 0.02mg/L 余氯、 4°C 温升最大包络范围、界河入海口混合区、裕龙石化人工岛外缘线范围图

界河入海口混合区:招远核电厂排水口距离界河入海口混合区 0.89km , 4°C 温升包络线范围距离界河入海口混合区 0.16km 。界河入海口混合区无水质要求,与本此混合区调整管理要求一致,为方便混合区的管理,本次近岸海域环境功能区划调整将界河

入海口混合区外侧至排水口4℃与余氯最大包络线范围定为调整范围。

放射性核素：招远核电厂运行后放射性核素排放叠加本底符合《海水水质标准》（GB3097-1997）。因此不在本次调规范围考虑因素内。

浓盐水：根据项目区周边养殖生物海湾扇贝的适宜生长盐度可以计算出浓盐水浓缩倍率为1.33倍。浓盐水浓缩倍率为1.33倍时全潮最大包络面积（6台机组、夏季半月潮） $<0.03\text{km}^2$ ，主要分布在排水口附近，工程浓盐水在排入海域后在很小范围内即被稀释至海水本底盐度，因此海水淡化系统产生的浓盐水对周边环境不会产生明显影响。因此不在本次调规考虑因素内。

7.3 环境功能区划调整方案

（1）调整范围

拟调整功能区划的范围需要同时考虑4℃温升区，余氯浓度超过0.02mg/L的海域、龙口人工岛外缘线及界河入海口混合区位置，结合本项目工程温排水专题的数模结果、余氯扩散范围结果、人工岛外缘线及现有近岸海域环境功能区划界河入海口位置。本次近岸海域环境功能区划调整区域为界河入海口混合区外侧与排水口4℃温升区及0.02mg/L余氯的最大包络线范围，并取其外切直线规则边界，调整区面积为 1.89km^2 ，主要为招远核电项目排放口附近海域。

（2）功能区调整情况

将排水口附近的部分功能区由龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）调整为混合区。裕龙石化人工岛以西，界河入海口以北海域，四至： $120^{\circ}13'13.751''\sim 120^{\circ}14'33.528''$ ； $37^{\circ}33'00.798''\sim 37^{\circ}34'05.119''$ ；混合区面积为 1.89km^2 。

混合区调整后，有5个坐标拐点，A点为包络线外切直线与界河入海口混合区延长线交点，B点与界河入海口混合区北侧拐点共用，C点为人工岛外缘线与界河入海口混合区交点，D点为包络线外切直线与人工岛外缘线交点，E点为包络线外切直线交点。

（3）修改后功能区及管理要求

混合区不设水质目标，不得影响邻近环境功能区水质，详见登记表。

综上，本次调整方案建议将位于龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）的山东招远核电温排水排放口附近部分海域调整为混合区，该部分海域距招远砂质黄金海岸国家级海洋公园适度利用区约3.7km，距离招远岸线0.83km，与裕龙石化人工岛外缘线接合。调整面积为 1.89km^2 ，调整方案登记表见7.3-1。调整范围用海控制点坐标详见图7.3-1和表7.3-2。

表7.3-1 近岸海域环境功能区划调整方案表

序号	调整情况	功能区代码	名称	地理位置	面积(km ²)	功能类别	水质保护目标	序号
1	调整前	SD070C III	龙口湾工业与城镇建设区	龙口湾内	50.41	C	III	SD070C III
2	调整后	SD070C III	龙口湾工业与城镇建设区	龙口湾内	48.52	C	III	SD070C III
3		-	混合区	龙口湾内	1.89	H	-	-

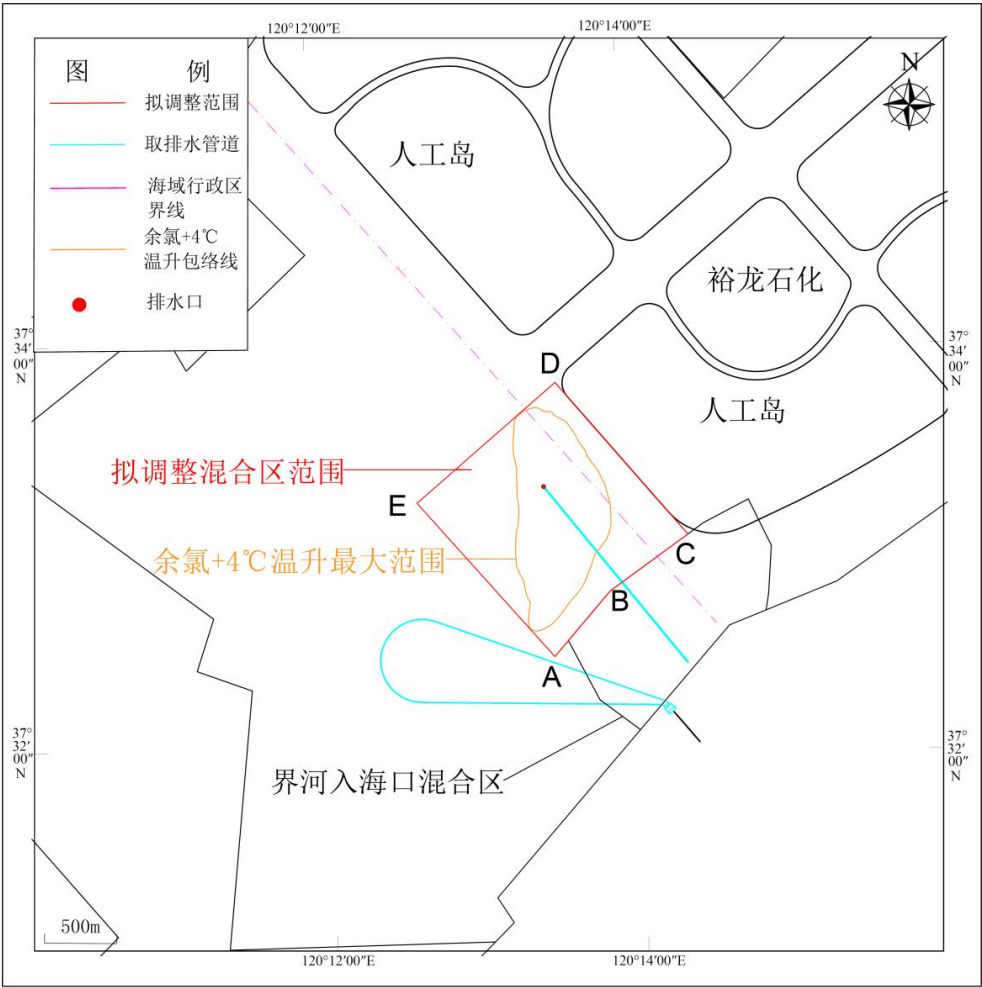


图 7.3-1 山东招远核电厂项目拟调整功能区范围示意图

表 7.3-2 山东招远核电厂项目拟调整功能区范围坐标一览表

序号	坐标		面积(km ²)
	纬度(N)	经度(E)	
A	37°33'00.798"	120°13'54.270"	1.89
B	37°33'16.215"	120°14'10.659"	
C	37°33'29.478"	120°14'33.528"	
D	37°34'05.119"	120°13'54.457"	
E	37°33'36.836"	120°13'13.751"	

调整前后功能区划如图7.3-2，7.3-3所示。

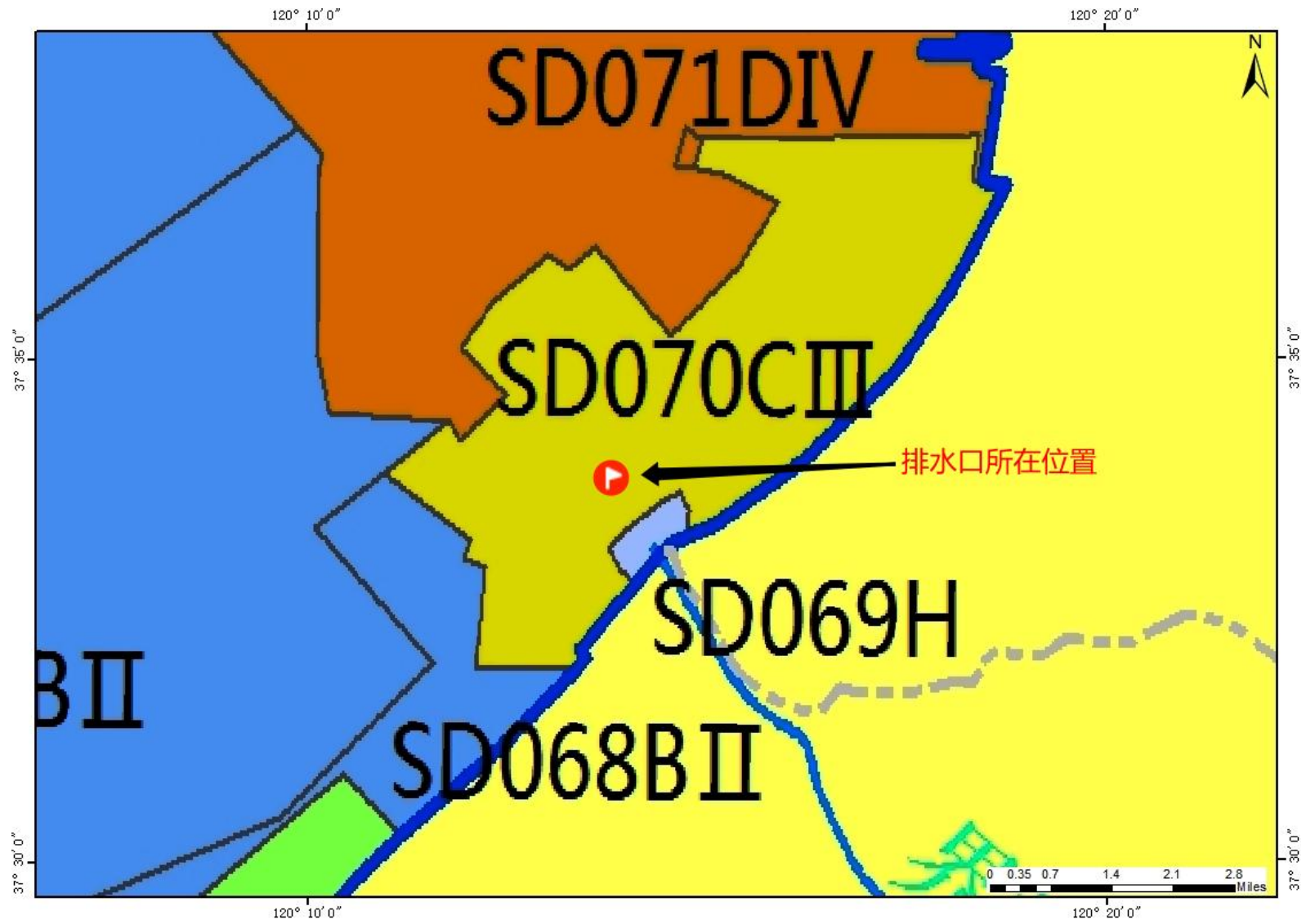


图 7.3-2 调整前 SD070CIII龙口湾工业与城镇建设区位置图

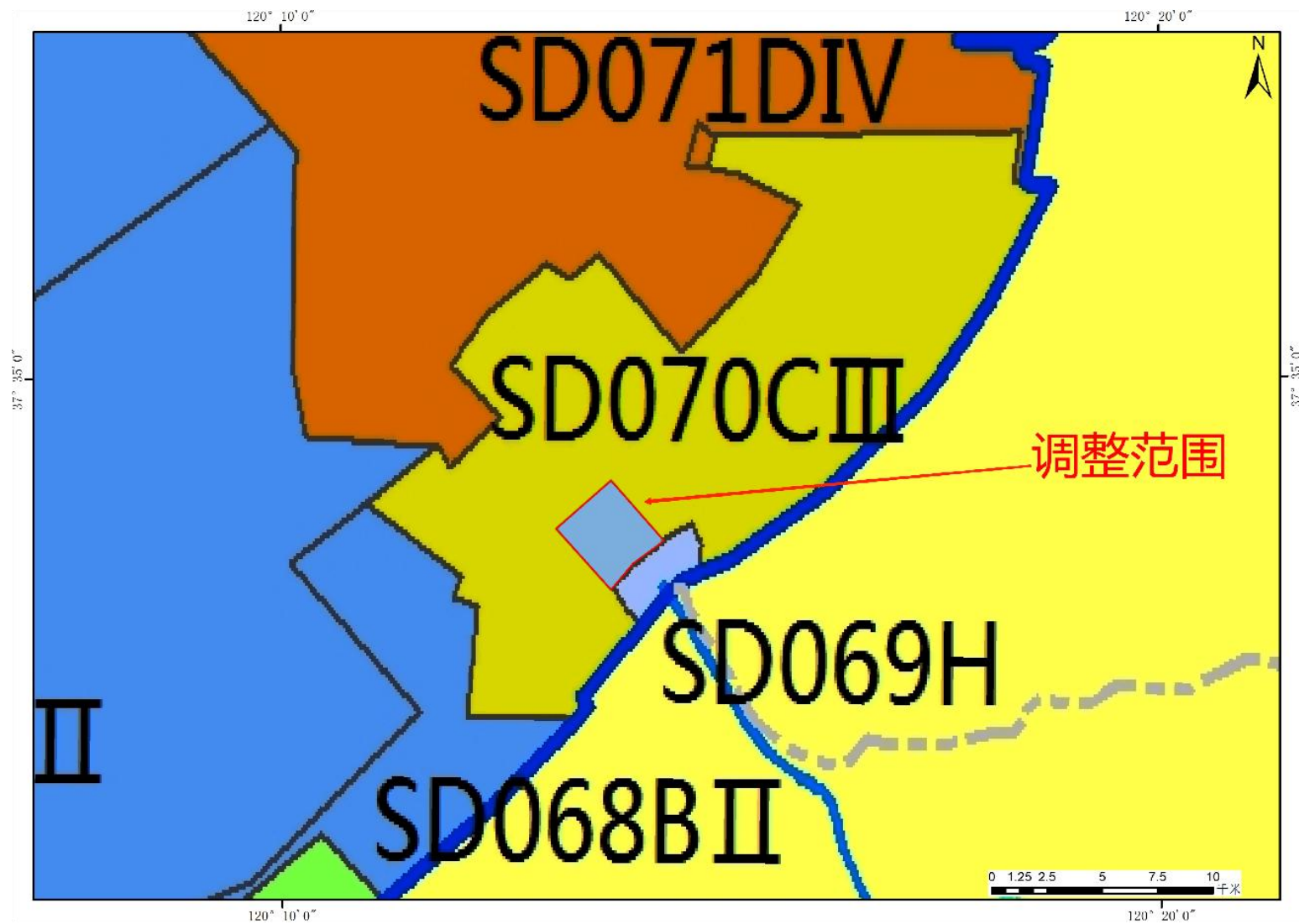


图 7.3-3 拟调整混合区位置图

7.4 区划调整方案可行性分析

7.4.1 调整后近岸海域水质目标可达性

调整后在招远核电排水口附近增设混合区，调整范围叠加考虑了招远核电的排水情况以及与裕龙石化温排水叠加的情况，调整范围为4℃温升区及0.02mg/L余氯的最大包络线范围，混合区内不设水质目标，不得影响邻近功能区水质。

调整后近岸海域环境功能区划混合区与排水口建设后引起的温排水扩散范围关系见图7.3-1。

根据数值计算结果，排水口附近超4℃温升区域控制包络线范围内，为了管理方便，建议混合区设置为面积1.89km²的规则区域，可以将超标区域完全控制在混合区内，为招远核电厂6台机组的建设提供合法的排水混合区。

调整后的混合区离岸宽度为0.83km，排水口建设夏季1℃，其他季节2℃最大温升包络范围都控制在三类功能区内，可保证项目达标排放。

其次，该区域没有其他污染物质排放，不会新增污染负荷，

因而调整后功能区是可以实现水质达标的。

7.4.2 与附近环境功能区的协调性

招远核电排水口的温排水夏季1℃，冬季2℃温升会影响到“龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）”，但该功能区为三类功能区。夏季1℃，冬季2℃温升线不超出该功能区范围，可实现该功能区水质达标。对其水质和生态影响不明显，符合其管理标准要求。

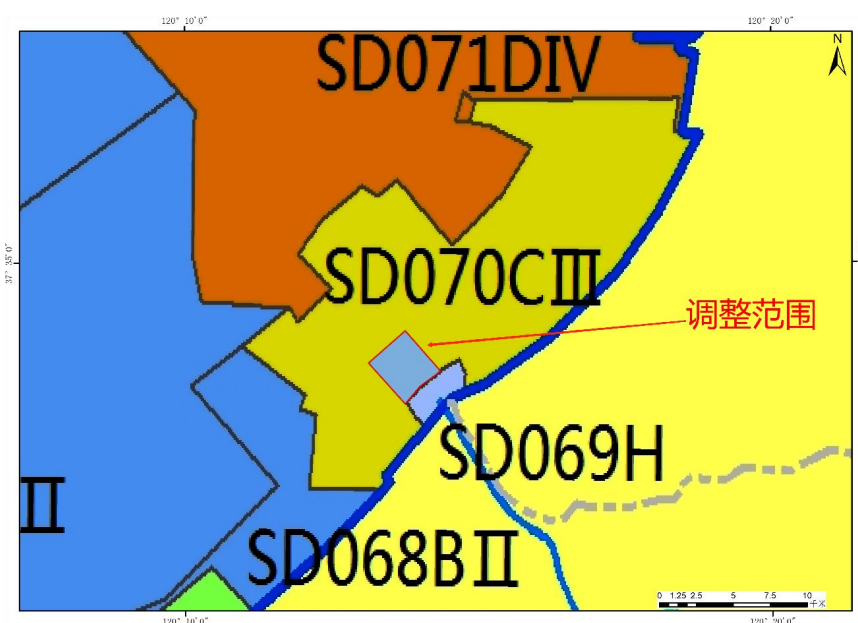


图7.4-1 拟调整混合区位置图

本项目混合区调整的范围均位于龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII），不占用周边的招远砂质海岸海洋特别保护区（SD067A II）、招远旅游娱乐区（SD068B II），4℃温升范围完全控制在混合区内，夏季1℃，冬季2℃温升完全控制在龙口湾工业与城镇建设区内，不会对周边的功能区产生影响。符合邻近功能区的管理要求。

界河入海口混合区（SD069H）与本次调整的混合区水质管理要求一致，且相互之间没有同类污染物，不会产生叠加影响，符合其管理要求。

综上，调整后的混合区不影响附近功能区的管理要求，与附近环境功能区是相协调的。

7.4.3 与敏感目标及开发利用现状的协调性

（1）与裕龙石化人工岛的协调性

裕龙岛炼化一体化项目规划2000万吨的一体化炼化能力，成陆面积291.5107hm²，主要建设2000万吨/年原油加工能力的炼油区及公用工程，项目建成后排水需求巨大，本次功能区划混合区的调整范围考虑了裕龙石化温排水的叠加影响，招远核电厂温排水不会扩散至裕龙石化的取排水口，不会对其取水造成影响。调整增设后温排水混合区对其建设及运营影响较小，并且建设方已经与裕龙石化签订了相互支持合作意向书。

因此，环境功能区划调整对裕龙石化项目是协调的。

（2）与招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的协调性

调整增设的混合区距离招远砂质黄金海岸国家级海洋公园3.7km，温排水的温升范围扩散不到该区域，其次温升对海洋公园重点保护的优质砂质岸线资源产生影响较小。不影响生态与资源恢复区，对河口湿地的生态修复。不影响适度利用区，开展生态林区、海上生态旅游、休闲渔业等项目。

（3）与招远养殖区的协调性

山东招远核电厂将在一期工程用海申请时与招远市政府就6台机组取排水构筑物用海及施工悬浮泥沙、余氯、冬2夏1温升包络范围影响的无证养殖签署用海利益相关者协调方案，由政府对无证养殖进行处理，由招远核电公司进行补偿。。

根据本报告第5章的分析，排水口4℃温升区及0.02mg/L余氯扩散范围内没有确权养殖区的分布，排水对周边养殖区不产生影响，同时区划调整不影响其养殖活动，与之相协调。

（4）与招远春雨码头的协调性

混合区的设置不占用招远渔港的航道，温排水排放区不属于排他使用海域，不会

影响码头港口航运功能的发挥，也不会对邻近功能区的水质产生影响，因此，功能区划调整与招远春雨码头相协调。

（5）与辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的协调性

根据《中广核山东招远核电项目对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区影响专题报告》评审意见见附件5。本项目位于莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区内，实验区的保护对象有中国明对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹、真鲷、花鲈等。项目建成后向周边海域排放的液态流出物包括：温排水、余氯、核素等。项目排放的温排水的扩散范围不大，主要集中在排放口附近，小范围的温升对海洋生物的栖息、生存影响不大；余氯的半衰期很短，衰减常数较大，随温排水流出排放口后很快被自然水体所掺混、稀释，其相对浓度影响范围很小，对海洋生物的影响范围基本限于排放口附近；放射性核素及浓盐水则经处理后达到《海水水质标准》（GB 3097-1997）后进行排放，根据模拟结果放射性核素的扩散亦在排放口附近。综合分析项目建设对莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区的影响主要集中在本项目排放口附近，根据第4章周边海洋环境调查，在招远、龙口近岸海域由于人类活动的干扰，中国明对虾、小黄鱼、三疣梭子蟹、真鲷、花鲈等保护对象在近岸区域栖息的数量不大，本项目建设的影响主要集中在排放口附近小范围海域内，不会对保护区的主要保护对象及功能造成影响，对整个莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区影响不大。

综上，混合区的设置与周边海域的敏感目标及开发利用现状相协调。

8 结论建议

8.1 结论

（1）项目概况

山东招远核电有限公司拟建设六台华龙一号核电机组，补充水水源为莱州湾海水，需通过排水口向海排放冷却水，单台机组夏季冷却水排水量为 $1.61\text{m}^3/\text{s}$ （不含液态流出物），冷却水温升为 3.03°C ；单台机组冬季冷却水排水量为 $0.98\text{m}^3/\text{s}$ ，冷却水温升为 14.80°C 。单台机组最大排水量约 $1.67\text{m}^3/\text{s}$ ，6台机组最大排水量约 $10.02\text{m}^3/\text{s}$ 。

（2）周边海域海水水质、沉积物、生物生态现状

根据春秋季节海水水质现状评价结果可知，龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）海水表层水体第一类海水水质标准超标因子有DO、COD、 BOD_5 、铅、锌、铜、总汞、镉、石油类、无机氮，总体超第一类海水水质标准符合第二类海水水质标准；底层水

体第一类海水水质标准超标因子有DO、COD、BOD₅、铅、锌、铜、总汞、镉、无机氮，总体均超第一类海水水质标准、符合第二类海水水质标准；总体来说，龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）水质符合该区三类水质保护目标。

依据《海洋沉积物质量综合评价技术规程（试行）》，本次调查共采集范围内11个调查站位的沉积物样品并进行分析，在单个站位沉积物理化性质指标和一般污染物指标的分级基础上，对单个站位的沉积物质量进行分级，均为良好；在单个站位的沉积物质量分级基础上，最终得出评价区域海洋沉积物质量综合等级为良好。

（3）招远核电项目温排水对海洋环境的影响

招远核电厂温排水口建设后，根据温排水数模及液态流出物数模结果分析发现，夏季高温期间，温升大于3℃会对某些鱼类的危害比较明显，温升2℃以上虾、蟹类早期幼体会受到损害甚至死亡，夏季4℃温升可能会对浮游植物生长带来一定影响。温升6℃以上的强增温，会造成底栖动物多样性降低、群落结构改变。本项目6台机组同时运行时，夏季半月潮水文条件下3.0℃等温升值全潮最大包络面积小于0.01km²，影响区域主要集中在排水口附近，周边没有海洋生物集中分布区，本工程温排水只会对小范围海域内虾、蟹类幼体产生影响，而对鱼类、虾类、蟹类成体以及底栖生物的影响不大。

海水生物余氯安全阈限为0.02mg/L，因此本报告以0.02mg/L即相对浓度0.05的余氯浓度来衡量余氯对生物的毒性效果。余氯的半衰期很短，衰减常数较大，随温排水流出排水口后很快被自然水体所掺混、稀释，其相对浓度影响范围很小，对海洋生物的影响范围基本限于排水口附近，本工程6台核电机组排放的余氯增量大于0.02mg/L的最大包络面积为仅0.41km²，对海洋生物的影响范围有限。

（4）近岸海域功能区划调整方案

招远核电排水口位于《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）》中的龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII），由于排水口附近存在超4℃温升区，温升情况与龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）的水质目标不符，根据《近岸海域环境功能区管理办法》（国家环境保护总局令第8号），需对招远核电项目排水口附近部分海域的环境功能区进行调整。

本次中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划调整方案建议将山东招远核电厂排水口附近海域调整为混合区，调整范围为界河入海口混合区北侧、裕龙石化人工岛外缘线与排水口4℃温升区及0.02mg/L余氯的最大包络线范围，调整区面积为

1.89km²，混合区不设水质目标。

本次调整符合该海域的水质变化趋势、水质目标具有可达性、各功能区之间的水质管理目标具有连贯性，又兼顾对周边的环境功能区 and 自然保护区的影响，调整方案具有可行性。

8.2 建议

根据海域现状和区划调整后环境管理的需要，提出以下几点建议：

（1）加强热污染源的治理

积极推进运行技术的创新努力提高电厂热能的转化率，扎实开展严格运行参数控制，加强对参数的考核和运行分析，保持机组长时间稳定运行，尽量避免温升突然停止对环境造成冷冲击。

（2）全面提升环保工作水平

建立起完善的环境监督体系。通过规章制度规范环保工作和行为，并在电厂运行后做好环境监测工作。设置环境监测站，建立完善的环境监测制度，及时反映排水口附近的温度变化情况，确保温升在正常范围内。成立海洋环境监察队伍，为近岸海域环境管理工作的顺利开展提供有力的保证。

（3）科学制定环境监测计划

建议工程业主单位应积极与所在地方环境保护部门沟通，开展核电项目施工期和运营期的海域环境监测方案论证工作；地方环境保护部门应结合该海域的相关区划、规划、重点项目的进展情况，会同相关单位研究制定针对该海域环境监测的总体方案与实施办法，加强对核电项目所在海域环境的监测。

运营期海洋环境监测包括正常运行时常规监测和事故时应急监测。环境监测方案的制定要依据监测对象的特点及运行前本底调查所取得的资料而定。中广核山东招远核电项目应设立环境辐射监测机构来进行环境辐射监测。加强底栖生物质量和沉积物中放射性核素的监测。

中广核山东招远核电项目应设立固定的海洋生态环境监测站，对周边海域生态环境变化和特征污染物入海进行高频率、长周期监测，保障相关行政部门能够及时获取相关数据，进行有效的环境管理。

