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）

（公示版）

山东招远核电有限公司

二〇二二年十月

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）

（公示版）

苏州热工研究院有限公司　　编制

打印编号：1664176338000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	11p23n
建设项目名称	中广核山东招远核电厂一期工程（选址阶段）
建设项目类别	55--167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目
环境影响评价文件类型	报告书
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	山东招远核电有限公司
统一社会信用代码	91370685MA3TYR5G0A
法定代表人（签章）	喻向东
主要负责人（签字）	秦世刚
直接负责的主管人员（签字）	刘国亮
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	苏州热工研究院有限公司
统一社会信用代码	91320508466954711 3
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
鲍昕杰	2015035320352015320501000042	BH011464	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
黄彦君	第3章	BH032238	
陶乃贵	第4章、6.2	BH022957	
游春华	6.1	BH011459	
刘靓辉	2.5、6.1	BH036095	

鲍昕杰	第1章、2.1、2.2~2.4、2.6、第5章、6.3、第7章~第11章、附录	BH011464	

目　录

第一章 概述
1.1　建设项目名称和建设性质
1.2　建设项目规模和厂址总体规划
1.3　建设项目经费
1.4　建设目的
1.5　建设项目的进度
1.6　环境影响报告书编制依据
1.7　评价标准
1.8　工程组成
1.9　环境保护措施
1.10　评价范围

第二章 厂址与环境
2.1　厂址地理位置
2.2　人口分布与饮食习惯
2.3　土地利用及资源概况
2.4　气象
2.5　水文
2.6　地形地貌

第三章　环境质量现状
3.1　辐射环境质量现状
3.2　非辐射环境质量现状

第四章 核电厂
4.1　厂区规划及平面布置

4.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统
4.3 核电厂用水和散热系统
4.4 输电系统
4.5 专设安全设施
4.6 放射性废物管理系统和源项
4.7 非放射性废物处理系统
4.8 放射性物质厂内运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响
5.1 土地利用
5.2 水的利用
5.3 施工影响的控制

第六章 核电厂运行的环境影响
6.1 散热系统的环境影响
6.2 正常运行的辐射影响
6.3 其它环境影响

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险
7.1 核电厂放射性事故和后果评价
7.2 场内运输事故
7.3 其它事故
7.4 事故应急

第八章 流出物监测和环境监测
8.1 辐射监测
8.2 其他监测
8.3 监测设施
8.4 质量保证

第九章 厂址比选
9.1 选址过程
9.2 候选厂址评价与比选
9.3 推荐厂址评价
9.4 陆域取排水管线方案比选

第十章 利益代价分析
10.1 利益分析
10.2 代价分析

第十一章 结论与承诺
11.1 核电厂建设项目
11.2 环境保护设施
11.3 放射性排放
11.4 辐射环境影响评价结论
11.5 非辐射环境影响评价结论
11.6 公众参与和调查结论
11.7 承诺

第一章　概述

1.1　建设项目名称和建设性质

1.2　建设项目的规模和厂址总体规划

1.3　建设项目经费和环保设施投资

1.4　建设目的

1.5　建设项目的进度

1.6　环境影响报告书编制依据

1.7　评价标准

1.8　工程组成

1.9　环境保护措施

1.10　评价范围

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称及其建设单位

本建设项目名称为中广核山东招远核电厂一期工程（以下简称“山东招远核电厂一期工程”），申请建造两台百万千瓦级华龙一号核电机组，采用华龙一号技术融合方案，由山东招远核电有限公司负责建设和运营。

1.1.2 建设性质

本项目为新建商用核电项目。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

山东招远核电厂规划建设六台百万千瓦级核电机组，一期工程建设两台华龙一号技术融合方案核电机组。根据 2012 年国务院通过的《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》、《核电安全规划（2011-2020 年）》和《核电中长期发展规划（2011-2020 年，调整）》，以及国家核安全局对新建核电厂的安全要求，综合考虑华龙一号技术融合方案的安全性、成熟性及其当前国内示范工程项目建设进展，山东招远核电厂每台机组堆芯额定热功率为 3180MW。

山东招远核电有限公司委托中广核工程有限公司与深圳中广核工程设计有限公司组成的联合体作为本期工程建设的总承包商。

本项目将充分利用中国广核集团丰富的工程建设管理经验，并借鉴广东太平岭、浙江三澳在华龙一号核电厂建设中积累的经验，把核电设计、装备制造和工程建设结合起来，充分吸收国外成熟先进的核电设计制造技术，在使本期工程的安全性和可靠性得到尽可能提高的同时，进一步推进我国百万千瓦级核电机组设计自主化和设备制造本地化，降低工程造价。

山东招远核电厂按规划容量建成后，整个厂址区域将有六台压水堆核电机组。为了对厂址内所有核电机组实施高效、安全的管理，实行辐射防护最优化，电厂业主遵循近远期结合、统一规划和循序渐进的原则进行厂址总体规划，对电厂所有机组与环境保护相关的设施进行统筹安排，包括：

— 设立统一的非居住区和规划限制区；
— 设计上综合考虑六台机组的取、排水方案，既保证机组满功率运行的需要，又有利于减小对环境的影响；
— 整个厂区的总平面规划中功能分区明确，统一合理规划放射性区域和非放射性区域和设施；厂区内将建设统一的放射性固废处理设施和暂存库；
— 针对所有机组实施统一的流出物排放管理，设置统一的环境监测中心和应急指挥中心等。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

山东招远核电厂一期工程建设两台华龙一号技术融合方案核电机组，工程总投资以自有资金投入作为资本金，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

1.4 建设目的

1) 符合国家能源发展的产业政策

核电是电力工业的重要组成部分，在确保安全运行的前提下，核电厂基本上不排放CO_2等温室气体，所有排放物均需满足国家环保法规要求。在环境保护、地球温室效应、气候变化越来越被重视的形势下，积极安全有序发展核电，是当前我国能源发展的一项重要战略方针，同时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，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，都具有重要意义。

2020年6月5日，国家能源局发布的《2020年能源工作指导意见》中提出“坚持清洁低碳战略方向不动摇，加快化石能源清洁高效利用，大力推动非化石能源发展，持续扩大清洁能源消费占比，推动能源绿色低碳转型”、“安全发展核电，稳妥推进项目建设和核能综合利用等”。

2021年3月5日，李克强总理代表国务院在十三届全国人大四次会议的《政府工作报告》中提出“推动煤炭清洁高效利用，大力发展能源，在确保安全的前提下积极有序发展核电”。

2021年2月发布的《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年愿景目标纲要》中提出“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，非化石能源消费总量占比重提高到20%左右”、“积极有序推动沿海核电建设”、“核电装机容量达到7000万千瓦”。

根据国务院2021年10月24日印发的《2030年前碳达峰行动方案》(以下简称《方案》)，到2025年，非化石能源消费比重达到20%左右，单位国内生产总值能源消耗比2020年下降13.5%，单位国内生产总值二氧化碳排放比2020年下降18%，为实现碳达峰奠定坚实基础。到2030年，非化石能源消费比重达到25%左右，单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降65%以上，顺利实现2030年前碳达峰目标。《方案》提出积极安全有序发展核电。合理确定核电站布局和开发时序，在确保安全的前提下有序发展核电，保持平稳建设节奏。积极推动高温气冷堆、快堆、模块化小型堆、海上浮动堆等先进堆型示范工程，开展核能综合利用示范。加大核电标准化、自主化力度，加快关键技术装备攻关，培育高端核电装备制造产业集群。实行最严格的安全标准和最严格的监管，持续提升核安全监管能力。

国家相关政策中关于安全高效发展核电的表述都体现了核能对于我国当前阶段能源发展以及能源结构调整的重要性和紧迫性。本项目建设符合国家当前发展规划的相关要求。

2) 积极调整优化能源结构和能源布局，推动能源清洁利用

根据 2021 年 8 月 19 日山东省人民政府发布的《山东省能源发展“十四五”规划》（以下简称《规划》），山东省 2020 年煤炭年消费量 3.88 亿吨，煤炭消费比重占全省的 66.8%，2025 年能源消费总量控制在 4.54 亿吨标准煤以内，煤炭消费量控制在 3.5 亿吨左右。展望到 2035 年，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。能源自主创新体系基本建成，科技战略支撑和引领作用显著增强，能源领域科技创新走在全国前列。全面建成清洁低碳、安全高效的现代能源体系，为新时代现代化强省建设提供坚实的能源保障。

山东省清洁能源占比低，水力资源贫乏，电源结构中水电的份额几乎为零。核电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。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，也是减缓地球温室效应的重要措施。发展核电对缓解日益加剧的环境污染和碳减排具有积极意义。

《规划》提出“加快能源结构调整步伐。实施‘四增两减’工程，聚焦可再生能源、核能、天然气、省外来电做加法，打造全国重要的核电基地”、“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”、“实施核能积极有序开发利用行动。秉承‘严慎细实’核安全理念，在确保安全的前提下，积极有序推进核电项目建设，加快核能综合利用示范推广。到2025年，在运在建核电装机规模达到1300万千瓦左右”。

因此，本项目的建设符合山东省能源发展规划的相关要求。

3) 推动生态文明建设，打赢蓝天保卫战，建设美丽山东

党的十九大做出了推进生态文明建设和打赢蓝天保卫战的重大决策部署。国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》把山东省七地市列为重点区域，要求持续开展大气污染防治行动，大力调整优化产业结构、能源结构等，坚决打赢蓝天保卫战。行动计划提出加快发展清洁能源和新能源，安全高效发展核电。发展核电替代化石能源，对于减少二氧化碳排放，减轻污染物排放，改善环境质量，降低 PM2.5 浓度具有明显的作用，有利于山东省推进生态文明建设和打赢蓝天保卫战，建设美丽山东。

中国政府已向世界承诺，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。碳达峰、碳中和已成为我国长期政策目标，在保证社会电力需求总量稳步增长的前提下，本项目不排放温室气体，是实现碳达峰、碳中和目标的着力点之一。

4) 适应经济可持续发展、电力需求发展的需要

山东省经济的持续快速发展，需要电力工业的稳步发展。胶东半岛是全省经济发达地区，电力供应紧张，预计到 2025 年地区电力总缺额达到 620 万千瓦，地区电力缺额将会扩大。

山东电源点主要集中在西南部和西部，对于经济发达、用电量增长较快、一次能源又严重短缺的胶东半岛，长距离输电不仅投资大，输送容量也受到限制。在胶东半岛建设核电厂，不仅使山东电源结构多样化，也使电网的电源布局更趋合理，可加强受端电网，使负荷中心得到有力支撑。核电作为一种清洁、安全、经济可靠的能源，是对经济发达但常规资源相对缺乏的胶东半岛很好的补充。

因此，为保证能源的长期稳定供应，核能将成为必不可少的替代能源。发展核电可改善山东省的能源供应结构，减少对煤炭的依赖，保障山东省能源安全和经济安全，是山东省经济可持续发展的需要。

1.5 建设项目的进度

山东招远核电厂一期工程核准及 FCD 均需要国家相关部门审批，实际投产时间受项目审批和工程进度影响。本项目每台核电机组建设周期计划为 61 个月，设计寿命为 60 年。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 区域发展规划

山东省人民政府 2021 年 4 月印发的《山东省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》（2021 年 2 月）提出：“实施核能高效开发利用行动计划，按照‘3+2’、总体布局，稳步有序推进海阳、荣成、招远等沿海核电基地建设，适时启动第四核电厂址开发，探索核能小堆供热技术研究和示范，打造核能强省”、“到 2025 年，全省可再生能源发电装机规模达到 8000 万千瓦以上，在运在建核电装机规模达到 1300 万千瓦左右”。

山东省人民政府 2018 年 9 月印发的《山东省新能源产业发展规划（2018-2028 年）》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”。

山东省人民政府 2021 年 8 月印发的《山东省能源发展“十四五”规划》中提出“秉承‘严慎细实’核安全理念，在确保安全的前提下，积极有序推进核电项目建设，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，聚焦国和一号、华龙一号、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”。

烟台市人民政府 2021 年 7 月印发的《烟台市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二 O 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”。

综上，山东招远核电项目的建设符合区域发展规划。

1.6.2 环保相关规划及环境功能区划

1）海洋功能区划

根据《山东省海洋功能区划(2011-2020 年)》（现行有效），本项目拟建取排水口位于龙口湾工业与城镇用海区（编号 A3-11），其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，基本功能未利用时兼容农渔业等功能，允许适度改变海域自然属性。图 1.6-1 给出本项目附近海洋功能区划图。

2）近岸海域环境功能区划

根据《山东省近岸海域环境功能区划(2016-2020 年)》（现行有效），本项目拟建取排水口位于龙口湾工业与城镇建设区，为三类功能区，执行海水水质III 类水质标准。图 1.6-2 给出本项目附近近岸海域功能区划图。

3）生态红线规划

根据《山东省生态保护红线规划（2016-2020 年）》（现行有效），本项目厂址拟占地和取排水管线经过处不涉及生态保护红线。图 1.6-3 给出本项目附近生态保护红线图。

4）国土空间规划

根据《招远市国土空间总体规划（2019-2035）》（阶段成果，最终以实际发布为准），厂址拟占土地现状主要为旱地，规划为基本农田中的旱地，厂址周边主要土地类型有旱地、林地、果园、村庄用地等用地类型。建设单位需与地方土地管理部门协

商办理相关用地手续，保证用地满足土地利用规划，占用基本农田手续满足相关法规要求。

5）国家级种质资源保护区

本项目取排水口位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾保护区实验区内。图 1.6-4 给出该保护区示意图。

6）“三线一单”生态环境分区管控方案

根据烟台市人民政府 2021 年 6 月发布的《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》（烟政发〔2021〕7 号），烟台市“三线一单”制定情况如下：

- 生态保护红线和一般生态空间

烟台市划定陆域生态保护红线面积不低于 1478.9km^2，海洋生态保护红线面积不低于 3551.57km^2；除生态保护红线外的一般生态空间面积不低于 1983.02km^2。以上生态空间管控区域涵盖全市生态功能极重要区和生态环境极敏感区，各类省级及以上自然保护地和饮用水水源保护区，重要海域、海岛、河流、湿地、林地、水库及其他具有重要生态功能的自然生态用地。

- 环境质量底线

稳固空气质量改善成效，各区市环境空气质量稳定达到并优于国家二级标准，市区空气质量优良率达到 80%以上，有效遏制臭氧浓度增长趋势并力争实现下降，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%。土壤环境质量持续改善，土壤环境风险得到管控，全市受污染耕地安全利用率达到 96%以上，污染地块安全利用率达到 95%以上。

- 资源利用上线

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。实行最严格的水资源管理制度，实现总量及强度“双控”，全市用水总量目标控制在 17.01 亿立方米以内，万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量控制目标完成省下达任务；浅层地下水超采区基本消除，平水年份基本实现地下水采补平衡。优化国土空间开发保护格局，控制国土空间开发强度，土地资源开发利用总量及强度指标达到省下达目标，确保耕地保有量，守住永久基本农田控制线；盘活存量建设用地，控制建设用地总规模和城市开发强度，落实城镇开发边界控制线。

➢ 生态环境分区管控

1）陆域环境管控单元：

烟台市陆域共划定环境管控单元 326 个，优先保护单元共 125 个，重点管控单元共 121 个，一般管控单元共 80 个。陆域管控单元分布示意图见图 1.6-5。本项目厂址及海水取排水管线位于陆域重点管控单元，管控要求见表 1.6-1。

2）海域环境管控单元：

烟台市划定海域环境管控单元 117 个，包括优先保护单元 55 个，重点管控单元 28 个，一般管控单元 34 个，海域环境管控单元分布示意图见图 1.6-5。本项目取排水口位于海域重点管控单元，管控要求见表 1.6-2。

➢ 生态环境准入清单

烟台市根据省-区域-地市-单元四级生态环境分区管控体系要求，落实省级、区域清单基础性、规范性要求，以全市环境管控单元为基础，从空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控、资源利用效率等方面明确相关要求，建立市级清单总体要求和环境管控单元生态环境准入清单。表 1.6-3 给出与本项目相关的生态环境准入清单要求。

1.6.3 遵循的主要法规、标准和导则

（1） 主要法律法规和规章

— 中华人民共和国环境保护法（自 2015 年 1 月 1 日实施）

— 中华人民共和国核安全法（自 2018 年 1 月 1 日起施行）

— 中华人民共和国环境影响评价法（自 2018 年 12 月 29 日起修正施行）

— 中华人民共和国放射性污染防治法（自 2003 年 10 月 1 日起施行）

— 中华人民共和国大气污染防治法（自 2018 年 10 月 26 日修正施行）

— 中华人民共和国水污染防治法（自 2017 年 6 月 27 日修正施行）

— 中华人民共和国环境噪声污染防治法（自 2018 年 12 月 29 日起修正施行）

— 中华人民共和国固体废物污染环境防治法（自 2020 年 9 月 1 日起施行）

— 中华人民共和国水土保持法（自 2011 年 3 月 1 日修正施行）

— 中华人民共和国土地管理法（自 2020 年 1 月 1 日起施行）

— 中华人民共和国海洋环境保护法（自 2017 年 11 月 5 日修正施行）

— 中华人民共和国海域使用管理法（自 2002 年 1 月 1 日起施行）

— 建设项目环境保护管理条例（自 2017 年 10 月 1 日起修订施行）

— 放射性物品运输安全管理条例（自 2010 年 1 月 1 起施行）

— 放射性废物安全管理条例（自 2012 年 3 月 1 日起施行）

— 危险化学品安全管理条例（自 2013 年 12 月 7 日起施行）

— 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（2018 年 3 月 19 日修正）

— 中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例（自 1990 年 8 月 1 日起施行）

— 核电厂核事故应急管理条例（HAF002，自 2011 年 1 月 8 日起施行）

— 建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版，自 2021 年 1 月 1 日起施行）

— 国家危险废物名录（自 2021 年 1 月 1 日起施行）

— 近岸海域环境功能区管理办法（自 2010 年 12 月 22 日起施行）

— 放射性固体废物贮存和处置许可管理办法（自 2014 年 3 月 1 日起施行）

— 放射性物品运输安全许可管理办法（自 2010 年 11 月 1 日起施行）

— 核电厂厂址选择安全规定（HAF101，1991）

— 核动力厂设计安全规定（HAF102，2016）

— 放射性废物安全监督管理规定（HAF401，1997 年 1 月）

— 国务院办公厅关于印发国家突发环境事件应急预案的通知（国办函〔2014〕119 号）

— 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知（国发〔2013〕37 号）

— 国务院关于印发水污染防治行动计划的通知（国发〔2015〕17 号）

— 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）的通知》（环办〔2013〕103 号）

— 关于印发《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》的通知（国核安发〔2020〕44 号）

（2） 技术标准和导则

— 电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）

— 核动力厂环境辐射防护规定（GB6249-2011）

— 放射性废物管理规定（GB14500-2002）

— 放射性物品安全运输规程（GB11806-2019）

— 核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定（GB14589-93）

— 核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分（GB/T17680.1-2008）

— 核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求（GB11216-89）

— 核设施流出物监测的一般规定（GB11217-89）

— 环境核辐射监测规定（HJ/T61-2021）

— 危险化学品重大危险源辨识（GB18218-2018）

— 海水水质标准（GB3097-1997）

— 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）

— 生活饮用水卫生标准（GB5749-2006）

— 环境空气质量标准（GB3095-2012）

— 声环境质量标准（GB3096-2008）

— 工业企业厂界环境噪声排放标准（GB12348-2008）

— 建筑施工场界环境噪声排放标准（GB12523-2011）

— 电磁环境控制限值（GB8702-2014）

— 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准（GB18599-2020）

— 危险废物贮存污染控制标准（GB18597-2001及修改单）

— 大气污染物综合排放标准（GB16297-1996）

— 建设项目环境影响评价技术导则 总纲（HJ2.1-2016）

— 环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容（HJ808-2016）

— 环境影响评价技术导则 大气环境（HJ2.2-2018）

— 环境影响评价技术导则 地表水环境（HJ2.3-2018）

— 环境影响评价技术导则 声环境（HJ2.4-2021）

— 环境影响评价技术导则 生态影响（HJ19-2022）

— 环境影响评价技术导则 输变电（HJ24-2020）

— 环境影响评价技术导则 地下水环境（HJ610-2016）

— 建设项目环境风险评价技术导则（HJ169-2018）

— 辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准（HJ/T10.3-1996）

— 核电厂厂址选择的大气弥散问题（HAD101/02）

— 核电厂厂址选择及评价的人口分布问题（HAD101/03）

— 核电厂厂址选择的外部人为事件（HAD101/04）

— 核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题（HAD101/05）

— 核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）（HJ1037-2019）

— 核电厂冷却塔环境影响评价技术规范（NB/T20307-2014）

（3） 地方法规和标准

— 山东省环境保护条例(2019年1月1日修订实施)

— 山东省大气污染防治条例（2018年11月修正）

— 山东省水污染防治条例（2018年12月1日实施）

— 山东省环境噪声污染防治条例（2018年1月修正）

— 山东省海洋环境保护条例（2018年11月修正）

— 山东省辐射污染防治条例（2014年5月1日实施）

— 山东省实施《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》办法（2018年1月修正）

— 山东省核事故应急管理办法（2012年10月1日施行）

— 山东省流域水污染物综合排放标准 第5部分：半岛流域（DB 37/3416.5-2018)

— 区域性大气污染物综合排放标准（DB 37/2376-2019)

— 核电厂施工期环境监测技术规范（DB37/T 3547-2019）

1.6.4 主管部门相关文件

— 电力规划设计总院 《关于中国广核集团山东核电项目初步可行性研究报告的审查意见》（电规发电〔2015〕552 号）

— 山东省发展和改革委员会 《关于同意中国广东核电集团有限公司在我省开展核电项目前期工作的函》（鲁发改能交函〔2008〕123 号）

— 山东省生态环境厅 《关于山东招远核电项目非放射性环境影响评价执行标准的复函》（鲁环函〔2021〕98 号）

— 国家发展和改革委员会 《关于山东省核电发展有关意见的复函》（发改办能源〔2019〕825 号）
— 山东省自然资源厅《关于山东招远核电项目取排水工程压覆重要矿产资源的函》（鲁自然资函〔2021〕1863 号）
— 山东省环境保护厅 《山东环境保护厅关于同意中国广核集团有限公司山东核电项目开展前期工作的复函》（鲁环函〔2014〕375 号）
— 山东省海洋与渔业厅 《山东省海洋与渔业厅关于中国广核集团有限公司山东核电项目用海情况的意见》（综函〔2015〕32 号）
— 山东省水利厅《关于山东核电项目开展取水前期工作的意见》
— 农业农村部渔业渔政管理局《关于<中广核山东招远核电项目一期工程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论证报告>的意见》（农渔资环便〔2022〕169 号）
— 中国民用航空华东地区管理局 《关于山东核电项目厂址选址与有关航线关系情况的复函》（民航华东函〔2015〕125 号）
— 烟台市自然资源和规划局《建设项目压覆重要矿产资源查询表》（拟建项目评估范围内无矿业权设置，不压覆已查明的重要矿产资源，不压覆已查明的矿产地）
— 烟台市水利局《烟台市水利局关于山东招远核电项目取排水管线穿越界河的复函》
— 国网山东省电力公司《国网山东省电力公司关于原则同意中国广核集团有限公司山东（招远）核电项目接入山东电网的函》
— 招远市人民政府办公室《招远市人民政府办公室关于明确山东招远核电厂非居住区管理要求的复函》（招政办函〔2022〕5 号）
— 招远市人民政府《招远市人民政府关于设置山东招远核电厂规划限制区的请示》（招政发〔2022〕28 号）
— 山东省核应急办《关于中广核山东招远核电厂一期工程厂址区域核应急初步方案的批复》（鲁核应急办〔2022〕12 号）

1.6.5 相关技术文件

本项目已开展的有关的专题成果主要有：

- 山东核电厂一期工程山东招远核电厂一期工程可能最大暴雨和可能最大洪水计算专题报告，长江水利委员会水文局，2017 年 6 月
- 中广核山东招远核电厂工程冷却方式分析和论证报告，深圳中广核工程设计有限公司，2021 年 5 月
- 中广核山东招远核电厂工程超大型海水冷却塔环境影响专项研究报告，苏州热工研究院有限公司，2021 年 6 月
- 中广核山东招远核电厂工程与裕龙岛炼化一体化项目相容性影响分析专题报告，苏州热工研究院有限公司，2021 年 6 月
- 中广核山东招远项目海洋生态环境影响研究专题报告，青岛国海浩瀚海洋工程咨询有限公司，2021 年 6 月
- 山东招远项目厂址附近范围水文地质调查与评价报告，郑州中核岩土工程有限公司，2021 年 6 月
- 山东招远项目取排水管线水文地质调查与评价报告，郑州中核岩土工程有限公司，2021 年 6 月
- 中广核山东招远核电厂工程取排水方案海域部分研究报告，深圳中广核工程设计有限公司，2021 年 6 月
- 中广核山东招远核电厂工程取排水方案陆域部分研究报告，深圳中广核工程设计有限公司，2021 年 6 月
- 中广核山东招远核电项目盐沉积对植物的影响实验专题报告，苏州热工研究院有限公司，2022 年 3 月
- 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）报告，国家海洋环境监测中心，2021 年 6 月
- 山东招远核电厂一期工程海洋水文分析与计算专题报告，天津市海岸带工程有限公司，2018 年 1 月
- 山东招远核电厂一期工程海域岸滩稳定性分析报告，交通运输部天津水运工程科学研究所，2018 年 7 月
- 山东招远核电厂一期工程极端气象参数及常规气象参数分析与计算专题报告，山东省气候中心，2018 年 9 月

- 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 6 月
- 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 6 月
- 中广核山东招远核电项目厂址区域人口分布、居民饮食习惯和生活习性调查报告，苏州热工研究院有限公司，2021 年 8 月
- 中广核山东招远核电项目厂址环境特征及外部人为事件调查报告，苏州热工研究院有限公司，2021 年 8 月
- 中广核山东招远核电项目非放环境质量现状调查报告，苏州热工研究院有限公司，2021 年 8 月
- 中广核山东招远核电项目放射性本底初步调查报告，苏州热工研究院有限公司，2021 年 9 月
- 中广核山东招远核电项目陆域取排水管线环境影响报告，苏州热工研究院有限公司，2022 年 4 月
- 山东招远核电厂工程水资源论证报告书，南京水利科学研究院，2021 年 9 月
- 山东招远核电厂一期工程周年水文站及冬、夏全潮观测报告，天津水运工程勘察设计院，2017 年 11 月
- 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论证报告，中国水产科学研究院黄河水产研究所，2022 年 3 月

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

（1） 运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下的剂量约束值和排放控制值

《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，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值，同时对不同功率反应堆要求根据其功率按照 6.2 款规定适当调整，6.4 款规定了多堆厂址所有机组年总排放量控制值，此外，6.8 款

还规定了不同类型厂址放射性流出物排放浓度控制值。

山东招远核电厂一期工程拟建设两台百万千瓦级核电机组，其运行状态下向环境释放的放射性物质对公众中任何个人（成人）造成的有效剂量必须小于 0.08mSv/a 的剂量约束值。

本项目采用的华龙一号技术融合方案核电机组为轻水反应堆，机组额定热功率为 3180MW。根据 GB 6249-2011 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：

气载放射性流出物：

— 惰性气体：6×10^{14}Bq/a；

— 碘：2×10^{10}Bq/a；

— 粒子（半衰期≥8d）：5×10^{10}Bq/a；

— 碳 14：7×10^{11}Bq/a；

— 氚：1.5×10^{13}Bq/a。

液态放射性流出物：

— 氚：7.5×10^{13}Bq/a；

— 碳 14：1.5×10^{11}Bq/a；

— 其它核素：5×10^{10}Bq/a。

本项目作为滨海核电厂址，其槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其它放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。本项目在本阶段槽式排放出口的放射性流出物中除氚和碳-14 外其余核素的浓度暂按照 900Bq/L 控制，在本项目详细设计阶段会开展进一步优化工作。

（2） 事故工况下的剂量限值

按《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）5.9 款规定，在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 2×10^{4} 人·Sv。

（3） 海水中的放射性核素浓度指标

根据《海水水质标准》（GB 3097-1997）的要求，本项目运行期间受纳水体中与核电厂释放相关的放射性核素浓度控制值为：

— ^{60}Co： 0.03Bq/L；

— ^{90}Sr： 4.0Bq/L；

— ^{106}Ru： 0.2Bq/L；

— ^{134}Cs： 0.6Bq/L；

— ^{137}Cs： 0.7Bq/L。

1.7.2 非辐射环境影响的评价标准

本项目非辐射环境影响评价标准主要依据山东省生态环境厅《关于山东招远核电项目非放射性环境影响评价执行标准的复函》（鲁环函〔2021〕98 号）。

1）环境质量标准

a) 环境空气质量标准

厂址区域环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的二级标准。

b) 海水水质标准

厂址附近海水水质按照厂址近岸海域环境功能区划的要求执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相应标准。具体为：一、二类功能区人为造成的海水温升夏季不超过 1℃，其它季节不超过 2℃；三、四类功能区人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃。

c) 声环境质量标准

厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类声环境功能区标准，周围声环境敏感点执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 1 类声环境功能区标准。

d) 电磁环境质量标准

本项目厂址区域工频电场强度和工频磁感应强度评价标准执行《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）规定的对应于 50Hz 频率的公众曝露控制限值（离地面 1.5m 高度）：工频电场：4kV/m；工频磁场：0.1mT。

2）污染物排放标准

a) 污水排放标准

本项目生活污水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准以及《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化、道路清扫的水质标准。

本项目生产废水执行《山东省流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB 37/3416.5-2018)中的二级标准。

b) 噪声排放标准

本项目施工期厂界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的相应限值，即：昼间：70dB（A）；夜间：55dB（A）。

本项目运行期间噪声评价范围内无居民点，最近的居民点距离厂址约 1.8km 处，根据山东省生态环境厅出具的本项目非放射性环境影响评价执行标准的复函，本项目厂界外 1m 处噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的“工业企业厂界环境噪声排放限值”3 类功能区标准，即：昼间 65dB（A）；夜间 55dB（A）。

c) 大气污染物排放标准

本项目运营期大气污染物排放执行《区域性大气污染物综合排放标准》(DB 37/2376-2019)，施工期执行《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)中的无组织排放监控浓度限值。

d) 固废控制标准

本项目一般工业固体废物的处置和贮存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020)；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及其修改单中的相关要求，交由有资质单位处置。

1.8 工程组成

本项目包括核电主体工程和配套工程，主体工程主要包括核岛、常规岛、辅助厂房、海水冷却塔等；相关配套工程主要包括：500kV 主开关站、220kV 施工与辅助电源、放射源库、进厂道路、应急道路、海水取排水管线工程、淡水取水工程，其中 500kV 主开关站以及海水取排水管线工程包含在本项目核电厂主体工程环评中，其余配套工程单独立项进行环评。

1.9 环境保护措施

本项目拟建设的环境保护设施主要包括放射性废气系统、放射性废液系统、放射性固体废物系统、放射性废物处理厂房、环境监测站、应急指挥中心、污水处理站、潜在放射性含油废水处理站、非放射性含油废水处理站、环境实验室、工业废物暂存库等。

本项目拟建的环境保护设施主要选择现有核电厂普遍采用的成熟、可靠、经济的方案，并结合本工程机组类型和污染物排放特点进行适当优化，以保证环境保护设施在机组长期运行期间稳定运行，满足国家环保法规的排放和管理要求。

1.10 评价范围

（1）辐射环境

本项目辐射环境的评价范围是分别以山东招远核电厂一期工程各机组反应堆为中心，半径 80km 范围的包络区域，包括气载和液态放射性流出物对半径 80km 区域内公众的辐射影响。

（2）非辐射环境

1）水环境

根据核电项目液态排放特点，水环境的评价范围为受纳海域 1℃温升范围，重点考虑取排水口附近海域及相关功能区管理要求。管线工程水环境评价范围为管线中心两侧各 200m 范围。

2）大气环境

主要考虑施工期的大气环境影响，评价范围为施工场界以及厂址附近的大气环境保护目标。管线工程大气环境评价范围为管线中心两侧各 200m 范围及站场边界外 200m 范围。

3）声环境

本项目声环境影响的评价范围为厂界外 1m，并适当扩大至环境敏感点处。管线工程声环境影响的评价范围为管线沿线两侧各 200m 范围，站场边界外 200m 范围。

4）生态环境

本项目生态环境评价范围以核电厂永久占地和临时占地范围为主，并考虑附近自

然保护区和生态敏感区。

管线工程生态环境评价范围为管线中心两侧各 300m 范围以及站场用地范围。

5）电磁环境

参照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020），本项目电磁辐射环境的评价范围为：厂区内 500kV 架空线路边导线地面投影外两侧各 50m 区域以及厂区内变电站、开关站站界外 50m 区域。

表 1.6-1 陆域环境管控单元管控要求

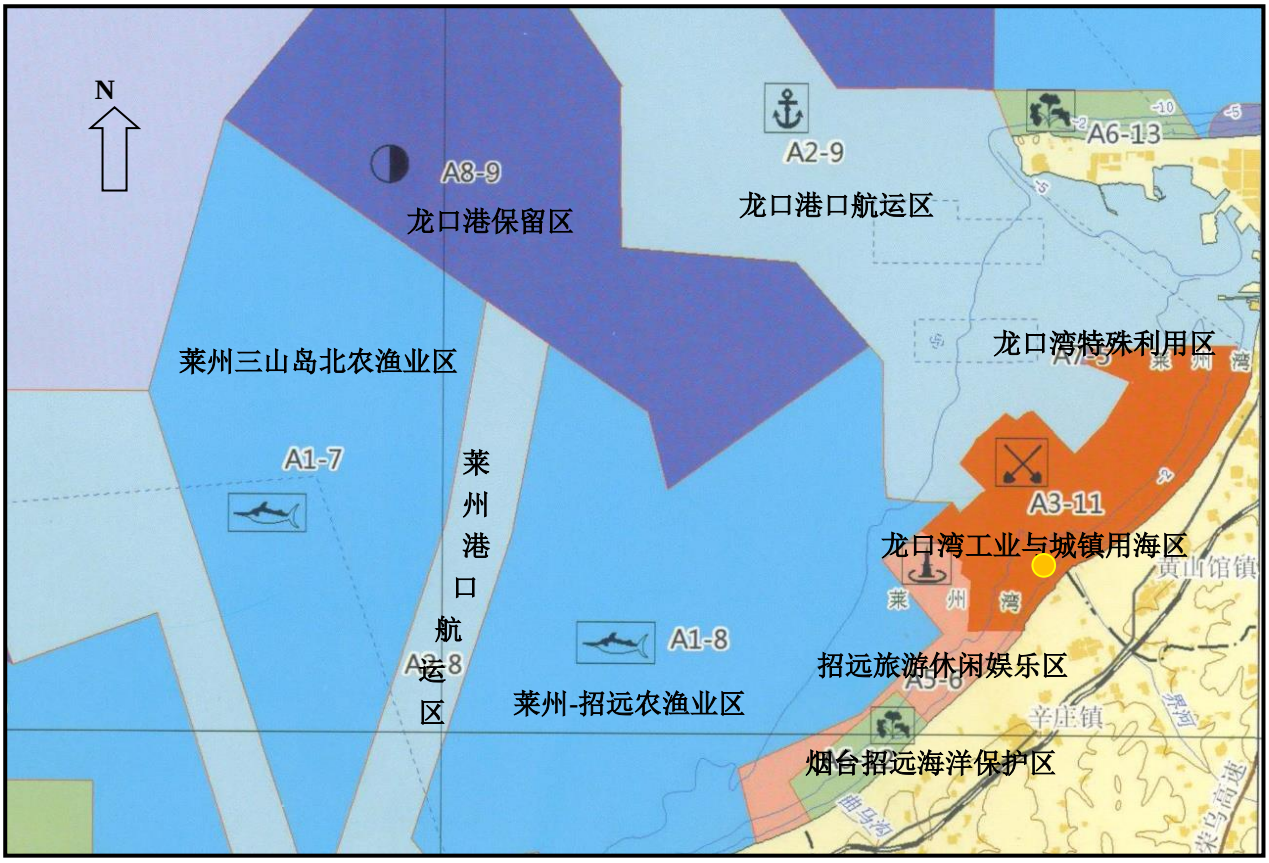
陆域环境管控单元分类	涉及区域概况	管控要求
优先保护单元	主要涵盖生态保护红线等生态空间管控区域。	以绿色发展为导向，严守生态保护红线，严格执行各类自然保护地、河湖岸线、海岸线管理要求。
重点管控单元	主要涵盖人口密集的中心城区和各级各类工业园区（集聚区）、资源开发强度大或污染物排放强度高的区域。	重点推进产业布局优化、转型升级，提高资源利用效率，加强突出生态环境问题治理、污染物排放控制和环境风险防控。涉及城镇开发边界、产业园区的重点管控单元根据国土空间规划、产业发展规划及规划环评等动态调整。
一般管控单元	主要涵盖除上述优先保护、重点管控单元以外的区域。	执行区域生态环境保护的基本要求，合理控制开发强度。

表 1.6-2 海域环境管控单元管控要求

海域环境管控单元分类	涉及区域概况	管控要求
优先保护单元	主要涵盖海洋生态保护红线、海洋水产种质资源保护区等重要海洋生态功能区。	重点维护生态系统健康和生物多样性。
重点管控单元	主要涵盖工业或城镇建设用海区、港口区、矿产与能源区、特殊利用、排污混合区、围填海区等开发利用强度较高的海域，以及水动力条件较差、水质超标和存在较大风险源的海域。	重点提升海洋环境质量，强化陆海统筹，优化空间开发利用格局。
一般管控单元	涵盖除上述海域优先保护、重点管控单元以外的区域。	重点以维护海洋生态环境质量为导向，执行海洋生态环境保护的基本要求，合理控制开发强度。

表 1.6-3 生态环境准入清单要求（与本项目相关内容）

管控维度	清单编制要求	准入要求	本项目情况
空间布局约束	禁止开发建设活动的要求	对《市场准入负面清单（2019 年版）》禁止准入事项，市场主体不得进入，行政机关不予审批、核准，不得办理有关手续。	本项目不属于禁止类项目。
	限制开发建设活动的要求	在海岸带限制开发区内，严格控制改变海岸带自然形态和影响生态功能的开发利用活动，预留未来发展空间，严格海域使用审批。	本项目取排水管线涉及海岸带开发活动，严格开展海域使用审批。
污染物排放管控	污染物允许排放量	严格执行污染物入海排放标准，严查各类偷排漏排行为，杜绝入海排污口超标排海。	本项目主要涉及低放射性液态排出物、温排水排放入海，将严格落实污染物排放标准。
		实施雨污分流、深度处理及中水回用，到 2022 年实现入海点源污染物排放 100%达标。	本项目将严格采取措施满足管控要求。
		禁止向海域排放油类、酸液、碱液、剧毒废液和高、中水平放射性废水。严格限制向海域排放低水平放射性废水；严格控制向海域排放含有不易降解的有机物和重金属的废水。	本项目不排出油类、酸液、碱液、剧毒废液、高、中水平放射性废水以及不易降解的有机物和重金属的废水。向海域排放低水平放射性废水满足相应排放标准。
资源开发效率要求	水资源利用要求	全面实施节约用水集中行动，推进县域节水型社会达标建设。继续大力推广节水新技术、新工艺、新设备，鼓励节约用水、循环用水，提高水的重复利用率，开展公共机构节水型单位创建和节水宣传工作。	本项目将采用先进措施提高水的重复利用率。
	地下水开采要求	在地下水限制开采区，应当采取控采限量、节水压减的措施，限定地下水水位和年度取水总量。对已有的地下水取水工程，设区的市人民政府水行政主管部门应当逐步核减取水单位的地下水开采量和年度用水计划。	本项目不涉及地下水开采。
	土地资源利用要求	1. 到 2030 年，受污染耕地安全利用率达到 98%以上，污染地块安全利用率达到 95%以上。 2. 到 2022 年，人均城镇工矿用地控制在 141 平方米以内。 3. 到 2022 年，全市大、中型矿山绿色矿山建成率均达到 95％以上，“三区两线”可视范围内历史遗留矿山地质环境治理率达到 90％以上。	本项目不产生污染土壤的污染物。 本项目拟建位置涉及部分基本农田，将严格按照相关法规办理土地利用手续。



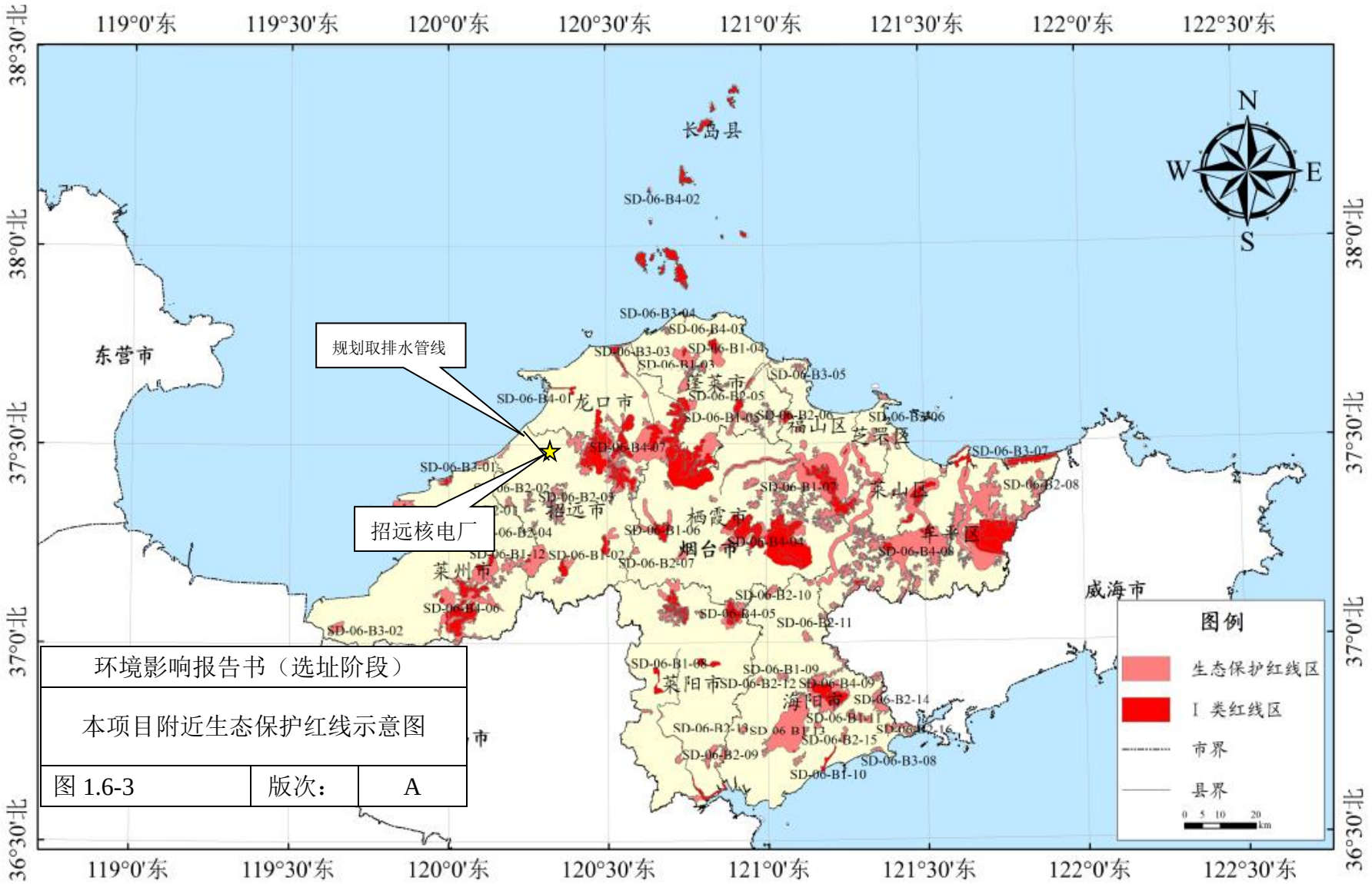
● 规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）

环境影响报告书（选址阶段）		
本项目附近海洋功能区划图		
图 1.6-1	版次：	A

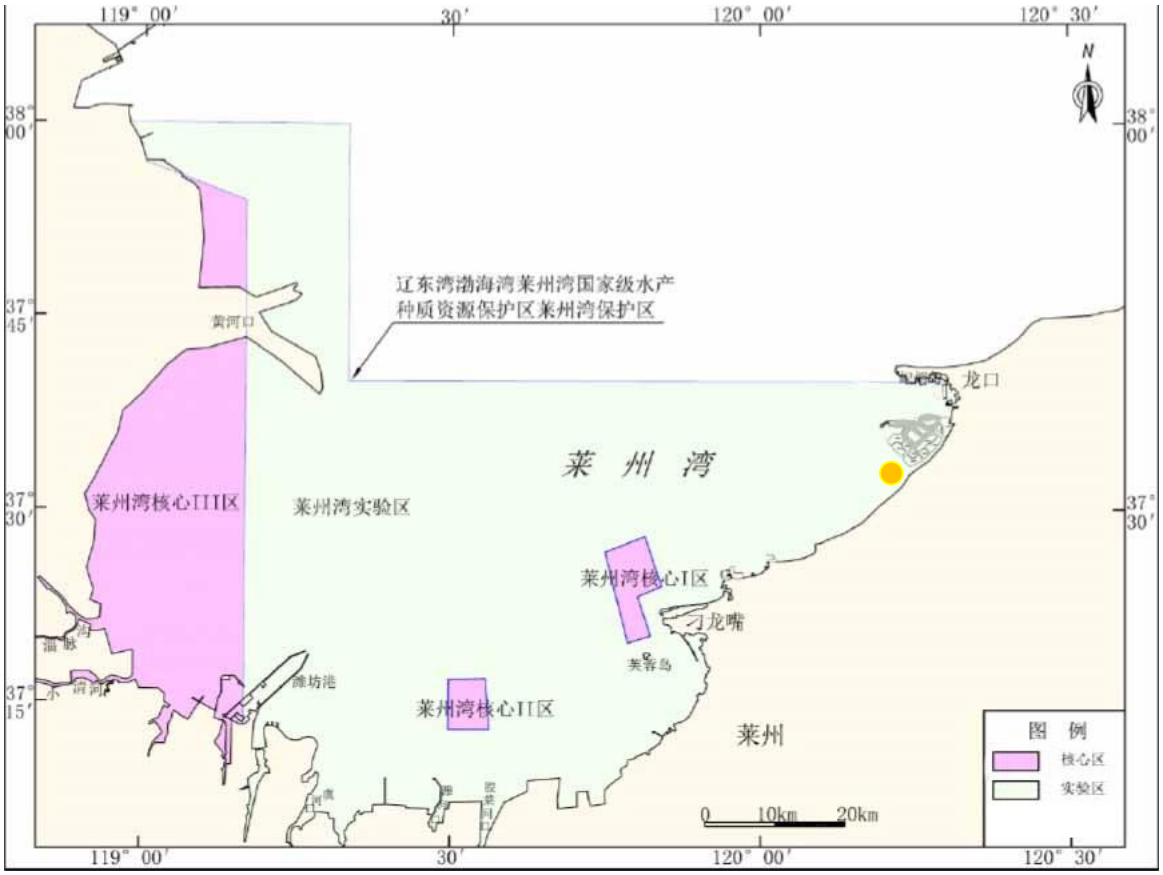


规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）

环境影响报告书（选址阶段）		
本项目附近近岸海域环境功能区划图		
图 1.6-2	版次：	A

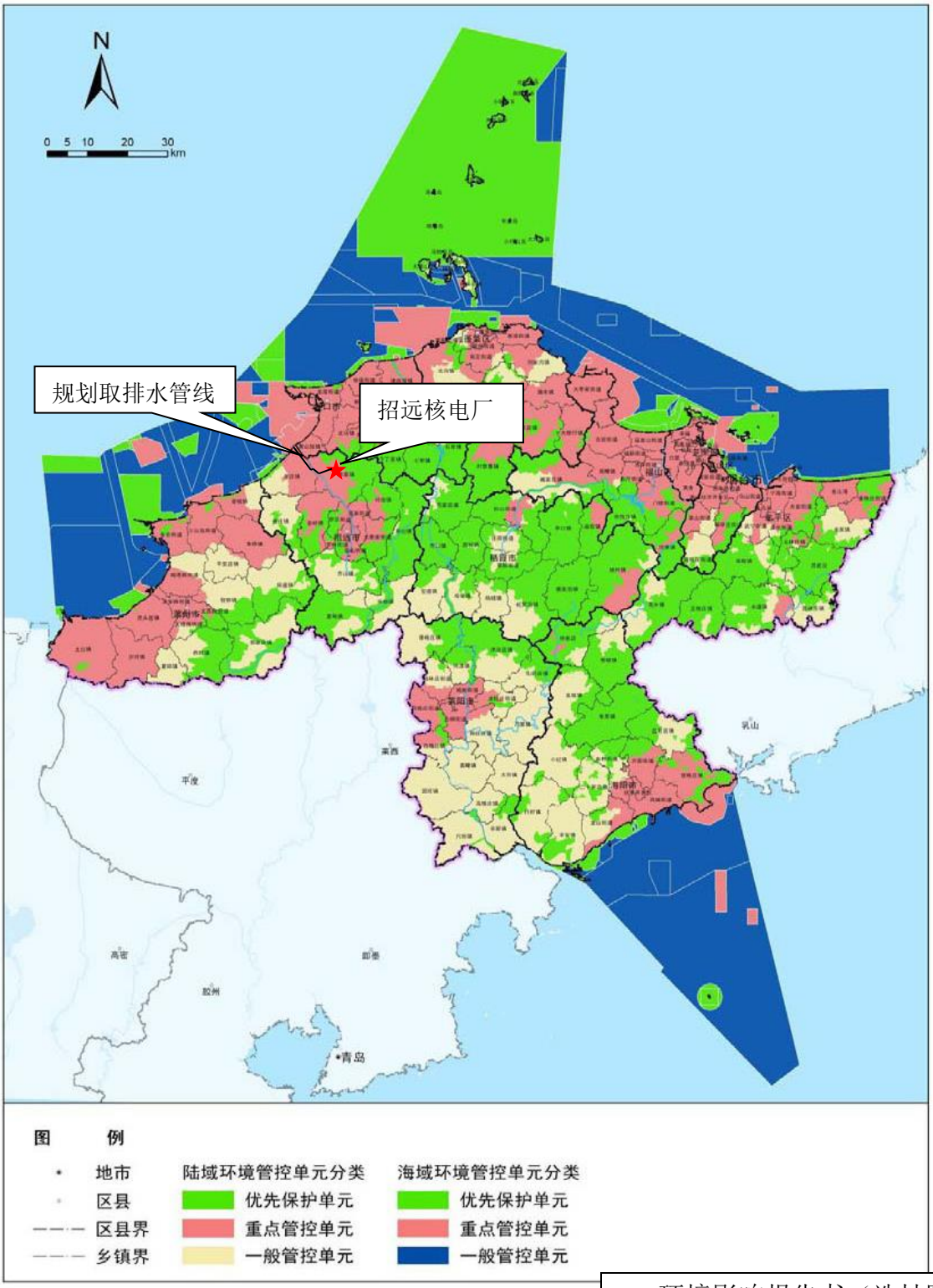


环境影响报告书（选址阶段）		
本项目附近生态保护红线示意图		
图 1.6-3	版次：	A



● 规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）

环境影响报告书（选址阶段）		
辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾保护区示意图		
图 1.6-4	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
环境管控单元分类示意图		
图 1.6-5	版次：	A

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布与饮食习惯

2.3 土地利用及资源概况

2.4 气象

2.5 水文

2.6 地形地貌

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

山东招远核电厂一期工程位于山东省烟台市所辖招远市张星镇北侧、季山南侧的丘陵地带，厂址东距烟台市约 85km，南距张星镇约 5.1km，东南距招远市约 15km，西北距莱州湾岸边约 9km。

图 2.1-1 给出了本项目厂址地理位置图。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

山东招远核电厂为多堆厂址，全厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程建设两台华龙一号核电机组。山东招远核电厂一期工程永久用地面积约 197.52hm^2（其中厂区用地面积为 76.9hm^2，取排水管线等用地面积为 55hm^2），工程临时用地面积（施工准备区）为 70hm^2。本项目用海总面积约 23hm^2，主要包括建设透水构筑物、排水口、取水口、取排水管道及温排水区。

根据本项目选址假想事故的放射性后果计算结果，山东招远核电厂一期工程非居住区边界暂定为以各反应堆为中心、半径 500m 的包络区域，非居住区面积为 192.5hm^2，非居住区范围内大部分位于厂址征地边界以内，北侧和南侧有部分面积超出厂址征地边界，其中，北侧超出 31.7hm^2，超出部分现状为农田、村庄，该部分用地为核电厂施工临时用地；南侧超出 4.4hm^2，部分现状为林地、农田，部分为出线走廊，部分本工程未使用。

根据选址假想事故计算结果，选址假想事故发生后 2h 内，非居住区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 1.06×10^{-1}Sv，占国家标准限值的 53.0%，本项目非居住区边界的设置能够满足我国国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

目前，本项目拟建区域范围内主要为山地、农田。根据本项目规划，整厂非居住区包络范围内的村庄届时将实施搬迁。除此以外，综合考虑各方面因素，对距离厂址较近的村庄（W 方位约 0.9km）届时也将实施搬迁。

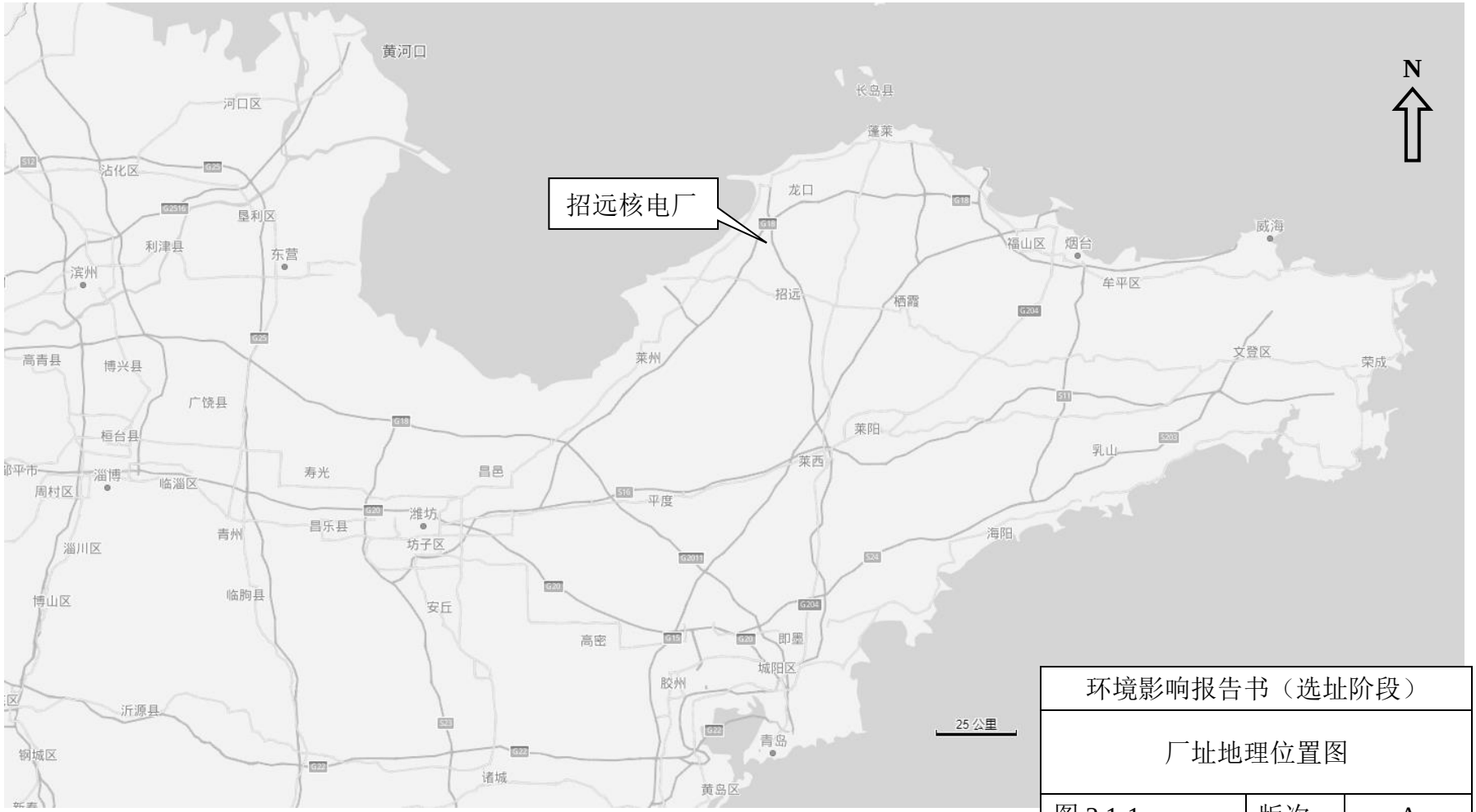
根据招远市人民政府办公室出具的《招远市人民政府办公室关于明确山东招远核电厂非居住区管理要求的复函》（招政办函〔2022〕5 号），同意山东招远核电厂在厂址（以 1 号~6 号反应堆为中心）周边半径 500m 的区域设置非居住区，区域内严禁有

常驻居民；山东招远核电有限公司在山东招远核电项目寿期内按照有关规定有效管理山东招远核电厂用地边界及非居住区边界内的活动。

根据《中华人民共和国核安全法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，本项目厂址周围还应设置半径不小于 5km 的规划限制区。目前厂址半径 5km 范围内大部分为招远市张星镇所辖区域，少部分为龙口市黄山馆镇、北马镇所辖区域。

本项目拟设的规划限制区为以各反应堆为中心、半径 5km 的包络区域，根据选址假想事故计算结果，事故持续时间 30d 内，规划限制区外边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 5.0×10^{-2}Sv，占国家标准限值的 20.0%，本项目规划限制区的设置可满足 GB6249-2011 的剂量管理要求。

目前，本项目已获取招远市人民政府关于设置山东招远核电厂规划限制区的支持性文件:《招远市人民政府关于设置山东招远核电厂规划限制区的请示》〔招政发〔2022〕28 号〕；正在办理省级人民政府同意设置规划限制区的支持性文件的相关工作。



环境影响报告书（选址阶段）		
厂址地理位置图		
图 2.1-1	版次：	A

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围人口分布

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围人口分布

2.2.1.3 厂址半径 10km 范围特殊人群分布

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内人口分布现状

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

2.2.3.3 厂址及拟设取排水口附近居民食谱和生活习性调查

2.2 人口分布与饮食习惯

山东招远核电厂一期工程厂址半径 80km 范围内的区域涉及山东省烟台市下辖蓬莱区、海阳市、栖霞市、龙口市、招远市、莱州市、莱阳市、开发区、福山区和青岛市下辖的平度市、莱西市。本报告所用人口数据主要来源于上述各县市（区）2020 年统计年鉴和各级政府机构提供的新近资料以及现场实地调查的资料（资料数据截止于 2019 年年底）。厂址半径 5km、15km 范围内的人口数据主要来自于各乡镇人口统计结果。本报告采用的人口统计口径为户籍人口。

按照《核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）要求，本节人口分布统计按子区分别进行，以山东招远核电厂一期工程 1 号机组反应堆为中心，划分半径为 1，2，3，5，10，20，30，40，50，60，70 和 80km 的同心圆，辐向以罗盘方位为扇形区中心线，划分成 16 个方位，共 192 个子区。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围人口分布

厂址半径 5km 范围内涉及招远市张星镇、龙口市北马镇和黄山馆镇的部分区域，截至 2019 年底总人口为 29391 人，共有 43 个居民点。厂址半径 5km 范围属陆域范围，按评价区面积计算，平均人口密度为 374 人/km^2，低于山东省同期平均人口密度 637 人/km^2，低于烟台市同期平均人口密度 475 人/km^2，低于招远市同期平均人口密度 391 人/km^2。

离厂址 1 号机组最近的居民点为 W 方位约 0.9km 的张星镇山前季家村，有人口 420 人；其次是位于 1 号机组 N 方位约 1.6km 处的张星镇虎龙斗村，有人口 645 人。根据本项目非居住区管理要求及初步搬迁计划，上述两个村庄后续要实施搬迁。在本项目正常运行时，距离本项目最近的村庄为厂址 ESE 方位约 1.8km 的北栾家河村，有 1925 人以及厂址 S 方位约 1.8km 的沟子村，有 380 人。

厂址半径 5km 范围内最大的居民点为招远市张星镇大岚村，共有人口 2315 人，位于 ENE 方位约 2.0km 处；其次为张星镇丛家村，位于 ESE 方位约 4.3km 处，共有人口 2260 人。

厂址半径 5km 范围内没有万人以上人口中心。

厂址半径 5km 范围内各居民点到厂址的距离、方位和人口数列于表 2.2-1。厂址

半径 5km 范围内各居民点的分布情况见图 2.2-1。

根据张星镇镇政府和龙口市公安局提供的流动人口资料，厂址半径 5km 范围内流入人口约 1900 人，这些人口大部分为流入的务工人员，季节性特点一般以长期居住，逢年过节返乡为主，流动高峰期一般在春节前后。根据当地卫健局提供的 2019 年流出人口资料，厂址半径 5km 范围内张星镇流出人口共 287 人；黄山馆镇流出人口共 112 人，北马镇流出人口 280 人，这些流出人口主要分布在北京、上海、广州、青岛、烟台等地，主要从事务工经商，主要为长期居住，春节返乡。

另外，由于厂址半径 5km 范围内无大型旅游景点，厂址半径 5km 范围内基本无短期流动人口。

表 2.2-2 给出厂址半径 5km 范围内各行政村流动人口情况。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围人口分布

厂址半径 15km 范围内涉及招远市的辛庄镇、蚕庄镇、金岭镇、张星镇和梦芝街道、温泉街道以及龙口市的龙港街道、黄山馆镇、北马镇、芦头镇和下丁家镇的部分区域。

厂址半径 15km 范围内涉及的居民点数量为 373 个，截至 2019 年底户籍人口总数为 327001 人，按评价区面积计算，平均人口密度为 463 人/km^2，低于山东省同期平均人口密度 637 人/km^2，按陆域面积计算，评价区域内陆域人口密度为 517 人/km^2，高于烟台市同期平均人口密度 475 人/km^2，该区域人口密度偏大主要是由于厂址北侧约 14~15km 的龙港街道人口相对集中。

厂址半径 5～15km 范围内人口超过千人的重要居民点有 55 个，其中最近的千人以上重要居民点为位于厂址 SW 方位 5.4km 处的张星镇地北头王家村，有人口 1193 人；最大的集中居民点为位于厂址 N 方位约 15km 处的龙港街道各居委会，包括和平居委会、红光居委会和央格庄居委会，共有人口 56247 人；其次为梦芝街道各社区，位于厂址 SSE 方位 14.3km 处，共有人口 13712 人。

厂址半径 10km 范围内无 10 万人以上的城镇。

厂址半径 5~15km 范围内千人以上的居民点的方位、距离、人口列于表 2.2-3；图 2.2-2 为厂址半径 5~15km 范围千人以上居民点分布示意图。

根据招远市各乡镇城镇人口规模最新规划，厂址所在张星镇到 2050 年规划城镇人口规模为 2 万人，厂址 W 方位约 10~12km 的辛庄镇（规划的滨海新区）到 2050 年规

划城镇人口规模为 8 万人。因此，根据目前规划预计未来厂址半径 10km 范围内不会有 10 万人以上人口中心，后续还需持续关注招远市滨海新区人口发展。

同时，厂址 NW~NNW 方位 10~15km 处正在建设裕龙岛炼化一体化项目，该项目建设期施工人员可达上万名，待施工完成后项目正常运营会有数千名工作人员，会带动该区域流动人口增长。根据《关于裕龙岛炼化一体化项目（一期）环境影响报告书的批复》（环审〔2020〕117 号），石化产业园区 5 公里范围内不得规划新增居住、商业、旅游等功能，通过相关国土空间规划调整，逐步疏解项目周边人口，预计裕龙石化产业园周边不会出现人口聚集区。

本项目厂址半径 15km 范围内各乡镇的经济结构主要以农业、养殖业和工矿业为主，根据招远市卫健局提供的资料，招远市各乡镇流动人口大部分位于镇区所在地，各村流动人口相对较少，流入人口主要从事于各镇的采矿业、制造业、建筑装业、商务流通业等务工活动，其中招远市温泉街道流入人口最多，达 1517 人，主要从事经商务工等活动。

根据龙口市卫健局提供的资料，厂址半径 15km 范围内龙口市各乡镇流动人口大部分位于镇区所在地，主要从事机械加工、建材建筑、矿山开采等，其中厂址北侧约 15km 的龙港街道流入人口最多，达 6276 人，主要是从事务工、海水渔业捕捞及海水养殖等，主要是由于龙港街道是龙口市重点发展的区域之一，近年来经济发展较快因而流入人口较多。厂址半径 15km 范围流动人口季节性特点一般以长期居住，逢年过节返乡为主，流动高峰期一般在春节前后。表 2.2-4 给出厂址半径 15km 范围内各乡镇流动人口情况。

厂址半径 15km 范围内主要有南山旅游景区（5A 级）、罗山黄金文化旅游度假区（4A 级）和辛庄镇滨海旅游度假区（3A 级）、龙口市芦头镇庵夼村（大飘山森林公园）、龙口市黄山馆镇后徐家村共 5 处风景旅游区，游客主要是来自烟台市境内，也有一部分来自于山东省及全国其他各地。其中，南山旅游景区位于龙口市芦头镇南、厂址 NNE 方位约 14km 处，年均接待游客超过 10 万人次；罗山黄金文化旅游度假区位于厂址 ESE 方位约 13km 处，年均接待游客超过 10 万人次；辛庄镇滨海旅游度假区位于辛庄镇滨海、厂址 W～WNW 方位约 12～14km 处，年均接待游客约 60 万人；龙口市芦头镇庵夼村（大飘山森林公园）位于厂址 E~ENE 方位约 10~13km 处，年接待游客超 20 万人次；龙口市黄山馆镇后徐家村位于厂址 WNW~NW 方位约 6km 处，年接待游客

超 5 万人次。

2.2.1.3 厂址半径 10km 范围特殊人群分布

厂址半径 10km 范围内没有监狱，需要关注的特殊人群主要分布在学校、医院和养老院场所。

厂址半径 10km 范围内卫生院有张星镇宋家卫生院、招远市张星中心卫生院、龙口市心理康复医院、龙口市黄山馆镇卫生院，等级均为一级，其中最大的为龙口市心理康复医院，有床位数 250 张、工作人员 72 人。其他各院床位为 20~50 多张。厂址半径 10km 范围内医院、卫生院分布情况详见表 2.2-5。

厂址半径 10km 范围内敬老院有招远市张星镇敬老院、招远市滨海老年公寓、龙口市黄山馆敬老院、龙港街道敬老院。其中规模较大的张星镇敬老院有床位数 140 张，工作人员 12 人，入住人数 93 人。厂址半径 10km 范围内敬老院情况详见表 2.2-6。

厂址半径 10km 范围内共有中小学、幼儿园 24 所，分布在招远市张星镇、辛庄镇、金岭镇、龙口市北马镇、黄山馆镇，最大的学校为招远市张星镇张星学校，为九年一贯制学校，有教师人数 124 人，学生人数 1378 人，位于张东村（厂址 S 方位约 4.6km）；其次为张星镇宋家学校，现有教师人数 105 人，学生人数 839 人，位于年头宋家村（厂址 SE 方位约 4.5km）。厂址半径 10km 范围学校分布情况见表 2.2-7。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内人口分布现状

厂址半径 80km 评价范围内，截止 2019 年底的总人口数为 4836073 人，按评价区面积计算，平均人口密度为 240 人/km^2，低于山东省同期平均人口密度 637 人/km^2，也低于烟台市同期的平均人口密度 475 人/km^2。按陆域面积计算（陆域面积约占总评价区的 65%），评价区域内陆域人口密度为 370 人/km^2。其中，厂址 SSE 方位 60~80km 人口较多，有人口 716049 人，主要是因为该区域涉及莱阳市和莱西市市区各街道，人口相对集中。

厂址半径 80km 范围内城镇人口超过万人的人口中心共有 43 个，超过 10 万人的有 2 个。最大的人口中心为厂址 SSE 方位 72.4km 处的莱阳市城厢街道，有城镇人口 146890 人，其次为位于厂址 E 方位 79.3km 处的烟台市开发区福莱山街道，共有城镇人口 146215 人。其中距离厂址最近的万人以上人口中心是位于厂址 SSE 方位约

14~15km 处的招远市梦芝街道各社区，共有城镇人口 13712 人。

厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布详见表 2.2-8 和图 2.2-3。

表 2.2-9 给出厂址半径 80km 范围内城镇人口超过万人的人口中心方位、距离和人口数，图 2.2-4 给出厂址半径 80km 范围超过 10 万人以上人口中心分布图。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

根据《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）的要求，核电厂在投运当年及寿期内的各时期（每隔十年）均需对厂址半径 80km 范围内的人口分布进行预测。

1）山东省人口预测

由于目前山东省人口规划部门没有长期人口规划文件，本报告对于山东省人口预测主要参考《山东省人口预测与分析》（山东师范大学　顾川 硕士学位论文 2017 年 4 月），该文献基于 GM 模型进行预测，人口预测主要考虑的变量有出生率、死亡率、年龄比例、人口总数、二胎政策等因素。根据该文献结论，预测到 2030 年，山东省人口处于平稳增长阶段，山东省 2020~2030 年均增长率为 5.95‰。

根据山东省 2020 年统计年鉴，2017~2019 年山东省人口年增长率分别为 5.9‰、4.1‰、2.3‰，山东省近年来人口增长呈下降趋势。

同时，目前由于“三孩政策”刚发布，相关部门还没有针对“三孩政策”对人口增长的影响进行预测，回顾 2016 年的二胎政策，只在短期内起到新生儿上升效果，然后迅速下降，从二孩政策来看三孩政策对人口增长的效果将会更加有限，预计三胎政策不会造成人口大量增长。

综上所述，本报告采用的山东省 2020~2030 年增长率为 5.95‰的结果可包络山东省未来人口增长情况，对于山东省 2030 年以后人口增长率保守按照与 2030 年的增长率一致考虑。

2）招远市人口预测

厂址位于山东招远市，根据招远市发改委提供的《招远市城市发展战略 2050》（阶段成果）中人口预测相关内容，预测招远市 2025 年人口规模 58.2 万，2035 年人口规模 60 万，2050 年人口规模 65 万。由此各年的平均人口增长率如下：

2020~2025 年：6.3‰；

2026~2035 年：3.1‰；

2036~2050 年：5.4‰。

保守预测 2050 年以后人口预期增长率同 2050 年一致。

3）龙口市人口预测

根据龙口市统计年鉴，2017-2019 年人口增长率分别为 0.3‰、-2‰、-0.8‰，人口呈负增长趋势。根据龙口市卫健局提供的资料，预测龙口市十四五期间（2020~2025 年）每年人口自然增长率约为-0.63‰。由于目前龙口市无长期人口预测资料，本报告对于 2025 年以后龙口市人口增长率采用山东省预测人口增长率 5.95‰。

本报告对于人口预测采用指数增长模式计算。指数增长模式也为马尔萨斯人口模型，是由英国人口学家马尔萨斯于 1978 年提出，模型公式如下：

$$N = N_0 e^{r \cdot t}$$

式中：N：预期人口数（人）；

N_0：现有人口数（人）；

r：预期年平均人口增长率（‰）。

根据上述的人口预测计算模式以及人口预期增长率可以得出：1 号机组投产当年至寿期内每隔 10 年厂址半径 80km 范围内的总人口数分别为 5072423 人、5370043 人、5695690 人、6041116 人、6407499 人、6796127 人、7208359 人。各预测年份厂址半径 80km 范围各子区的人口分布情况见表 2.2-10~表 2.2-16 及图 2.2-5~图 2.2-11。

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

本项目评价范围内主要涉及烟台市大部分区域以及青岛市下辖的莱西市和平度市，表 2.2-17 给出当地统计部门提供的烟台市、青岛市第七次人口普查分年龄段结果，由于厂址半径 5km 范围内均位于烟台市，故厂址半径 5km 年龄构成采用烟台市统计数据，厂址半径 80km 年龄构成按照青岛市和烟台市人口比例权重计算得出。表 2.2-18 给出本项目厂址各区域居民年龄构成统计结果。

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

厂址半径 80km 范围内的城镇居民和农村居民食物消费数据来源主要为山东省、烟台市近年统计年鉴。根据年鉴资料的统计分析可知：厂址半径 80km 范围内的居民

主食以小麦为主，另有大米、玉米、谷物及其他薯类和豆类等；区域内居民副食品主要为蔬菜、水果、肉禽和水产品等。居民消费中，蔬菜主要以青菜、白菜等叶类蔬菜为主，同时也消费有黄瓜、豆角、茄子、土豆、萝卜、西红柿等根茎类和果实类蔬菜；肉类主要为猪肉，其次为禽肉和少部分的牛羊肉等。

表 2.2-19 给出了厂址半径 80km 评价范围内不同区域的成人(>17 岁)、青少年（7~17 岁（含））、儿童（1~7 岁（含））各年龄组的食物消费情况。其中，青少年、儿童食物消费量数据根据《中国居民营养与健康状况调查报告之十-营养与健康状况数据集》中青少年、儿童食物消费占成人的比例推算得出。同时，由于当地未统计城镇居民食物消费量情况，故烟台城镇居民消费量采用山东省城镇居民消费量数据。由表可知，山东省城镇居民肉、蛋、水果、水产品消费高于农村居民，城镇居民果蔬消费量相对较大，而粮食消费则低于农村居民，农村居民奶类消费较少。厂址所在的烟台市农村居民水产品消费量明显大于山东省农村居民水产品消费量平均水平。

对于婴儿消费量，根据中国营养学会近年发布的《中国 7~24 月龄婴幼儿喂养指南》，婴儿在 6 个月前基本均食入母乳，按照平均每天 800ml 计；在 6~12 个月婴儿主要食入母乳与辅食，其中婴儿 6~12 个月辅食食入量为：粮食：15.32kg；蔬菜：9.50kg；水果：7.66kg；蛋类：6.21kg；肉类：2.21kg；鱼类：4.23kg。

厂址半径 80km 范围内为广大平原地区，区域内主要以农村为主，土地耕作条件良好，是我国重要的粮食、蔬菜、水果、肉禽类产区。评价区域内的农村地区粮食除自己消费外，还外运调出至区域内其他地方及全国各地，同时向附近区域产出蔬菜、猪、家禽等；沿海地区水产养殖和捕捞也较为发达，是区域内重要的支柱产业和经济来源之一，所产出的鱼虾蟹等水产品很大一部分都外销。农村地区人均粮食、蔬菜产出量大于消费量，城镇居民主要是购买商品粮、蔬菜、肉类等。总体上说，厂址半径 80km 范围内居民消费的粮食、蔬菜、水果和肉类等多为当地生产，整个评价区的农村居民食物消费主要来自本子区；城镇居民消费的食物主要由本子区或邻近子区的农村供给，少部分来自较远子区或评价区以外的子区。

2.2.3.3 厂址及拟设取排水口附近居民食谱和生活习性调查

本项目厂址附近主要为农村地区，厂址半径 5km 范围内大部分区域属于招远市张星镇，少部分区域属于龙口市的黄山馆镇和北马镇。同时，本项目取排水口附近主要涉及辛庄镇和黄山馆镇部分区域。

本次调查表发放范围主要有厂址附近的北栾家河村、大岚村、山前季家村、虎龙斗村、马格庄村、沟子村、张星镇区以及取排水口附近的辛庄镇镇区、辛庄镇东良村、黄山馆镇镇区。本次调查共发放并回收有效问卷 288 份，其中位于厂址半径 5km 范围内有 228 份，其中，婴儿调查表为 3 份，儿童（1~7 岁）为 21 份，青少年（7~17 岁）36 份，成人（18 岁及以上）168 份。同时，在厂址取排水口附近的村镇共发放调查表 60 份，包括一般公众调查问卷 45 份（成人 30 份、青少年 10 份、儿童 5 份）、渔民调查问卷 15 份。

根据现场了解，厂址半径 5km 范围及取排水口附近一般公众基本都为农民，其生活和饮食习惯接近。一般公众饮食消费结构和消费量和整个评价区内居民也基本相似，主要以小麦为主，辅以少量大米、玉米、薯类，副食品主要为蔬菜、水果、肉类、蛋类和水产品，奶产品主要以婴幼儿、儿童和青少年消费为主，成年人量少。处于哺乳期的婴儿组主要以母乳和奶粉喂养为主。

厂址周边居民耕地主要种植有小麦、玉米、薯类、豆类、蔬菜等农作物并能自产自销；镇区以商贸服务业为主，耕地较少，部分农作物不能完全自给自足，其居民所消费的小麦、蔬菜、肉、水果等农副产品一般为从当地集市购买，集市所出售产品则以当地集镇周围村庄生产为主。居民食入的水产品主要为鱼类，其次有少部分虾、蟹以及贝壳类，水产品消费量相对山东省及烟台市平均值偏多，主要以当地近海养殖和龙口湾海域捕捞为主；奶产品则主要来该区域外奶制品企业生产的成品。

同时，通过走访辛庄镇沿海部分渔民了解到，辛庄镇的渔民基本都为养殖渔民，辛庄镇沿海各社区共有养殖渔民近百户，位于取排水口南侧约 4.5~5km 的东良村有约 40 户养殖渔民，另外辛庄镇还有部分外来雇佣的养殖渔民。这些养殖渔民主要在辛庄镇沿海养殖区养殖扇贝、海参、牡蛎、大菱鲆等经济物种，集中养殖区位于取排水口西南侧约 5km，在养殖繁忙期海上有上百人进行养殖作业，养殖渔民一般每月有 5~10 天在海上作业，每天作业约 10 小时，平均每年在岸边修船时间约 40 小时。

由于招远海域捕捞量较小，捕捞海域主要在龙口湾外侧海域，辛庄镇沿海基本都为用于近海养殖作业的小型渔船，没有大型远洋捕捞渔船，因此厂址取排水口附近基本无专职捕捞渔民。

厂址周边及取排水口附近一般公众不同年龄组一般公众食物消费统计结果见表 2.2-20。厂址周边及取排水口附近一般公众不同年龄组生活习性统计结果见表 2.2-21。

厂址取排水口附近渔民食物消费及生活习性统计结果见表 2.2-22 及表 2.2-23。

表 2.2-1　厂址半径 5km 范围内所有居民点（2019 年）

县市	乡镇	居民点	方位	距离(km)	人口	县市	乡镇	居民点	方位	距离(km)	人口
龙口市	北马镇	上夼村	N	5.0	619	招远市	张星镇	庙头郭家村	NNE	3.6	353
		牛栏徐家村	N	4.4	413			北孙家庄村	SSE	3.0	380
		杨家庄村	N	3.9	546			山西栾家村	NW	3.0	325
招远市	张星镇	山前季家	W	0.9	420			于家岚村	SSE	3.8	252
		虎龙斗村	N	1.6	645			三姓庄村	SSE	3.5	51
		北栾家河村	ESE	1.8	1925			河埃村	S	3.4	580
		沟子村	S	1.8	380			北曹家庄村	SSE	3.7	398
		大岚村	ENE	2.0	2315			小贾家村	S	3.7	209
		高家村	S	1.9	230			小高家村	W	3.6	195
		马格庄	N	2.5	605			蔡家村	NW	3.7	562
		狗山李家村	NE	2.5	1236			圈里杨家村	W	3.7	373
		段家洼村	SE	3.0	346			槐树庄村	WSW	3.7	980
		东战家村	SE	3.0	387			曲家村	SSW	4.0	784
		西战家村	SSE	2.9	176			年头宋家村	SE	4.2	1190
		大李家村	NNE	3.0	395			丛家村	ESE	4.3	2260
		栾家庄村	SE	3.0	132			杜家（包括杜家西、杜家东、杜家北）	SSW~SW	4.2	2138
		欧家村	SSW	2.9	657			北洼子	W	5.0	478
		黄家村	WNW	2.9	640			-	-	-	-
		北石家村	WSW	4.3	463						
		埠南张家村	SE	5.0	901						
		丰家村	SSE	4.9	483						
		北崔家村	W	4.6	627						
		张星镇镇区	S	5.0	2091						
		山西孙家村	WNW	2.7	381						
		新林家村	SE	3.0	160						
		沙沟马家村	SSW	3.0	710						

表 2.2-2　厂址半径 5km 范围内各行政村流入人口

县市	乡镇	村名	人口数	县市	乡镇	村名	人口数
龙口市	北马镇	上夼村	2	招远市	张星镇	北曹家庄村	0
		牛栏徐家村	7			小贾家村	0
		杨家庄村	6			小高家村	0
招远市	张星镇	山前季家	0			蔡家村	0
		虎龙斗村	21			圈里杨家村	0
		北栾家河村	58			西战家村	0
		沟子村	0			大李家村	43
		大岚村	221			栾家庄村	0
		高家村	0			欧家村	75
		马格庄	0			黄家村	0
		狗山李家村	86			北洼子	0
		段家洼村	0			北崔家村	0
		东战家村	0			张星镇镇区	848
		槐树庄村	0			丰家村	42
		曲家村	53			三姓庄村	0
		年头宋家村	65			-	-
		丛家村	153				
		杜家村	23				
		北石家村	0				
		埠南张家村	110				
		馆前王家	29				
		山西孙家村	0				
		新林家村	0				
		沙沟马家村	13				
		庙头郭家村	0				
		北孙家庄村	0				
		山西栾家村	0				
		于家岚村	0				
		河埃村	22				

表 2.2-3（1/2）厂址半径 5～15km 范围内千人以上重要居民点

县市	乡/镇	居民点	方位角	距离(km)	人口
龙口市	北马镇	北马镇区	NNE	12.1	5806
		午塔村	N	15.0	1290
		台上李家村	NE	10.6	1230
		员外刘家村	NE	10.0	1559
		唐家泊村	NNE	15.0	1687
		沙沟村	NNE	13.7	1024
		单家庙村	NE	12.1	1071
	黄山馆镇	黄山馆镇区	NW	7.7	9644
	龙港街道	大牟家村	N	12.8	1570
		龙港街道各居委会	N	15.0	56247
		河抱村	NNW	10.4	2103
		沙埠于家村	N	13.3	1293
		上孟家村	NNW	9.6	1064
		土城子村	N	12.7	1412
	芦头镇	罐姚家村委会	NE	13.0	1066
		韩家店村委会	NE	13.9	1273
		麻家村委会	NE	13.1	2869
		望马史家村委会	NNE	11.2	1146
		中心泊村委会	NNE	14.3	1093

表 2.2-3（2/2）厂址半径 5～15km 范围内千人以上重要居民点

县市	乡/镇	重要居民点	方位	距离(km)	人口
招远市	金岭镇	掉钟头村委会	SSW	10.3	1203
		官庄村委会	SSW	9.1	1166
		南截村委会	SSW	8.9	1182
		上刘家村委会	S	10.6	1862
		原疃村委会	S	9.0	1903
		原疃郭家村委会	S	8.9	1049
		中村村委会	SSW	13.0	1849
		寨里村委会	SSW	11.5	1234
	玲珑镇	鲁格庄村	SE	13.8	1606
		横掌姜家村	SE	15.0	1212
		欧家夼村	ESE	13.4	2798
		前花园村	SE	14.5	1303
	辛庄镇	北截村	SW	8.2	1147
		大刘家村	SW	7.4	1666
		东良村	WNW	9.0	2952
		高家庄子村	W	12.5	1183
		湖汪村	W	10.1	1308
		前康家村	W	6.3	1154
		洼孙家村	WSW	14.2	1088
		辛庄镇区	W	10~12	3549
	张星镇	北里庄	SE	7.7	1835
		地北头王家	SW	5.4	1193
		圈子	S	6.1	1275
		石对头	SSE	9.6	3128
		抬头赵家	SSW	7.1	1531
		英里	SE	5.7	1290
		苑家	SSE	6.0	1147
		付家	S	7.5	1328
	梦芝街道	各社区	SSE	14.3	13712
		十里铺村	SSE	13.0	1640

县市	乡/镇	重要居民点	方位	距离(km)	人口
	温泉街道	姚格庄村	SE	13.4	1263
		张格庄村	SE	14.8	1064
		芮里村	SSE	14.3	1912
		横掌温家村	SSE	12.4	1192
		埠后村	SSE	14.6	1513
		横掌滕家村	SSE	14.1	1566

表 2.2-4 厂址半径 5~15km 范围各乡镇流动人口情况

市县	乡镇	流入人口	流出人口
招远市	梦芝街道	14	25
	温泉街道	1517	1066
	蚕庄镇	29	37
	金岭镇	48	196
	辛庄镇	106	2474
	玲珑镇	229	378
龙口市	黄山馆镇	629	112
	北马镇	631	280
	芦头镇	1132	187
	下丁家镇	870	193
	龙港街道	6276	256

表 2.2-5 厂址半径 10km 范围内医院、卫生院分布情况

机构名称	等级	位置	与厂址位置		床位数（张）	工作人员数（人）
			方位	距离（km）		
张星镇宋家卫生院	一级	招远市张星镇宋家村	SE	4.4	25	47
招远市张星中心卫生院	一级	招远市张星镇张东村	S	5	50	65
龙口市心理康复医院	一级	龙口市黄山馆镇隋家村	NW	7	250	72
龙口市黄山馆镇卫生院	一级	龙口市黄山馆镇隋家村政府驻地	NW	7.8	20	11

表 2.2-6 厂址半径 10km 范围各敬老院情况

机构名称	地址	床位数（张）	入住人数（人）	工作人员数（人）
招远市张星镇敬老院	招远市张星镇北崔家村（厂址 W 方位 4.5km）	140	93	12
招远市滨海老年公寓	招远市辛庄镇驻地（厂址 W 方位 10.0km）	140	92	14
龙口市黄山馆敬老院	龙口市黄山馆镇陈家村（厂址 WNW 方位 7km）	36	13	5
龙港街道敬老院	龙口开发区政海路（厂址 NNW 方位 10.0km）	100	83	17

表 2.2-7　厂址半径 10km 范围内学校概况

名称	教师(人)	学生（人）	位置
招远市辛庄镇东良幼儿园	5	39	招远市辛庄镇东良村（WNW 方位 9km）
招远市辛庄镇前康教学点	2	22	招远市辛庄镇前康村（W 方位 6km）
招远市辛庄镇大刘家教学点	2	19	招远市辛庄镇大刘家村（SW 方位 7.3km）
招远市辛庄镇马连沟教学点	2	16	招远市辛庄镇马连沟村（W 方位 8km）
招远市金岭镇金马幼儿园	11	263	招远市金岭镇原疃村（S 方位 9.5km）
招远市张星镇张星学校	124	1378	招远市张星镇张东村（S 方位 4.6km）
招远市张星镇宋家学校	105	839	招远市张星镇年头宋家村（SE 方位 4.5km）
招远市张星镇英里完全小学	22	170	招远市张星镇英里（SE 方位 5.5km）
招远市张星镇中心幼儿园	21	264	招远市张星镇张东村（S 方位 4.9km）
招远市张星镇大岚幼儿园	6	55	招远市张星镇大岚村（ENE 方位 1.7km）
招远市张星镇苑家幼儿园	4	30	招远市张星镇苑家村（SE 方位 5.7km）
招远市张星镇从家幼儿园	2	18	招远市张星镇丛家村（ESE 方位 4.1km）
招远市张星镇年头宋家幼儿园	7	81	招远市张星镇年头宋家村（SE 方位 4.3km）
招远市张星镇石对头幼儿园	3	30	招远市张星镇石对头村（SSE 方位 9.8km）
招远市张星镇徐家幼儿园	3	25	招远市张星镇徐家村（E 方位 7.2km）
招远市张星镇北栾家河幼儿园	7	82	招远市张星镇北栾家河村（ESE 方位 1.8km）
招远市张星镇傅家幼儿园	1	23	招远市张星镇傅家村（S 方位 7.3km）
招远市张星镇地北头王家幼儿园	1	16	招远市张星镇地北头王家村（SW 方位 5.6km）
招远市张星镇抬头赵家幼儿园	1	5	招远市张星镇抬头赵家村（SW 方位 7km）
招远市张星镇纪山纪家幼儿园	2	7	招远市张星镇纪山纪家村（SSE 方位 9km）
招远市张星镇北里庄幼儿园	2	21	招远市张星镇北里庄村（SE 方位 7.5km）
龙口市北马镇大陈家小学	15	182	龙口市北马镇大陈家村（NNE 方位 8km）
龙口市镜心学校	51	495	龙口市黄山馆镇同心路 17 号（NW 方位 7.3km）
龙口市黄山馆镇中心幼儿园	27	174	龙口市黄山馆镇同心路 17 号（NW 方位 7.3km）

表 2.2-8　厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布表（2019 年）

单位：距离：km；人口：人

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	645	605	1578	3297	104671	3538	0	0	0	0	0	114334
NNE	0	0	0	748	6209	45300	19930	0	0	1664	3271	0	77122
NE	0	0	1236	0	4825	37133	228527	94173	55401	146488	5752	0	573535
ENE	0	695	1620	0	3753	10125	52366	14780	99459	31395	79011	21783	314987
E	0	0	0	0	3084	9291	30690	21771	34023	50189	77209	233437	459694
ESE	0	1060	865	2260	1987	8381	44432	26808	188809	27367	32251	2848	337068
SE	0	0	638	2091	6819	29320	5086	19734	51689	21325	134580	90772	362054
SSE	0	0	563	1184	9165	147381	20060	33251	58009	75714	114769	601280	1061376
S	0	610	0	3260	11619	16547	35548	56792	20131	80696	65653	146212	437068
SSW	0	0	1367	1853	5556	19047	9516	44963	7395	83146	60693	37592	271128
SW	0	0	0	1069	6972	14958	63985	39476	62984	225842	97930	149097	662313
WSW	0	0	0	1443	2236	14678	36479	65149	57	0	0	0	120042
W	420	0	0	1673	5327	9535	0	0	0	0	0	0	16955
WNW	0	0	1021	0	7687	87	0	0	0	0	0	0	8795
NW	0	0	0	887	10026	0	0	0	0	0	0	0	10913
NNW	0	0	0	0	4623	2447	1619	0	0	0	0	0	8689
合计	420	3010	7915	18046	93185	468901	551776	416897	577957	743826	671119	1283021	4836073

表 2.2-9　厂址半径 80km 范围内万人以上人口中心

市	县	人口中心	方位	距离(km)	城镇人口数（人）
青岛市	莱西市	水集街道	SSE	71.9	75800
		望城街道	SSE	80	22830
		经济开发区	SSE	71.7	30800
	平度市	旧店镇	SSW	59.9	13631
		大泽山镇	SSW	70.5	10131
烟台市	长岛县	南长山镇	NE	59.4	15414
	福山区	福新街道	E	78.5	41073
	开发区	八角街道	ENE	73.2	13192
		大季家街道	ENE	66.9	12054
		福莱山街道	E	79.3	146215
		古现街道	E	70.2	59019
	莱阳市	城厢街道	SSE	72.4	146890
		古柳街道	SSE	73.2	24761
		照旺庄镇	SSE	76.7	12306
		沐浴店镇	SE	65.4	15513
		谭格庄镇	SSE	49.4	17031
	莱州市	文昌路街道	SW	54.7	94404
		永安路街道	SW	52.7	42984
		城港路街道	SW	50.9	39014
		虎头崖镇	SW	60.8	10357
		土山镇	SW	79.2	21224
		夏邱镇	SW	69.2	18820
		朱桥镇	SW	27.5	10957
		柞村镇	SW	62.3	12459
		沙河镇	SW	74.8	51351
		三山岛街道	WSW	38.1	24569

市	县	人口中心	方位	距离(km)	城镇人口数（人）
		程郭镇	SW	45.4	15951
	龙口市	东莱街道	NE	22	75215
		新嘉街道	NE	17~21	18795
		东江街道	NE	18~21	25638
		龙港街道各居委会	N	14~16	56247
	蓬莱市	蓬莱阁街道	NE	53.2	18102
		登州街道	NE	50.4	68335
		紫荆山街道	NE	48.4	31622
		大辛店镇	ENE	48	11550
		北沟镇	NE	36.8	16400
	栖霞区	翠屏街道	ESE	46.8	37756
		庄园街道	ESE	48.7	38801
		松山街道	ESE	48.5	62067
	招远市	梦芝街道	SSE	14~15	13712
		罗峰街道	SSE	16~17	50775
		泉山街道	SSE	18~22	29151
		温泉街道	SSE	18~19	25771

表 2.2-10 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（投运首年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	634	1654	3344	106154	3588	0	0	0	0	0	115374
NNE	0	0	0	784	6297	45942	20212	0	0	1756	3451	0	78442
NE	0	0	1296	0	4893	37659	231765	97809	58449	154546	6068	0	592485
ENE	0	729	1698	0	3833	10268	53108	14989	104930	33122	83357	22981	329015
E	0	0	0	0	3232	9458	31125	22935	35895	52950	81456	246278	483329
ESE	0	1111	907	2369	2083	8753	46575	28283	199195	28872	34025	3005	355178
SE	0	0	669	2192	7148	30734	5331	20810	54532	22498	141983	95765	381662
SSE	0	0	590	1241	9607	154489	21027	34855	61200	79879	121082	634356	1118326
S	0	639	0	4534	12179	17345	37262	59531	21238	85135	69265	154255	461383
SSW	0	0	1433	1942	5824	19966	9975	47436	7802	87720	64032	39660	285790
SW	0	0	0	1121	7308	15679	67463	41648	66449	238266	103317	157299	698550
WSW	0	0	0	1513	2344	15386	38476	68733	60	0	0	0	126512
W	0	0	0	1754	5584	9995	0	0	0	0	0	0	17333
WNW	0	0	1070	0	7972	91	0	0	0	0	0	0	9133
NW	0	0	0	930	10168	0	0	0	0	0	0	0	11098
NNW	0	0	0	0	4689	2482	1642	0	0	0	0	0	8813
合计	0	2479	8297	20034	96505	484401	567549	437029	609750	784744	708036	1353599	5072423

表 2.2-11　厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（投运 10 年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	659	1718	3549	112662	3808	0	0	0	0	0	122396
NNE	0	0	0	814	6683	48758	21452	0	0	1863	3663	0	83233
NE	0	0	1346	0	5193	39968	245974	103805	62032	164021	6440	0	628779
ENE	0	757	1764	0	4049	10898	56364	15908	111363	35153	88468	24390	349114
E	0	0	0	0	3357	10013	33033	24341	38095	56196	86450	261377	512862
ESE	0	1154	942	2461	2163	9113	48374	30017	211407	30643	36111	3189	375574
SE	0	0	695	2277	7424	31921	5537	22053	57876	23877	150688	101636	403984
SSE	0	0	613	1289	9978	160456	21840	36201	64952	84776	128506	673246	1181857
S	0	664	0	4709	12650	18015	38702	61830	22540	90354	73511	163712	486687
SSW	0	0	1488	2017	6049	20737	10360	50345	8280	93098	67957	42091	302422
SW	0	0	0	1164	7591	16285	71451	44201	70522	252873	109651	166942	740680
WSW	0	0	0	1571	2434	15980	40802	72947	64	0	0	0	133798
W	0	0	0	1821	5800	10381	0	0	0	0	0	0	18002
WNW	0	0	1112	0	8338	95	0	0	0	0	0	0	9545
NW	0	0	0	966	10791	0	0	0	0	0	0	0	11757
NNW	0	0	0	0	4976	2634	1743	0	0	0	0	0	9353
合计	0	2575	8619	20807	101025	507916	599440	461648	647131	832854	751445	1436583	5370043

表 2.2-12　厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（投运 20 年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	695	1813	3766	119569	4042	0	0	0	0	0	129885
NNE	0	0	0	860	7093	51747	22767	0	0	1977	3887	0	88331
NE	0	0	1420	0	5512	42418	261053	110169	65835	174076	6835	0	667318
ENE	0	799	1862	0	4293	11566	59819	16884	118190	37308	93891	25885	370497
E	0	0	0	0	3544	10620	35058	25833	40431	59641	91750	277400	544277
ESE	0	1218	994	2597	2283	9624	51058	31857	224368	32521	38325	3384	398229
SE	0	0	733	2403	7836	33692	5844	23396	61424	25341	159926	107867	428462
SSE	0	0	647	1361	10532	169359	23051	38210	68934	89973	136384	714520	1252971
S	0	701	0	4970	13352	19015	40849	65261	23922	95894	78018	173748	515730
SSW	0	0	1571	2129	6384	21887	10935	53431	8788	98805	72123	44672	320725
SW	0	0	0	1228	8012	17189	75792	46911	74846	268375	116373	177177	785903
WSW	0	0	0	1658	2569	16867	43295	77419	68	0	0	0	141876
W	0	0	0	1922	6121	10957	0	0	0	0	0	0	19000
WNW	0	0	1173	0	8816	100	0	0	0	0	0	0	10089
NW	0	0	0	1019	11453	0	0	0	0	0	0	0	12472
NNW	0	0	0	0	5281	2795	1849	0	0	0	0	0	9925
合计	0	2718	9095	21960	106847	537405	635412	489371	686806	883911	797512	1524653	5695690

表 2.2-13　厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（投运 30 年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	734	1914	3997	126899	4289	0	0	0	0	0	137833
NNE	0	0	0	907	7528	54920	24162	0	0	2099	4125	0	93741
NE	0	0	1499	0	5850	45019	277057	116923	69871	184748	7254	0	708221
ENE	0	843	1965	0	4550	12275	63487	17919	125436	39595	99647	27472	393189
E	0	0	0	0	3741	11265	37207	27417	42909	63298	97375	294407	577619
ESE	0	1286	1049	2741	2410	10165	53891	33810	238123	34515	40674	3592	422256
SE	0	0	774	2536	8271	35562	6169	24821	65189	26895	169730	114480	454427
SSE	0	0	683	1436	11116	178756	24330	40330	73160	95489	144745	758324	1328369
S	0	740	0	5246	14092	20070	43116	68882	25389	101772	82800	184400	546507
SSW	0	0	1658	2247	6739	23102	11542	56707	9327	104862	76545	47410	340139
SW	0	0	0	1297	8456	18142	80397	49786	79434	284828	123508	188039	833887
WSW	0	0	0	1750	2712	17803	45939	82165	72	0	0	0	150441
W	0	0	0	2029	6461	11565	0	0	0	0	0	0	20055
WNW	0	0	1238	0	9322	106	0	0	0	0	0	0	10666
NW	0	0	0	1076	12155	0	0	0	0	0	0	0	13231
NNW	0	0	0	0	5605	2967	1963	0	0	0	0	0	10535
合计	0	2869	9600	23179	113005	568616	673549	518760	728910	938101	846403	1618124	6041116

表 2.2-14　厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（投运 40 年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	775	2020	4242	134679	4552	0	0	0	0	0	146268
NNE	0	0	0	958	7989	58287	25644	0	0	2227	4378	0	99483
NE	0	0	1582	0	6208	47779	294043	124091	74154	196074	7699	0	751630
ENE	0	890	2074	0	4824	13028	67379	19017	133126	42022	105756	29156	417272
E	0	0	0	0	3948	11948	39488	29097	45540	67178	103344	312455	612998
ESE	0	1357	1107	2893	2544	10735	56881	35883	252721	36631	43168	3812	447732
SE	0	0	817	2677	8730	37535	6511	26333	69186	28544	180135	121498	481966
SSE	0	0	721	1516	11733	188674	25680	42567	77645	101343	153618	804814	1408311
S	0	781	0	5537	14874	21183	45508	72704	26945	108012	87877	195705	579126
SSW	0	0	1750	2372	7113	24384	12182	60183	9898	111291	81238	50317	360728
SW	0	0	0	1369	8925	19149	85282	52839	84304	302290	131079	199566	884803
WSW	0	0	0	1847	2862	18790	48746	87202	76	0	0	0	159523
W	0	0	0	2142	6820	12207	0	0	0	0	0	0	21169
WNW	0	0	1307	0	9857	111	0	0	0	0	0	0	11275
NW	0	0	0	1136	12900	0	0	0	0	0	0	0	14036
NNW	0	0	0	0	5948	3148	2083	0	0	0	0	0	11179
合计	0	3028	10133	24467	119517	601637	713979	549916	773595	995612	898292	1717323	6407499

表 2.2-15　厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（投运 50 年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	817	2132	4502	142935	4831	0	0	0	0	0	155217
NNE	0	0	0	1011	8479	61860	27216	0	0	2364	4647	0	105577
NE	0	0	1670	0	6589	50708	312069	131698	78700	208095	8171	0	797700
ENE	0	939	2189	0	5114	13826	71509	20183	141287	44598	112240	30944	442829
E	0	0	0	0	4167	12672	41909	30881	48331	71297	109680	331611	650548
ESE	0	1432	1169	3054	2685	11338	60037	38082	268214	38877	45814	4046	474748
SE	0	0	862	2825	9214	39617	6872	27936	73427	30293	191179	128947	511172
SSE	0	0	761	1600	12384	199142	27105	44929	82405	107556	163036	854153	1493071
S	0	824	0	5844	15700	22358	48033	76738	28597	114633	93264	207703	613694
SSW	0	0	1847	2504	7507	25737	12858	63873	10505	118114	86218	53402	382565
SW	0	0	0	1444	9421	20211	90465	56078	89472	320822	139115	211801	938829
WSW	0	0	0	1950	3021	19833	51724	92548	81	0	0	0	169157
W	0	0	0	2261	7198	12884	0	0	0	0	0	0	22343
WNW	0	0	1380	0	10423	118	0	0	0	0	0	0	11921
NW	0	0	0	1199	13691	0	0	0	0	0	0	0	14890
NNW	0	0	0	0	6313	3342	2211	0	0	0	0	0	11866
合计	0	3195	10695	25824	126408	636581	756839	582946	821019	1056649	953364	1822607	6796127

表 2.2-16　厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（投运 60 年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	863	2251	4778	151698	5128	0	0	0	0	0	164718
NNE	0	0	0	1067	8999	65652	28884	0	0	2509	4932	0	112043
NE	0	0	1763	0	6993	53816	331201	139772	83525	220852	8672	0	846594
ENE	0	991	2310	0	5421	14674	75893	21421	149949	47332	119121	32841	469953
E	0	0	0	0	4399	13441	44479	32775	51294	75667	116404	351940	690399
ESE	0	1512	1234	3223	2834	11974	63368	40417	284658	41260	48623	4294	503397
SE	0	0	910	2982	9725	41816	7254	29638	77929	32151	202899	136852	542156
SSE	0	0	803	1689	13071	210192	28609	47422	87457	114150	173031	906518	1582942
S	0	870	0	6168	16571	23599	50698	80996	30350	121661	98982	220436	650331
SSW	0	0	1950	2643	7924	27165	13572	67788	11149	125355	91504	56676	405726
SW	0	0	0	1525	9943	21333	95962	59516	94957	340490	147644	224786	996156
WSW	0	0	0	2058	3189	20933	54884	98222	86	0	0	0	179372
W	0	0	0	2386	7597	13599	0	0	0	0	0	0	23582
WNW	0	0	1456	0	11021	124	0	0	0	0	0	0	12601
NW	0	0	0	1265	14531	0	0	0	0	0	0	0	15796
NNW	0	0	0	0	6700	3546	2347	0	0	0	0	0	12593
合计	0	3373	11289	27257	133696	673562	802279	617967	871354	1121427	1011812	1934343	7208359

表 2.2-17 烟台市、青岛市第七次人口普查居民年龄构成（%）

年龄组	烟台市	青岛市
≤1 岁	0.60	0.80
2～7 岁（含 7 岁）	6.25	8.19
7～17 岁（含 17 岁）	7.47	9.00
＞17 岁	85.69	82.01

表 2.2-18 厂址评价范围内各区域的居民年龄构成（%）

年龄组	半径 80km 范围	半径 5km 范围
≤1 岁	0.63	0.60
2～7 岁（含 7 岁）	6.53	6.25
7～17 岁（含 17 岁）	7.69	7.47
＞17 岁	85.16	85.69

表 2.2-19 厂址半径 80km 范围内居民年人均食物消费量

单位：kg/a

区域	居民类型	年龄组	粮食	蔬菜	肉类	油脂	蛋	水产品	水果	奶类
山东省	农村	儿童	70.0	38.7	17.4	4.2	14.2	4.5	32.0	46.5
		青少年	113.2	67.3	23.7	6.7	14.7	7.2	45.9	17.5
		成人	134.2	82.5	25.3	8.0	16.8	8.1	65.9	10.7
	城镇	儿童	60.2	50.9	18.3	4.8	19.2	11.9	42.5	40.4
		青少年	94.1	85.1	28.5	7.5	16.6	16.7	61.1	25.0
		成人	104.6	103.3	30.3	8.3	18.0	18.3	87.6	21.8
烟台市	农村	儿童	65.7	34.4	16.3	3.7	13.6	10.6	28.9	58.0
		青少年	106.3	59.9	22.2	6.0	14.1	16.9	41.5	21.8
		成人	126.1	73.39	23.69	7.15	16.08	19.11	59.56	13.35
	城镇	儿童	60.2	50.9	18.3	4.8	19.2	11.9	42.5	40.4
		青少年	94.1	85.1	28.5	7.5	16.6	16.7	61.1	25.0
		成人	104.6	103.3	30.3	8.3	18.0	18.3	87.6	21.8

表 2.2-20 厂址周边及取排水口附近一般公众不同年龄组食物消费量（kg/人·年）

食物类型	成人		青少年		儿童	
	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量
蔬菜	117.4	168.2	82.2	110.5	44.5	54.8
粮食	145.7	193.0	100.4	158.0	54.8	73.0
肉类	39.6	75.2	24.2	36.5	20.7	22.0
蛋类	22.1	36.5	22.8	36.5	22.5	36.5
水果	56.5	91.3	39.4	54.8	27.4	45.6
奶类	23.7	60.0	35.1	63.8	45.6	73.0
海鱼	11.7	36.0	7.8	13.0	5.2	9.3
甲壳类海产品	10.8	36.0	6.3	13.0	3.7	6.3
软体类海产品	7.1	18.3	5.2	10.4	4.1	6.2
海藻类产品	4.2	13.2	3.9	9.0	2.6	5.2

表 2.2-21 厂址周边及取排水口附近一般公众不同年龄组生活习性统计情况

活动方式 / 年龄组、职业	岸边活动		海里活动		海上活动	
	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
成人	29.1	300	3.1	80	0	0
青少年	22.0	50	2.6	10	0	0
儿童	12.0	20	0	0	0	0

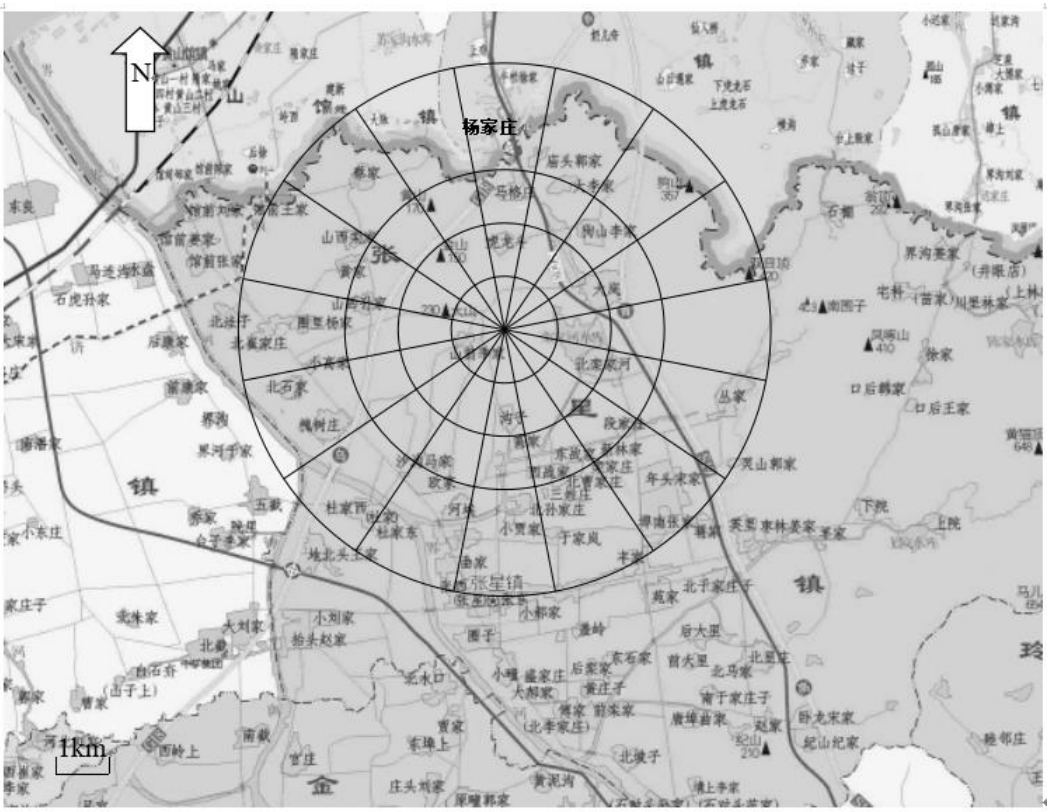
表 2.2-22 厂址取排水口附近渔民食物消费量

（单位：kg/人·年）

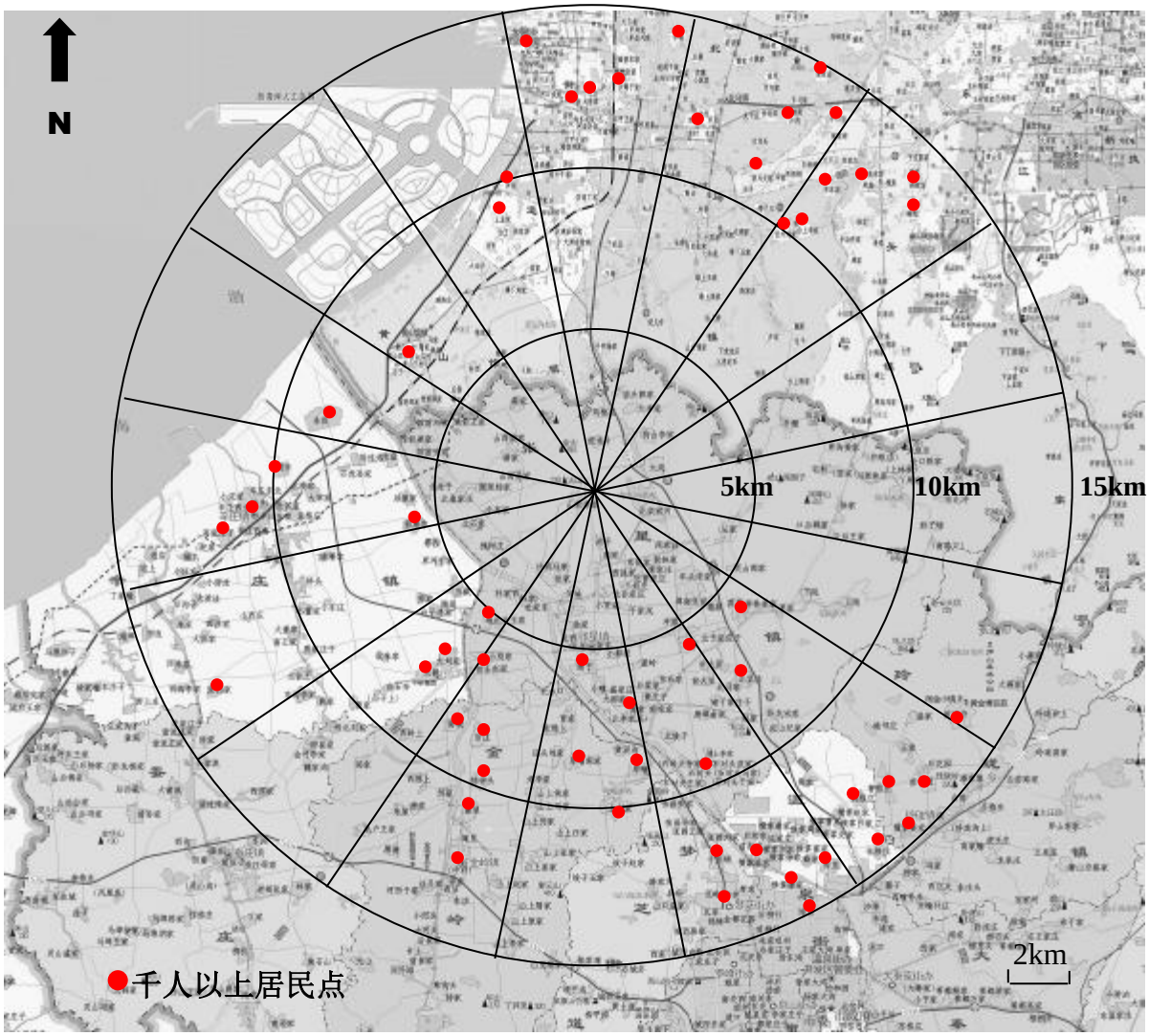
食物种类	年平均消费量	年最大消费量
蔬菜	111.5	163.1
粮食	143.6	188.4
肉类	37.5	78.1
蛋类	20.1	40.3
水果	16.8	37.9
奶类	11.9	32.1
海鱼	33.3	50.8
甲壳类海产品	24.8	45.7
软体类海产品	19.2	23.5
海藻类产品	6.9	13.4

表 2.2-23 厂址取排水口附近渔民个人生活习性统计情况

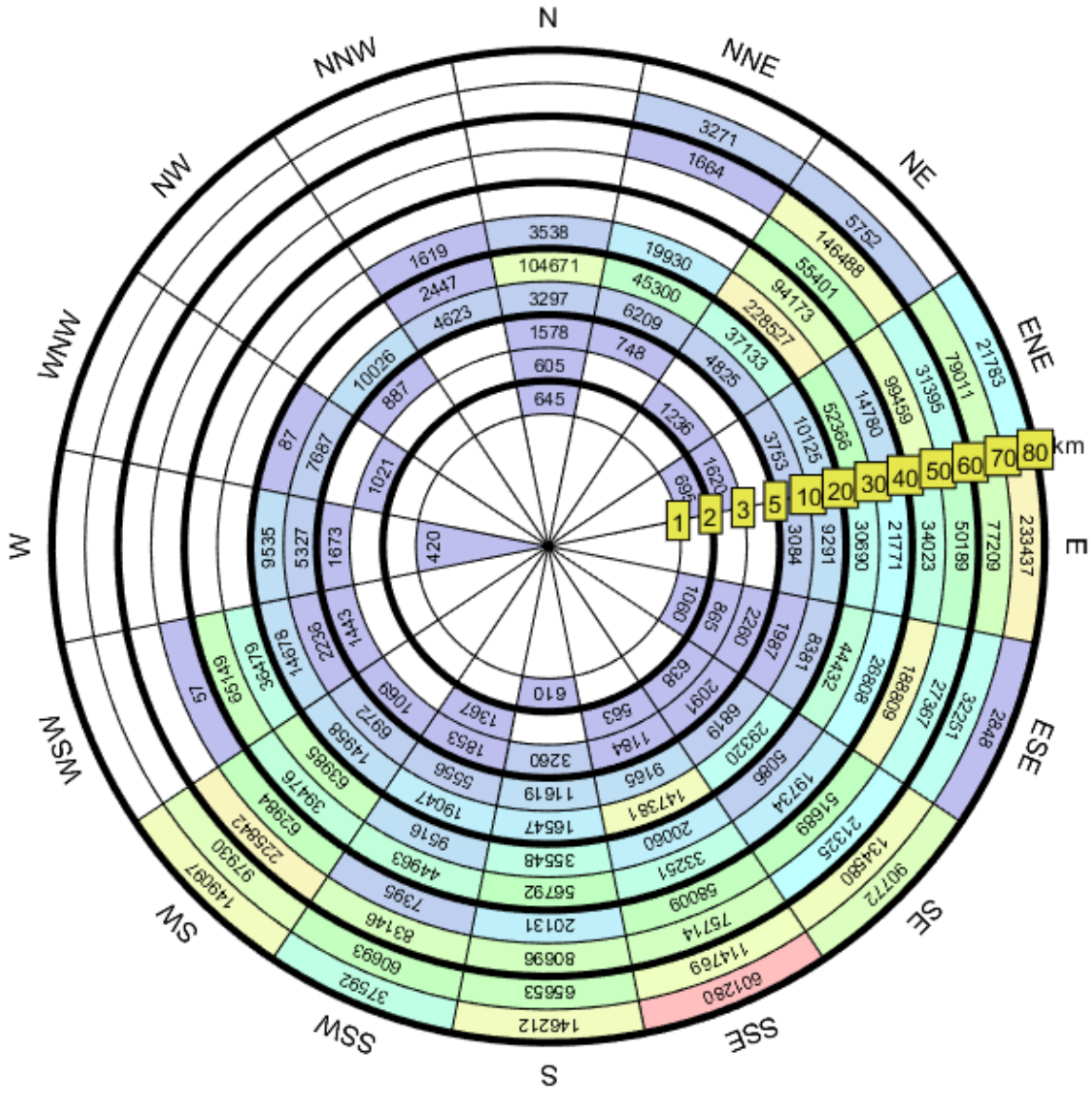
活动方式 / 人员类型	岸边活动		海里活动		海上活动	
	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
养殖渔民	329	400	16	35	752	1040



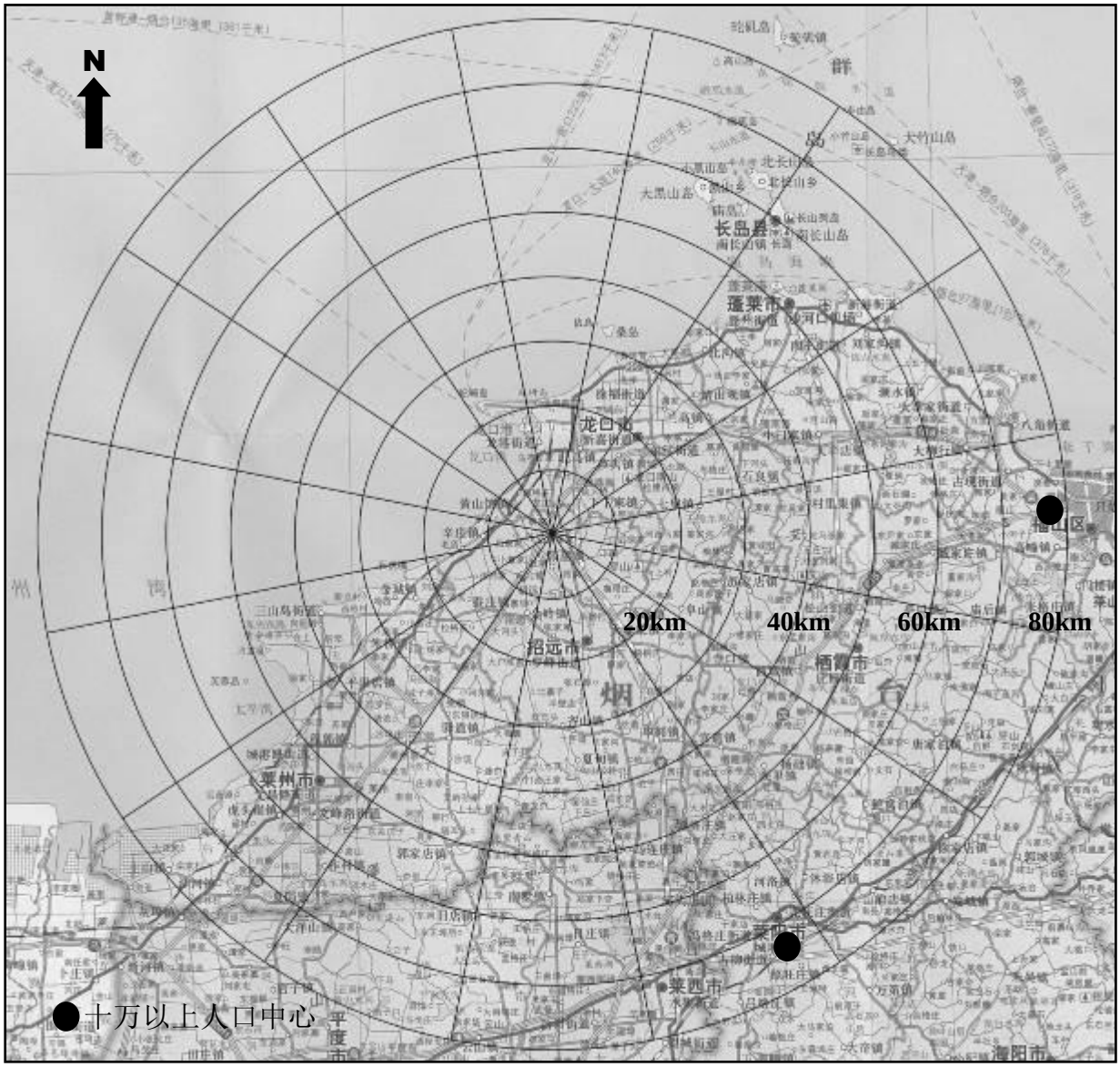
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 5km 范围内居民点分布图		
图 2.2-1	版次：	A



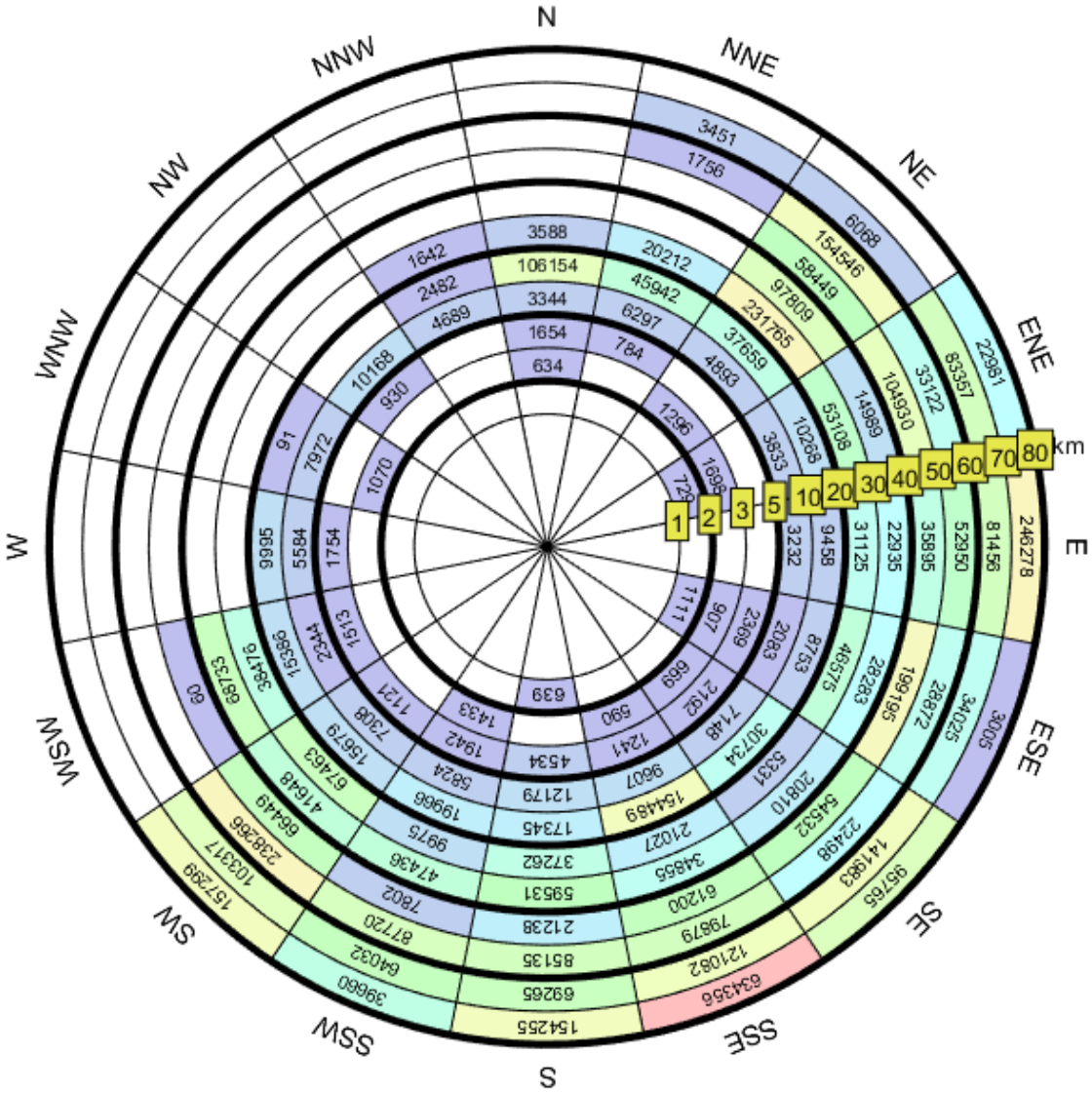
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 5~15km 范围内千人以上居民点分布图		
图 2.2-2	版次：	A



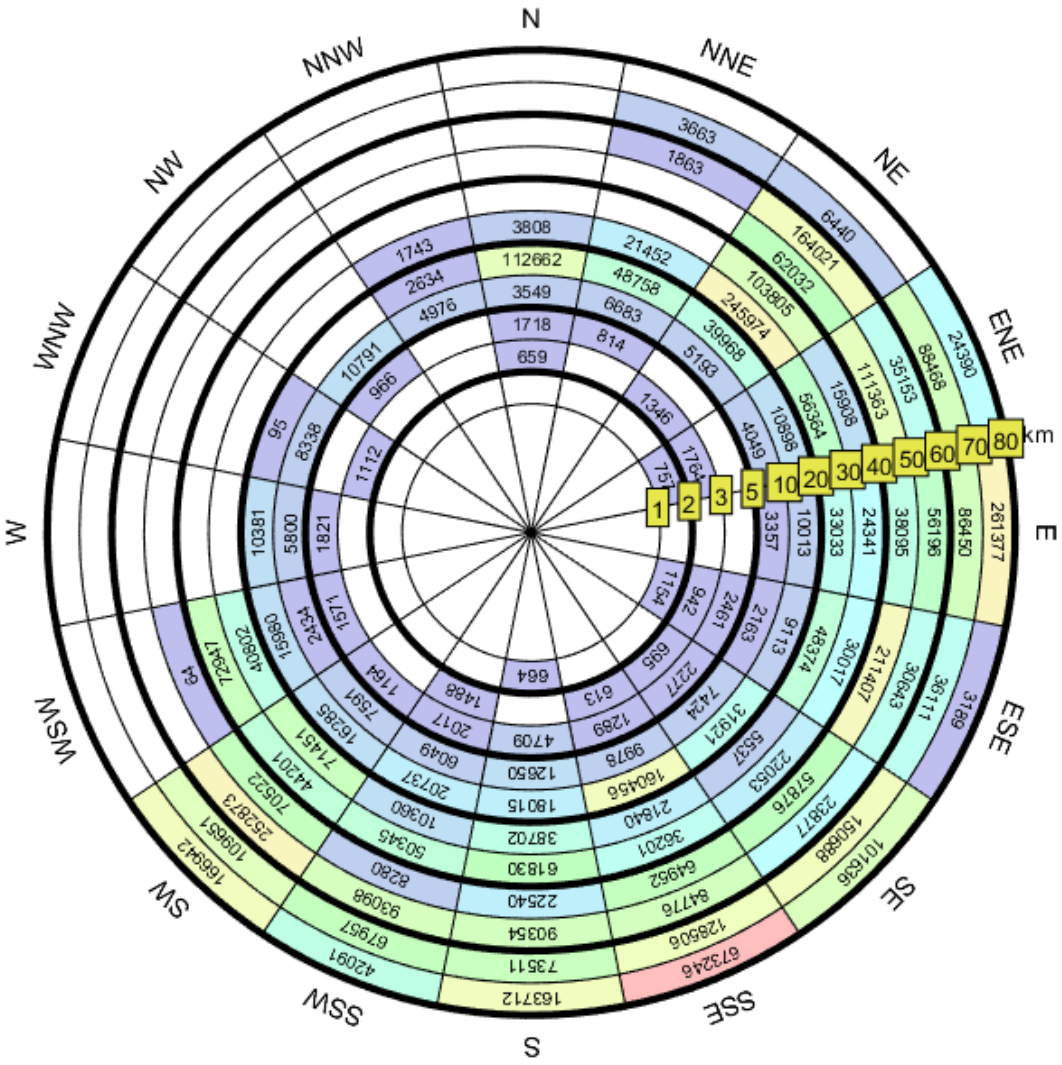
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2019 年）		
图 2.2-3	版次：	A



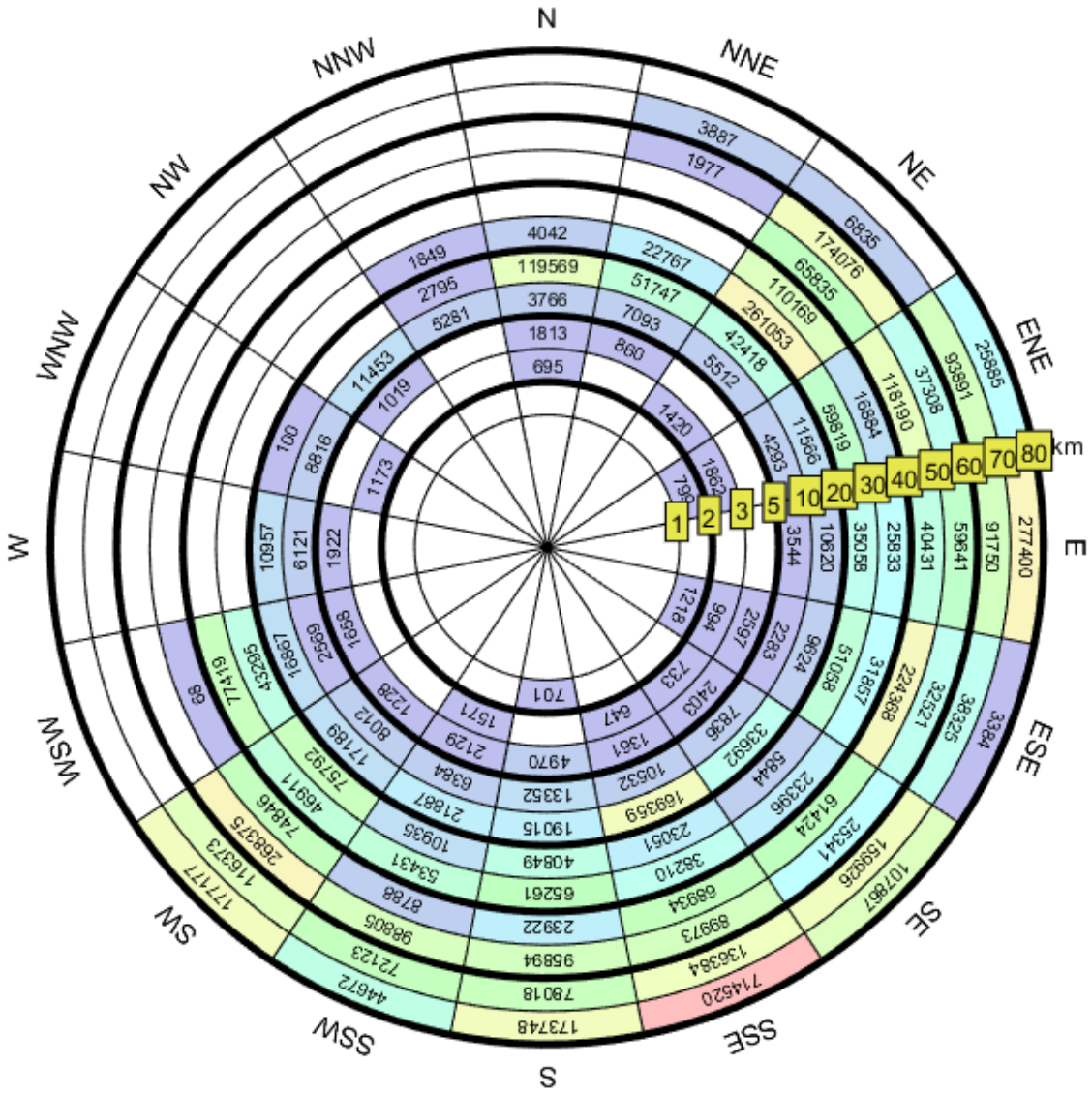
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内十万人以上人口中心分布图		
图 2.2-4	版次：	A



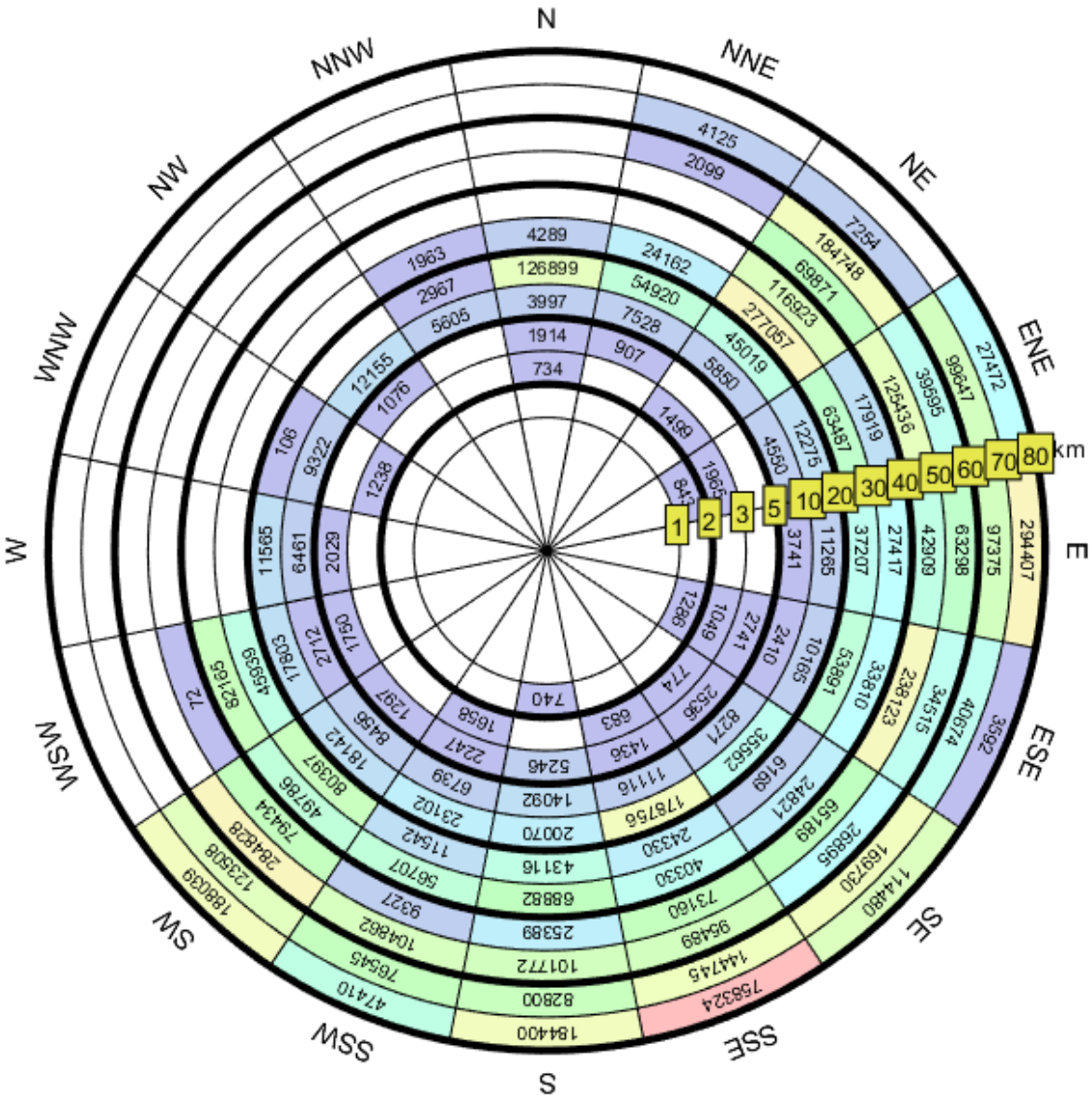
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（投运首年）		
图 2.2-5	版次：	A



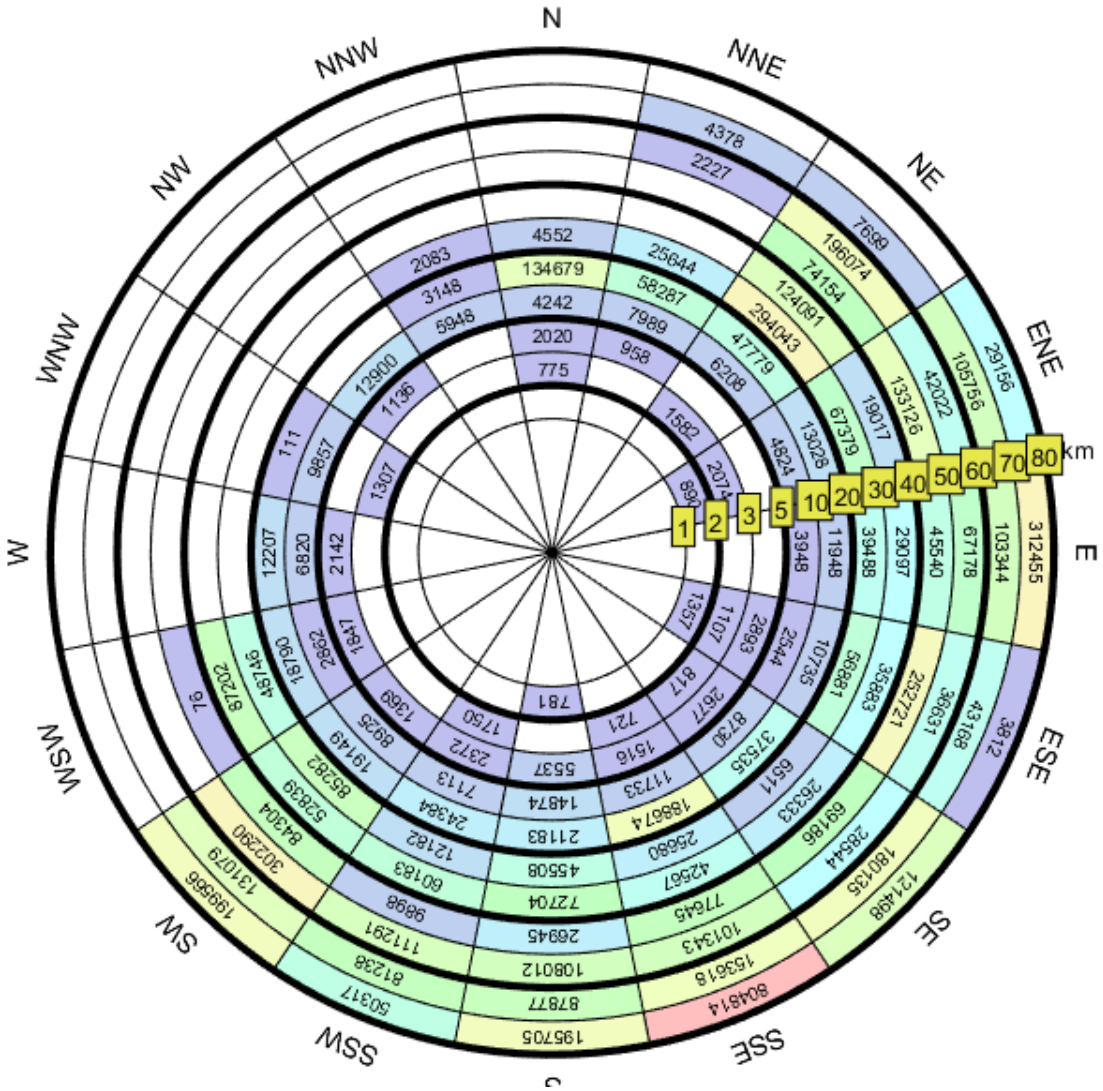
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（投运 10 年）		
图 2.2-6	版次：	A



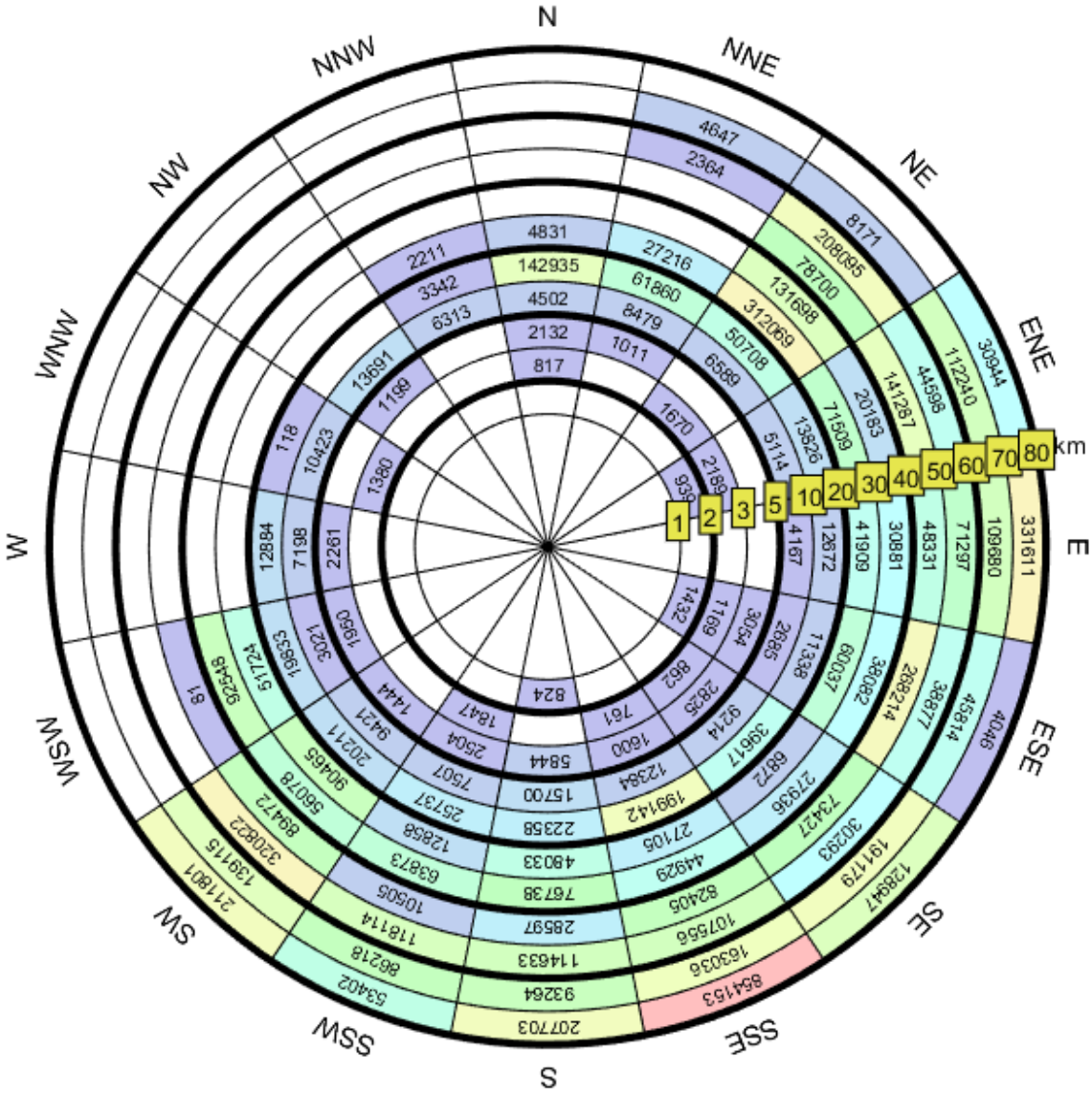
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（投运 20 年）		
图 2.2-7	版次：	A



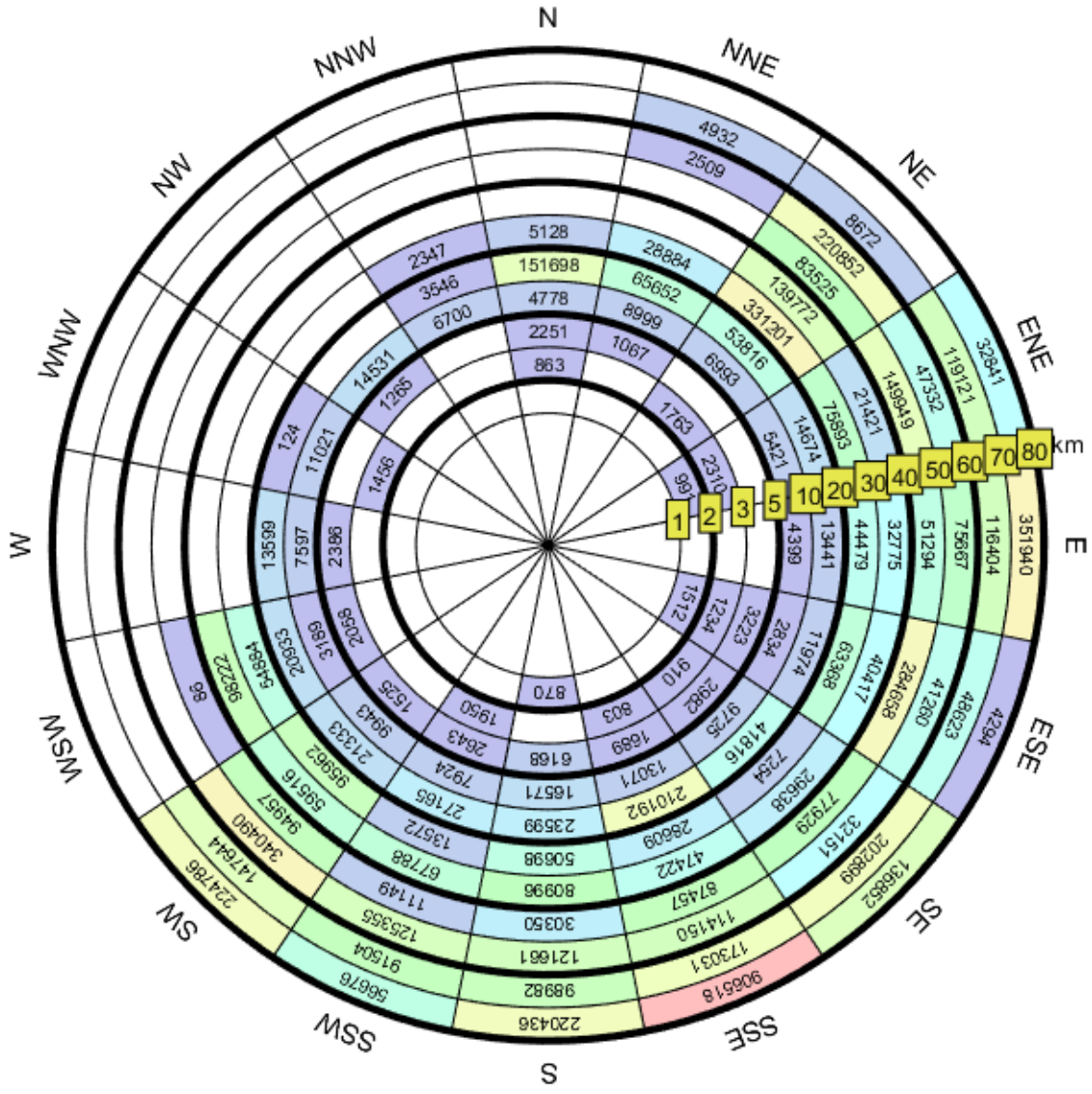
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（投运 30 年）		
图 2.2-8	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（投运 40 年）		
图 2.2-9	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（投运 50 年）		
图 2.2-10	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（投运 60 年）		
图 2.2-11	版次：	A

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用现状及规划

2.3.1.2 水体利用现状及规划

2.3.1.3 生态保护红线及“三线一单”生态环境分区管控方案

2.3.1.3 自然保护区、风景旅游区和文物保护区

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产概况

2.3.2.2 副业生产概况

2.3.2.3 其它陆生资源概况

2.3.2.4 陆生生态系统概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.3.1 水产资源

2.3.3.2 海洋生态概况

2.3.3.3 海洋保护动物、经济动物及“三场一通”情况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业

2.3.4.2 交通

2.3.4.3 危险源

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用现状及规划

山东招远核电厂一期工程位于招远市张星镇，厂址半径 10km 范围涉及招远市张星镇、辛庄镇、金岭镇和龙口市黄山馆镇、北马镇、芦头镇及龙港街道部分区域，各区域土地利用情况如下：

1）招远市

招远全市域陆域总面积约 1432km^2，建设用地约 181.6km^2，占比 13%，耕地总量约 468km^2，占比 33%，林地 326km^2，园地 255km^2，林地园地共占比 43%。

根据《招远市国土空间总体规划（2019-2035）》（阶段成果，最终规划以实际发布为准），招远市规划农田保护区达 557.19km^2，占比 31.92%；规划生态保护区 354.02km^2，占比 20.28%；规划生态控制区 74.08km^2，占比 4.24%；规划城镇发展区 157.6km^2，占比 9.02%；规划乡村发展区 498.72km^2，占比 28.57%；规划海洋发展区 104.14km^2，占比 5.97%。厂址半径 10km 范围内各乡镇规划情况如下：

张星镇基本农田总计 844.15hm^2，其中果园 214.62hm^2，水浇地 204.34hm^2，旱地 425.19hm^2。

金岭镇基本农田总计 984.1hm^2，其中果园 151.44hm^2，水浇地 30.09hm^2，旱地 802.57hm^2；

辛庄镇基本农田总计 962.05hm^2，其中果园 235.5hm^2，水浇地 157.7hm^2，旱地 568.85hm^2。

2）龙口市

龙口市目前市批乡镇总面积 78448.57hm^2。其中，农用地面积为 56485.67hm^2，占龙口市市批乡镇总面积的 72.00%；建设用地面积为 17067.22hm^2，占龙口市市批乡镇总面积的 21.76%；其他土地面积为 4895.68hm^2，占龙口市市批乡镇总面积的 6.24%。根据《龙口市市批乡级土地利用总体规划（2006-2020）》调整完善方案，厂址周边几个乡镇土地利用情况如下：

黄山馆镇耕地保有量指标为 700.75hm^2，基本农田保护面积 282.78hm^2；建设用地

总规模 742.15hm^2，城乡建设用地规模 492.27hm^2，城镇工矿用地规模 248.79hm^2，交通水利及其他建设用地规模 249.88hm^2。

北马镇耕地保有量指标为 4124.89hm^2，基本农田保护面积 2771.50hm^2；建设用地总规模 1424.20hm^2，城乡建设用地规模 1128.31hm^2，城镇工矿用地规模 527.83hm^2，交通水利及其他建设用地规模 295.89hm^2。

芦头镇耕地保有量指标为 1055.85hm^2，基本农田保护面积 429.04hm^2；建设用地总规模 1029.55hm^2，城乡建设用地规模 755.19hm^2，城镇工矿用地规模 300.43hm^2，交通水利及其他建设用地规模 274.36hm^2。

龙港街道耕地保有量指标为 2233.87hm^2，基本农田保护面积 1160.83hm^2；建设用地总规模 4996.84hm^2，城乡建设用地规模 3654.01hm^2，城镇工矿用地规模 2933.37hm^2，交通水利及其他建设用地规模 1342.83hm^2。

3）厂址半径 10km 范围

根据本项目陆域生态调查专题，厂址半径 10km 范围内居民地约为 63.31km^2、林地为 95.86km^2、水体为 20.93km^2、耕地为 117.97km^2、道路为 16.56km^2、未利用地为 0.21km^2。

从植被类型分布来看，厂址半径 10km 范围内主要分为“森林与灌丛”、“栽培植被”和“裸地”三种，面积分别为 95.71km^2、117.78km^2、0.21km^2，其余区域为村庄、道路、水面等，占 100.3km^2。

根据厂址半径 10km 范围内的招远市及龙口市土地规划情况，厂址半径 10km 范围内主要规划有农田保护区、林业发展区、生态保护区、村庄建设区、集中建设区、生态控制区、一般农田区、建设用地区。厂址拟占地区域的用地规划主要为基本农田保护区及部分林业用地区，建设单位需严格按照相关法规办理土地利用手续。

2.3.1.2 水体利用现状及规划

2.3.1.2.1 地表水

招远市境内分为黄海、渤海两大水系，共 11 个流域，共有大小河流 160 余条，其中界河流域为第一大流域。全市河流总的特点是河床比降大，源短流急，洪水暴涨暴落，属季风雨源型河流。

招远市境内共有大中型水库 3 座，分别是勾山水库、城子水库和金岭水库，净控制流域面积 190.16km^2，总库容 10084 万 m^3，兴利库容 4225 万 m^3；小（一）型水库

30 座，净控制流域面积 191.96km^2，总库容 7384.6 万 m^3，兴利库容 4864.1 万 m^3；小（二）型水库 192 座，净控制流域面积 222.19km^2，总库容 4741.5 万 m^3，兴利库容 3073.96 万 m^3；塘坝 1128 座，净控制流域面积 129.25km^2，总库容 4064.31 万 m^3，有效库容 3056.55 万 m^3。

龙口市域共有河流 23 条，黄水河、泳汶河、北马南河、八里沙河为境内主要河流，除黄水河、八里沙河外，其余河流皆为境内河流，属季风雨源型河流，降雨量决定水流量，汛期水势骤涨，源短流急，由东南山区曲折西北行；旱季流断干涸。

龙口市境内现有大中型水库 3 座，分别为北邢家水库、迟家沟水库、王屋水库；小型水库 74 座，塘坝 306 座。总拦蓄能力 2.01 亿 m^3，兴利库容 1.24 亿 m^3，其中大中型水库兴利库容 0.91 亿 m^3，形成大中型水库为工农业和生活、小型库塘为农业生产服务的供水格局。

厂址半径 15km 范围主要有河流和水库，无湖泊、湿地。其中，河流主要有界河、八里沙河、钟离河、南栾河、罗山河和河里张家河；小（一）型以上水库有侯家水库、陈家水库、迟家沟水库、北邢家水库、栾家河水库。

- **界河：**厂址距界河最近约 3.8km，界河发源于城区西南 11.5km 齐山镇铁斧村西尖尖山西麓，流经齐山镇、罗峰街道、泉山街道、梦芝街道、张星镇、辛庄镇，从辛庄镇东良村东北注入渤海，全长 45km，干流河宽 100m，流域面积 576.8 km^2，占全市总面积的 40.25%，每年丰水期最大径流量为 600m^3/s，是市内流域面积最大的河流，因该河是汉王朝所设招远、龙口两市的界线，故称界河，主要支流包括金泉河、罗山河、钟离河、单家河等，流域内河流总长 270.5km,河网密度 0.47km/km^2。界河河流平均比降 2.68‰，为典型季节性河流，只有汛期才有洪峰发生，且源短流急，暴涨暴落，其它大部分时间为工矿企业排放的污废水。界河作为纳污河流，没有从中取水的单位。近年来，随着地方环保部门对界河的整治，界河水质已有所改善。根据烟台市《重要河水断面水质状况报告》，2019 年 9 月至 2021 年 3 月期间，界河全年间断流 5 个月，其余月份大部分时间为 IV、V 类水质。
- **八里沙河：**最近位于厂址 N 方位约 2.5km，发源于马格庄东南山，流经测区内庙头郭家村、牛栏徐家村、上斧村，在上斧村北流出测区，从河抱村西北注入渤海湾。全长 15km，流域面积约 77.0km^2。

- **河里张家河：**最近位于厂址 NE 方位约 5.5km，河里张家河为北马南河支流，发源于仙人桥村南侧，流经测区内仙人桥村，在仙人桥村西北流出测区，于柳行村南汇入北马南河。北马南河从龙港街道注入渤海湾。
- **钟离河：**最近位于厂址 SW 方位约 5.1km，发源于齐山镇北寨子村，汇集华山西涧、老鼠尾、石脚山诸山之水，向北流经蚕庄、金岭、辛庄三街镇，流入界河。干流全长 25.3km，流域面积 116.0km²。
- **南栾河：**最近位于厂址 SE 方位约 11.1km，发源于招远市北部的美秀顶，随即流入龙口市境内，流经芦头、大陈家镇、北马镇，最终汇入泳汶河。全长 21.0km，招远境内约 7.3km。
- **罗山河：**最近位于厂址 E 方位约 14.3km，发源于玲珑镇小蒋家村，流经玲珑、大秦家等街镇和招远经济技术开发区，至张星镇杜家西村流入界河。干流全长 18.5km，流域面积 174.4km²。
- **侯家水库：**最近位于厂址 W 方位约 8.2km，招远市西北部淘金河下游辛庄镇侯家村南，控制流域面积 25.39km^2。侯家水库取水口为放水洞，通过输水管道到侯家水库加压泵站，输水管道设计供水能力 7.0 万 m³/d，最大供水能力 7.0 万 m³/d。由加压泵站提水通过输水管道到辛庄水厂。
- **北邢家水库：**位于厂址 ENE 方位约 13km，龙口市下丁家镇北邢家村西，泳汶河中上游，控制流域面积 64 平方公里，是一座以防洪、灌溉、供水为主的中型水库。总库容 1325 万立方米，兴利库容 607.5 万立方米，死库容 87.5 万立方米，防洪标准为 100 年一遇洪水设计，2000 年一遇洪水校核。水库为南山集团重要的供水源地，供水对象有南山集团、芦头镇政府和龙口市行政中心及威乌高速、大莱龙铁路等，同时具有灌溉农田功能。
- **迟家沟水库：**位于厂址 NE 方位约 9km，龙口市芦头镇寺后乔家村南，泳汶河系南栾河中游，控制流域面积为 47km^2，是一座集防洪、灌溉、供水、养殖为一体的中型水库。水库总库容 2044 万 m^3，兴利库容 1283 万 m^3，防洪库容 369 万 m^3，死库容 73 万 m^3。工程防洪标准为 100 年一遇洪水设计，2000 年一遇洪水校核。该水库为道恩园区和南山供水公司供水水源地，同时具有灌溉农田功能。
- **栾家河水库：**位于厂址 ESE 方位约 0.8km，控制流域面积 7.0km^2，总库容 304

万 m^3，是一座以灌溉为主的小（一）型水库。

- **陈家水库：**位于厂址 E 方位约 8.9km，控制流域面积 12.5km^2，总库容 483 万 m^3，是一座以灌溉为主的小（一）型水库。

同时，厂址半径 15km 范围内还有胶东调水工程渡槽（最近距离厂址西侧约 5km），胶东调水是山东省胶东地区引黄调水工程，是我国南水北调东线工程主干线中山东省境内“T”字形调水大动脉的重要组成部分，工程自山东省滨州市打渔张引黄闸引取黄河水，输水至烟台市门楼水库和威海市米山水库，输水线路总长度 482km。近期以黄河水为水源，设计年调水量 1.43 亿 m^3；远期以长江水为水源，设计年调水量 3.83 亿 m^3。

厂址半径 15km 范围内的水厂为辛庄净水厂，厂址与辛庄净水厂直线距离最近约 6.4km。辛庄净水厂设计日供水能力 4.52 万 m^3，采用胶东调水干渠引至侯家水库的水作为水源，由侯家水库进行调蓄，经过消毒、混凝、沉淀、过滤、杀菌，进入清水池，一部分由泵房沿招辛公路→金城路加压输送到城区管网和北外环城西史家配水厂，另一部分自压向滨海科技产业园供水。

招远市张星镇、辛庄镇等镇政府所在地主要依靠城市供水管网供水，水源为侯家水库地表水和通过胶东调水工程渡槽区域外调水（包括黄河水和长江水），招远市其他大部分乡村仍采用集中供水或分散式供水，水源为地下水。

龙口市黄山馆镇镇区、龙港街道及其周边村庄由南山供水管网延伸供水工程供水，主要水源为迟家沟水库地表水，通过规模化供水管网直接接入供水，其管网接入南山供水管网或城市供水管网；厂址半径 15km 范围内其他村庄供水为各村自主管理，水源全部为地下水，通过单村供水管网进行供水。

根据《招远市城乡供水一体化建设推进工作方案》（2020 年），招远市规划扩建城市自来水管网延伸供水工程 1 处，新建联村集中供水工程 2 处。

根据龙口市城乡供水规划：1）通过城乡一体化供水水厂建设、水源地保护等建设，进一步提升全市城乡供水能力及一体化供水规模；2）进行单村供水工程改造提升，尤其对于尚未纳入城乡一体化供水管道的单村供水工程，通过村内管道改造，实施一户一表。主要新建内容包括：新建程家疃供水厂 1 座、新建迟家沟供水厂 1 座、新建王屋水库供水厂 1 座、改扩建吕家水厂一期工程、改造下丁家水厂。

图 2.3-1 给出了招远市河流和水库分布示意图。图 2.3-2 给出了龙口市河流和水库

分布示意图。

2.3.1.2.2 地下水

本项目厂址周边的地下水均取自浅层地下水，厂址半径5km范围内的取水口共有262个，其中农业灌溉取水口232个，生活用水取水口21个，工业用水取水口9个，取水工程类型主要为水井和泵站，民井井深一般2.5～58.0m。由于生活饮用水井环境敏感性较高，故本报告重点关注生活饮用水井，其中，距离厂址最近的生活饮用水井为厂址1号机组西南侧约750m的欧家村自来水井；距离海水取排水管线最近的生活用水取水口是位于取排水管线西侧约290m处的水盘村自来水东大井。

龙口市域地下水年均供水量为7612万m^3/年，其中3102万m^3/年为集中地下水源，主要向城区供给，龙口市集中地下水源地主要包括大堡地下水源地和莫家地下水源地，均位于招远厂址半径 15km 范围外；其余 4510 万 m^3/年以分散地下自备井的形式为农村生活和农田灌溉使用。龙口市地下水埋深一般 20-80 米左右。

表 2.3-1 给出厂址半径 15km 范围内各生活用水井与厂址及海水取排水管线的相对位置。

2.3.1.2.3 海洋功能区划和近岸海域环境功能区划

1）海洋功能区划

根据山东省海洋功能区划(2011-2020 年)，厂址附近的海域功能区划有以下几类：

——招远旅游休闲娱乐区，编号 A5-6，面积 20.24km^2，段长 6.63km。位置为招远辛庄镇西北，其基本功能为旅游休闲娱乐功能，兼容农渔业等功能。

——烟台招远海洋保护区，编号 A6-12，面积 8.75km^2，段长 5.36km。位于马埠至高家庄子，其基本功能为海洋保护功能，兼容旅游休闲娱乐功能。

——龙口湾工业与城镇用海区，编号 A3-11，面积 51.64km^2，段长 12.25km。为龙口湾内，其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，基本功能未利用时兼容农渔业等功能。允许适度改变海域自然属性。

——莱州-招远农渔业区，编号 A1-8，面积 216.27km^2，段长 6.39km。地理范围为莱州石虎嘴至界河以北海域，其基本功能为农渔业功能，兼容矿产与能源功能。

——龙口湾特殊利用区，编号 A7-5，面积为 0.27km^2。地理范围为龙口湾内海域，其基本功能为特殊利用区。

本项目拟建取排水口位于龙口湾工业与城镇用海区（A3-11），环境保护要求为：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。

本项目厂址附近的海洋功能区划情况见图 1.6-1。

2）近岸海域环境功能区划

根据《山东省近岸海域环境功能区划(2016-2020 年)》，本项目附近海域的近岸海域环境功能区主要包括：“莱州-招远盐业养殖区”、“招远砂质海岸海洋特别保护区”、“招远旅游娱乐区”、“界河入海口混合区”、“龙口湾工业与城镇建设区”。

本项目厂址拟建取排水口位于龙口湾工业与城镇建设区范围内，执行海水水质 III 类水质标准。

本项目厂址附近的近岸海域环境功能区划见图 1.6-2，表 2.3-2 给出了本项目厂址附近近岸海域环境功能区划情况。

2.3.1.3 生态保护红线及“三线一单”生态环境分区管控方案

1）山东省生态保护红线

根据《山东省生态保护红线规划（2016-2020 年）》，厂址半径 10km 的范围内涉及烟台招远罗山-龙口之莱山-蓬莱艾山-龙口湿地生物多样性维护生态保护红线区（编号为 SD-06-B4-07）面积共 41.57km^2，其中一类红线管控区面积 16.79km^2；以厂址中心半径 5km 的范围内，涉及生态红线区面积共 8.40km^2，无一类红线管控区；以厂址中心半径 3km 的范围内，涉及生态红线区面积共 1.55km^2，无一类红线管控区。厂址、取排水管线影响范围、冷却塔 1km 影响范围均不涉及生态红线。

厂址半径 10km 范围生态保护红线示意图见图 2.3-3。表 2.3-3 给出本项目与周边陆域生态保护红线相对位置关系。

2）海洋生态红线

根据《山东省渤海海洋生态红线区划定方案（2013-2020 年）》，本项目排水口半径 15km 范围内海洋生态红线为砂质岸线与邻近海域莱州—招远砂质岸线限制区、招远砂质海岸禁止区、招远砂质海岸限制区、莱州湾中国对虾渔业海域限制区、招远渔业海域限制区、龙口屺岬岛景观遗迹限制区，其中招远砂质海岸禁止区为禁止开发区，其余均为限制开发区，距离最近的为莱州湾中国对虾渔业海域限制区，最近距离本项目

排水口西南侧约 4.2km，距离本项目取水口约 2.1km。

本项目排水口半径 15km 范围内海洋生态红线区情况见表 2.3-4。图 2.3-4 给出取排水口附近海域生态红线区分布图。

3）烟台市“三线一单”生态保护环境分区管控方案

➢ 生态保护红线和一般生态空间

烟台市划定陆域生态保护红线面积不低于 1478.9km^2，海洋生态保护红线面积不低于 3551.57km^2；除生态保护红线外的一般生态空间面积不低于 1983.02km^2。以上生态空间管控区域涵盖全市生态功能极重要区和生态环境极敏感区，各类省级及以上自然保护地和饮用水水源保护区，重要海域、海岛、河流、湿地、林地、水库及其他具有重要生态功能的自然生态用地。

本项目拟建位置不处于生态保护红线范围内，也不属于一般生态空间区域。

➢ 环境质量底线

稳固空气质量改善成效，各区市环境空气质量稳定达到并优于国家二级标准，市区空气质量优良率达到 80%以上，有效遏制臭氧浓度增长趋势并力争实现下降，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%。土壤环境质量持续改善，土壤环境风险得到管控，全市受污染耕地安全利用率达到 96%以上，污染地块安全利用率达到 95%以上。

本项目能够做到各类污染物达标排放，确保所处海洋功能区规划水质目标的达成，不触及环境质量底线。

➢ 资源利用上线

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。实行最严格的水资源管理制度，实现总量及强度“双控”，全市用水总量目标控制在 17.01 亿立方米以内，万元国内生产总值用水量、万元工业增加值用水量控制目标完成省下达任务；浅层地下水超采区基本消除，平水年份基本实现地下水采补平衡。优化国土空间开发保护格局，控制国土空间开发强度，土地资源开发利用总量及强度指标达到省下达目标，确保耕地保有量，守住永久基本农田控制线；盘活存量建设用地，控制建设用地总规模和城市开发强度，落实城镇开发边界控制线。

本项目将按照相关要求，取得水利、国土、海洋等主管部门的支持性文件，确保

项目建设尽可能少占用资源，不触及资源利用上线。

➢ 陆域环境管控单元

烟台市陆域共划定环境管控单元 326 个，优先保护单元共 125 个，主要涵盖生态保护红线等生态空间管控区域；重点管控单元共 121 个，主要涵盖人口密集的中心城区和各级各类工业园区（集聚区），资源开发强度大或污染物排放强度高的区域；一般管控单元共 80 个，主要涵盖除上述优先保护、重点管控单元以外的区域。

本项目厂址及海水取排水管线位于陆域重点管控单元，管控要求为：重点推进产业布局优化、转型升级，提高资源利用效率，加强突出生态环境问题治理、污染物排放控制和环境风险防控，解决突出生态环境问题。本项目属于清洁能源，可有效减缓区域碳排放，提高资源利用效率，缓解区域生态问题。本项目运行期不排出油类、酸液、碱液、剧毒废液、高、中水平放射性废水以及不易降解的有机物和重金属的废水，向海域排放低水平放射性废水满足相应排放标准。同时，本项目采用核行业严格标准进行环境风险防控，避免出现环境风险事故。

对于张星镇及辛庄镇重点管控单元的具体管控要求见表 2.3-5。 根据相关管控要求相符性分析，本项目的建设符合所在的重点管控单元的管控要求。烟台市陆域管控单元分布示意图见图 1.6-5。

➢ 海域环境管控单元

烟台市划定海域环境管控单元 117 个，包括优先保护单元 55 个，主要涵盖海洋生态保护红线、海洋水产种质资源保护区等重要海洋生态功能区；重点管控单元 28 个，主要涵盖工业或城镇建设用海区、港口区、矿产与能源区、特殊利用、排污混合区、围填海区等开发利用强度较高的海域，以及水动力条件较差、水质超标和存在较大风险源的海域；一般管控单元 34 个，涵盖除上述海域优先保护、重点管控单元以外的区域。

本项目取排水口位于海域重点管控单元，该区域为龙口湾工业与城镇用海区，本项目用海符合海洋环境功能区域用途管制要求。海域管控单元分布示意图见图 1.6-5。

➢ 生态环境准入清单

烟台市根据全省建立省-区域-地市-单元四级生态环境分区管控体系要求，落实省级、区域清单基础性、规范性要求，以全市环境管控单元为基础，从空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控、资源利用效率等方面明确相关要求，建立市级清单

总体要求和环境管控单元生态环境准入清单。与本项目相关的准入要求见表 1.6-3。

2.3.1.4 自然保护区、风景旅游区和文物保护区

（1）陆域自然保护区

本项目厂址半径 10km 范围内涉及的陆域自然保护区为招远市罗山省级自然保护区和龙口大飘山自然保护区。

— 招远市罗山国家森林公园

该森林公园位于招远市玲珑镇欧家夼村北的罗山山脉，属于“自然生态系统类”中的“森林生态系统类型”。2007 年 12 月，山东省政府批准罗山国家森林公园晋升为省级自然保护区。2010 年 1 月，山东省人民政府对罗山自然保护区范围及功能区进行了调整，调整后的保护区总面积 9479.6hm^2，其中核心区面积 3287.7hm^2、缓冲区 3198.3hm^2、实验区 2993.6hm^2。罗山保护区森林覆盖率达 80%以上，有植物资源 1000 多种，野生动物资源 20 多种，保护对象为天然赤松林及原生地、森林生态系统及水源地、生物多样性、野生动植物资源、生态旅游资源。

1）核心区

将森林生态系统完整、物种丰富、赤松天然林、黑松林和地带性植被集中分布的区域作为核心区。其重要作用是保护保护区内的自然资源和自然环境，保持其生态系统和生物物种不受人为干扰，在自然状态下演替、繁衍。

核心区总面积为 3287.7hm^2，占保护区总面积的 34.7%。其中：罗山核心区 2417.8hm^2，集中分布有赤松天然次生林、针阔混交林及灌丛等；青山顶核心区 870.0hm^2，集中分布了黑松林、针阔混交林及灌丛等。

2）缓冲区

在核心区外围划出 500-1000m 的地带作为缓冲区，面积 3198.3hm^2，占保护区总面积的 33.7%。其中：罗山缓冲区 1398.2hm^2，青山顶缓冲区 1800.1hm^2。缓冲区的作用是，缓解外界压力和防止人为活动对核心区的影响，对核心区生态环境的保护具有必不可少的作用。

3）实验区

将位于缓冲区外围，保护区边界以内的区域划为实验区。因保护区北部与龙口市接壤的山脊地带，因外围森林植被保存完好、人为活动较少，在罗山核心区北部外缘不再设立缓冲区，只在边界线以内 400-500m 设立实验区。该区在合理保护资源的基

础上，以科学试验、改善自然环境和合理利用自然、人文资源，发展经济为目的。实验区面积 2993.6hm^2，占保护区总面积的 31.6%。

本项目厂址半径 5~10km 范围内涉及保护区的核心区面积为 912.99hm^2，实验区面积为 566.98hm^2，缓冲区的面积为 706.26hm^2。

根据招远市林业主管部门提供的资料，罗山自然保护区有维管植物 123 科、469 属、938 种（含 75 变种、10 变型、7 亚种）。其中：国家II 级保护植物 2 种，山东特有植物 10 种，列入《濒危野生动植物种国际贸易公约》植物 4 种，列入《中国珍稀濒危植物红皮书》植物 4 种，“山东省稀有濒危植物”25 种，中国特有植物 10 种。招远市罗山自然保护区维管植物中，有 2 种属于国家II级重点保护植物（栽培国家级重点保护植物不计），分别是中华结缕草（Zoysia sinica）、野大豆（Glycine soja），保护区内列入“濒危野生动植物种国际贸易公约”的植物有兰科（Orchidaceae）植物 4 属、4 种。

— 龙口大飘山自然保护区

龙口大飘山自然保护区位于龙口市下丁家镇，最近位于厂址 ENE 方位约 9km 处。2010 年，山东省人民政府批准同意建立龙口大飘山省级自然保护区，保护区内自然生态系统结构完整，珍稀动植物资源丰富，地质构造形迹、历史文化遗迹、人文景观众多，保护区以赤松天然次生林及其典型的自然生态系统、泳汶河源头水源涵养林为主要保护对象。

龙口大飘山自然保护区保护区总面积 2326 hm^2，其中核心区面积 613.5 hm^2，缓冲区面积 713.2hm^2，实验区面积 999.3hm^2，其中，有部分实验区在厂址 10km 范围内，面积约 69hm^2。由于其紧邻罗山自然保护区，故其保护的动植物物种基本相同。

厂址半径 10km 范围陆域自然保护区分布见图 2.3-5。

招远市罗山国家森林公园和龙口大飘山自然保护区的核心区、缓冲区、实验区与本项目各排放口以及海水取排水管线的最近距离和相对方位见表 2.3-6。

（2）水域自然保护区

— **招远砂质黄金海岸海洋特别保护区**

招远砂质黄金海岸海洋特别保护区位于山东省招远市辛庄镇境内，东西自招莱线向东延伸约 11670 米至淘金河东侧海域，南北为自高潮线以下向海中延伸约 3200 米左右的区域。保护区面积约 2699.94hm^2，其中重点保护区 816.08hm^2，生态与资源恢复

区 970.24hm^2，适度利用区 913.62hm^2。主要保护对象为海岸带生态系统和海洋生物资源。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。

本项目陆域取排水管线与招远砂质黄金海岸国家级海洋公园适度利用区最近距离约 2.2km（SW 方位），与生态与资源恢复区最近约 3.8km（SW 方位），与重点保护区最近约 6.9km（SW 方位）。

本项目拟建排水口最近距离招远砂质黄金海岸国家级海洋公园适度利用区约 2.5km，距离生态与资源恢复区约 5.5km，距离重点保护区约 7km。

招远砂质黄金海岸海洋特别保护区见图 2.3-6。

— **招远砂质海岸海洋特别保护区**

招远砂质海岸海洋特别保护区成立于 2011 年，属于省级海洋特别保护区，保护区总面积 841.79hm^2。保护对象：砂质岸线及海洋生态系统。

本项目海水取排水管线距离招远砂质海岸海洋特别保护区 SW 方位约 5.9km。本项目拟建排水口距离招远砂质海岸海洋特别保护区约 7km。

招远砂质海岸海洋特别保护区见图 2.3-7。

— **水产种质资源保护区莱州湾保护区**

根据《国家级水产种质资源保护区名录》，厂址取排水口半径 15km 海域涉及的水产种质资源保护区为莱州湾国家级水产种质资源保护区，该保护区总面积为 7124km^2，其中核心区面积 1710km^2，试验区面积为 5414km^2。

山东招远核电厂附近海域的保护物种主要包括：花鲈、三疣梭子蟹、真鲷、松江鲈鱼和文昌鱼，本项目取排水区域位于莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区内。根据国家海洋环境监测中心 2020 年~2021 年对厂址附近海域渔业资源调查结果可知，专题调查期间调查水域均没有发现松江鲈鱼和文昌鱼。

莱州湾国家级水产种质资源保护区见图 1.6-4。

（3）文物古迹

招远厂址附近没有国家级文物保护单位，有 4 处省级文物保护单位和 10 多处市县级文物保护单位。省级文物保护单位分别为：

— 辛庄古墓群，位于辛庄镇东北村（厂址 W 方位 11km），为西周时期墓葬；

— 楼子庄遗址，位于龙口市北马镇楼子庄南（厂址 NNE 方位约 10km），为龙山文化及商代的古遗址；

— 徐镜心故居，位于龙口市黄山馆镇后徐家村中（厂址 WNW 方位约 5km），为清代古建筑遗址；

— 楼子庄遗址，位于龙口市北马镇楼子庄村南（厂址 NNE 方位约 9.5km），为明代古建筑遗址。

厂址附近文物保护单位情况详见表 2.3-7。

（4）风景旅游区

➢ 现状

厂址半径 15km 范围内主要有 5 处风景旅游区，其中招远市有 2 处，分别为罗山黄金文化旅游度假区和辛庄镇滨海旅游度假区；龙口市有 3 处，分别为南山旅游景区、大飘山森林公园和黄山馆镇后徐家村。

——罗山黄金文化旅游度假区

罗山黄金文化旅游度假区国家 4A 级旅游景区，位于厂址 ESE 方位约 13km 处，总面积 35.22km^2，含罗山国家森林公园、黄金博物馆、淘金小镇、必捷滑雪场、《金山佛谕》演艺、斧上艺术区等景点。其中罗山国家森林公园。总面积 10000 余亩，总投资 1.2 亿元。有植物资源 1000 多种，野生动物资源 20 多种，森林覆盖率在 90％以上，被誉为“胶东森林大氧吧”。

——辛庄镇滨海旅游度假区

辛庄镇滨海旅游度假区位于山东招远市的西北部临海，为 3A 级景区，海岸线长达 15 公里，拥有春雨滨海度假村、水上乐园、自驾游营地、碧海林苑、滨海广场、滨海景观带、旅游码头等沿海旅游资源，还有高家庄子、孟格庄、大涝洼等历史文化民俗村。辛庄镇滨海旅游度假区位于厂址 W～WNW 方位约 12～14km 处。

——南山旅游景区

南山旅游景区为国家 5A 级旅游景区，位于龙口市芦头镇南（厂址 NNE 方位约 14km），总面积 14 平方公里。是一个融宗教文化、历史文化、旅游文化、饮食文化、商业文化于一体的大型旅游文化景观。

——龙口市芦头镇庵斧村（大飘山森林公园）

庵夼村位于龙口市南部山区（厂址 E~ENE 方位约 10~13km 处），拥有主峰海拔 580 米的大飘山，山谷纵深 3000 米，山峦面积 4000 多亩，2005 年 8 月被烟台市评为“市级森林公园”，2010 年被山东省政府批准为“省级自然保护区”，是山东省旅游特色村。庵夼村拥有独特地自然风貌和绝佳的山水资源，被称为天然氧吧。有大飘山、龙头山、蟹虎石、官座、王母娘娘洗脸盆等山水景观，古井、古桥等历史文化遗迹。庵夼村是抗日战争时期贡献卓著的革命老区。目前，行署办公室、法院等 10 多处办公遗址，20 多个掩藏钱粮和武器弹药山东等遗址保存完好，供游人参观游览。

——龙口市黄山馆镇后徐家村

后徐家村坐落在黄山馆镇南（厂址 WNW~NW 方位约 5~6km 处），建于明朝末期，是烟台命名的红色旅游景点、烟台市爱国主义教育基地。辛亥革命先驱——徐镜心故居“徐氏祠堂”坐落在村中，是省级文物保护重点单位。村中有古槐树、古栾树、古柏树、古井群等，是乡村古镇游的特色景点。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产概况

厂址半径 80km 区域均位于山东胶东半岛，农业种植情况相似。农业生产以粮食为主，兼有油料、蔬菜和薯类套复种。粮食作物以小麦、玉米、薯类为主，还有高粱、谷子、大豆等。油料作物主要为花生。蔬菜种类 30 多个，180 多个品种。根菜类有萝卜、水萝卜、胡萝卜、根用芥菜等；薯芋类有马铃薯、生姜等；白菜类有大白菜、甘兰(大头菜)、菜花等；葱蒜类有韭菜、大葱、大蒜、圆葱；绿叶菜类有芹菜、菠菜、莴笋、芫荽等；瓜类有黄瓜、茭瓜、冬瓜等；茄果类有蕃茄、大椒、茄子等；豆类有芸豆、菜豆、扁豆、豌豆、蚕豆等；食用菌类有香菇、平菇、木耳、猴头、金针菇、滑菇等；水果主要有：苹果、樱桃、梨、葡萄、桃、杏、红枣、柿子、山楂等，其中以苹果为主，远销至北京、上海、江苏、湖北、广东等地。此外，厂址半径 80km 区域也是樱桃的主要生产地之一，远销到全国各地。表 2.3-8 给出评价区内农作物种植、储存及销售情况。

本项目厂址所在地招远市全市有耕地 4 万多公顷，形成粮油、果业、蔬菜等优势产业，先后获得“中国粉丝之都”、“中国红富士苹果之乡”、“全国农业标准化示范县”、“国家出口农产品质量安全示范区”、“全省高效特色农业示范县”等称号。此外，招远

市是红富士苹果在中国的发源地和最大的生产基地，被誉为“全国红富士苹果第一市”，并被列为全国首批高效农业示范区。

厂址半径 10km 范围内区域农业生产基地有 15 个，分别生产黄瓜、番茄、辣椒、茄子、白菜、火龙果和葡萄等。

2.3.2.2 副业生产概况

厂址周围地区畜禽饲养种类有猪、家禽（鸡、鸭和鹅）、大牲畜（主要为牛和马）、羊及兔子等。猪、羊和家禽主要是家庭式饲养，是厂址地区周围绝大多数农户的副业。大牧畜以黄牛为主，多为肉用和耕地劳役，马较少；家禽以鸡为主，养殖较多；兔子为家庭式养殖，养殖较少。

饲养方式上，牧畜、猪、羊等养殖基本上为圈养，兔为笼养；家禽饲养时规模养禽场笼养，农户饲养主要是散养。饲料品种上，基本上为饲料加青草等。

表 2.3-9 给出了厂址半径 80km 评价区内家畜和家禽生长期、饲养方式、饲料及消耗情况。

厂址半径10km范围内的畜禽养殖与厂址半径80km评价区范围的畜禽养殖基本一致，主要以猪、羊、鸡、牛为主，一般多为散户个体养殖。

其中，生猪养殖较多，一般养殖规模为每户存栏上百头，达到上千头存栏量和出栏量的大规模养殖场较少，仅有 2 家，分别位于招远市辛庄镇台子李家和北马镇南吕村，其中最大的为位于北马镇南吕村的龙口市茂源禽畜养殖专业合作社。

羊养殖相对猪来说，养殖量较少，最大的为位于黄山馆镇的龙口市茂源禽畜养殖专业合作社（厂址 NNW 方位约 4.7km）。

厂址附近养殖家禽主要为肉鸡和鸭，其中肉鸡养殖量较多，一般养殖规模户存栏上万只，其中，最近且最大的肉鸡养殖场为位于招远市张星镇沟子村养鸡场。

厂址附近蛋鸡养殖也较多，蛋鸡存栏量最多的有 2 家，分别位于招远市张星镇沙沟马家村和招远市张星镇河埃村。肉牛饲养较少，只有 3 家，分别位于龙口市开发区泊王村、黄山馆镇隋家庄村和北马镇河里张家，最大的位于黄山馆镇隋家庄村的龙口市恒绿种植专业合作社。厂址周围地区生产的肉类主要是家禽肉、牛肉和猪肉。

招远市奶牛饲养较少，张星镇有三百多头奶牛，辛庄镇、金岭镇有十几头奶牛，所产牛奶基本当地消费。龙口市黄山馆镇有规模奶牛养殖场，为格润富德农牧科技股份有限公司的养殖场，距离厂址 WNW 约 6.4km，所产牛奶销往山东、江苏、上海。

2.3.2.3 其它陆生资源概况

— 林业资源

2020 年招远市总面积 143233.12hm^2，其中林地总面积 60982.26hm^2，有林地 51011.78hm^2，疏林地 1145.47 hm^2，灌木林地 3381.71 hm^2，未成林造林地 2852.40hm^2，苗圃地 2204.52 hm^2，无立木林地 43.55hm^2，宜林地 335.14hm^2，辅助生产林地 7.68 hm^2，全市森林覆盖率 35.65%。以针叶林为主，针阔混交林。针叶树种主要为赤松、黑松，阔叶树种主要有杨树、火炬树、黄栌。苗圃地面积 2204.52 hm^2，初步形成了苗木花卉、木本粮油、特色樱桃、茶、森林旅游五大产业。此外，还盛产板栗、葡萄、柿子、大枣、核桃等干杂果。有半夏、防风、丹参、远志、柴胡等中药材数百种。野杜鹃、卫茅、绣线菊、胡枝子、皂角、刺秋等 18 种野生珍稀植物，分布在金山、黄山、架旗山、雾云山、灵山、坡石山等深山远山地带，距厂址较远。

厂址半径10km范围内涉及招远市辛庄镇、金岭镇和张星镇。2020年辛庄镇有林地总面积4514.52hm^2，有林地2469.15hm^2，疏林地12.79hm^2，灌木林地209.83hm^2，未成林造林地177.89hm^2，苗圃地1604.36hm^2，宜林地40.51hm^2，全镇森林覆盖率21.70%；金岭镇林地总面积4420.35hm^2，有林地3823.55hm^2，疏林地28.70hm^2，灌木林地382.76hm^2，未成林造林地43.24hm^2，苗圃地114.19hm^2，宜林地27.90hm^2，全镇森林覆盖率33.25%；厂址所在张星镇林地总面积7199.54hm^2，有林地6651.50hm^2，疏林地98.73hm^2，灌木林地212.79hm^2，未成林造林地100.75hm^2，苗圃地37.00hm^2，无立木林地36.23hm^2，宜林地61.23hm^2，辅助生产林地1.31hm^2，全镇森林覆盖率41.33%。

本项目厂址拟占区域为山区丘陵地带，没有大片林场等分布。距离厂址最近的罗山林场位于厂址 SE~E 方位最近约 7km，林场挂有“招远市罗山国家森林公园管理处”牌子，森林公园位于招远东北部欧家夼村北许巾铺林区，建于 2000 年，属于 3A 级森林公园；罗山林场同时也为省级自然保护区，省级自然保护区与林场面积、位置、边界基本相同。罗山林场始建于 1948 年 8 月，是招远市唯一的国有林场，分小园庙、许巾铺、班仙洞三个林区经营管理，总场设在小园庙林区。林场经营总面积 7283 亩。

龙口市森林覆盖率 55.35%，林业用地面积 50148.54hm^2，其中有林地 43299.14hm^2，疏林地 523.23hm^2，灌木林地 6171.14hm^2，其他 155.03hm^2。龙口市主要林业资源位于龙口市东南部山区的丘陵，林种、树种类型多，大部分的公益林和经济林集中分布在此，也是龙口市水果、干杂果的主产区，该区林木覆盖率达到 75%以上；位于龙口市

中部的平原农田区地势平坦，土层深厚，该区林业资源主要是农田林网、道路植树和村镇绿化，林木覆盖率较低，只有 22.3%。

— 矿产资源

招远矿藏资源丰富，以金矿和银矿为主，石英石、氟石、萤石、建筑石料等，也有相当藏量。黄金是招远市的优势矿产。全市共有十多个黄金矿田、矿床，上千条矿脉纵横交错，是我国黄金探明储量、保有储量和产量最多的城市。现已发现金矿点数百处，累计探明黄金资源量 515 吨，保有黄金资源量 274.91 吨，潜在经济价值达 210.41 亿元。现有黄金矿点主要集中在城市东北部、北部、西北部和南部的群山之中。其中玲珑山藏量最富，品位最高，驰名中外的玲珑金矿，坐落在山下。招远黄金开采历史悠久，黄金生产和加工能力居全国第一，被誉为“金城天府”。招远市的白银藏量除了金矿伴生白银外，现已探明了一个中型银矿，埋藏低、品位高，是全国第二大银矿。

同时，招远境内广泛分布着能作为建筑石料开发的花岗岩，其中饰面花岗岩资源集中分布在市域北部山区，面积达到 4000hm^2 以上。完整、裸露的花岗岩体组成了陡峭的山脊，成矿地质条件十分简单，估算资源总量可达 5 亿 m^3。

根据招远市自然资源局提供的资料，截止 2019 年 6 月，招远市共设置采矿权 47 个，总体比 2015 年减少 22 个，其中 46 个为金矿，1 个为地热，原有 19 个饰面用花岗岩采矿权均退出。距离厂址最近的正在生产的矿区为招远市辛庄黄金矿业工程有限责任公司的北截矿区，距离厂址 SW 方位约 8.4km。

同时，根据招远市矿产资源开发利用和保护规划（阶段成果），厂址区域位于重点矿区和拟开采矿区之外。

2.3.2.4 陆生生态系统概况

根据《中广核山东招远核电项目陆域生态环境调查及评价报告》，专题单位于 2020 年 8 月-9 月开展陆域高等植物、鸟类、两栖爬行动物、飞行类昆虫、土壤动物、主要生态环境问题、敏感保护目标等调查，2020 年 11 月底开展冬季鸟类调查，专题的调查范围是以厂址半径 10km 的陆地区域及管线两侧 200m 陆地区域。调查方法为现场踏勘、取样、观测与收集政府部门资料相结合的方式，同时结合专家咨询开展，重点以现场取样观测为主。

图 2.3-8 给出植物调查的样点样线分布图；图 2.3-9 给出鸟类调查样线布局图；图 2.3-10 给出哺乳动物、两栖动物、爬行动物与昆虫调查样线、样点分布图；图 2.3-11

给出土壤动物取样点分布图。

2.3.2.4.1 生态系统类型

调查范围内存在人工和自然生态系统。人工生态系统包括农业生态系统和聚落（城市）生态系统，自然生态系统包括森林、灌木生态系统、草地生态系统等。

1）人工生态系统

①农业生态系统

农业生态系统主要包括农田生态系统、果园生态系统、菜地生态系统和杂草生态系统。农田生态系统中作物主要包括玉米（玉蜀黍）、小麦（普通小麦，玉米收后再种植）、落花生，另外少量种植了地瓜、扁豆、绿豆、南瓜、粟等杂粮。

果园主要种植了欧洲甜樱桃、苹果、桃、板栗、葡萄、柿等果树。

菜地主要种植了葱、番茄、黄瓜、黄花菜、丝瓜等蔬菜。

田边、果园边、菜地边和路边等区域，杂草较多，北京隐子草、黄背草、毛马唐、狗尾草、知风草、藜、虎尾草、艾蒿、金茅、猪毛菜、阿尔泰紫菀、稗、牛筋草、小白酒草、长芒稗等几十种。

②聚落（城市）生态系统

主要为调查范围内的村镇、工厂、交通道路、以及相应的绿化植物等。

2）自然生态系统

① 森林生态系统

调查范围内，森林生态系统主要是黑松林生态系统，还有小面积的臭椿生态系统。

② 灌木生态系统

灌木生态系统主要分布在森林与农田间的过渡地带。草本层优势种分别为大披针叶薹草和狗尾草，样方内其他草本植物为白莲蒿、霞草、黄背草、毛马唐和小白酒草。

③ 草地生态系统

草地生态系统主要包括河道芦苇生态系统和滨海沙地生态系统。

a.芦苇生态系统

主要存在于河流泛滥地，优势种为芦苇，样方内的其他草本植物有地肤、毛马唐、茵陈蒿、艾、芦苇、小蓬草、马齿苋、反枝苋、萹蓄、狗牙根、虎尾草、蒺藜、碎米

莎草、委陵菜、藜、阿尔泰狗娃花、芦苇、益母草、北京隐子草、牛筋草、达乌里黄耆、枣、鬼针草、虱子草等。

b.滨海沙地生态系统

主要在取排水管线入海处的海边沙地，优势种为筛草，其他植物有艾、稗、萹蓄、苍耳、鹅绒藤、狗尾草、狗牙根、合萌、虎尾草、黄花蒿、碱蓬、金狗尾、苣荬菜、藜、芦苇、萝藦、葎草、马齿苋、毛马唐、毛脉山莴苣、软毛虫实、砂引草、筛草、肾叶打碗花、小白酒草、小蓬草等草本植物。

2.3.2.4.2 陆生植物概况

调查范围内有高等植物 260 种，隶属 64 科、198 属。其中苔藓植物 1 种，隶属 1 科 1 属；蕨类植物 2 种，涉及 2 科 2 属；裸子植物 4 种，隶属 2 科 2 属；被子植物 253 种，隶属 58 科 191 属，其中胡桃为易危种，但调查范围内为人工栽培。厂址半径 10km 范围内各区域不同类型的植物种类、科属分布如表 2.3-10 所示。

厂址附近区域主要为农田和小面积的果园，作物主要为玉米（玉蜀黍）、落花生，果树包括苹果、枣、柿子、桃、板栗等。只有小面积的稀疏林地，主要树种为刺槐、黑松、臭椿、旱柳、白腊树，主要灌木有兴安胡枝子、毛胡枝子、茅莓、紫穗槐、扁担杆。野生草本植物优势种为北京隐子草，平均高度 0.70m。群落中有少量罗布麻、毛胡枝子、兴安胡枝子等半灌木或灌木出现，有草质藤本植物牵牛和圆叶牵牛出现。

管线影响范围内主要为河道及两侧平原，以及入海口处的滨海沙地和黑松林。其中，河道两侧主要为农田和绿化苗木苗圃；滨海沙地植物主要有艾、巴天酸模、稗、萹蓄、滨旋花、苍耳、鹅绒藤、狗尾草、狗牙根、合萌、虎尾草、黄花蒿、碱蓬、金狗尾、苣荬菜、藜、芦苇、萝藦、葎草、马齿苋、毛马唐、毛脉山莴苣、软毛虫实、砂引草、砂钻苔草、筛草、肾叶打碗花、小白酒草、小蓬草等草本植物，以及旱柳、黑松等乔木；黑松林植物组成简单，乔木只有黑松；有少量酸枣、紫穗槐等灌木，林下草本植物种类有艾蒿、鬼针草、毛马唐、美洲商陆、鸭跖草、萝藦等几种。

根据《国家重点保护植物名录》（第一批），调查范围内有法定保护植物 1 种：野大豆。野大豆为国家II级保护植物，在我国极为普遍，除新疆、青海和海南外，遍布全国，而且适应能力强，又有较强的抗逆性和繁殖能力。野大豆在我国极为普遍，山东省境内也均有分布，而且适应能力强，又有较强的抗逆性和繁殖能力。该野大豆群

落不在取排水管线影响范围，也不在冷却塔影响范围，距厂址约 9.1km。本项目建设运行预计不会对其产生不利影响。

1）优势种、建群种与关键种

调查范围内不同群落乔木层的优势种有黑松、臭椿，不同灌木层的优势种为酸枣、荆条、刺槐（幼苗），不同草本植物群落优势种有北京隐子草、毛马唐、艾蒿、黄背草、霞草、狗尾草、藜等；建群种为黑松。调查范围内，黑松、刺槐、酸枣和荆条在各群落中发挥着重要作用，这 4 种植物可视为群落的关键种。

2）特有种与土著种

调查范围内枳为特有种，为村民自行栽种；胡桃为易危种，为人工栽培；野大豆为国家II级保护植物，分布于距厂址约 9.1km 处。

3）重要的经济物种

根据本地的农业生产实际情况，本地的重要经济物种有：玉米（玉蜀黍）、小麦（普通小麦）、落花生、地瓜、欧洲甜樱桃、苹果、桃、板栗、葡萄、桑、柿、西瓜、香椿等。厂址周边陆域生态调查暂未发现天然的重要经济物种。

2.4.2.4.3 陆生动物概况

1）鸟类

本项目厂址半径 10km 与取排水管线评价范围不属于重要的鸟类繁殖地，也不属于重要的鸟类的迁徙通道。

通过陆域生态调查，共记录到鸟类 15 目、36 科、90 种，其中包括 9 种国家II级重点保护野生鸟类及 13 种山东省重点保护野生鸟类。国家II级重点保护野生鸟类中的云雀、震旦鸦雀发现于界河入海口处，即取排水管线近海段；红隼发现于厂址区域；山东省重点保护野生鸟类中的环颈雉、苍鹭、白鹭、金翅雀发现于厂址区域；环颈雉、中华攀雀、金翅雀发现于黄家村附近，即取排水管线黄家村段；环颈雉、鸻嘴噪鸻、绿鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、中华攀雀发现于界河入海口区域，即取排水管线近海段。

2）哺乳动物

调查范围内发现黄鼬、狗獾、东北刺猬、草兔中原亚种、褐家鼠、小家鼠等野生哺乳动物，其中黄鼬和狗獾为山东省重点保护野生动物。在厂址附近和罗山国家森林公园等处均调查到黄鼬和狗獾，这两种动物在招远、龙口等地较为常见。黄鼬和狗獾

的活动能力较强，活动范围较大。

3）两栖和爬行动物

调查范围内存在两栖动物有黑斑蛙、北方狭口蛙、中华蟾蜍、东方铃蟾、花背蟾蜍，计 5 种；爬行动物有丽斑麻蜥、无蹼壁虎、北草蜥、宁波滑蜥北方亚种、虎斑颈槽蛇、黄脊游蛇、赤峰锦蛇、黑眉蝮蛇，计 8 种。其中，有山东省重点保护野生两栖动物 2 种：黑斑蛙和东方铃蟾，爬行动物 2 种：北草蜥、黑眉蝮蛇和黑斑蛙分布较广，在厂址及管线周边均有发现，东方铃蟾的发现处距厂址约 8.4km；北草蜥和黑眉蝮蛇分布在距厂址约 9 km 处。

4）昆虫和土壤动物

调查范围内未发现有列入国家和山东省重点保护野生动物名录的飞行类昆虫，也未发现有列入国家和山东省重点保护野生动物名录的土壤动物。

2.3.2.4.4 生态敏感保护目标

1）古树名木

厂址半径 5km 范围内存在的古树名木有国槐、柘和侧柏 3 种，共 6 株，分布于招远市的杜家西村、杜家北村、北石家，以及龙口市上夼村；厂址拟建区域未发现古树名木，所发现的古树名木不在取排水管线评价范围内，最近的古树名木距厂址约 4.2km。

2）重要湿地

根据 2020 年烟台市发布了《烟台市重点保护湿地名录》（第一批），厂址半径 10km 及取排水管线评价范围内不存在重要湿地。

2.3.2.4.5 生物多样性

本项目陆域生态调查区域内生物多样性等级为“一般”，即区域内“物种较少，特有种、属不多，局部地区生物多样性较丰富，但生物多样性总体水平一般。

表 2.3-11 给出厂址半径 10km 范围内 16 个方位距反应堆最近的规模种植区、饲养场、自然保护区和动植物栖息地情况。

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.3.1 水产资源

（1）现状

招远市境内近海属莱州湾渔场，该渔场面积 20737km^2，水深不超过 25m，海底平坦，淡水注入多，水质肥沃，是多种鱼虾的主要产卵场。常年水温在（-2～30℃）之间。除了冬季沿岸封冻不能生产外，其余时间均可进行捕捞作业。渔场渔业生物主要以亚热带常见暖温、暖水种占优势，伴生部分冷温种的黄渤海种群。渔场水产资源丰富，浅海鱼类有 20 种，主要有：鲅鱼、鲐鱼、青鳞鱼、斑鳞鱼、鲈鱼、梭鱼、黄姑鱼、真鲷、牙鲆、白姑、蛹鱼、河豚、鳓鱼、带鱼、小黄鱼、鳃鱼、鲅鱼等；节肢动物有虾(沼虾、米虾、对虾、褐虾)、蟹(毛蟹、三疣梭子蟹)。

招远市海岸线长 13.5km，海域面积 21000 余 hm^2，可供开发利用搞筏式养殖、底播增殖海域面积 10000 hm^2。招远市水产养殖主要为海水养殖，养殖品种有海参、大菱鲆、扇贝、海蜇、梭子蟹等。

招远市仅有辛庄镇为沿海乡镇，全市海水养殖基本上分布在该镇。根据招远市统计年鉴，2019 年全市水产品产量 77564 吨，其中海水养殖产量 75908 吨，海水捕捞量 3182 吨，海水养殖面积为 4833 hm^2；淡水养殖产量为 1656 吨，淡水养殖面积为 475 公顷。海水产品中，海洋捕捞主要为鱼类（1970 吨），海水养殖主要为贝类（72046 吨），养殖产量淡水养殖为鱼类（673 吨）。厂址所在的张星镇不靠海边，主要为水库塘坝养殖，品种主要为“四大家鱼”，分布在上院村、栾家河、陈家等村。

厂址取排水口半径 15km 范围海域还涉及龙口市裕龙岛及龙口港，该区域主要发展石化基地和工业码头，屹姆岛西南侧仅有 3 家海水养殖场，距离本项目排水口东北侧约 10~11km。龙口市海水养殖区主要分布在屹姆岛北侧，位于厂址取排水口半径 15km 外。

表 2.3-12 给出了招远市 2019 年各类水产品面积和产量情况。

（2）养殖规划

- 烟台市养殖规划

根据《烟台市养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》（2020 年批复），烟台市规划设立禁止养殖区 167 处、总面积 24.87hm^2；限制养殖区 266 处，总面积 32.62 万 hm^2。

本项目取水口位于限制养殖区，排水口位于禁止养殖区，属于工业用海，本项目

取排水口设置符合龙口湾工业与城镇用海规划要求。图 2.3-12 给出本项目取排水口与烟台市养殖规划叠置图。

➢ 招远市养殖规划

根据《招远市养殖水域滩涂规范文本（2018-2030）》（报批稿，最终以实际发布为准），招远市将推动养殖向远海、深海和海底（20m 等深线以深海域）拓展，优化空间布局，调整产业结构，发展现代高效生态养殖，促进“海上粮仓”建设，增加优质安全的蓝色食品供给。根据该规划，招远市滩涂养殖水域规划分为禁止养殖区 10 处、限制养殖区 7 处、养殖区 31 处（海上养殖区 2 处、海水滩涂及陆地养殖区 1 处、淡水池塘养殖区 28 处）。

本项目拟设取排水口位于招远市养殖规划的禁止养殖区内，排水口距离规划的养殖区最近约 4.5km。本项目取排水口与招远市养殖规划分布图位置关系见图 2.3-13。

2.3.3.2 海洋生态概况

国家海洋环境监测中心于2020年7月~2021年5月期间，对本项目邻近海域水质、生态环境和水产资源进行了 4 个季度航次的调查监测工作。调查范围覆盖核电厂址为中心，半径 50km 范围内的海域。根据 HJ808-2016 相关要求，本报告主要描述厂址取排水口半径 15km 范围内海洋生态现状情况。

1）站位布设

调查断面以本项目取排水口为中心向四周扇形布设，在每个断面距离排水口 2km、5km、10km、20km、30km 和 50km 的位置布设监测站位。在取排水口、养殖区、保护区和其它环境敏感目标处适当加密调查站位。以取排水口为中心向外扩展 15km 范围内的海域作为重点调查范围。50km 调查范围内共布设海水水质调查断面 9 条，52 个调查站位（取排口区域向外扩展 15km 内 29 个调查站位）；海洋沉积物布设 25 个调查站位（取排口区域向外扩展 15km 内 11 个调查站位）；海洋生物布设 29 个调查站位（取排口区域向外扩展 15km 内 14 个调查站位），站位同水环境质量调查站位；潮间带断面 6 条（取排口区域向外扩展 15km 内 3 条调查断面），每个断面高潮区设置 2 个站位，中潮区布设 3 个站位，低潮区布设 1 个站位；渔业资源和海洋生物质量调查站位布设 29 个调查站位（取排口区域向外扩展 15km 内 12 个调查站位），同海水水质调查站位；放射性调查布设 25 个水质和沉积物调查站位及 5 个潮间带调查站位。污损生物调查在取水口附近设置污损生物挂板调查。取排水口半径 15km 范围内调查站位

示意图和站位坐标分别见表 2.3-13~表 2.3-14 及图 2.3-14~图 2.3-15。

2）叶绿素 a 及初级生产力

夏季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 2.74μg/L，最小值为 1.26μg/L，平均值为 1.90μg/L。底层叶绿素 a 最大值为 2.10μg/L，最小值为 1.42μg/L，平均值为 1.77μg/L。调查海域初级生产力最大值为 379.51mgC/m^2·d，最小值为 111.11mgC/m^2·d，平均值为 252.63mgC/m^2·d。

秋季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 1.74μg/L，最小值为 0.64 μg/L，平均值为 1.25μg/L。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。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/m^2·d，最小值为 103.91mgC/m^2·d，平均值为 196.23mgC/m^2·d。

冬季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 5.14μg/L，最小值为 1.04μg/L，平均值为 1.69μg/L 底层叶绿素 a 最大值为 3.24μg/L，最小值为 1.21μg/L，平均值 1.64μg/L。调查海域初级生产力最大值 189.67mgC/m^2·d，最小值 53.73mgC/m^2·d，平均值 112.63mgC/m^2·d。

春季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 1.7μg/L，最小值为 0.9μg/L，平均值为 1.35μg/L。底层叶绿素 a 最大值 1.83μg/L，最小值 1.3μg/L，平均值为 1.57μg/L。调查海域初级生产力最大值 188.31mgC/m^2·d，最小值 37.88mgC/m^2·d，平均值 122.25mgC/m^2·d。

从四个季节调查研究结果表明：15km 调查区表层平均叶绿素 a 浓度介于 1.25～1.90μg/L，平均为 1.55μg/L；底层平均叶绿素 a 浓度介于 1.23～1.77μg/L，平均为 1.55μg/L，15km 范围海域内表、底层叶绿素 a 含量一致。从季节变化趋势上可以看出，表层叶绿素 a 夏季＞冬季＞春季＞秋季，底层叶绿素 a 夏季＞冬季＞春季＞秋季。15km 范围海域内海域初级生产力最大值为 252.63mgC/m^2·d，最小值为 112.63mgC/m^2·d，平均值为 170.53mgC/m^2·d。从季节变化趋势上可以看出，初级生产力夏季＞秋季＞春季＞冬季。

3）浮游植物

- 网采浮游植物

夏季调查共鉴定出浮游植物 3 门 21 种，硅藻 19 种，占总种类数 90.48%；甲藻为 1 种，占 4.76%；金藻 1 种，占 4.76%。各调查站位网采浮游植物种类数量平均为 4 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%。冬季调查共鉴定出浮游植物 2 大类 36 种，硅藻为 33 种，占总种类数 91.67%；甲藻为 3 种，占 8.33%。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%。总体来看，调查海域网采浮游植物主要以硅藻为主，其中秋季调查海域鉴定出浮游植物种数最多，为 36 种，冬季、夏季次之，分别为 33 种和 19 种，春季出现的浮游植物种数最少，仅为 10 种。

➢ 水采浮游植物

调查区内浮游植物群落组成以硅藻类为主，属于较典型的北方近岸种类组成。2020 年夏、秋两季共鉴定出水采浮游植物 3 门 40 种，其中硅藻为 31 种，占总种类数的 77.5%；甲藻 8 种，占总种类数的 20%；金藻 1 种，占总种类数的 2.5%。冬季航次共鉴定出水采浮游植物 3 门 39 种，其中硅藻为 33 种，占总种类数的 84.62%；甲藻 5 种，占总种类数的 12.82%；金藻 1 种，占总种类数的 2.56%。春季航次共鉴定出水采浮游植物 2 门 17 种，其中硅藻为 16 种，占总种类数的 94.12%；甲藻 1 种，占总种类数的 5.88%。

➢ 优势物种

夏、秋两季调查海域共有 6 种浮游植物优势物种，优势物种的季节演替明显。夏季，调查海域的优势物种为角毛藻；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。冬季，调查海域优势种为浮动弯角藻、窄隙角毛藻、细弱圆筛藻和柔弱角毛藻，优势度明显。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。

➢ 多样性特征

从群落结构特征来看，夏季和春季，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种类多样性较低，各种类间个体分布程度不匀均，群落结构稳定性较差。冬季和秋季，调查海域生物多样性指数和均匀度指数明显高于春季、夏季，相比春季、夏季，秋季和冬季各调查站位浮游植种类多样性较高，各种类间个体分布比较匀均，群落结构比较稳定。

4）浮游动物

➢ 种类

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。夏季调查海域共采集到 6 大类 28 种（类）浮游动物。浮游动物优势种主要有强壮箭虫、小拟哲水蚤和拟长腹剑水蚤。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。冬季调查海域共采集浮游动物 6 大类 18 种（类），浮游动物优势种主要有强壮箭虫、小拟哲水蚤和沃氏纺锤水蚤。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。

➢ 生物量特征

调查海域浮游动物个体密度分布呈斑块状。夏季调查海域中、小型浮游动物高出大型浮游动物 1~2 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 259ind/m^3 和 10933ind/m^3，波动范围分别在 18~2200ind/m^3 之间和 1718~24147ind/m^3 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 36mg/m^3，各站位生物量波动范围在 4~121mg/m^3 之间。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/m^3 和 10530ind/m^3，波动范围分别在 6~262ind/m^3 之间和 1952~28995ind/m^3 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 43mg/m^3，各站位生物量波动范围在 3~127mg/m^3 之间。冬季在调查海域浮游动物总个体密度 I 型（大网）和II型（中网）数量均较多。I 型网大型浮游动物平均数量为 48ind./m^3，II型网中、小型浮游动物平均数量为 8533ind./m^3，浮游动物生物量平均值 14mg/m^3。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./m^3，II型网中、小型浮游动物平均数量为 16058ind./m^3，调查海域浮游动物生物量平均值 798mg/m^3。

➢ 多样性特征

大型浮游动物多样性指数 1.0≤H’＜2.0，表示该区域浮游动物环境质量等级为差，大型浮游动物多样性指数 H’≥3.0，表示该区域浮游动物环境质量等级为优良。多样性指数 2.0≤H’＜3.0，表示其大型浮游动物环境质量等级为一般。

夏季调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为 2.51，各站位波动范围在 1.63~3.28 之间；中、小型浮游动物多样性指数平均值为 1.83，各站位波动范围在 1.27~2.57 之间。

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。

冬季调查海域，大型浮游动物多样性指数平均为1.77，各站位波动范围在1.01~2.47之间。中、小型浮游动物多样性指数平均值为1.41，各站位波动范围在0.84~2.31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。

5）底栖动物

➢ 种类

夏季共采集底栖生物46种，其中纽形动物1种，占总种类数的2.17%；环节动物29种，占总种类数的63.04%；软体动物7种，占总种类数的15.22%；节肢动物6种，占总种类数的13.04%；棘皮动物3种，占总种类数的6.52%。环节动物多毛类是底栖生物的第一大类群，大部分站位种类在5-15种之间。

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%

冬季共采集到底栖生物41种，其中环节动物26种，占总种类数的63.41%；软体动物6种，占总种类数的14.63%；节肢动物7种，占总种类数的17.07%；棘皮动物2种，占总种类数的4.89%。环节动物多毛类是底栖生物的第一大类群。

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。

从夏季到春季，定量物种数季节变化以夏季（46 种）>春季（45 种）>冬季（41种）>秋季（28种）。

➢ 生物量

夏季调查海域大型底栖生物栖息密度分布在62.5ind/m^2~1900ind/m^2之间，平均值为486.6ind/m^2，采集到的经济种类主要有3种，分别为软体动物菲律宾蛤仔和广大扁玉螺，以及甲壳动物细螯虾。

秋季调查海域各站位大型底栖生物栖息密度变化在20～230ind/m^2之间，平均密度为100ind/m^2，密度优势种为心形海胆、金氏真蛇尾和菲律宾蛤仔。

冬季在调查海域各站位中，底栖生物密度在 20～570ind/m^2 之间，平均密度

169ind/m^2，密度优势种为心形海胆，15km 范围内调查采集到的经济种类主要有 1 种，为软体动物菲律宾蛤仔。

春季调查海域各站位中，底栖生物密度在 30～360ind/m^2 之间，平均密度为 14.29ind/m^2，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。

总体来看，四个季度的底栖生物密度排序：夏季>冬季>秋季>春季。

夏季各站位大型底栖生物生物量分布在 0.51g/m^2~207.26g/m^2 之间，平均值为 53.28g/m^2，秋季各站位底栖生物总生物量变化在 1.4～308.7g/m^2 之间，平均生物量 112.5g/m^2；冬季调查海域各站位中，底栖生物总生物量在 0.1～343.7g/m^2 之间，平均生物量 55.3g/m^2；春季调查海域各站位中，底栖生物总生物量在 0.2～126.5g/m^2 之间，平均生物量为 23.26g/m^2。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。四个季度的底栖生物生物量排序：秋季>冬季>夏季>春季。

- 多样性特征

底栖生物多样性指数 1.0≤H’＜2.0，表示该区域底栖生物环境质量等级为差，底栖生物多样性指数 H’≥3.0，表示该区域底栖生物环境质量等级为优良。底栖生物多样性指数 2.0≤H’＜3.0，表示其底栖生物环境质量等级为一般。

夏季调查海域各站位底栖生物种类多样性指数在 0.46～3.00 之间，平均值为 1.90；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，平均值为 1.28；冬季调查海域各站位底栖生物种类多样性指数在 0.43～3.1 之间，平均值为 1.94；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。

6）潮间带生物

- 种类

夏季调查共采集到潮间带生物 11 种，其中多毛类 1 种，占总种数的 9.1%；软体动物 4 种，占总种数的 36.36%；节肢动物 6 种，占总种数的 54.54%。

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。

冬季调查共采集到潮间带生物 6 种，其中环节动物 2 种，占总种数的 33.33%；软体动物 50 种，占总种数的 39.29%；节肢动物 1 种，占总种数的 16.67%。

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。

➢ 优势种

夏季：C1 断面为沙泥底质，在 C1 断面采到潮间带生物 8 种，优势种为中华近方蟹。C2 断面为沙质底质，在 C2 断面仅采到 3 种潮间带生物，均为甲壳动物，优势种为多齿围沙蚕、短滨螺和单齿螺，短滨螺和单齿螺高中低潮带均有大量分布，多齿围沙蚕主要分布在中低潮带。C5 断面为沙质底质，种类比较稀少，在 C5 断面仅采到 2 种潮间带生物，在高潮带仅采集到节肢动物门团水虱科 1 种，在中低潮带仅采集到多毛类长吻沙蚕。

秋季：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。

冬季：C1 断面为沙泥底质，在 C1 断面采到潮间带生物 4 种，其中环节动物多毛类 2 种，软体动物 2 种，主要分布于中潮带和低潮带，高潮带未采集生物样品，优势种为菲律宾蛤仔。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 3 种潮间带生物，在高潮带仅采集到节肢动物麦秆虫和软体动物紫贻贝，在中潮带仅采集到软体动物紫贻贝和褶牡蛎，低潮带未采集到生物样品。

春季：C1 断面、C2 断面为沙泥底质，本航次未采集到生物样品。C5 断面为沙质底质，种类比较少，仅采到 2 种潮间带生物，均为甲壳动物。

➢ 生物量特征

夏季调查海域各站位生物栖息密度为 0~392ind/m^2，平均生物栖息密度为 51.11ind/m^2，各站位生物量为 0~36.8g/m^2，平均生物量为 4.26g/m^2；

秋季调查海域各站位生物栖息密度为 0~34.67ind/m^2，平均生物栖息密度 11.85ind/m^2；各站位生物量为 0~11.75g/m^2，平均生物量为 2.49g/m^2；

冬季调查海域各站位生物栖息密度为 0~13.33ind/m^2，平均生物栖息密度为

2.67ind/m^2，各站位生物量为 0.00~29.12g/m^2，平均生物量为 4.89g/m^2；

春季调查海域各站位生物栖息密度为 0~2.67ind/m^2，平均生物栖息密度为 0.74ind/m^2，各站位生物量为 0~4.96g/m^2，平均生物量为 0.77g/m^2。

➢ 多样性特征

夏季调查范围内多样性指数 H’的波动较大，最高值为 1.15，最低值为 0；秋季调查范围内多样性指数 H’的波动较大，最高值为 2.32，最低值为 0；冬季调查海域 C5 断面高潮带多样性指数最高，为 0.5，其次为 C1 断面中潮带多样性指数为 0.45；C1 断面高、低潮带、C2 断面高、中、低潮带和 C5 断面低潮带生物的多样性指数和均匀度指数和优势度指数均为零。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。

7）微生物

厂址取排水半径 15km 调查范围内春、夏、秋、冬四季各层水体中粪大肠菌群个数远低于一类水质标准值 2000 个/L。

8）污损生物

污损生物调查自 2020 年 9 月 15 日始，专题单位在招远近岸进行为期一周年的污损生物挂板观测，设 1 号（坝内）和 2 号（坝外）两个挂板站位，每站位挂两组挂板，每组分表底层各挂 1 块板。

➢ 月板

9 月板采集到附着生物 15 种，包含刺胞动物（腔肠动物）1 种、扁形动物 1 种、环节动物多毛类 3 种、软体动物 2 种、节肢动物 6 种、苔藓动物 1 种和尾索动物 1 种，其中污损生物种类为薮枝螅、内刺盘管虫、东方缝栖蛤、网纹藤壶、西方三胞苔虫和乳突皮海鞘。10 月板采集到附着生物 3 种，包含环节动物多毛类 1 种、节肢动物 1 种和苔藓动物 1 种。11 月和 12 月月板未见附着生物。1 月月板采集到附着生物 1 种，2 月、3 月和 4 月未见附着生物。

➢ 季板

秋季板采集到附着生物 7 种，包含大型藻类 1 种、环节动物多毛类 1 种、节肢动物 1 种、苔藓动物 3 种和尾索动物 1 种，其中除大型藻类多管藻外，均为典型的污损生物种类。秋季板仅采集到 1 种大型藻类。

➢ 半年板

半年板采集到附着生物 9 种，包含大型藻类 1 种、环节动物多毛类 1 种、节肢动物 2 种、苔藓动物 3 种和尾索动物 2 种，其中除大型藻类多管藻和节肢动物镰形叶钩虾外，均为典型的污损生物种类。

根据专题分析结果，本项目厂址邻近海域污损生物优势种为多毛类内刺盘管虫、苔藓动物西方三胞苔虫、节肢动物网纹藤壶和尾索动物乳突皮海鞘。

9）鱼卵仔鱼

夏季调查水平和垂直拖网采集的样品中，出现鱼卵 1 目 2 科 3 种、仔稚鱼 2 目 3 科 4 种。夏季调查期间鱼卵平均密度为 2.05ind./m^3，仔稚鱼平均密度为 0.24ind./m^3。

秋季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。秋季调查期间鱼卵平均密度为 0ind./m^3，仔稚鱼平均密度为 0.0375ind./m^3。

冬季调查水平和垂直拖网采集的样品中，未出现鱼卵和仔稚鱼。

春季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 0.64ind./m^3，仔稚鱼平均密度为 0.05ind./m^3。

10）游泳动物

➢ 种类

夏季拖网调查共鉴定游泳动物 48 种。其中，鱼类 27 种，占拖网总种数的 56.25%，虾类 8 种，占 16.67%，蟹类 10 种，占 20.83%，头足类 3 种，占 6.25%。

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%。

冬季拖网调查共鉴定游泳动物 45 种。其中，鱼类 25 种，占拖网总种数的 55.56%；虾类 13 种，占 28.89%；蟹类 4 种，占 8.89%；头足类 3 种，占 6.67%。

春季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%。

➢ 密度

夏季：游泳生物重量密度和尾数密度均值分别为 169.90kg/km^2 和 8.01×10^3ind/km^2，其中，鱼类重量密度均值为 61.42kg/km^2（16.6–182.3kg/km^2），尾数密度均值 1.89×10^3ind./km^2（0.4×10^3–7×10^3ind/km^2）；虾类重量密度均值 50.82kg/km^2（1.4–219kg/km^2），尾数密度均值 2.01×10^3ind/km^2（0.1–8.4×10^3ind/km^2）；蟹类重量密

度均值 17.56kg/km^2（2.4–45kg/km^2），尾数密度均值 0.81×10^{3}ind/km^2（0.1×10^3–4.2×10^{3}ind/km^2）；头足类重量密度均值 40.10kg/km^2（0–181.3kg/km^2），尾数密度均值 3.3×10^{3}ind/km^2（0–14.1×10^{3}ind./km^2）。

秋季：游泳生物重量密度和尾数密度均值分别为 184.15kg/km^2 和 8.10×10^{3}ind./km^2。其中，鱼类重量密度均值为 106.62kg/km^2（51.1–195.6kg/km^2），尾数密度均值为 3.28×10^{3}ind/km^2（0.8×10^3–8.3×10^{3}ind./km^2）；虾类重量密度均值为 28.67kg/km^2（12–91kg/km^2），尾数密度均值为 2.41×10^{3}ind./km^2（0.4–4.9×10^{3}ind/km^2）；蟹类重量密度均值为 13.70kg/km^2（0.5–31.6kg/km^2），尾数密度均值为 0.41×10^{3}ind./km^2（0–1.2×10^{3}ind./km^2）；头足类重量密度均值 35.16kg/km^2（4.4–98.7kg/km^2），尾数密度为 2×10^{3}ind/km^2（0.3×10^3–5.9×10^{3}ind/km^2）。

冬季：游泳生物重量密度和尾数密度均值分别为 141.38kg/km^2 和 8.99×10^{3}ind/km^2。鱼类重量密度均值为 97.72kg/km^2，尾数密度均值为 3.48×10^{3}ind/km^2；虾类重量密度均值 19.99kg/km^2，尾数密度均值为 5.23×10^{3}ind/km^2；蟹类重量密度均值 20.58kg/km^2，尾数密度均值为 200ind/km^2；头足类重量密度均值 3.09kg/km^2，尾数密度均值为 80ind/km^2。

春季：游泳生物重量密度和尾数密度均值分别为 161.92kg/km^2 和 8.11×10^{3}ind/km^2。鱼类重量密度均值为 98.24kg/km^2，尾数密度均值为 3.46×10^{3}ind/km^2；虾类重量密度均值为 35.94kg/km^2；尾数密度均值为 3.37×10^{3}ind/km^2；蟹类重量密度均值为 14.15kg/km^2，尾数密度均值为 0.52×10^{3}ind/km^2；头足类重量密度均值为 13.59kg/km^2，尾数密度均值为 0.76×10^{3}ind/km^2。

- 优势种

夏季鱼类优势种共有 2 种，分别为多鳞鳙和细条天竺鲷；虾类优势种共 1 种，为口虾蛄；蟹类优势种共 1 种，为日本关公蟹；头足类优势种共 1 种，为日本枪乌贼。

秋季鱼类优势种共有 2 种，分别为斑鰶和绯鯻；虾类优势种共 1 种，为口虾蛄；未发现蟹类优势种，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；头足类优势种共 2 种，分别为日本枪乌贼和短蛸。

冬季鱼类优势种共有 1 种，为斑尾刺虾虎鱼；虾类优势种共 3 种，分别为口虾蛄、日本鼓虾和脊褐腹虾；蟹类优势种共 1 种，为三疣梭子蟹；头足类中未发现优势种。

春季鱼类优势种共有 1 种，为斑尾刺虾虎鱼；虾类优势种共 3 种，分别为口虾蛄、

日本鼓虾和脊褐腹虾；蟹类优势种共 1 种，为三疣梭子蟹；头足类中未发现优势种。

➢ 生物多样性特征

夏季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 2.73 和 2.49；存在 75%的站位受中度污染，其他站位均未受到污染。夏季调查海域渔获物重量和尾数密度均匀性指数（J'）分别为 0.70 和 0.64，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。

秋季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 和 3.12；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。秋季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。

冬季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 2.37 和 2.68；仅 47 号站位未受污染，其他所有站位受到中度污染。冬季调查海域渔获物重量和尾数密度均匀性指数（J'）分别为 0.59 和 0.66，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。

春季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 和 2.91；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。春季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 和 0.70，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。同时，调查期间未发现珍稀濒危保护物种。

同时，根据本项目海域水质、生态环境和水产资源调查报告，本项目拟设取水口处生物情况如下：

➢ 网采浮游植物：

夏季：细胞密度 766125cells/m^3，共 3 种；

秋季：细胞密度 194250cells/m^3，共 10 种；

冬季：细胞密度 506000cells/m^3，共 8 种；

春季：细胞密度 6563cells/m^3，共 3 种。

➢ 水采浮游植物（赤潮生物）：

夏季：细胞密度 16000cells/m^3，共 3 种；

秋季：细胞密度 19440cells/m^3，共 10 种；

冬季：细胞密度 40303cells/m^3，共 12 种；

春季：细胞密度 3764cells/m^3，共 2 种。

- 大型浮游动物：

夏季：个体数量 102ind/m^3，生物量 13mg/m^3，主要为强壮箭虫、小拟哲水蚤、拟长腹剑水蚤；

秋季：个体数量 13ind/m^3，生物量 4mg/m^3，主要有强壮箭虫、小拟哲水蚤和异体住囊虫；

冬季：个体数量 140ind/m^3，生物量 36mg/m^3，主要为强壮箭虫、小拟哲水蚤和沃氏纺锤水蚤；

春季：个体数量 1250ind/m^3，生物量 306mg/m^3，主要有腹针胸刺水蚤和太平洋真宽水蚤。

- 底栖生物：

夏季：密度 1900ind/m^2，生物量 74.51g/m^2，主要为棘皮动物心形海胆；

秋季：密度 110ind/m^2，生物量 253.5g/m^2，主要有软体动物菲律宾蛤仔和广大扁玉螺、棘皮动物心形海胆；

冬季：密度 40ind/m^2，生物量 14.5g/m^2，主要有棘皮动物心形海胆；

春季：密度 70ind/m^2，生物量 70g/m^2，主要有软体动物菲律宾蛤仔、广大扁玉螺和棘皮动物心形海胆。

- 渔业资源：

由于取水口处（46 号站位）未开展渔业资源调查，采用距离取水口最近的 47 号站位描述取水口附近的渔业资源情况：

- 鱼卵、仔鱼：

夏季：鱼卵密度 5ind/m^3，仔鱼密度 0ind/m^3，鱼卵优势种为青鳞沙丁鱼；

秋季：鱼卵、仔鱼密度均为 0ind/m^3；

春季：鱼卵、仔鱼密度均为 0ind/m^3；

冬季：鱼卵、仔鱼密度均为 0ind/m^3。

- 游泳动物：

夏季：鱼类重量密度 20.33kg/km^2,尾数密度 1000ind/km^2；虾类重量密度 13.44kg/km^2，

尾数密度 960ind/km^2；蟹类重量密度 9.92kg/km^2，尾数密度 320ind/km^2；头足类重量密度 3.89kg/km^2，尾数密度 640ind/km^2；鱼类优势种多鳞，虾类优势种为口虾蛄，蟹类优势种为日本关公蟹，头足类优势种为日本枪乌贼。

秋季：鱼类重量密度 137.39kg/km^2，尾数密度 2050ind/km^2；虾类重量密度 22.49kg/km^2,尾数密度 3600ind/km^2；蟹类重量密度 4.41kg/km^2，尾数密度 360ind/km^2；头足类重量密度 4.44kg/km^2，尾数密度 280ind/km^2；鱼类优势种斑鰶，虾类优势种为口虾蛄，蟹类优势种为三疣梭子蟹，头足类优势种为日本枪乌贼。

冬季：鱼类重量密度 45.97kg/km^2，尾数密度 2660ind/km^2；虾类重量密度 17.02kg/km^2，尾数密度 3380ind/km^2；蟹类重量密度 8.92kg/km^2，尾数密度 220ind/km^2；头足类重量密度 8.98kg/km^2，尾数密度 170ind/km^2；鱼类优势种斑尾刺虾虎鱼，虾类优势种为口虾蛄，蟹类优势种为三疣梭子蟹，头足类优势种为短蛸。

春季：鱼类重量密度 44.64kg/km^2,尾数密度 740ind/km^2；虾类重量密度 38.23kg/km^2,尾数密度 3180ind/km^2；蟹类重量密度 4.77kg/km^2，尾数密度 220ind/km^2；头足类重量密度 2.46kg/km^2，尾数密度 220ind/km^2；鱼类优势种矛尾虾虎鱼，虾类优势种为口虾蛄，蟹类优势种为日本蟳，头足类优势种为日本枪乌贼。

2.3.3.3 海洋保护动物、经济动物及“三场一通”情况

1）海洋保护动物、经济动物:

根据本项目渔业资源调查专题研究报告，根据历史资料表明厂址临近海域主要保护性水生生物为花鲈、三疣梭子蟹、真鲷、松江鲈鱼和文昌鱼，其中松江鲈鱼和文昌鱼为国家保护的珍稀濒危物种，本项目渔业资源专题调查期间厂址周边海域没有发现松江鲈鱼和文昌鱼。

厂址临近海域重要经济物种主要包括：三疣梭子蟹、花鲈、多鳞鱚、短吻红舌鳎、斑鰶、鲬、口虾蛄、日本蟳、日本枪乌贼、短蛸。同时，在渤海生态系统结构和功能转化中具有重要作用物种为鲽鱼。

2）“三场一通”情况：

➢ 中上层鱼类：

厂址近海性代表性种类有太平洋鲱鱼、鲽鱼、青鳞、黄鲫、斑鰶、小鳞鱵、颚针鱼、赤鼻棱鳀等；外海性代表性种类有鲅鱼、鰤鱼、鲐鱼、银鲳、竹筴鱼、远东拟沙丁鱼、黄条鰤、燕鳐和鲹鳅等。

近海性种类越冬场的范围为北纬 32º00′-36º00′，东经 123º00′-126º00′。产卵场包括：海州湾，水深 5-20 米处；石岛至青岛近岸，水深 10-20 米处；烟威沿岸，莱州湾、渤海湾和辽东湾；滦河口、大清河口及戴河口一带水域；鸭绿江至大洋河口水域及黄海北部中西部水域。周边海域主要洄游性鱼类为黄渤海暖温性鱼类，越冬场位于黄海中南部至东海北部的连青石、大沙、沙外及江外渔场。春夏季鱼群大致分三路悲伤产卵洄游，各路的洄游路线模式特征是：一路向西偏北经过长江口、吕泗外海进入山东南部日照近海产卵场产卵，秋季在海洲湾、连青渔场索饵，入冬后返回越冬场；另一路向西北达到上冻半岛以南近海产卵，产卵后即分布在附近海区索饵，直到进行越冬洄游；第三路鱼群的洄游路线比较长，由越冬场直接北上达到成山头外海，然后分成 2 支，一支继续北上达到鸭绿江口进行产卵，另外一支详细，经烟威外海进入渤海，分别游向莱州湾、渤海湾以及辽东湾等产卵场，入秋后有分别从各湾游出渤海，返回原来越冬场，属于这一类的鱼类主要有中上层鱼类蓝点马鲛（鲅鱼）、斑鰶、鲱鱼等。根据本项目渔业资源调查专题研究报告，本项目取排水口距离蓝点马鲛、银鲳最近产卵场位置大于 30km，距离洄游路线大于 10km。

- 底层鱼类：

底层鱼类代表性种类有小黄鱼、带鱼、东方鲀类、鲈鱼，以及黄姑鱼、叫姑鱼、白姑鱼、梅童鱼、真鲷、鳐类、鳎类、鲆鲽类等。产卵场分布于长江口北侧的吕泗渔场、海州湾、青岛沿海、乳山湾、烟威沿海、莱州湾、渤海湾、辽东湾、鸭绿江口等海区。近海性鱼类产卵期一般为 5-6 月，沿岸性鱼类产卵期相差较大。

近海性种类越冬场的范围为北纬 32º00′-36º00′，东经 123º00′-126º00′，水深 60 米左右的黄海中、南部深水区。沿岸性鱼类越冬场位于黄海北纬 35°以北、石岛东南到成山头以东水域，以及渤海中部及海峡一带深水区。越冬期 1-3 月。根据本项目渔业资源调查专题研究报告，本项目取排水口距离小黄鱼、带鱼最近产卵场位置大于 30km，距离小黄鱼洄游路线最近约 10km，距离带鱼洄游路线大于 30km。

- 对虾：

对虾产卵场主要有渤海内湾诸河口附近水域，及山东半岛的海州湾、胶州湾、乳山湾沿岸，辽东半岛的海洋岛、鸭绿江河口附近水域。产卵期一般为一个月左右(5-6 月)，越冬场在黄海中南部，水深 60-90 米。

对虾越冬场中心位置的年间变化较大，主要与越冬场底层水温密切相关，越冬期

1-3 月。中国对虾的洄游包括秋汛的越冬洄游和春汛的生殖洄游。每年 3 月上、中旬，随着水温的回升，雌性对虾的性腺迅速发育，分散在越冬场的对虾开始集结，游离越冬场进行生殖洄游。主群沿黄海中部集群北上，洄游途中在山东半岛东南分出一支，游向海州湾、胶州湾和山东半岛南部近岸各产卵场。主群于 4 月初到达成山角后又分出一支游向海洋岛、鸭绿江口附近产卵场。主群进入烟威渔场后，穿过渤海海峡，4 月下旬到达渤海各河口附近的产卵场。根据本项目渔业资源调查专题研究报告，本项目取排水口距离对虾最近产卵场位置大于 30km，距离对虾洄游路线大于 10km。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业

（1）工业现状

厂址半径 15km 范围内的区域属村镇地区，工业企业主要分布在各镇区周围，截止 2020 年，共有规模以上企业 65 家，主导产业包括黄金生产及加工、海水养殖、电子产品制造、化工机械、石材加工、粉丝及食品产业等。厂址半径 15km 范围内各乡镇工业概况及规上企业基本情况如下：

——招远市张星镇

厂址所在的张星镇主导产业为机械、粉丝和石材加工等，规模企业较多，张星镇在厂址半径 15km 范围内的有 20 家。其中距离厂址最近的为中广核招远张星风力发电有限公司，距离本项目厂址约 2km，设计总装机容量约为 49.5 兆瓦，已建成发电。

——招远市辛庄镇

辛庄镇依托海滨及区域重大基础设施等方面优势，近年大力发展海产品养殖及滨海旅游。目前，辛庄镇在厂址半径 15km 范围内有 7 家规模企业，主要行业有矿产采选、水产和食品加工、机械制造、化工等。

——招远市金岭镇

金岭镇已形成以黄金生产及加工、机械制造、化工、玩具、粉丝生产等五大支柱产业为框架的工业格局。金岭镇在厂址半径 15km 范围内有 5 家规模以上企业。粉丝生产是金岭镇的传统产业，国内生产规模最大的龙口粉丝生产基地——烟台双塔食品有限公司位于厂址 SSW 约 12km 处的金玲镇寨里村。

——招远市玲珑镇

玲珑镇全镇基础设施完善，经济实力雄厚，主导产业包括黄金、化工、粉丝、机械、建材等。目前，玲珑镇在厂址半径 15km 范围内有 6 家规模以上企业。其中规模最大的企业为招远市玲珑镇黄金矿业工程有限责任公司，位于厂址 ESE 方位约 15km 处的小蒋家村。

——龙口市黄山馆镇

龙口市黄山馆镇拥有良好的工业基础，已初步形成了以龙口海盟机械有限公司为龙头的汽车零部件加工产业基地，主要产品为汽车刹车盘、刹车毂。同时，化工产品、建材机械、海产品养殖加工、农副产品加工等产业发展较快。目前，黄山馆镇在厂址半径 15km 范围内有规模以上工业企业 5 家，其中规模最大的企业为龙口海盟机械有限公司，位于厂址 NNW 方位约 10km 处。

——龙口市北马镇

北马镇工农业经济较为发达，已形成化工、汽车零部件及电子、食品加工等支柱产业，目前全镇共有三个工业园区，分别为镇西工业园区、簸栾工业园、大陈家工业园，北马镇在厂址半径 15km 范围内有规模以上企业 10 家，其中规模最大的企业为山东龙口春龙集团公司，位于厂址 NNE 方位 12.5km 处。

（2）工业规划

——招远市

根据《招远市城市总体规划（2010～2020）》，招远市的城市性质为以黄金生产、加工、贸易为特色的山水园林城市。招远市市域将形成三大经济片区，包括北部经济区、中部经济区和南部经济区，其中山东招远核电项目厂址处于北部经济区，其产业发展战略为：发挥黄金、粉丝、石材资源物产优势，依托对外交通和滨海优势，形成发达的沿海经济区和旅游区。

根据《招远市滨海新区分区规划（2007－2020 年）》，滨海新区东起界河，西至莱州界，北到莱州湾，南临张新线，面积 92km^2，招远厂址在滨海新区东侧边界以东约 8km 处。滨海新区产业定位为：形成以滨海旅游休闲服务为主导，积极发展临港高新技术产业和现代物流业的格局。招远市滨海新区采用围绕滨海新区“一海、一湖、三河”（渤海、淘金湖、界河、淘金河、诸流河）的自然资源优势，规划形成“一心三区”的组团式布局形态。“一心”，即淘金湖及其周围绿地组成的生态区，是滨海新区的生态

绿心和景观焦点；“三区”，指 206 国道北侧的旅游度假服务区，淘金湖东侧的临港产业区和西侧的临站物流区。

目前招远市正在编制长期规划，根据《招远市城市发展战略 2050》（阶段成果，最终以实际发布为准），招远市规划在未来的市域城镇发展中，促进市域城乡一体化发展，形成两核、三区的产业布局。其中，两核包括滨海新区产业基地和招远中心城区；三区包括中北部综合产业集聚区、东北部黄金产业集聚区、南部高效农业产业区。本项目半径 15km 范围主要涉及中北部综合产业集聚区及东北部黄金产业集聚区。

中北部综合产业集聚区：依托良好的产业资源，加快产业升级，重点发展滨海旅游以及科技研发等现代生产性服务业。

东北部黄金产业集聚区：锻造大黄金产业链，着重延伸黄金新材料、黄金金融等产业，推进资源产业转型升级。

本项目的建设符合产业转型升级的规划思路。

——龙口市

根据山东省人民政府批复（鲁政字〔2019〕114 号）的《龙口市城市总体规划（2018-2035 年）》，龙口市城市定位为山东半岛蓝色经济区新材料产业先行区、烟台市装备制造业升级创新示范区、滨海优秀旅游城市和宜居宜业生态城市。

山东招远核电项目厂址半径 5km 范围内基本都在招远市行政区域内，厂址半径 15km 范围内涉及滨海城市规划区内的黄山馆镇以及临港产业区组团南侧的部分区域。

图 2.3-16 给出龙口市城市总体规划图（2018-2035 年）。

——裕龙岛炼化一体化项目

目前，本项目厂址 NW~NNW 方位约 10~15km 正在建造裕龙岛炼化一体化项目，根据《山东裕龙石化产业园总体规划环境影响报告书》（征求意见稿），《山东裕龙石化有限公司裕龙岛炼化一体化项目（一期）工程环境影响报告书》（公示版），山东裕龙石化产业园规划面积 44.29km^2，拥有优良的港口条件，有建设世界级石化产业基地的港口运输条件。该产业园区按照“国内领先、世界一流”的发展要求，建设具有国际影响力的高端石化、新材料和高端制造业产业集中区；着力发展新兴海洋友好、智慧型园区。山东裕龙石化产业园规划为：

近期（2019~2025）：规划 2000 万吨/年炼化一体化项目（近期），以及相关的公用工程等基础设施建设，同时规划科技孵化产业园。

中远期（2026~2035）：规划新增 2000 万吨/年炼化一体化项目，依托炼化一体化化工产品进一步向下延伸产业链发展高端石化及新材料产业。

山东招远核电项目一期工程距离裕龙岛炼化一体化项目约 10~15km，目前裕龙岛炼化一体化项目（一期）工程已获生态环境部批复，一期工程建设 2000 万吨/年炼油、300 万吨/年混合芳烃、300 万吨/年乙烯炼化一体化项目，建设内容包括主体工程、储运工程、公辅工程等。图 2.3-17 给出裕龙岛炼化一体化项目总体规划布局图。

根据山东招远核电厂一期工程正常运行时的辐射剂量计算结果，正常运行时对裕龙岛炼化一体化项目附近造成的辐射剂量极小，本项目正常运行不会对裕龙石化项目工作人员造成明显的放射性影响。同时，本项目项目设置了“三废”处理设施，“三废”处理原则是尽量回收，把排放量减至最小，气载和液态流出物排放方式严格遵照国家规定，排放的放射性浓度和总量均低于标准规定的控制值。除放射性影响外，本项目正常运行时在裕龙岛附近海域会产生少量的温排水，由于循环冷却水采用大型海水冷却塔方式进行循环，其温排水量极小（单台机组最大排水量仅为 1.61m^3/s），预计山东招远核电厂一期工程正常运行温排水对裕龙岛炼化一体化项目运行影响较小。

综上所述，从环保角度来说，山东招远核电厂一期工程正常运行不会对裕龙岛炼化一体化项目正常运营造成明显影响。

——张星镇

本项目位于张星镇北侧、季山南侧的丘陵地带，根据《招远市张星镇总体规划（2010-2030）》，规划确定村镇体系空间结构为：以张星镇驻地为中心，宋家办事处为次中心，依托黄水路、206 连接线和丛马路、南苑路为“双链条”形成的第四产业经济板块，以九个中心村为发展点，形成中心鲜明、多点支撑、网络有序的空间体系。

- 张星镇驻地：全镇政治、经济、文化、科技、信息中心，以粉丝加工和机械工业为主导的轻工业重镇。
- 年头宋家社区：石材加工与销售基地,全镇经济、文化、科技、信息次中心。
- 付家社区：果品加工业及商业服务业。
- 石对头社区：农副产品加工、林果。
- 槐树庄社区：粮油生产、林果、养殖业。
- 姜家社区：农副产品加工、林果。
- 地北头王家社区：果品加工业及商业服务业。

— 苑家社区：造纸及建材。

— 北栾家河社区：石材生产加工基地。

— 狗山李家社区：粮油生产、林果、养殖业。

— 徐家社区：农副产品加工、林果。

— 川林家社区：果品及石材生产。

2.3.4.2 交通

（1）公路

➢ 现状

根据《招远市综合交通中长期发展规划报告（2018-2035 年）》（报批稿），招远市公路网总规模达到 2349.4 公里，初步形成了以 G18 荣成-乌海、G228 丹东-东兴、S19 龙口-青岛、G206 威海-汕头、S306 海阳-莱州、S304 烟台-招远（原 S608 龙口连接线）、S213 龙口-青岛、G517 长岛-莱西为支撑，农村公路为补充的公路网体系。厂址周边村镇距离干线道路较近，村镇通过县乡道可与外围省道、国道和高速连接。

本项目厂址半径 15km 范围内的现有干线公路主要包括：

— G18（荣乌高速）：从厂址西侧穿过，最近处距离厂址西北侧约 1km，该公路路基宽 24.5m，为一级公路，四车道，设计时速 120km/h。

— G228(丹东-东兴招远段)：从厂址西北侧穿过，最近处距离厂址约 7km。为一级公路，路基宽 24.5m，四车道，路面宽 2m，设计时速 80km/h。

— S304 烟台-招远（原 S608 龙口连接线）：从厂址东侧穿过，最近处距离厂址约 1km，该公路为二级公路，路面宽度 12 米。

— G206 威海-汕头（原 S304 文三线）：从厂址南侧最近约 13km 处穿过，为一级公路，路基宽度 25.5 米。

— S19（龙青高速），从厂址东侧穿过，最近处距离厂址约 2km，起点位于新建龙口疏港路终点（威乌高速）立交，经龙口、招远、莱西，终点与沈海高速相接，路线全长约 67km。该道路为双向 4 车道高速公路，设计速度为每小时 120km。

— X046（招辛快速路）：从厂址西南穿过，最近处距离厂址约 5km，该公路起于招远市城际，止于招远市滨海科技产业园海滨路，路线总长 18km。该道路按照双向六车道二级公路标准建设，路基为整体式路基，路面宽度 25.5m。

— X044（黄水线）：从厂址西南侧穿过，最近处距离厂址约 3km，该公路为二级

公路，路面宽度 18m。

— X045（水夏线）：从厂址西南侧穿过，最近处距离厂址约 5km，该公路为三级公路，路面宽度 9m。

— X042（张新线）：从厂址南侧穿过，最近处距离厂址约 5km，该公路为三级公路，路面宽度 9m。

➢ 规划

根据《招远市综合交通中长期发展规划报告（2018-2035 年）》（报批稿），到 2035 年，招远市将形成以“九纵十横”综合交通骨架为主，“一环四游十联”为补充的现代化综合交通运输网络,其中干线公路总规模约为 754.926 公里（不含重合里程约 25.537 公里），其中高速公路约 101.799 公里、一级公路约 277.233 公里、二级公路约 244.56 公里、三级公路约 131.334 公里，全部干线公路平均技术等级为 1.54，介于一、二级公路之间。全部干线路网中，新建、改建、利用里程分别为 133.876 公里、283.266 公里、363.321 公里，分别占干线公路的 17.2%、36.3%、46.6%。新建、改建里程占全部干线公路里程的 53.5%。

其中，本项目附近的 G18、S304、S19 等路段主要为利用现有路段或进行部分路段改建，无新建路线。

（2）铁路

➢ 现状

目前，招远境内仅有大莱龙铁路，是德龙烟铁路的一部分，现为一级地方单线铁路。大莱龙铁路经过辛庄镇，在厂址西北侧穿过，最近处距离厂址约 6.2km。该铁路在辛庄镇磁口村设有货站、货场（厂址 W 方位约 11km 处）。

➢ 规划

根据山东省高速铁路规划、快速铁路规划及烟台市铁路网中长期规划，招远市的铁路规划将服从上位规划，建设潍烟高铁和大莱龙铁路扩能改造。

1）潍烟高铁规划——北通道（环渤海通道）

潍烟高铁位于山东省东北部，线路由东营至潍坊铁路潍坊滨海站南侧区间引出，途经潍坊滨海开发区、昌邑市、莱州市、招远市、龙口市及蓬莱市，引入青烟直通线芝罘站，向北至烟台站，向南至烟台南站，新建正线长度 246km。

烟台境内线路走向为自莱州向东北并行 G18 荣乌高速公路，于招远市区北招辛快

速路与荣乌高速交叉处设招远站，与龙烟铁路龙口市站并站，蓬莱市站并站后折向东南，下穿蓬莱机场，与规划二航站楼下方设置蓬莱机场站后折向东引入青烟直通线芝罘站，利用烟荣联络线引入烟台南站。

其中招远市域线路长度约 23.5km，设计时速 350km/h，目前正在办理前期各项手续。计划于 2023 年建成通车。

招远市城市中心区位于荣乌高速公路南侧，距离招辛快速路与荣乌高速公路交叉口约 15 公里，辛庄镇位于招远市西北部，是招远市城市总体规划构建的市域经济发展走廊的“另一极”，将发展成为“具有综合性城镇职能的中心镇”，距离招辛快速路与荣乌高速公路交叉口约 9 公里，招远北站选址综合考虑主城区与辛庄镇市民的出行方便，带动招远滨海新区的发展。规划的潍烟高铁铁路最近距离招远核电项目约 2km，招远北站距离本项目约 9km。

2）大莱龙铁路扩能规划

大莱龙铁路是德龙烟铁路通道的一部分，主要功能为一条“以货为主、兼顾客运”的铁路，本线的技术标准应与德龙烟铁路相统一，即采用电力牵引、牵引质量采用 5000t，规划对大莱龙铁路进行提速改造，增加客运功能，设计时速为 120km/h。目前，大莱龙改造已完成前期手续办理，已完成审批立项，2019 年开工建设，计划 2 年建成通车。

（3）海上交通

1）现状

➢ 港口、码头

本项目附近最大的港口为龙口港，位于厂址 N 方位约 17~20km 处，目前港口业务主要分为散杂货、集装箱、港口综合服务和港口物流四大板块，其中散杂货板块主要是经营煤炭、液体化工、铝矾土、铁矿砂、水泥及熟料、集装箱、非洲杂货班轮等业务。港口现有煤炭、铝矾土、液体化工三个千万吨级货种，百万吨货种达到 10 个。港口现有员工 4000 余人，码头岸线 15000 余米，占地面积 6km^2，港口现有生产泊位 31 个，其中核定 15 万吨级 7 个，10 万吨级 3 个，核定通过能力 6000 万吨以上，主航道水深-16 米，底宽 300 米，10 万吨级船舶可正常进出港。港区库场面积 330 万平方米，液化品仓储能力 203 万立方米，粮食仓储能力 26 万立方米。图 2.3-18 给出龙口港现状示意图。

厂址半径 15km 范围内的码头为春雨一级渔港码头，位于厂址 W 方位约 12.5km

处的招远市辛庄镇海域，按照渔用区和旅游休闲区两个区块布置。渔港定位以海滨休闲娱乐为特色，生产和培训设施为辅助，建设陆域旅游设施 23 万 m^2，包括滨海休闲会所、大型综合性旅游商业区、商务办公、游艇培训学校、游艇俱乐部及辅助设施。

➢ 海上航线

龙口港现有航道两处，分别为 10 万吨级航道及 2 万吨级航道，最近航道距离招远厂址约 18km，最近距离招远核电取排水口约 8km。

同时，春雨一级渔港已建设 1000 吨级单向航道工程，航道总长 19350m，宽度 55 米，水深-5 米，横穿水产养殖区接入龙口港老航道，该航道最近距离招远核电厂址最近约 15km，最近距离招远核电取排水口约 6km。

2）规划

➢ 港口、码头规划

根据《烟台港龙口港区总体规划方案调整》，港口吞吐量：2025 年龙口港区总吞吐量将达到 9300 万吨，其中，进港 7250 万吨，出港 2050 万吨。预测 2035 年龙口港区总吞吐量将达到 11000 万吨，其中，进港 8700 万吨，出港 2300 万吨。规划将龙口港区划分为东作业区、西作业区和南作业区，主要调整内容包括：东作业区原规划东突堤西南角通用泊位调整为 LNG 泊位区，规划近期布置 1 个 LNG 泊位，远期预留 1 个 LNG 泊位，其北侧集装箱泊位调整为液体散货作业区及支持系统区，集装箱功能调整至东港池东北部，并适当扩大客滚泊位功能范围；西作业区原规划 LNG 泊位区明确为近期布置 1 个 LNG 泊位，远期预留 1 个 LNG 泊位，并提高泊位等级及安全间距，其南侧的液体散货泊位调整为干散货泊位；南作业区龙口人工岛西端港池纳入港口规划，布置液体散货及通用泊位，服务人工岛产业开发。图 2.3-19 给出龙口港规划示意图。

2020 年，招远一级渔港开展了扩建工程，重点完善公益性基础设施和旅游休闲配套建设，健全渔需物资供应、船舶维修、海产品加工、市场等经营性服务设施。扩建渔港供渔船靠泊、作业，原有港池作为旅游码头使用。扩建后渔业船舶卸货生产转移到新建港池中，原有渔港港池主要为渔船提供停泊避风服务。

➢ 海上航线

规划龙口港区航道形成“一主两支”的布局。规划进港主航道为 15 万吨级，兼顾

26.7 万方 LNG 船舶通航，航道宽度 350 米，底高程-16.5 米，远期预留 20 万吨级。规划北支航道外段西移，航道规模与主航道相同；规划老航道等级从 2 万吨级提升至 10 万吨级，作为北支航道的分流航道，以实现 LNG 船舶和客滚、集装箱船舶的分道通航。规划南支航道规模为 10 万吨级兼顾 10 万方 LEG（液化乙烷气）船舶通航。规划预留中支航道，远期根据 LNG 及其他货物运输发展情况适时研究开通。规划根据调整后的码头泊位布置情况，优化了锚地的布置，相应调整了陆域港界范围，并衔接海洋功能区划缩小调整了水域港界。龙口港区的航线和锚地都位于山东招远核电项目厂址半径 15km 范围外，最近距离招远厂址约 18km，最近距离招远核电取排水口约 8km。

（5）机场和空中航线

距离本项目最近的民用机场是烟台蓬莱国际机场，位于招远厂址东北方位约 59km 处。烟台蓬莱国际机场于 2015 年 5 月 28 日 0 时通航，位于山东省烟台蓬莱潮水镇刘家庄附近，国家一类航空口岸，属民用 4E 级机场。机场建设有一条长 3400 米、宽 45 米、两侧各设 7.5 米宽的道肩跑道和等长的平行滑行道，航站楼 8 万平方米，可以起降除空客 A380 外所有机型，拥有 39 个机位的停机坪以及总库容 3000 立方米的机场油库，可满足年旅客吞吐量 1000 万人次、货邮吞吐量 15 万吨、年起降 10 万架次的需求。

根据中国民用航空华东地区管理局“关于山东核电项目厂址选址与有关航线关系情况的复函”（民航华东函〔2015〕125 号文），距离招远厂址最近的航线为 H30 航线黄城到潍坊段，其中心线地面投影距厂址 2.1km。根据《山东招远核电项目厂址区域坠机概率评价报告（民航部分）》，对于 H30 航线，根据概率筛选计算结果，厂址区域内坠机概率结果小于该类事件的筛选概率 10^{-7}，满足《核电厂址选址的外部人为事件》中对民航坠机事件的安全要求。

2.3.4.3 危险源

2.3.4.3.1 固定危险源

本项目附近的固定危险源主要为公路沿线小型民用加油站、液化气站、另外还有少量的小规模危险化工企业和矿企的炸药储存库等。

2.3.4.3.2 移动危险源

1）陆上移动危险源

本项目附近道路上运输的危险品主要有油料、液化气、化学品、压缩气体和爆炸

物品。本项目需重点关注 G18 威乌高速、S304、S19 有毒有害化学品的运输。

2）海上移动危险源

招远市目前仅有一渔业码头，其沿海海域水浅，无危险品运输。距厂址最近的港口为龙口港，有危险品运输码头，但龙口港距离厂址较远，位于厂址 NW 方位约 17~20km 处，预计危险品运输船舶及码头不会对核电厂安全产生威胁。龙口港现有航道两处，分别为 10 万吨级航道及 2 万吨级航道，最近航道距离招远厂址约 18km，最近距离本项目取排水口约 8km。

3）油气管道

- 现状城镇天然气管网

厂址附近的天然气管线及门站涉及招远港华燃气有限公司、招远新奥玲珑燃气有限公司、山东中世天然气有限公司、龙口港华燃气有限公司的相关管线或门站。同时，根据调研，距离厂址最近的管线为龙口南山中油天然气管道工程。

- 规划天然气干线

根据《山东省储气设施规划建设方案》(2018-2020 年)，山东省近期规划新建天然气主干管道 9 条，长度 3153km，年输气能力 1200 亿 m^3。其中，位于厂址半径 10km 范围内的有山东管网北干线和东干线。

2.3.4.3.3 裕龙石化危险源

山东招远核电厂 NW~NNW 方位 10~15km 正在建设山东裕龙岛炼化一体化项目一期工程，根据山东裕龙岛炼化一体化项目一期工程环评报告（已获生态环境部批复）。

根据《中广核山东招远核电厂工程与裕龙岛炼化一体化项目相容性影响分析专题报告》，采用 HAD101/04 及相关导则规范中保守的假设条件分析评价裕龙岛炼化一体化项目发生爆炸、易燃气云漂移、有毒气云漂移等最大可信事故对招远核电项目安全运行的影响，相关结论为

固定危险源：经计算裕龙岛炼化一体化项目各生产区、储罐区发生爆炸、易燃气云、毒性气云漂移最大可信事故对招远核电项目主体工程的影响均可接受。

移动运输危险源：筛选了目前裕龙岛炼化一体化项目拟采用公路运输的潜在风险较大的危险物质苯、环氧乙烷模拟计算其发生严重运输泄漏事故的影响范围。计算结果表明，苯、环氧乙烷运输车辆在厂址附近高速公路发生严重泄漏事故对本项目的影响可接受。

输油管线：裕龙岛炼化一体化项目原油进厂依托烟台港西港区至龙口裕龙岛长输管道，该管道地下布设，在发生原油管道完全断裂泄漏的最大可信事故后，对山东招远核电厂主体工程的影响可接受。

同时，由于山东招远核电厂取排水泵房位于海边，根据相容性专题成果，裕龙岛炼化一体化项目一期工程发生爆炸预计不会对取水泵房产生影响，建设单位通过加强取水设施建筑物防护等级并尽量远离裕龙岛石化产业园的易燃易爆储罐，通过上述措施可防范爆炸、易燃气云事故对取水设施的影响。为防范失事船只发生溢油事故对山东招远核电厂取水口可能的影响，本项目建设单位通过进一步优化取水设计并在取水口附近设置防护网，可有效避免船只溢油事故影响。

表 2.3-1　厂址半径 15km 范围内生活用水井位置情况

序号	名称	相对 1 号堆距离（m）	相对方位	至管线最短距离（m）	相对取排水管线方位
1	欧家村自来水井	750	SW	450	S
2	虎龙斗村西沟自来水机井	1400	N	1480	NNE
3	大岚村净化水厂机井	1800	ENE	2290	ENE
4	马格庄村自来水井	2340	N	2430	N
5	高家村自来水井	2260	S	2400	S
6	东战家村北河自来水井	2730	S	2980	S
7	西战家村自来水井	2750	S	2920	S
8	狗山李家村自来水大井	2950	NE	3380	NE
9	大李家村东坡自来水井	3050	NNE	3350	NNE
10	孙家庄村西北河井	3210	NNE	3220	NNE
11	北曹家庄村林业大井	3360	S	3540	S
12	圈杨家村委自来水井	3640	W	760	SSW
13	三姓庄村自来水井	3650	S	3780	S
14	王跃堂自来水井	4040	S	4150	S
15	杜北村南耩自来水井	4210	SSW	3560	S
16	杜东村委大院纯净水井	4420	SSW	3830	S
17	杜东村南西沟自来水井	4710	SSW	4060	S
18	地北头王家村大刘道自来水井	4750	SW	3260	SSW
19	丰家村自来水井	4630	S	4800	S
20	杜西村自来水	4810	SW	3840	SSW
21	北洼子村自来水井	4970	W	360	S
22	馆前姜家村自来水机井	5410	WNW	450	NNW
23	馆前张家自来水井	5450	WNW	880	ENE
24	蒋家村村自来水井	5310	SE	5670	SE
25	英里村自来水井	5420	SE	5820	SE

序号	名称	相对 1 号堆距离（m）	相对方位	至管线最短距离（m）	相对取排水管线方位
26	地北头王家村渠子自来水井	5930	SW	4960	SSW
27	西南台自来水井	5940	ENE	6460	ENE
28	院里村自来水井	6290	SW	4680	S
29	北于家庄子钟子西机电井	6180	SE	6510	SE
30	水盘村自来水东大井	6430	WNW	290	W
31	台子李家村自来水井	6450	SW	4170	ENE
32	乔家村自来水井	6610	WSW	3780	ENE
33	北水口村自来水井	6800	SSW	6570	ENE
34	七亩地自来水井	6900	SW	5330	ENE
35	盛家庄村村东纯水井	6860	SW	6740	ENE
36	黄庄子村老金洞子井	6840	SW	6910	ENE
37	前大里村学校院机井	7130	S	7350	S
38	贾家自来水大井	7610	S	7520	S
39	下院村南河大井	7520	ESE	7960	ESE
40	东北沟自来水机井	7710	S	7940	S
41	北里庄村原粉丝厂东自来水井	7930	SE	8230	SE
42	北马家村南边自来水井	7940	S	8200	S
43	界沟姜家村南自来水井	8050	E	8590	E
44	东埠村西自来水大井	8190	SSW	7940	E
45	石对头北耩自来水井	8300	S	8490	S
46	官庄自来水大井	8970	SSW	8320	S
47	南截村自来水副井	9030	SSW	8100	S
48	小东庄村自来水井	9260	WSW	5090	SSW
49	北潘家村自来水井	9480	W	3310	SW
50	纪山纪家村自来水大井	9330	SE	9620	SE
51	沟李家自来水大井	9420	SSW	9160	SE

序号	名称	相对 1 号堆距离（m）	相对方位	至管线最短距离（m）	相对取排水管线方位
52	小董家东北沟自来水井	9550	WSW	5060	SW
53	孟格庄村自来水井	9600	W	3920	WSW
54	南截村自来水主井	9540	SSW	8620	WSW
55	桥头村自来水井	9660	WSW	4890	SW
56	湖汪村自来水井	9790	W	3150	SW
57	北侯家村北自来水井	9880	W	3710	SW
58	北侯家村南自来水井	9960	W	4000	SW
59	掉钟头自来水大井	10110	SSW	9540	SW
60	贾家庄子村自来水井	10260	WSW	6500	SSW
61	侯家东村西自来水大井	10180	SSW	9840	SSW
62	上刘家自来水大井	10220	SSW	10220	SSW
63	辛庄东南村自来水机井	10400	W	4120	SW
64	邢家村自来水 1 号井	10560	W	5120	WSW
65	曹家村自来水井	10610	SW	7940	SSW
66	山上马家自来水大井	10590	SSW	10280	SSW
67	邢家村西边子自来水井	10750	W	5320	WSW
68	大董家村自来水井	10780	WSW	6570	SW
69	邢家村自来水 2 号井	10850	W	5460	WSW
70	张华孙家自来水井	10820	W	10890	WSW
71	张华孙家纯净水井	10820	W	10890	WSW
72	辛庄西北村老自来水井	10990	W	4480	SW
73	东沟李家村自来水井	11020	SW	7730	SSW
74	张华张家村自来水井	10940	SW	11000	SSW
75	张华王家纯净水井	10980	S	11090	S
76	郭家村自来水井	11130	SW	8050	SSW
77	西埠上村自来水大井	11080	SSW	9920	SSW

序号	名称	相对 1 号堆距离（m）	相对方位	至管线最短距离（m）	相对取排水管线方位
78	山上孙家自来水大井	11120	SSW	11040	SSW
79	辛庄西南村 1 号自来水井	11160	W	5000	SW
80	邹家村西自来水大井	11330	SSW	10490	SW
81	张华王家村西自来水井	11380	SSW	11410	SW
82	寨里自来水大井	11390	SSW	10940	SSW
83	睦邻庄自来水井	11440	SE	11420	SE
84	河北刘家村南自来水井	11460	SW	8850	SSW
85	小西庄村自来水井	11540	WSW	6790	SW
86	山上汪家南沟自来水大井	11590	WSW	11620	SW
87	郑家村自来水水井	11630	S	11620	S
88	唐家村自来水大井	11780	SSW	10600	S
89	山上张家自来水大井	11910	SSW	11880	S
90	朱家自来水大井	11960	SSW	10650	S
91	庵里 5 号机电井	12100	SSW	11650	SSW
92	张华刘家村纯净水井	12100	S	12120	S
93	鲁格庄自来水井 2 号	12150	SE	12120	SE
94	庵里 1 号机电井	12210	SSW	11780	SSW
95	山上姜家自来水大井	12210	SSW	12100	SSW
96	十里铺 2 号西山纯净水井	12310	SSW	12340	SSW
97	中村疃东自来水井	12310	SSW	11880	SSW
98	王家自来水井	12370	SE	12340	SE
99	前庄子村自来水井	12380	WSW	7570	SW
100	埃子赵家纯净水井	12410	WSW	12450	SW
101	埃子王家纯净水井	12510	WSW	12560	SW
102	埃子王家自来水井	12520	WSW	12560	SW
103	埃子赵家村自来水井	12530	WSW	12570	SW

序号	名称	相对 1 号堆距离（m）	相对方位	至管线最短距离（m）	相对取排水管线方位
104	魏家沟自来水井	12710	SW	9860	SSW
105	前郝家纯净水井	12780	S	12780	S
106	大片地井	12880	S	12890	S
107	欧家夼自来水井 1	12880	ESE	12840	ESE
108	大涝洼村自来水井	12890	WSW	7710	WSW
109	欧家夼自来水井 2	12890	ESE	12850	ESE
110	王家猪场大井	12900	SE	12870	SE
111	大庄家村自来水井	12930	WSW	7980	SW
112	十里铺 1 号前圈水库自来水井	12990	S	13020	S
113	路家河村自来水井	13000	S	13030	S
114	路家河村纯净水井	13010	S	13040	S
115	横掌周家村自来水井	13050	S	13050	S
116	鲁格庄自来水井 1 号	13060	SE	13040	SE
117	赵家自来水水井	13070	SE	13060	SE
118	姚格庄村自来水井 1	13100	SE	13080	SE
119	姚格庄村自来水井 2	13170	SE	13150	SE
120	山上赵家自来水大井	13280	SSW	13000	SE
121	吕家纯净水水井	13420	S	13410	S
122	埠南村自来水大井	13430	SSW	12010	S
123	崔家村自来水井	13460	S	13460	S
124	洼孙家村自来水井	13470	WSW	9040	SW
125	皂户自来水大井	13500	SW	11610	SW
126	后夼 1 号村西自来水纯净水井	13620	SW	13650	SW
127	后夼 2 号自来水纯净水井	13640	SW	13670	SW
128	老店村 2 号自来水井	13840	W	7800	SW
129	邵家村内自来水井	13860	SSW	13260	SW

序号	名称	相对 1 号堆距离（m）	相对方位	至管线最短距离（m）	相对取排水管线方位
130	后沟子村西自来水大井	13980	WSW	8730	WSW
131	山口温家村自来水纯净水井	14030	WSW	14070	WSW
132	东店 3 号机电井	14090	SSW	13660	SSW
133	滕家村自来水水井	14430	S	14440	S
134	老店村 1 号自来水井	14470	W	8350	SW
135	西良村自来水井	14490	WSW	9330	WSW
136	宅上村自来水井	14540	W	8600	SW
137	城西路家村纯净水井	14520	W	14540	SW
138	山上原家村南自自来水井	14610	SSW	14300	SW
139	山上原家村马道西自来水井	14630	SSW	14260	SW
140	大蒋家自来水井	14530	ESE	14980	ESE
141	西沟李村自来水井	14760	WSW	10330	SW
142	许家村净化水井	14830	WSW	10950	SW
143	姜家自来水井	14660	SE	14990	SE
144	许家村自来水井	14920	WSW	10970	SW
145	张格庄村自来水井	14780	SE	15070	SE
146	丁家疃村自来水井	15000	W	9140	SW

表 2.3-2　厂址附近近岸海域环境功能区划

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	备注
SD065BII	莱州-招远盐业养殖区	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″	216.27	B	II	B 表示二类环境功能区
SD067AII	招远砂质海岸海洋特别保护区	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″	8.75	A	II	A 表示一类环境功能区
SD068BII	招远旅游娱乐区	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″	20.24	B	II	B 表示二类环境功能区
SD069H	界河入海口混合区	界河入海口 四至： 120°13′58.251″-120°14′58.096″； 37°32′43.591″--37°33′37.675″	1.23	H	-	*
SD070CIII	龙口湾工业与城镇建设区	龙口湾内 四至： 120°11′10.86″-120°18′55.21″； 37°31′58.1″--37°37′17.94″	50.41	C	III	C 表示三类环境功能区
*备注： 该区域属于地表水和海水的混合区域，在暂无入海河口混合区水质标准的情况下，进行水质监测时其点位布设应避开该类区域，入海河口混合区内严格控制新设点源直排口。						

表 2.3-3 本项目与周边陆域生态保护红线相对位置关系

	生态红线区最近距离	I 类红线区最近距离
1 号反应堆	E 2.3km	SE 7.3km
1 号冷却塔	E 2.7km	SE 7.7km
取排水管线	E 2.9km	SE 7.9km

表 2.3-4 厂址半径 15km 范围内海洋生态红线情况

代码	类型	名称	类别	与本项目排水口位置关系	面积 (km^2)	海岸长度 (km)	管控目标	管控措施
XZ8-2	砂质岸线与邻近海域	砂质岸线与邻近海域莱州—招远砂质岸线限制区	限制开发区	SW/7.9km	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。
JZ2-8	海洋特别保护区	招远砂质海岸禁止区	禁止开发区	SW/6.3km	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。
XZ2-8	海洋特别保护区	招远砂质海岸限制区	限制开发区	SW/6.2km	6.22	0.00	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。保障河口行洪安全。禁止改变海域自然属性。 环境保护要求：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。

代码	类型	名称	类别	与本项目排水口位置关系	面积(km^2)	海岸长度(km)	管控目标	管控措施
XZ5-10	重要渔业海域	莱州湾中国对虾渔业海域限制区	限制开发区	SW/4.2km	13.08	0.00	中国对虾、牙鲆、日本鲟、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	重要渔业海域	招远渔业海域限制区	限制开发区	NW/9.1km	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
XZ7-2	自然景观与历史文化遗迹	龙口屺岬岛景观遗迹限制区	限制开发区	N/13.8km	10.06	7.61	海蚀平台、海蚀崖等海岸自然景观	管控措施：严格控制岸线附近的建设工程；保护自然生态环境，禁止围填海、设置直接排污口、爆破作业等有损海洋自然景观的开发活动，保护海蚀崖、海蚀平台独特地质地貌景观的完整性。 环境保护要求：保持海岸地形地貌的自然形态，维持、恢复、改善海洋生态环境和生物多样性。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。

表 2.3-5 本项目涉及的重点管控单元具体管控要求

环境管控单元名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
张星镇重点管控单元	1.招远市黄金资源综合利用工业园区禁止黑色金属冶炼及压延加工业、石油加工、炼焦及核燃料加工、粘土砖生产行业入区。 2.招远市黄金资源综合利用工业园区在满足产业准入、总量控制、排放标准等管理制度要求的前提下，实行工业项目进工业园、集约高效发展。	1.所有进入招远市黄金资源综合利用工业园区的单位禁止新建各类燃煤锅炉。 2.对于较难处理的特殊废水，在设施建造前必须经过专家论证方案，以保证废水近期全部回用园区，远期经预处理后部分外排废水达到招远市桑德水务有限公司的进水水质标准。 3.入驻企业必须采用先进的、密封性能好的生产设备、化工物料存贮容器和输送管道，最大限度减少无组织废气排放。 4.招远市黄金资源综合利用工业园区根据其产业性质和污染排放特征实施重点减排。严格落实大气污染物达标排放、总量控制、环保设施“三同时”、在线监测、排污许可等环保制度。持续降低大气污染物排放总量。 5.提升高耗水、高污染行业清洁化发展水平；对于超标的水环境控制单元，新建、改建、扩建涉水项目	1.加强工业园区、集聚区环境风险防范能力，加强应急演练并完善应急物资储备体系。 2.企业环境风险防控：（1）土壤污染重点监管企业执行烟台市市级生态环境准入清单环境风险防控中联防联控相关要求。 （2）新、改、扩建土壤污染重点监管行业项目应与耕地，以及住宅、学校等环境敏感目标保持一定距离。 （3）土壤污染重点监管企业落实《工矿用地土壤环境管理办法（试行）》要求，实施项目环评、设计建设、拆除设施、终止经营全生命周期土壤和地下水污染防治。 （4）对位于涉重金属企业周边、城市郊区、垃圾填埋场、交通要道两侧等区域的农作物开展重金属专项监测，实施风险管控。 （5）加强金矿采选、其他专用化学产品制造等行业的有效风险防范。环境风险较大的企业或新建项	1.坚持资源开发与节约并重，节约使用资源和提高资源利用效率，节能、节水、节材、节地、资源综合利用和发展循环经济。 2.对水资源实行统一管理，实行取水许可制度，对各企业、各单位自设的水井，根据实际需要，进行封停或者依法办理取水许可。 3.发展新能源，加快推进已列入规划的风电项目和光伏发电项目建设；在矿山企业中推广应用地源热泵、热泵空调等地热应用产品，有效促进企业节能降耗；引导和扶持新能源与节能环保产业的发展。

环境管控单元名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
		重点污染物实施减量替代；采取综合性的治理措施，强化污染物排放总量控制，大幅削减污染物排放量，保障河道生态基流，确保水体和重点支流水环境质量明显改善。	目，必须迁入或纳入依法设立、环保基础设施完善并经规划环境影响评价的产业园区。 3.对于环境风险较大的水环境控制单元，按照“预防为主、防治结合”的原则，加大环境监管力度，着力降低资源能源产业开发的环境风险。 4.招远市黄金资源综合利用工业园区重污染天气应急减排清单中企业制订重污染天气应急减排“一厂一策”实施方案。园区及生产、使用、储存、运输环境风险物质的企业编制突发环境事件应急预案，并定期开展应急演练，对重大危险源每年进行一次应急演练。	
辛庄镇重点管控单元	1.山东砂质黄金海岸国家海洋自然公园执行《海洋特别保护区管理办法》要求。 2.生态保护红线按照《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》要求管理。 3.招远市滨海科技产业园禁止不符合国家产业政策和环保政策、生产方式落后、产品质量低劣、环境污染严重和能源消耗高等法	1.招远市滨海科技产业园禁止工业固废或危险废物产生量大，且不能有效综合利用或进行安全处理的项目入园；禁止工艺废气中含有难处理的有毒有害物质、特别是散发特殊气味污染物，如硫化氢、氨等易对产业园内综合区造成大气污染的项目入园；	1.招远市滨海科技产业园应严格限制水污染风险较高的产业和生产工艺，如电镀、印染、化工、医药、化纤等产业，优先发展低风险水平产业，同时对区内现有该类型企业必须实施重点规划管理，并有计划有步骤地对其实施搬迁改造。危险源应规划在非	1.禁止能耗、水耗大且污染较为严重的项目进入入招远市滨海科技产业园。 2.招远市黄金工业产业园禁止新建35 蒸吨/小时以下的燃煤、重油、渣油及直接燃用生物质锅炉项目。 3.坚持资源开发与节约并重，节约使用资源和提高

环境管控单元名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
	律、法规规定禁止投资的项目进入园；禁止可能造成生态系统结构重大变化、重要生态功能改变、生物多样性明显减少的或可能对脆弱生态系统产生较大影响或可能引发和加剧自然灾害的项目入园；禁止新建、改扩建电池制造、印制电路板制造业行业。限制新建、改扩建金属表面处理及热处理加工、搪瓷制品制造业、贵金属冶炼（金冶炼、银冶炼）行业。 4.招远市黄金工业产业园禁止农、林、牧、渔业，采矿业，农副食品加工业，食品制造业，酒、饮料及精制茶制造业，核燃料加工，炸药及火工产品制造，焰火、鞭炮产品制造，水泥、石灰和石膏制造，石膏、水泥制品及类似制品制造，砖瓦、石材等建筑材料制造，玻璃制品，耐火材料制品制造，黑色金属冶炼和压延加工业，固定资产投资额低于3 亿元(不含土地费用)的新建、扩建危化品项目（除产品填补国内空白或工艺技术达到国内领先水平的创新成果转化项目和搬迁入园项目外）入园。 5.制定城市建成区重污染行业企业退出方案，严格执行分阶段逐步加严的地方污染物排放标准，引导城市建成区内现有印染、化	禁止废水中含难降解的有机污染物、“三致”污染物的项目，废水经预处理达不到污水处理厂接管标准、对周边海域海水水质造成污染影响的项目入园。 2.招远市黄金工业产业园禁止混汞提金工艺、小氰化池浸工艺、土法冶炼工艺等淘汰类黄金冶炼作坊；火法冶炼黄金工艺入区；无环保措施提取线路板中金、银、钯等贵重金属，电镀等黄金加工工艺；农药原药、农药中间体生产项目。 3.招远市滨海科技产业园及招远市黄金工业产业园根据其产业性质和污染排放特征实施重点减排。严格落实大气污染物达标排放、总量控制、环保设施“三同时”、在线监测、排污许可等环保制度。持续降低大气污染物排放总量。 4.提升高耗水、高污染行业清洁化发展水平；对于超标的水环境控制单元，新建、改建、扩建涉水项目重点污染物实施减量替代；采取综合性的治理措	主导风向并远离人群的位置，严格将三类工业项目控制在对环境影响最小的规定区域。 2.企业环境风险防控：（1）用地污染风险高关注度地块执行烟台市市级生态环境准入清单环境风险防控中联防联控相关要求。（2）加强金冶炼、其他基础化学原料制造等行业的有效风险防范。环境风险较大的企业或新建项目，必须迁入或纳入依法设立、环保基础设施完善并经规划环境影响评价的产业园区。 3.对于环境风险较大的水环境控制单元，按照“预防为主、防治结合”的原则，加大环境监管力度，着力降低资源能源产业开发的环境风险。 4.招远市滨海科技产业园及招远市黄金工业产业园重污染天气应急减排清单中企业制订重污染天气应急减排“一厂一策”实施方案。园区及生产、使用、储存、运输环境风险物质的企业编制突发环境事件	资源利用效率，节能、节水、节材、节地、资源综合利用和发展循环经济。 4.对水资源实行统一管理，实行取水许可制度，对各企业、各单位自设的水井，根据实际需要，进行封停或者依法办理取水许可。 5.发展新能源，加快推进已列入规划的风电项目和光伏发电项目建设；在矿山企业中推广应用地源热泵、热泵空调等地热应用产品，有效促进企业节能降耗；引导和扶持新能源与节能环保产业的发展。 6.地下水超采区根据《山东省地下水超采区综合整治实施方案》《烟台市地下水超采区综合整治实施方案》《招远市地下水超采区综合整治实施方案》开展综合整治。

环境管控单元名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
	工等污染较重的企业有序搬迁改造或依法关闭。 6.招远市滨海科技产业园及招远市黄金工业产业园在满足产业准入、总量控制、排放标准等管理制度要求的前提下，实行工业项目进工业园、集约高效发展。	施，强化污染物排放总量控制，大幅削减污染物排放量，保障河道生态基流，确保水体和重点支流水环境质量明显改善。	应急预案，并定期开展应急演练，对重大危险源每年进行一次应急演练。	
符合性分析	本项目为核电项目，属于清洁能源，不属于禁止类产业及重污染产业，符合空间布局约束要求。	本项目不属于高污染行业，项目运行期间采用先进工艺处理废水、废气满足标准后达标排放，对周边环境影响很小，满足污染物排放管控要求	本项目制定了核应急方案，并能定期开展应急演练，满足环境风险防控要求。	本项目不属于高能耗行业，采用海水二次循环冷却方案，取水量较小。同时，本项目不开采利用周边地下水，满足资源开发效率要求。

表 2.3-6　本项目各排放口与保护区各区域最近距离及方位

保护区名称		气态排放口	液态排放口	取排水管线
招远市罗山国家森林公园	核心区	SE　7.7km	SE　20.2km	SE　8.3km
	缓冲区	SE　7.2km	SE　19.7km	SE　7.8km
	实验区	SE　7km	SE　19.5km	SE　7.6km
龙口大飘山自然保护区	核心区	ENE 10.2km	E　21.7km	ENE　10.8km
	缓冲区	ENE　9.8km	E　21.3km	ENE　10.4km
	实验区	ENE　9km	E　20.5km	ENE　9.6km

表 2.3-7　厂址周边文物保护单位分布情况

名称	时代	位置（厂址的方位/距离）	保护级别	文物类别
辛庄古墓群	西周	辛庄镇东北村（W，11km）	省级	墓葬
楼子庄遗址	商代龙山文化	北马镇楼子庄村南（NE，10 km）	省级	古遗址
徐镜心故居	清代	黄山馆镇馆前后徐（WNW，6km）	省级	古建筑
楼子庄遗址	明代	北马镇楼子庄村南（NNE，9.4 km）	省级	古建筑
大宋家汉墓群	汉	辛庄镇大宋家村（W，9km）	市县级	墓葬
段家洼古墓葬	汉代	张星镇段家洼村（ESE，3.3km）	市县级	墓群
北里庄遗址	新石器	张星镇北里庄村（SE，8km）	市县级	遗址
张星墓群	西周到宋	张星镇张星村（S，5km）	市县级	墓群
河埃墓群	汉代	张星镇河埃村（SSW，3.6km）	市县级	墓群
后大里遗址	新石器	张星镇后大里村（SE，8km）	市县级	遗址
南截遗址	西周	辛庄镇南截村（SSW，8.8km）	市县级	墓群
苑家墓群	汉代	张星镇苑家村（SSE，6.2km）	市县级	墓群
孟格庄传统民居	清代	辛庄镇孟格庄（W，9.6km）	市县级	建筑
大顶山石刻	1936 年	芦头镇小迟家村（NE，9.6km）	市县级	石刻
玉泉寺	金代	北马镇台上李家村（NE，6.8 km）	市县级	古建筑
徐家传统民居	明清	张星镇徐家村（E，7.2km）	县级	古建筑

表 2.3-8　厂址评价区内农作物种植、储存及销售情况

品　种	平均生长期(天)	贮存期	销售
小　麦 玉　米 地　瓜 花　生 大　豆	260 110～135 140～180 120～150 110～120	1～3 年 1～2 年 4 个月～1 年 半年～1 年 1～3 年	大部分自产自销，少量销往东北三省、福建、浙江
大白菜 冬菠菜 春蔬菜 韭　菜 芹　菜 甘　蓝 黄　瓜	90 120～150 70 200 50 60 90 90～120	150 天 30～60 天 15～45 天 30 天 90 天 70 天 15～45 天	大部分销往北京、天津、大连、沈阳、青岛、烟台、威海等地。 少量用于蔬菜加工出口。
苹　果 梨 桃、杏 李、柿 樱　桃 草　莓 葡　萄	90～170 120～150 70～250 50～80	6 个月 6 个月 1 个月 3～7 天 2～3 天 1～2 天 10～30 天	大部分销往外地，江苏、上海、安徽、浙江、湖北占外地销售 60%，少量加工。罐头出口美国、日本、西欧等地。果汁销往全国各地并出口日本等地。

表 2.3-9　厂址评价区内家畜和家禽生长期、饲养方式、饲料及消耗情况

家畜类别	生长期	饲养方式及时间（月）	饲料种类	饲料消耗			
				青饲料食入量（kg/d）	每年喂养（d）	干饲料食入量（kg/d）	每年喂养（d）
猪	240d	圈养、部分采用季节性放牧，5～11 月放牧	复合饲料、地瓜、玉米、麸皮、花生饼、地瓜叶、蔓	0.5	180	2.5	365
大牧畜	10a	栏养和季节性放牧，5～11 月放牧	农作物秸杆	30	120	15	245
羊	/	放牧为主，结合栏养	青草、干草、精料	1.5	—	0.1	—
奶牛	/	放牧 4 个月，其他时间为栏养	青草、干草、精料	30	183	15	103
奶羊	/	3～11 月放牧，其他时间为栏养	青草、干草、精料	8	183	4	183
家禽	80～120d	鸡多为散养，自由采食、鸭多为放养和圈养，个别放牧 6 个月	配合饲料、青饲料	0.1	180	0.15	862
兔	—	笼养和舍养	麸皮、玉米石、地瓜蔓	0.14	—	0.03	—
注：大牧畜、猪、羊、禽等动物从屠宰到消费一般间隔 10h～1d。							

表 2.3-10 厂址半径 10km 范围各区域的植物物种情况

区域	植物类群		科	属	种
厂址内	总数量		27	67	75
	栽培种		9	9	10
	野生种	苔藓植物	0	0	0
		蕨类植物	0	0	0
		裸子植物	1	1	1
		被子植物	20	57	64
冷却塔 1km 范围	总数量		41	96	110
	栽培种		14	17	18
	野生种	苔藓植物	1	1	1
		蕨类植物	0	0	0
		裸子植物	1	1	1
		被子植物	32	77	90
厂址 3km 范围	总数量		45	126	147
	栽培种		15	23	27
	野生种	苔藓植物	1	1	1
		蕨类植物	0	0	0
		裸子植物	1	1	2
		被子植物	37	102	117
厂址 3~10km 范围	总数量		60	159	200
	栽培种		21	35	39
	野生种	苔藓植物	1	1	1
		蕨类植物	2	2	2
		裸子植物	2	2	3
		被子植物	48	125	155
厂址 10km 范围	总数量		64	198	260
	栽培种		27	46	51
	野生种	苔藓植物	1	1	1
		蕨类植物	2	2	2
		裸子植物	2	2	4
		被子植物	53	163	202

表 2.3-11（1/2） 厂址半径 10km 范围内 16 个方位距反应堆最近的规模种植区、饲养场、自然保护区和动植物栖息地情况

方位	蔬菜、水果种植基地		
	种植基地名称	距离 (km)	主要农产品
N	龙口市恩泽粮食种植专业合作社	7.5	绿菜花
NNE	/	/	/
NE	北马镇臧家村北果园	8.3	苹果
ENE	芦头镇界沟刘家村果园	9.4	苹果
E	/	/	/
ESE	/	/	/
SE	/	/	/
SSE	/	/	/
S	/	/	/
SSW	中矿大棚基地	7.3	黄瓜、番茄、辣椒、茄子等
SW	绿都园	6.3	火龙果、薄皮甜瓜、番茄等
WSW	/	/	/
W	金都大地农业发展有限公司葡萄基地	10.0	葡萄
WNW	/	/	/
NW	黄山馆镇茂源果园	4.3	苹果
NNW	龙口市茂源果蔬专业合作社	4.3	草莓、甜瓜、蔬菜

表 2.3-11（2/2） 厂址半径 10km 范围内 16 个方位距反应堆最近的规模种植区、饲养场、自然保护区和动植物栖息地情况

种类 方位	畜禽规模养殖场			自然保护区	
	名称	距离(km)	饲养品种	名称	距离（km）
N	北马镇徐明公猪场	4.0	猪	/	/
NNE	招远市张星镇大李家村养殖场	2.7	羊	/	/
NE	张星镇狗山李家村养殖场	2.3	蛋鸡	/	/
ENE	张星镇石棚村养殖场	6.6	肉鸡	龙口大飘山自然保护区	9.0
E	张星镇界沟姜家养殖场	8.6	蛋鸡	/	/
ESE	/	/	/	招远市罗山国家森林公园	7.0
SE	张星镇年头宋家村养殖场	4.6	生猪	/	/
SSE	张星镇东战家村养殖场	3.0	生猪	/	/
S	张星镇沟子村养殖场	2.0	肉鸡	/	/
SSW	张星镇沙沟马家村	3.0	蛋鸡	/	/
SW	辛庄镇五截养殖场	5.5	生猪	/	/
WSW	招远市小高家村养殖场	3.6	蛋鸡	/	/
W	张星镇圈里杨家养殖场	3.6	蛋鸡	/	/
WNW	张星镇馆前姜家村养殖场	6.0	生猪	/	/
NW	龙口市茂源禽畜养殖专业合作社	4.3	羊 猪	/	/
NNW	龙港街道闫家店村养殖场	9.0	猪	/	/

表 2.3-12 招远市 2019 年各类水产品面积和产量情况

项目	产量（吨）	养殖面积（公顷）
全部水产品	77564	5308
一、海水产品	75908	4833
（一）海洋捕捞	3182	
1、鱼类	1970	
2、甲壳类	416	
3、贝类	388	
5、头足类	303	
6、其他类	105	
（二）海水养殖	72726	4833
1、鱼类	365	
2、甲壳类	71	
3、贝类	72046	3903
4、藻类	/	
5、头足类	/	
6、其他类	244	930
二、淡水产品	1656	475
（一）淡水捕捞	983	
其中：鱼类	983	
（二）淡水养殖	673	475
其中：鱼类	673	475

表 2.3-13　海水水质、沉积物、生态调查、游泳动物调查站位坐标

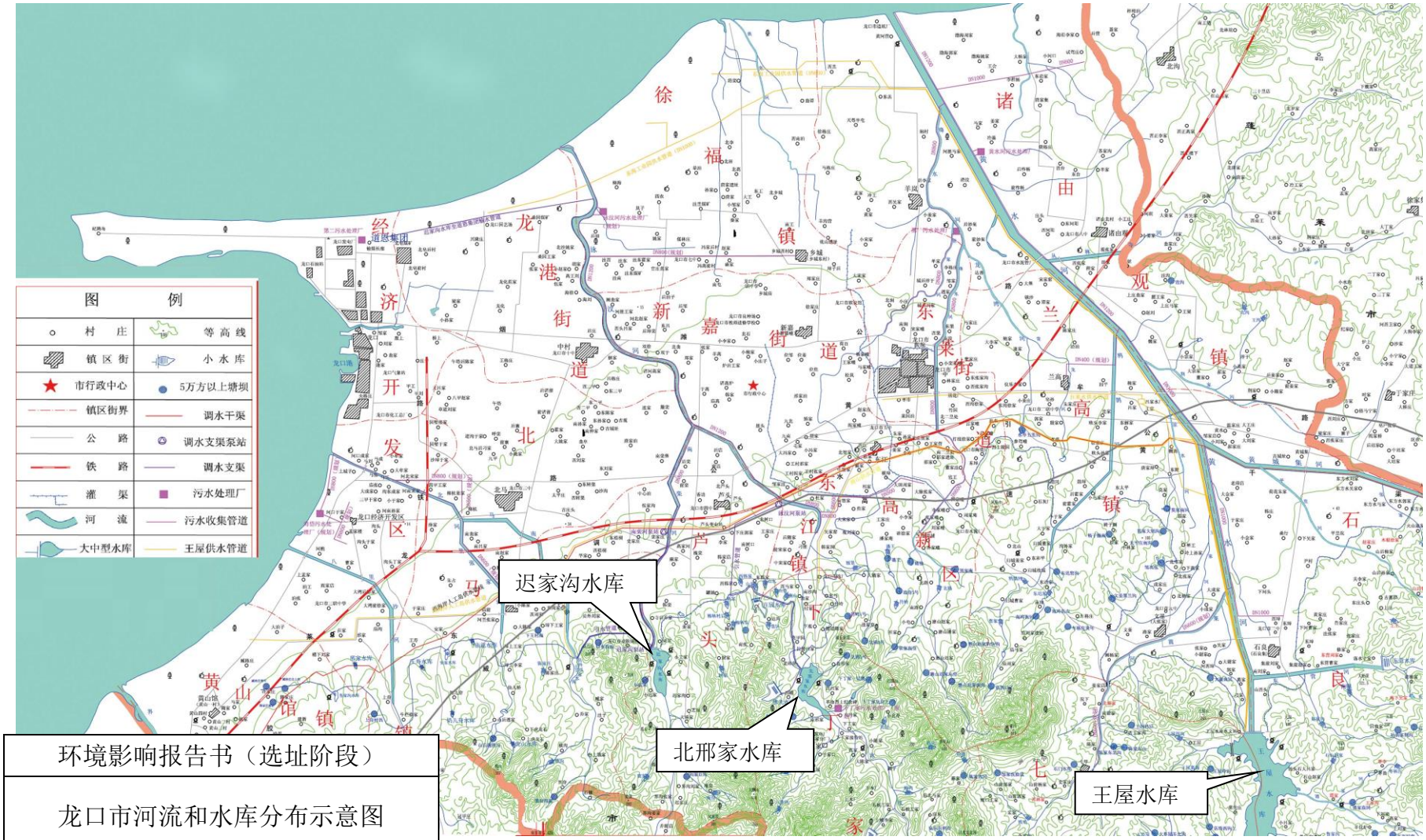
站位	经度（°）	纬度（°）	海水水质	沉积物	海洋生态	渔业资源	放射性调查
1	120.244	37.553	√	√	√		√
2	120.230	37.561	√	√	√	√	√
3	120.271	37.625	√				
4	120.297	37.628	√				
8	120.267	37.655	√				
9	120.268	37.691	√				
12	120.262	37.592	√				
13	120.218	37.644	√	√	√	√	√
14	120.222	37.692	√	√	√	√	√
17	120.242	37.619	√	√	√	√	√
18	120.173	37.668	√			√	
21	120.213	37.576	√				
22	120.184	37.603	√			√	
23	120.149	37.627	√			√	
24	120.106	37.655	√	√	√	√	√
28	120.186	37.576	√		√		
29	120.145	37.603	√	√	√		√
30	120.081	37.607	√	√	√	√	√
34	120.139	37.576	√		√	√	
35	120.068	37.561	√			√	
39	120.226	37.543	√				
40	120.18	37.553	√	√	√		√
41	120.11	37.524	√				
45	120.214	37.528	√				
46	120.212	37.554	√	√	√		√
47	120.196	37.539	√			√	
48	120.165	37.489	√		√		
49	120.102	37.465	√				
52	120.072	37.513	√	√	√		√

表2.3-14 潮间带调查站位坐标表站

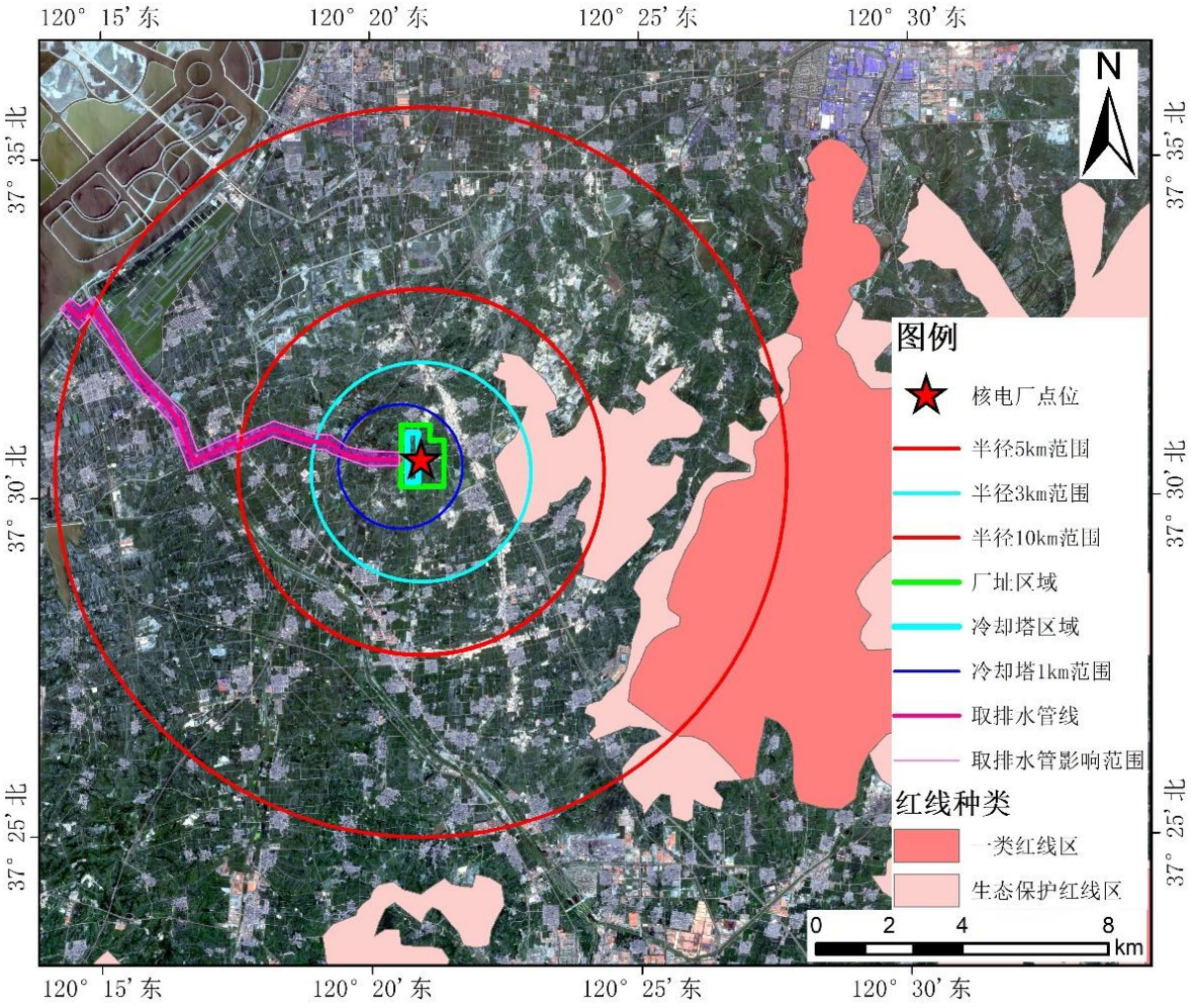
站位	经度	纬度	调查内容
C1	120.239	37.548	潮间带沉积物、生物、放射性
C2	120.131	37.469	潮间带沉积物、生物、放射性
C5	120.257	37.686	潮间带沉积物、生物、放射性



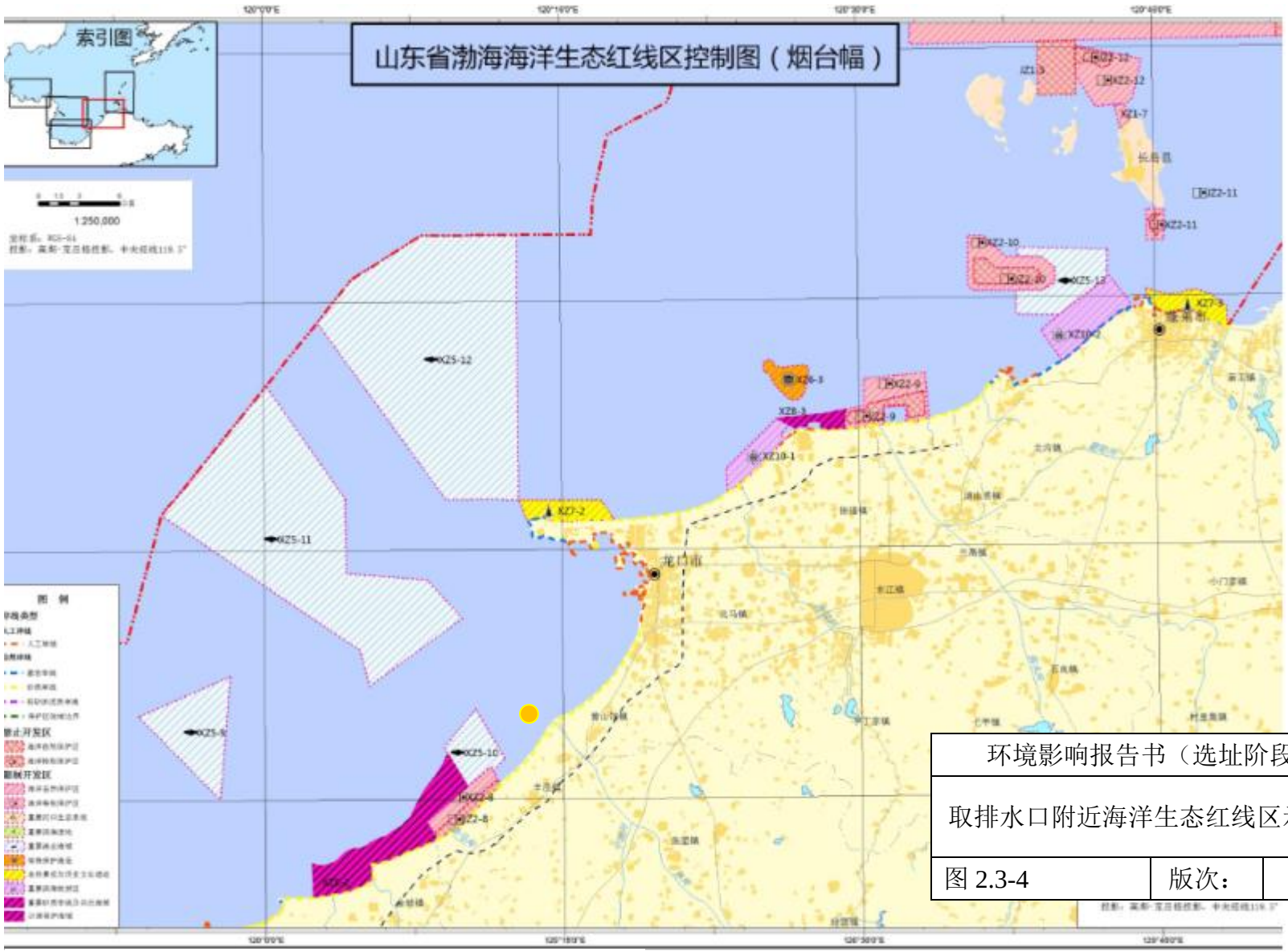
环境影响报告书（选址阶段）		
招远市河流和水库分布示意图		
图 2.3-1	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
龙口市河流和水库分布示意图		
图 2.3-2	版次：	A

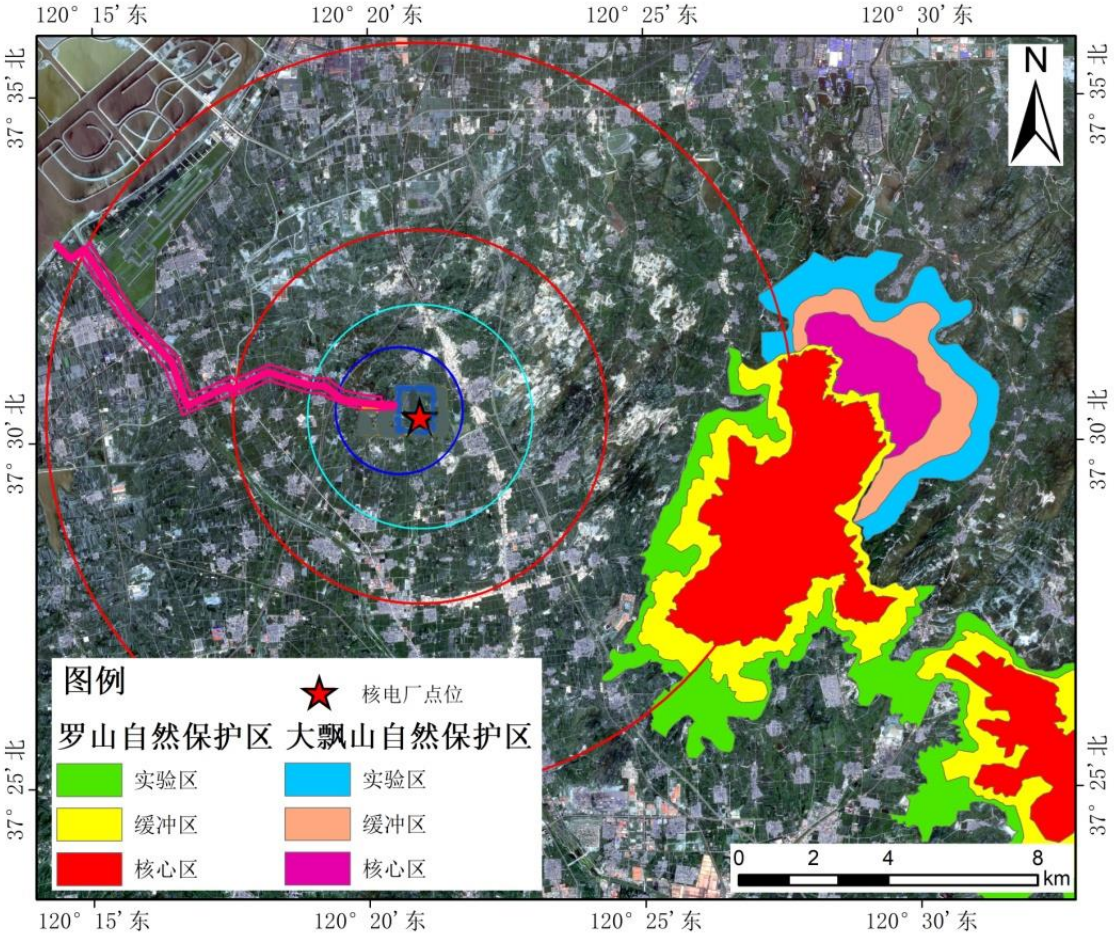


环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 10km 范围生态保护红线区示意图		
图 2.3-3	版次：	A

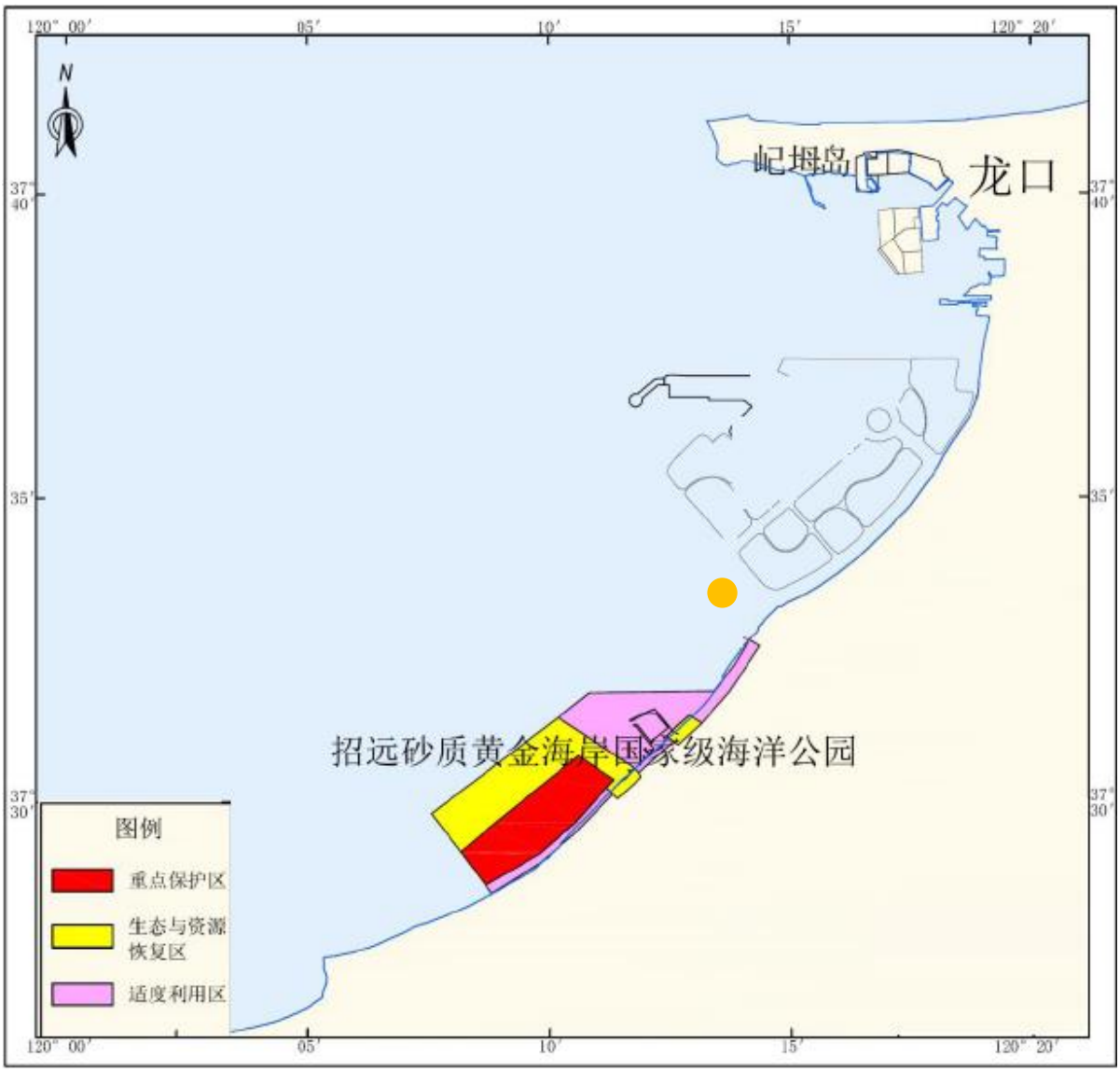


环境影响报告书（选址阶段）		
取排水口附近海洋生态红线区示意图		
图 2.3-4	版次：	A

● 规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）



环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 10km 范围内陆域自然保护区分布图		
图 2.3-5	版次：	A



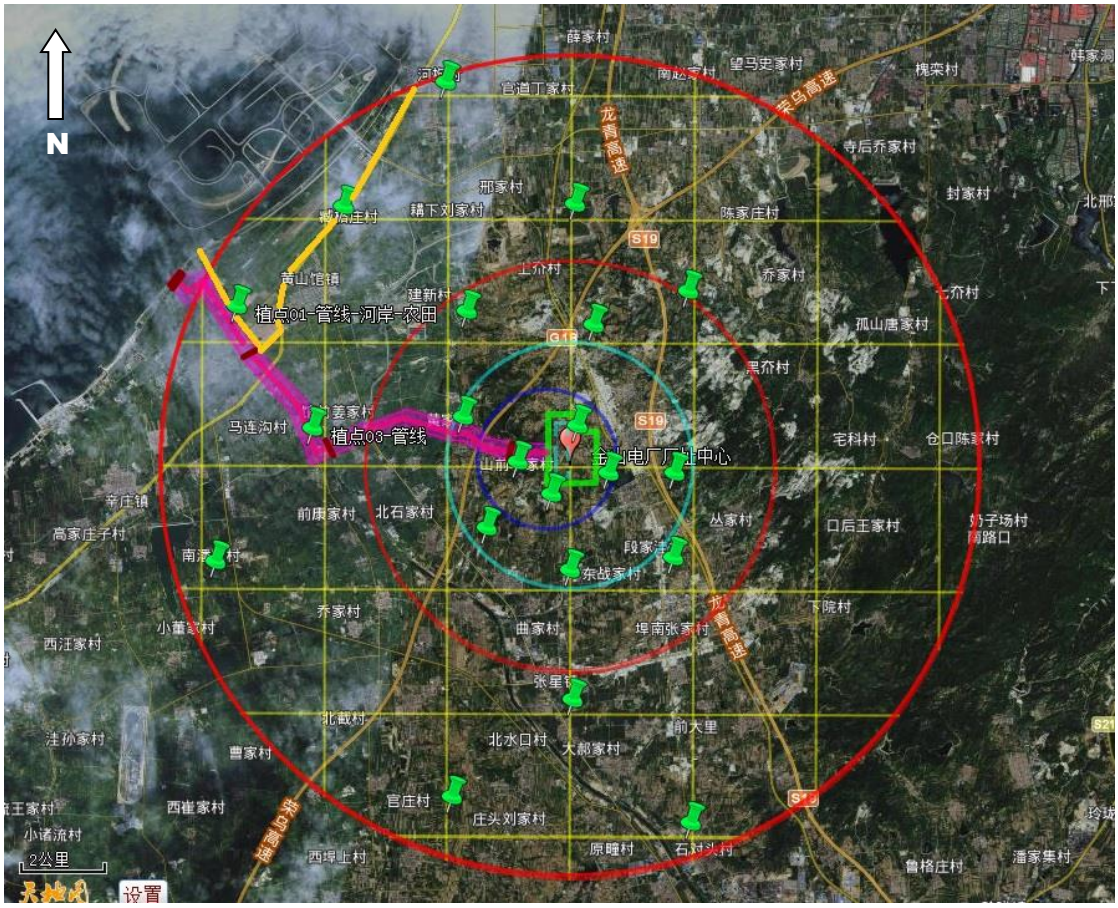
● 规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）

环境影响报告书（选址阶段）		
招远砂质黄金海岸海洋特别保护区分布图		
图 2.3-6	版次：	A

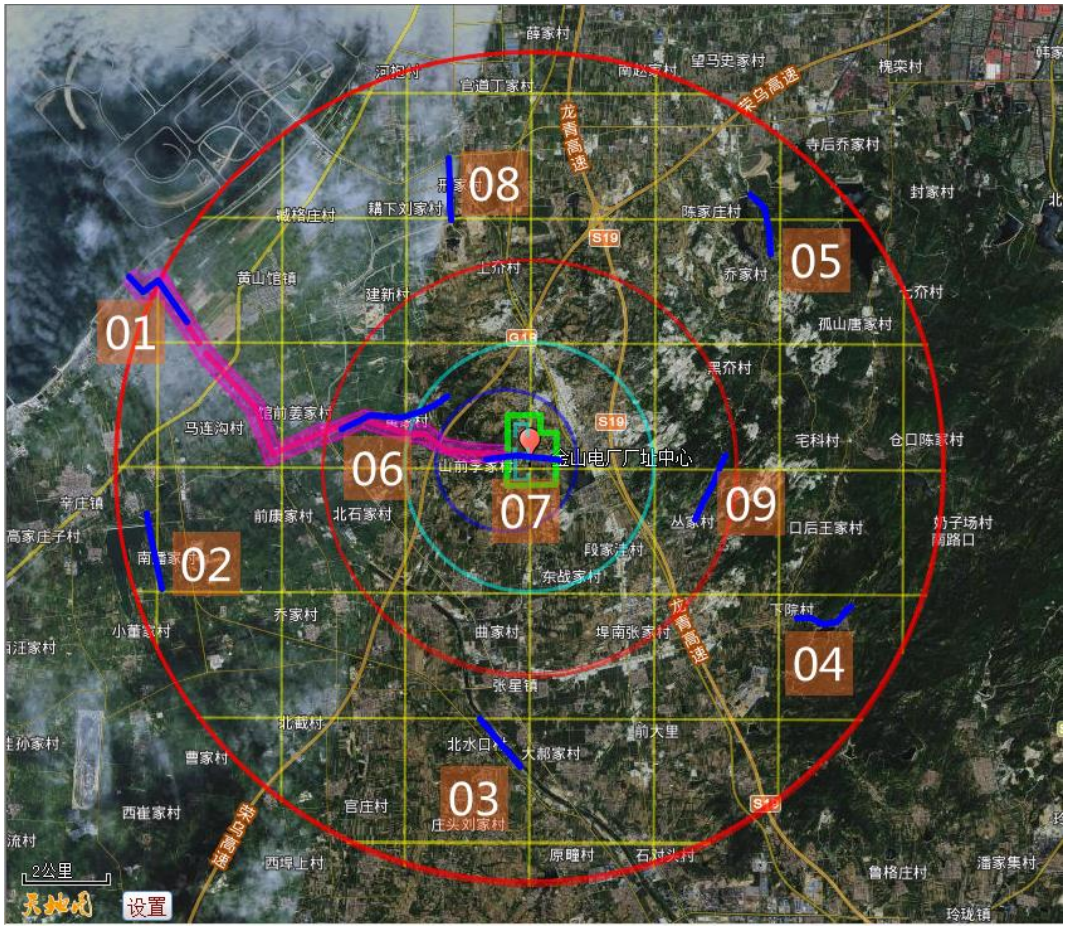


● 规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）

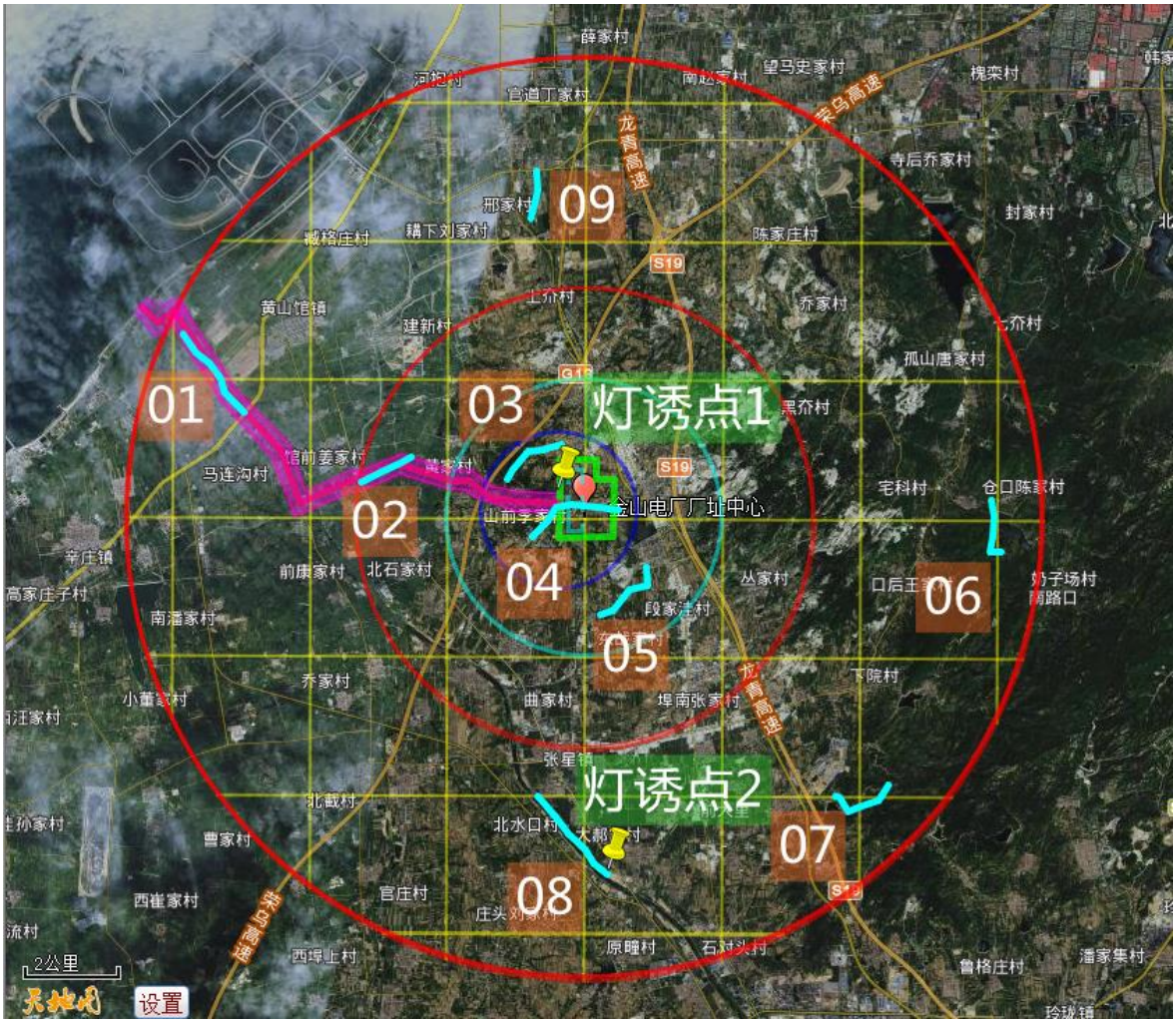
环境影响报告书（选址阶段）		
招远砂质海岸海洋特别保护区示意图		
图 2.3-7	版次：	A



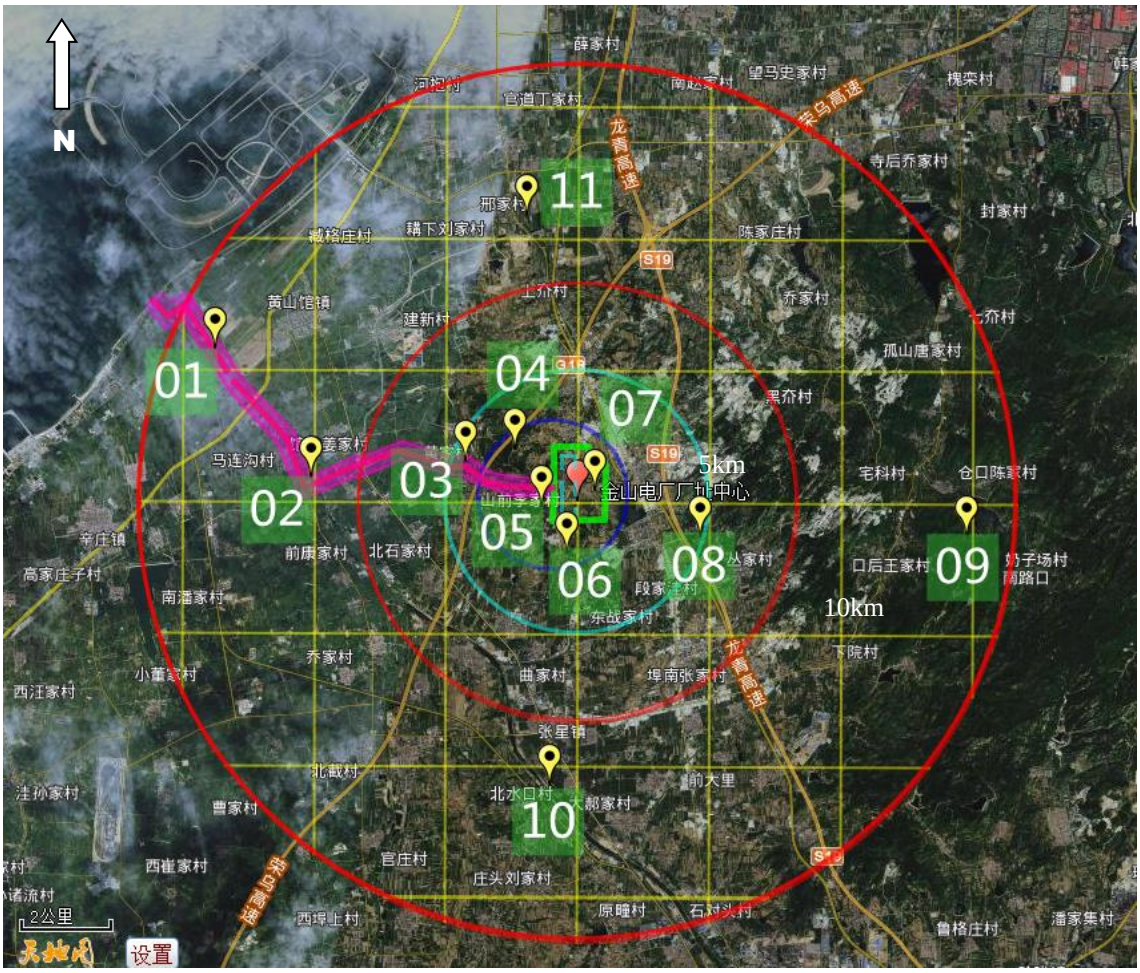
环境影响报告书（选址阶段）		
植物调查的样点样线分布图		
图 2.3-8	版次：	A



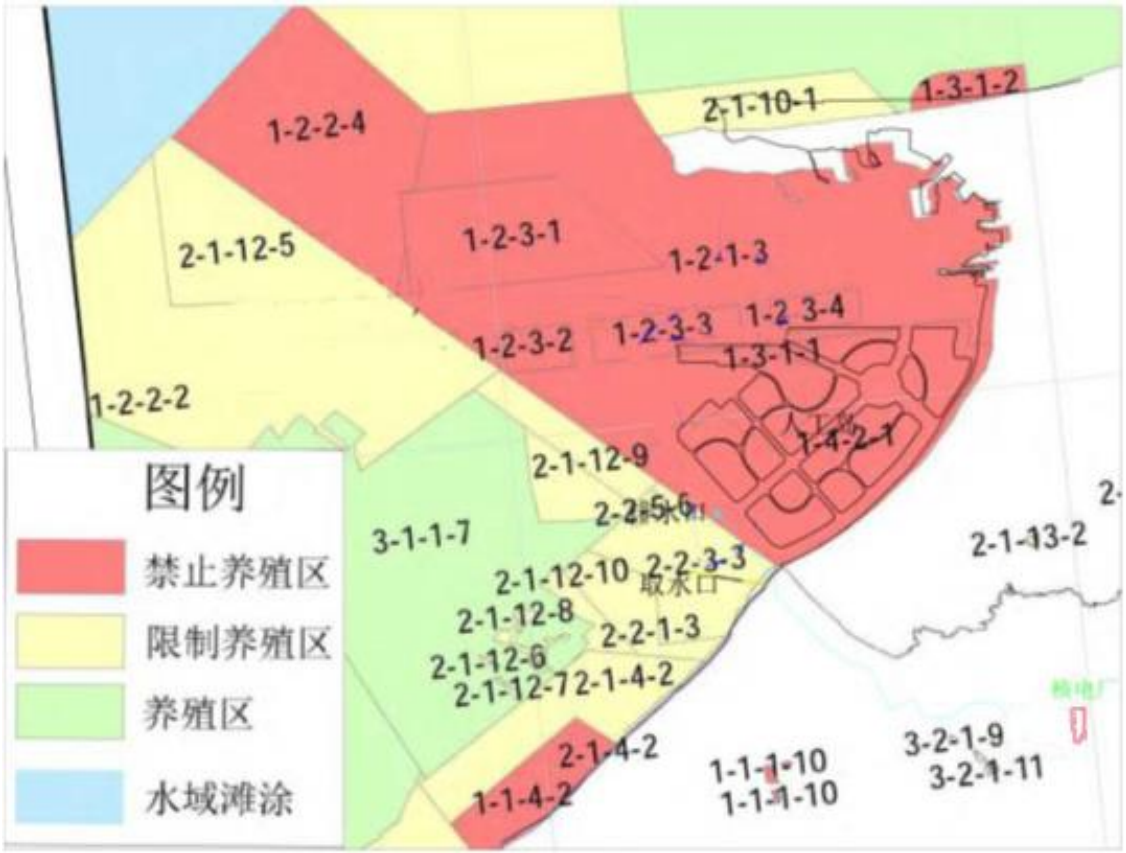
环境影响报告书（选址阶段）		
鸟类调查的样点样线分布图		
图 2.3-9	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
哺乳动物、两栖动物、爬行动物与昆虫调查样线、样点分布图		
图 2.3-10	版次：	A

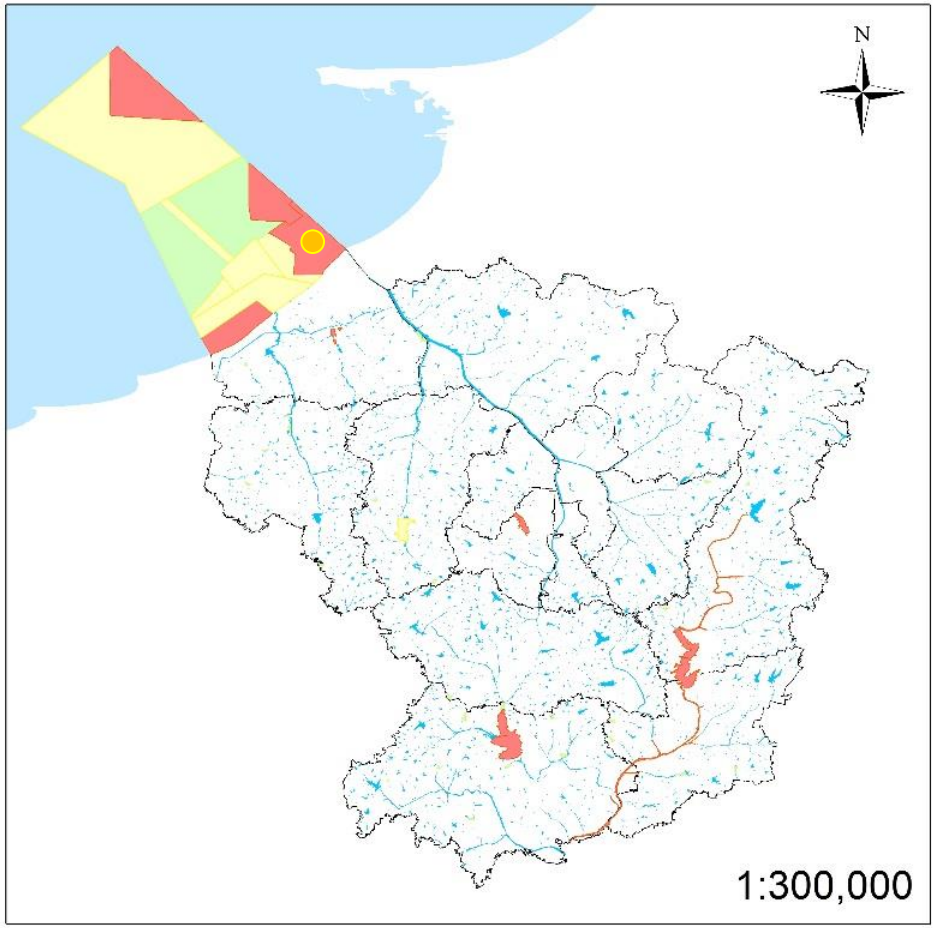


环境影响报告书（选址阶段）		
土壤动物取样点分布图		
图 2.3-11	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
烟台市养殖水域滩涂规划分布图		
图 2.3-12	版次：	A

招远市养殖水域滩涂规划（2018-2030）

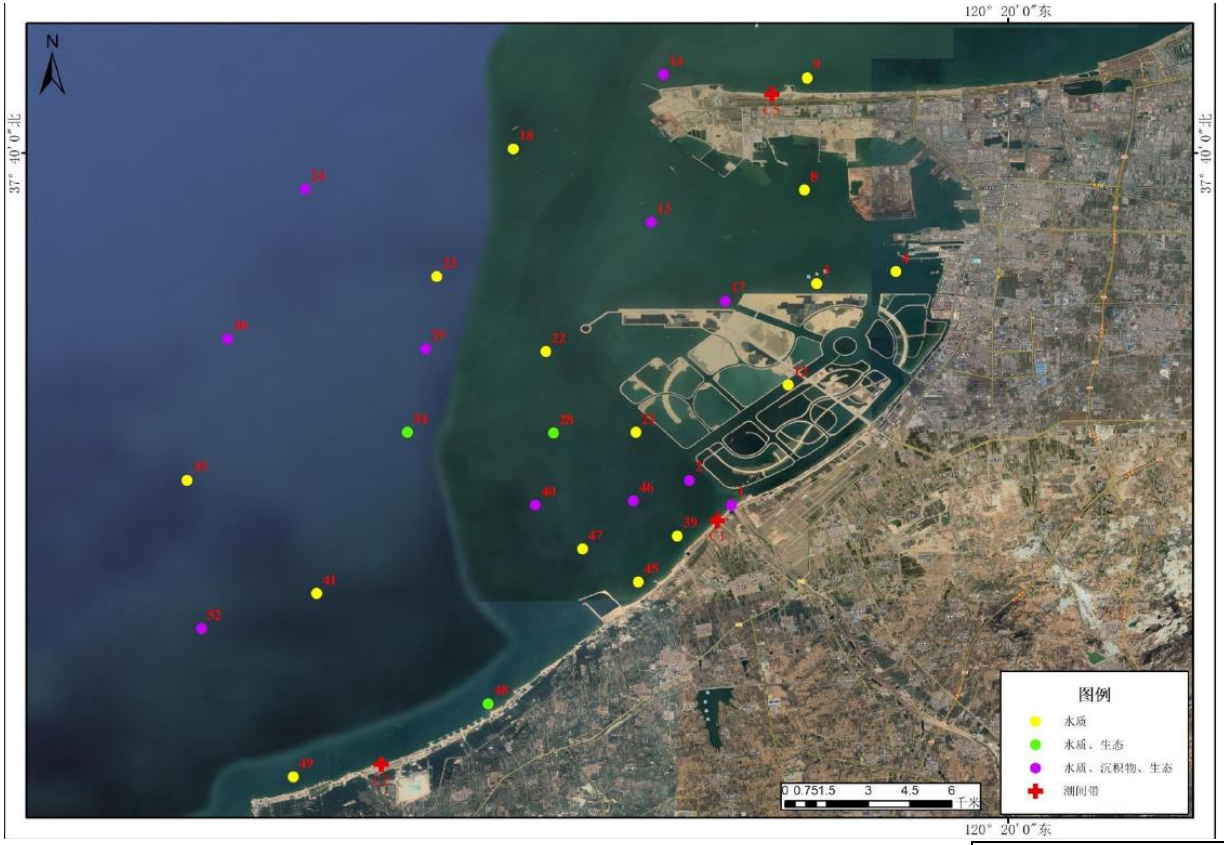


规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）

图例

- 养殖区
- 禁止养殖区
- 限制养殖区
- 陆地其他水域滩涂

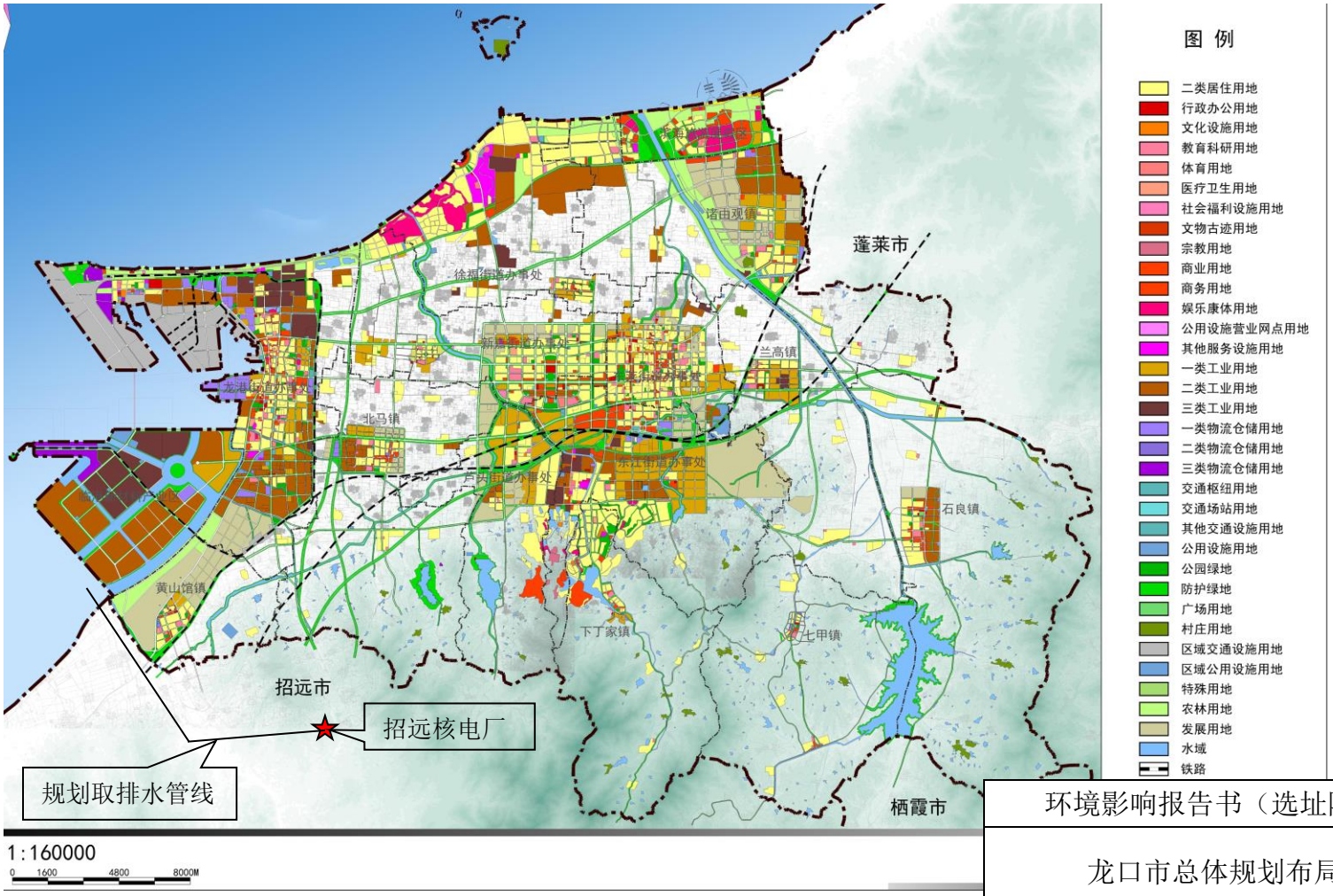
环境影响报告书（选址阶段）		
招远市滩涂养殖水域规划分布图		
图 2.3-13	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
调查海域水质、沉积物、海洋生态、潮间带调查站位图		
图 2.3-14	版次：	A



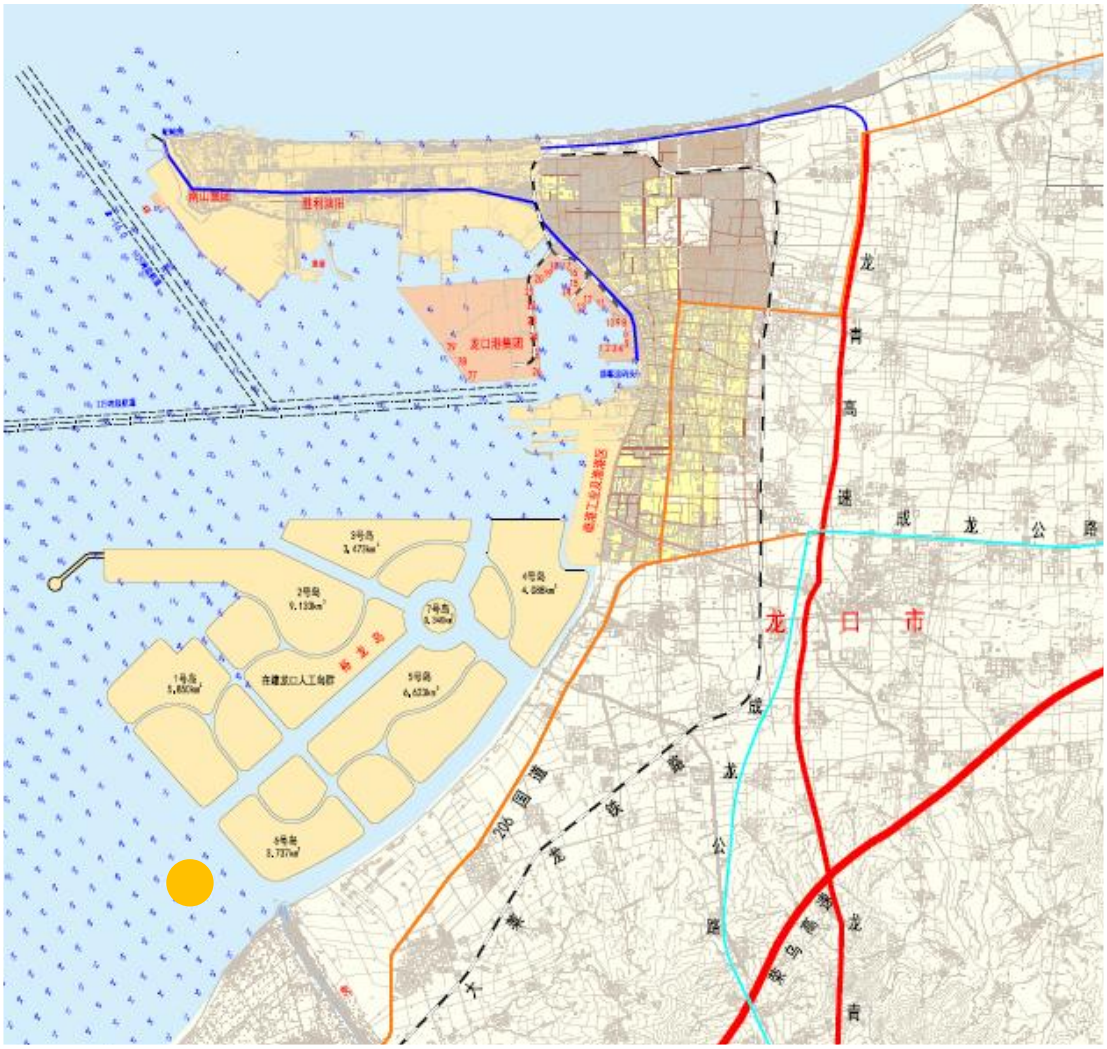
环境影响报告书（选址阶段）		
渔业资源调查站位图		
图 2.3-15	版次：	A



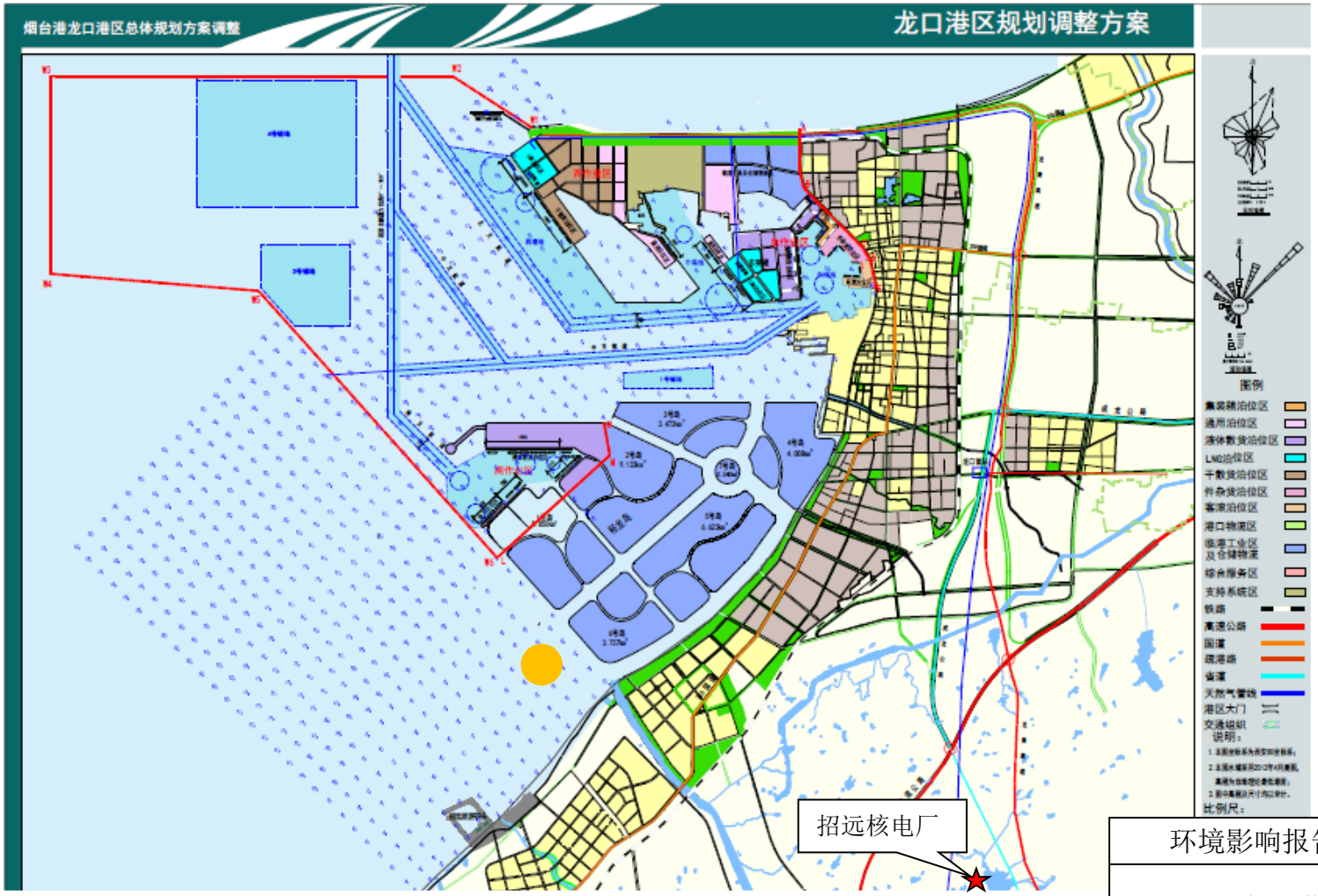
环境影响报告书（选址阶段）		
龙口市总体规划布局图		
图 2.3-16	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
裕龙岛炼化一体化项目 总体规划布局图		
图 2.3-17	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
龙口港现状示意图		
图 2.3-18	版次：	A



● 规划取排水口区域（具体位置以主管部门批复为准）

环境影响报告书（选址阶段）		
龙口港规划示意图		
图 2.3-19	版次：	A

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.1.1 区域一般气候特征

山东招远核电厂一期工程位于山东半岛，海洋对气候影响明显，年温适中，四季分明，光照充足。该区域中纬度天气系统活动频繁，大风、暴雨较多，具有夏热多雨、冬冷干燥的特点。各季气候特征如下：

- 冬季(12～2 月)厂址区域受蒙古冷高压控制，盛行偏北风，气候寒冷干燥。沿海地区因受海洋的影响，等温线分布大致与海岸线平行。
- 春季(3～5 月)随着太阳辐射的日益增强，该区域地面和空气温度逐渐升高，蒙古高压强度减弱，并向西北收缩。西太平洋副热带高压和大陆热低压势力逐渐增强，偏南风增多，降水明显比冬季增多。春季半岛内陆地区温度回升较快，沿海增温比内陆缓慢，气温分布变成沿海低、内陆高。
- 夏季(6～8 月)主要受西太平洋副热带高压和大陆热低压控制，天气炎热，湿润多雨，盛行偏南风，海洋对温度分布的影响占主导地位，等温线呈经向分布，形成西高东低的形势。由于南方暖湿气流强盛，经冷空气抬升常造成大量降水，甚至出现冰雹等强对流天气。盛夏副高南侧的热带气旋活动频繁，平均每年有 1.8 次（1961～2016 年）影响山东半岛，常带来大风和降水天气。
- 秋季(9～11 月)是大气环流形势自夏季到冬季的转换季节。9 月蒙古冷高压建立后，厂址区域基本处在极地大陆气团的影响下；10 月蒙古冷高压再度加强，地面上已是稳定的冬季环流形势，偏北风明显增多，气温明显下降，降水急剧减少，出现秋高气爽天气。受海洋与陆地的影响，气温分布逐渐出现沿海高于内陆的形势。

2.4.1.2 厂址周边台站气象观测资料分析

根据《山东招远核电厂一期工程极端气象参数及常规气象参数分析与计算专题》，确定的参证站为龙口国家基准气象站，经过综合对比分析，参证站龙口气象站观测结果能够代表并反映厂址区域的气象条件。

龙口气象站距离招远核电厂址约 15.2km，是距离厂址最近的气象站。现为国家基

准站，自 1956 年建站，1988 年迁站一次，观测场高度变化一次，气象站经纬度为北纬 37.6333°，东经 120.333°，海拔高度 4.8m。观测项目有气压、相对湿度、风速和风向、水汽压、气温、地面温度、降水量、日照、冻土、蒸发量等，仪器设备和资料整理等均符合国家规范。图 2.4-1 给出龙口气象站与厂址位置关系示意图。

本报告对于厂址周边台站各气象要素的分析资料均取龙口气象站自 1961 年度至 2021 年度气象观测资料。

1）气温

龙口气象站累年平均气温为 12.6℃，7 月份平均气温最高，为 25.9℃，1 月份平均气温最低，为-2.0℃，6 月至 9 月平均气温较高，均超过 20.0℃；累年极端最高气温为 39.2℃，出现在 6 月；累年极端最低气温为-21.3℃，出现在 1 月。

2）气压

龙口气象站累年平均气压为 1016.6hPa，1 月份平均气压最高，为 1027.1hPa，7 月份平均气压最低，为 1003.6hPa；累年极端最高气压为 1047.0hPa，出现 12 月，累年极端最低气压为 983.1hPa，出现在 8 月。

3）相对湿度

龙口气象站累年平均相对湿度为 66%，8 月份平均相对湿度最大，为 80%，3、4 月份平均相对湿度最小，为 59%；累年最小相对湿度为 2%，出现在 4 月。

4）降水

龙口气象站累年平均降水量为 611.5mm，7 月份平均降水量最多，为 161.2mm，1 月份平均降水量最少，为 8.0mm，累年最大日降水量为 182.8mm，出现在 7 月；累年平均降水量≥0.1mm 的日数为 76.0 天，≥10mm 的日数为 17.1 天，，≥25mm 的日数为 6.2 天，≥50mm 的日数为 2.1 天，≥100mm 的日数为 0.3 天，≥150mm 的日数较少。

5）日照

龙口气象站累年平均日照时数为 2750.7h，5 月份最多，为 289.5h，12 月份最少，为 167.4h。

6）风速

龙口气象站累年平均风速为 3.6m/s，4 月份平均风速最大，为 4.4m/s，8 月份平均风速最小，为 2.8m/s；累年静风频率为 7%；累年极大风速为 27.1m/s，风向为 NNW，

出现在 4 月，累年最大风速为 21.0m/s；累年以 NNE 风向下平均风速最大，为 4.7m/s。

7）风向

龙口气象站累年最多的风向为 S，频率为 18%，累年静风频率为 7%；春季、夏季、秋季、冬季主导风向均为 S，频率分别为 21%、21%、16%、13%。可见，龙口站各季风向较稳定，季节性变化不明显。

图 2.4-2 给出了龙口气象站累年平均风向玫瑰图。

8）冻土

龙口气象站累年最大冻土深度为 42cm，出现在 2 月，龙口气象站标准冻土深度为 21cm。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

厂址区域内有代表性气象观测站为龙口气象站，2.4.1.2节给出了龙口气象站1961年度至2021年度各常规气象要素的极端值。

2.4.2.2 极端气象现象

1）龙卷风

厂址区域 1950～2021 年共出现 179 次龙卷风纪录，其中 F0 等级发生 28 次占 15.6%，F1 等级发生 136 次占 76.0%，F2 等级发生 15 次占 8.5%。单位面积（1000km^2）上 F0、F1、F2 级龙卷风出现次数分别为 0.78 次、3.80 次、0.42 次。

厂址区域各地龙卷风出现次数较为均匀，招远、莱州、栖霞、平度、胶州出现机率稍大一些。厂址附近区域龙口 F0 发生 1 次，F1 等级发生 5 次，F2 等级发生 1 次；招远 F0 发生 4 次，F1 等级发生 4 次，F2 等级发生 3 次。龙卷风发生存在明显的季节性变化，夏季(6～8 月)发生数最多，春秋两季相对较少，冬季无龙卷风发生。厂址区域各月龙卷风次数以 7 月发生次数最多，11～3 月从未发生。

厂址设计基准龙卷风的最大风速为 79m/s。

2）热带风暴

以厂址为中心，半径 400km 作一圆，统计经过此区域内的热带气旋。1949～2021 年共有 55 个热带气旋中心经过此圆域，平均每年出现约 0.75 次。该圆域内 7 至 9 月

热带气旋出现最多有 53 次，占总数 96.36%；其中 8 月份出现最多为 28 次，占总数的 50.91%。进入该圆域内热带气旋强度达到台风的有 5 次，年平均 0.07 次，占热带气旋总数的 9.09%。影响本海区的热带气旋路径有三类：

第一类，热带气旋从厦门至温州之间登陆，然后北上，在长江口至山东半岛一带入海，进入研究海区。登陆后，热带气旋强度减弱，入海后又再度加强。

第二类，热带气旋从台湾省到冲绳岛之间北上，直接进入该海区。在副热带高压势力比较强并位于日本列岛附近时常出现此类路径。当这类热带气旋进入该海区后大多向东北方向移去并在朝鲜半岛登陆，仅有小部分向西北方向移动并可能在厂址附近登陆，这类路径的热带气旋直接从海上登陆，对厂址影响最大，强度也最强。

第三类是从冲绳岛到日本西部西进，进入该海区。由第一类路径进入研究海域的热带气旋为最多(32 次)，第二类路径为次(13 次)，第三类路径最少(10 次)。

由厂址区域选出的热带气旋中心年最低气压构成样本序列，热带气旋中心年最低气压最小值为 965hPa，热带气旋近中心年最大风速最大为 35.0m/s。

3）雷暴

根据气象观测业务规定，2014 年取消雷暴人工观测，故历史资料年限为 1961—2013 年。厂址附近区域雷暴集中出现在 7、8 月，尤以 7 月为最多，其次是 8、6、5 月，1、2 月份未出现雷暴。从各月的情况看，一个月中出现雷暴日最多为 16 天。

雷暴也有日变化规律，一日中有两个时段比较集中：一个是傍晚前后，一个是早晨前后，尤其是春、秋季节比较明显。夏季以午后到傍晚一段时间里雷暴出现较多。

4）飑线

由于气象观测业务规定，2014 年取消飑线观测，故飑线观测历史资料年限为 1961～2013 年。厂址附近地区飑线主要出现在春夏两季，龙口气象站 6～7 月最多，累积出现 29 次，冬季未出现。

5）冰雹

根据厂址区域范围内气象台站 1961—2021 年的地面气象记录，厂址区域各气象台站累年平均冰雹日数在 0.4～0.7 天之间，厂址区域南部略少于北部地区。龙口气象站累计出现 31 次冰雹，年降雹最多日数 3 天。

2.4.3 当地气象条件

本报告采用厂址气象塔和地面气象站 2021 年 7 月~2022 年 6 月一整年逐时观测气象数据的统计分析结果进行描述。该整年气象数据联合获取率为 95.4%。

2.4.3.1 气温

（1）地面气温

厂址地区年平均气温为 13.1℃，厂址地面气象观测站平均气温 7 月份最高，为 26.1℃，1 月份最低，为-1.7℃。极端最高温出现在 6 月份，为 34.6℃，极端最低温出现在 2 月份，为-9.3℃。

（2）气象塔塔层气温

气象塔 10m、30m、80m、100m 高度年平均气温分别为：13.3℃、13.3℃、13.0℃、12.9℃。

- 气象塔 10m 高度月平均最高温度为 25.9℃，月平均最低为-1.6℃；极端最高温度为 34.0℃，极端最低温度为-9.3℃。
- 气象塔 30m 高度月平均最高温度为 25.8℃，月平均最低为-1.5℃；极端最高温度为 34.1℃，极端最低温度为-9.2℃。
- 气象塔 80m 高度月平均最高温度为 25.6℃，月平均最低为-1.6℃；极端最高温度为 33.7℃，极端最低温度为-9.8℃。
- 气象塔 100m 高度月平均最高温度为 25.5℃，月平均最低为-1.6℃；极端最高温度为 33.6℃，极端最低温度为-9.8℃。

气象塔各高度极端最高气温均出现在 7 月，极端最低气温均出现在 1 月。

（3）贴地逆温

本报告中，限于气象塔梯度观测高度，仅对气象塔高度（100m）范围内贴地逆温进行分析。当气象塔10m、30m、80m、100m高度处气温随高度增加呈现递增趋势时，定义贴地逆温层厚度为100m，当气象塔10m、30m、80m三个高度的气温随高度升高而递增时，定义贴地逆温厚度为80m，而仅10m、30m两高度气温呈现递增趋势时，逆温层高度为30m。

本观测年度100m高度逆温共出现1352次，80m高度逆温共出现663次，30m高度逆温共出现1740次；100m高度贴地逆温在10月~次年5月出现均较多，80m高度贴地逆温

集中出现在8~10月。

从逆温出现的日变化来看，厂址地区逆温主要为辐射逆温，夜晚逆温出现次数相对较多，白天逆温出现次数较少。其中在夜间19时至次日凌晨8时时间段内逆温出现最多，在白天8时以后逆温出现次数显著减少。厂址地区80m和100m高度贴地逆温的年平均逆温强度在1.7~1.8℃/100m左右。

由于电厂气载流出物排放采用高架排放，因此，在80m和100m高度的逆温会对气载污染物扩散造成不利影响，统计80m以上贴地逆温出现共计2015时次，出现频率在23%左右。

2.4.3.2 气压

厂址地区全年平均气压为 1001.8hPa，2 月份的平均气压最高，为 1012.2hPa，6 月份的平均气压最低，为 988.2hPa。极端最高气压为 1026.1 hPa，出现在十二月，极端最低气压为 996.4hpa，出现在六月。

2.4.3.3 相对湿度

厂址地区年平均相对湿度为71%，以8月相对湿度最大，为88%，5月最小为60%。

2.4.3.4 降水

厂址地区年度降水量为652.4mm，8月份降水量最大，达131.3mm。全年降水小时数为456小时，9月份降水时数最多，达104小时。全年降水日数为85天，7月和8月降水日数最多，达12天。持续时间最长的一次降水出现在2021年1月28日17时至1月29日12时，整个降水过程持续20小时，降水量11.3mm。降水量最大的持续降水过程出现在2021年8月30日22时至31日12时，15小时累计降水量达108.5mm。

厂址地区全年降水期内以东北风和偏南风出现居多，降水期间出现较多的风向依次为NNE（17.5%）、N（14.9%）、S和SSE（12.9%）。

2.4.3.5 风

1）风向

厂址地区以东南偏南为主导风向，偏北风为次主导风向，各季节风向频率分布变化趋势不明显，全年各季以偏南风为主导风向，以偏北风为次主导风向，在冬季东北风和偏北风出现较其他季节偏多，因此厂址地区冬季偏北风和偏南风出现均较多，冬季主导风向不显著。

- 10m 高度全年平均风向频率最高的风向为 SSE，所占风频为 21.3%，其次为 S，

所占风向频率为 20.5%。

- 30m 高度全年平均风向频率最高的风向为 SSE，所占风向频率为 31.9%，其次为 N，所占频率为 17.4%。
- 80m 高度全年平均风向频率最高的风向为 SSE，所占风频为 29.2%，其次为 NNE，所占风向频率为 11.1%。
- 100m 高度全年平均风向频率最高的风向为 SSE，所占风频为 20.3%，其次为 N，所占风向频率为 11.8%。

2）风速

厂址地区 10m、30m、80m、100m 高度年平均风速分别为 4.5m/s、5.2m/s、6.0m/s 和 6.1m/s，从各月平均风速来看，厂址地区春季、冬季平均风速较大，夏季、秋季风速较小。

通过对静风的统计（风速＜0.5m/s 做静风处理），厂址地区各高度全年静风频率较小，出现频率在 0.2%~0.4%之间。

2.4.4 大气稳定度

根据《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）中推荐的三种方法来分析厂址地区的大气稳定度状况，三种方法分别为太阳辐射-风速方法，温度梯度法，温度梯度—风速法。

从分类原理比较，温度梯度法仅考虑在一定高度范围内温度随高度的分布，太阳辐射-风速法则从太阳辐射强弱结合风速来判断稳定度，温度梯度-风速法则在考虑温度垂直分布的基础上考虑风速的影响，既考虑了热力效应又考虑了动力效应在不同大气稳定度天气的表现，从原理上相对来说考虑的更全面。

从分类结果来看，太阳辐射-风速法认为厂址地区没有 A 类稳定度出现，因此，该分类法统计结果的大气稳定度主要集中在 D 类稳定度；温度梯度法对于不稳定类天气统计结果偏小而稳定类天气统计结果偏大，主要是由于在对流不稳定天气条件下，该法常常可能观测到中性和稳定条件下的温度递减率。温度梯度-风速法考虑风速影响，若温度梯度为正时再结合风速判断是否为稳定类天气，避免分类结果过于保守，其稳定度分类结果相对合理。

经综合分析，本报告推荐采用温度梯度-风速法对厂址稳定度进行分类。根据厂址气象塔观测系统 2021 年 7 月~2022 年 6 月 10m 高度风向、风速、10m 和 80m 高度温度逐时观测资料，采用温度梯度-风速法对厂址地区稳定度分类，各稳定度所占比例分别为：A 类 0.3%，B 类 4.8%，C 类 12.9%，D 类 59.5%，E 类 11.2%，F 类 11.3%。

2.4.5 联合频率

根据 2021 年 7 月~2022 年 6 月厂址气象塔 10 米高度风向、风速以及稳定度分类 j 结果，无降水的联合频率共占全年联合频率的 94.55%，其中 D 类最高，占总额的 59.52%，有降水共占全年联合频率的 5.45%，其中 D 类稳定度为 4.37%。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

目前厂址地区尚未开展大气扩散试验，参考咸宁核电厂一期工程环评报告，中国辐射防护研究院根据 2006 年 1 月和 2006 年 6 月～7 月在咸宁核电厂址进行的冬夏两季大气测试试验结果，获取的混合层高度分别为：A-B 类为 1100m，C 类为 900m，D 类为 540m，由于咸宁厂址位于内陆，其扩散条件相对沿海具有一定的保守性。同时，厂址周边最近的高空气象观测台站位于青岛市，根据《青岛地区混合层高度的季节变化》（李金堡，骆永军，等. 舰船电子工程，2014 年第 11 期），青岛地区的混合层高度大致在 500~1000m 波动，由于厂址评价范围内涉及部分青岛区域，故该数据具有一定参考价值。

综合考虑以上资料，本项目现阶段暂推荐采用 500m 的混合层高度，下阶段将开展现场实际观测工作。

2.4.6.2 扩散参数

目前尚未开展大气扩散试验，鉴于 P-G 扩散参数在 IAEA 安全丛书 50-SG-S3 和 HAD101/02 中均推荐使用，因此在山东招远核电项目厂址暂推荐采用 P-G 扩散参数来进行大气弥散因子的计算。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.4.7.1 厂址气象观测系统概况

山东招远核电项目厂址气象观测系统于 2016 年 11 月开始正式运行，2017 年运行一整年后暂停运行，2021 年对设备进行了更换，在 2021 年 7 月重新启动运行，目前获取了 2021 年 7 月至 2022 年 6 月数据。

厂址气象站主要设施包括气象塔观测、地面气象观测站、自动气象观测系统。气象梯度自动观测共设四层（10m、30m、80m 和 100m），分别测量厂址地面以上各个高度风向、风速、温度，以获取厂址区域有关风场分布、温度场结构变化等气象资料，以此了解厂址地区气象条件。

2.4.7.2 厂址气象观测系统观测计划

1）观测位置及周边环境

厂址气象观测系统站址距离山东招远核电厂 1 号机组北侧约 0.5km，站址高程约 100m。本项目反应堆所在厂坪标高与气象站标高相差约 5m。厂址气象观测系统与山东招远核电厂址位置关系及周边环境情况见图 2.4-1。

2）观测项目

厂址气象观测系统分为气象塔梯度观测系统和地面气象观测场，气象塔高度为 102m，在塔体 10m、30m、80m、100m 高度设置四层设备平台；地面气象观测场设有观测值班房，观测值班房内，设备按要求采集记录气象数据，并具有远程数据传输功能，在无人值守的条件下，可定时向远程控制终端发送所有的气象观测数据。

— 气象塔观测项目为：10m、30m、80m、100m 高度的风向、风速、气温；

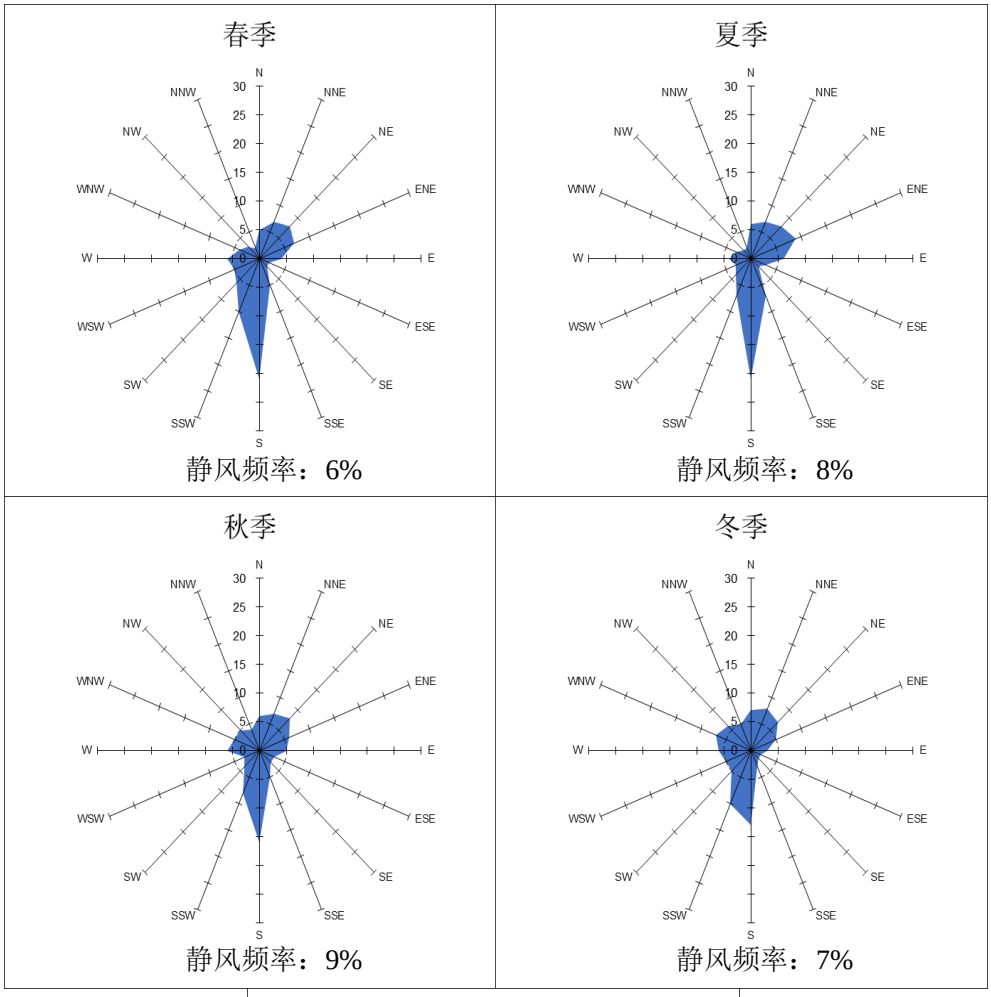
— 地面气象观测场内观测项目为：太阳总辐射、净全辐射、气压、气温、湿度、日照、雨量、蒸发，土壤温度（地表以下 5cm、10cm、15cm）。

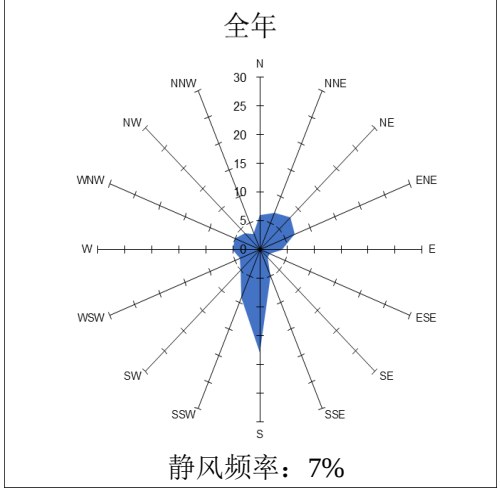
3）观测仪器

观测仪器有风速传感器、风向传感器、温度传感器、温湿度传感器、气压传感器、日照传感器、蒸发传感器、雨量传感器、总辐射传感器、净辐射传感器，所有传感器均附有相关的出厂技术标定证书。



环境影响报告书（选址阶段）		
厂址气象站与参证气象站位置示意图		
图 2.4-1	版次：	A





环境影响报告书（选址阶段）		
龙口气象站累年风向玫瑰图		
图 2.4-2	版次：	A

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

2.5.1.2 海洋水文

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.5.4 参考资料

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

（1）河流与水库

本项目位于山东省烟台市所辖招远市张星镇北侧、季山南侧的丘陵地带，招远市河流均属于山东半岛诸河水系，河流数量较多但流域面积都较小，多为源短流急的季节性河流，径流量有限。

招远境内河流主要可分为两个水系，即黄海水系和渤海水系。其中黄海水系仅包含大沽河一条主要河流，其余主要河流均属渤海水系。招远市内河流以境内产水为主，客水流入量很小。招远市境内干流长度大于 5km 的河流有 51 条，其中界河流域为第一大流域，大沽河为第一长河。招远核电项目厂址半径 15km 范围内的河流一共有 6 条，分别为界河、八里沙河、钟离河、南栾河、罗山河和河里张家河。表 2.5-1 给出了厂址半径 15km 范围内的河流及相对位置关系。

界河发源于招远市区西南约 8km 处铁夼村西的尖尖山南麓，沿齐山镇北部往西南向流，约行 7km 后折向北进入市区内，经过金岭、张星、辛庄、龙口市黄山馆镇后注入渤海，入海口以上有约 4.5km 的河道为招远市与龙口市的边界。干流全长 45km，为招远市第二长河。控制流域面积 581.0km^2，为招远市最大的流域，约占招远陆域总面积的 40.6%。主河床宽约 100m，河道落差 274m。界河由于源短，坡降较大，加上各主要支流上游对地表水的拦截，表现为季节性河流的特点。根据实测水文资料，河道断流可能发生在全年各个月份。

八里沙河发源于马格庄东南山，流经测区内庙头郭家村、牛栏徐家村、上夼村，在上夼村北流出测区，从河抱村西北注入渤海湾。全长 15km，流域面积约 77.0km^2。

钟离河发源于齐山镇北寨子村，汇集华山西涧、老鼠尾、石脚山诸山之水，向北流经蚕庄、金岭、辛庄三街镇，流入界河。干流全长 25.3km，流域面积 116.0km^2。

南栾河发源于招远市北部的美秀顶，随即流入龙口市境内，流经芦头、大陈家镇、北马镇，最终汇入泳汶河。全长 21.0km，招远境内约 7.3km。

罗山河发源于玲珑镇小蒋家村，流经玲珑、大秦家等街镇和招远经济技术开发区，至张星镇杜家西村流入界河。干流全长18.5km，流域面积174.4km^2。

河里张家河为北马南河支流，发源于仙人桥村南侧，流经测区内仙人桥村，在仙

人桥村西北流出测区，于柳行村南汇入北马南河。北马南河从龙港街道注入渤海湾。

此外，胶东调水工程是国家南水北调的东线工程，工程途径滨州、东营、潍坊、烟台、威海、青岛6市16县市区，输水线路总长482km，于2013年年低全线贯通，并完成了工程综合调试运行及试通水工作。该调水工程输水线路途径招远市，是侯家水库的重要客水水源，并通过辛庄净水厂为本项目附近的张星镇、辛庄镇等镇政府所在地供水。

招远市共有大中型水库 3 座，分别是勾山水库、城子水库和金岭水库，净控制流域面积 190.16km^2，总库容 10084 万 m^3，兴利库容 4225 万 m^3；小（1）型水库 30 座，净控制流域面积 191.96km^2，总库容 7384.6 万 m^3，兴利库容 4864.1 万 m^3；小（2）型水库 192 座，净控制流域面积 222.19km^2，总库容 4741.5 万 m^3，兴利库容 3073.96 万 m^3。龙口市现有 3 座大中型水库，小型水库 74 座，5 万方以上塘坝 77 座，地表总库容 2.26 亿立方米，共有大小河流 23 条。3 座大中型水库分别为北邢家水库、迟家沟水库、王屋水库。其中，厂址半径 15km 范围内的小（1）型以上水库有 5 座，分别是侯家水库、栾家河水库、陈家水库、北邢家水库和迟家沟水库。

侯家水库位于厂址 W 方位约 8.2km，招远市西北部淘金河下游辛庄镇侯家村南，控制流域面积 25.39km^2，总库容 1191 万 m^3，是招远市划定的水源保护地之一，侯家水库取水口为放水洞，通过输水管道到侯家水库加压泵站，输水管道设计供水能力 7.0 万 m³/d，最大供水能力 7.0 万 m³/d，由加压泵站提水通过输水管道到辛庄净水厂。

栾家河水库位于厂址 ESE 方位约 0.8km，控制流域面积 7.0km^2，总库容 304 万 m^3，是一座以灌溉为主的小（1）型水库。

陈家水库位于厂址 E 方位约 8.9km，控制流域面积 12.5km^2，总库容 483 万 m^3，是一座以灌溉为主的小（1）型水库。

北邢家水库位于厂址 ENE 方位约 13km，龙口市下丁家镇北邢家村西，泳汶河中上游，控制流域面积 64km^2，总库容 1325 万 m^3，是一座以防洪、灌溉、供水为主的中型水库。

迟家沟水库位于厂址 NE 方位约 9km，龙口市芦头镇寺后乔家村南，泳汶河系南栾河中游，控制流域面积为 47km^2，总库容 2044 万 m^3，是一座集防洪、灌溉、供水、养殖为一体的中型水库。

表 2.5-2 给出了厂址半径 15km 范围内小（1）型以上水库工程。厂址半径 15km

范围内的地表水体情况见 2.3 节图 2.3-1。

（2）淡水水源条件

本项目施工期生产和生活用水采用以辛庄净水厂作为淡水水源，水厂原水取自侯家水库，用于施工的现场砂石料生产、混凝土搅拌、混凝土养护、海工盾构、绿化、道路浇洒、办公、消防等用水、生活用水。

运行期生活用水采用辛庄净水厂取水作为淡水水源，供应厂区人员生活及办公用水，以及大修人员生活用水；运行期包括工业水、化学水及消防水等在内的其他用水，拟自建海水淡化设施供水。

侯家水库水源主要是胶东调水工程引调的黄河水和长江水，目前的取水用户只有辛庄净水厂，根据本项目水资源论证研究成果，侯家水库供水量能够满足 90%保证率要求下施工期取水量需求，也能够满足 97%保证率要求下运行期生活用水需求。同时，侯家水库水质较好，历次调水监测结果显示，引入的客水水质全部达到国家规定的地表水环境质量III类水质标准，满足饮用水水源要求。

2.5.1.2 海洋水文

厂址附近有厂址海洋站和龙口海洋站。厂址海洋站位于 37°31.2′N，120°12.5′E，测潮的起止年月为 2016 年 10 月至今；龙口海洋站位于 37°39.1′N，120°18.9′E，测潮的起止年月为 1961 年 1 月～1989 年 12 月和 1992 年 1 月至今。

天津水运工程勘察设计院于 2016 年 9 月～2017 年 10 月在厂址附近海域开展了周年水文站观测工作，观测项目主要有潮位、波浪、温盐、泥沙等。此次观测共设置了 3 个潮位观测站（屺坶岛站、招远港站和三山岛站）和 13 个海流观测站。冬季期间，2016 年 12 月 10 日 08 时～11 日 11 时进行小潮期同步观测;2016 年 12 月 11 日 15 时～12 日 12 时进行中潮期同步观测；2016 年 12 月 16 日 12 时～17 日 16 时进行大潮期同步观测。夏季期间，2017 年 6 月 18 日 11 时～19 日 15 时进行小潮期同步观测；2017 年 6 月 21 日 09 时～22 日 13 时进行中潮期同步观测；2017 年 6 月 25 日 13 时～26 日 17 时进行大潮期同步观测。目前建设单位已委托中科院海洋研究所正在开展 2021 年~2022 年全潮水文观测工作。水文观测站位置见图 2.5-1。水文观测站坐标统计表见表 2.5-3。

（1）海域地理环境

本项目厂址所处的海域为龙口湾海域，龙口湾位于山东半岛北部，莱州湾至东北

隅，为莱州湾的一个附属海湾。海湾湾口开向西南，北起屹岬岛高角，南至界河口，口宽13.4km，属开敞式海湾。海湾面积84.13km^2，其中水域面积77.90km^2，潮间带面积6.23km^2，岸线长24.50km。湾内最大水深12m，平均水深5m左右，5m和10m等深线与岸线基本平行，15m等深线位于莱州湾口外侧，湾廓呈半圆形，为典型的连岛坝成因的次生海湾，湾内底质泥沙以砂质为主。龙口湾周边地形东南高而西北低，依次呈阶梯式降低。最高点为湾东南之罗山，海拔757m，而龙口镇海拔仅2.9m。沿湾近岸地区，为冲海积平原，地形平坦，起伏不大。龙口湾海岸以沙质堆积岸为主，屹岬岛连岛砂坝横亘于海湾之北，长10km，宽1~2km，湾顶至界河口为冲积平原海岸，沿岸潮间带狭窄，岸廓平滑。湾北之屹岬岛为陆连岛，是海湾唯一之基岩海岸，岛高55.5m，面积2.25km^2，岸边分布有宽200-800m的海蚀平台，岸外是龙口湾最深的部位。湾内海底地形由湾顶向湾口缓倾，发育有尖子头、官道及鸭滩等水下沙咀，形成了天然水下防波堤。厂址所处海域水下地形图见图2.5-2。

（2）潮汐

根据龙口海洋站多年实测潮位资料拓展厂址海洋站的历时潮位资料序列，并对厂址站新的历时潮汐资料进行分析，所得潮汐特征值见表2.5-4。

山东招远核电厂附近海域潮汐为不规则半日潮型，潮差较小，平均潮差为0.62m，最大潮差2.76cm；平均涨潮历时大于平均落潮历时，分别为6h33min和5h52min；平均高、低潮位分别为0.39m和-0.23m，最高天文潮位和最低天文潮位分别为1.19m和-0.59m，10％超越频率天文高、低潮位分别为1.11m和-0.56m；厂址设计高低潮位分别为1.06m和-0.77m；厂址平均海面位于1985国家高程基准上0.09m。

（3）海流

根据 2016 年冬、2017 年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，表 2.5-5 给出了 2016 年冬、2017 年夏两季大、中、小潮观测期间实测涨、落潮最大流速、流向。图 2.5-3 给出了 2016 年冬、2017 年夏两季大、中、小潮观测期间各站垂线平均海流矢量图。本海域海流具有如下特征：

一 垂线平均最大流速：冬、夏两季均出现在屹坶岛附近水域的 V03 测站大潮期，冬季涨潮段为 0.70m/s，流向 250°，落潮段为 0.56m/s，流向 47°，夏季涨潮段为 0.63m/s，流向 242°，落潮段为 0.70m/s，流向 56°。中部水域垂线平均最大流速，冬季涨潮段为 0.48m/s，出现在大潮期间的 V06 测站；落潮段为 0.47m/s，出现在

大潮期间的 V05 测站；夏季涨、落潮段分别为 0.49m/s、0.51m/s，出现在大潮期间的 V05 测站。三山岛附近水域垂线平均最大流速，冬、夏两季均出现在 V12 测站大潮期，冬季涨、落潮段分别为 0.37m/s、0.33m/s，夏季涨、落潮段分别为 0.36m/s、0.42m/s。

－实测最大流速：冬、夏两季均出现在屹坶岛附近水域的 V03 测站大潮期，冬季，涨潮段为 0.75m/s，流向 249°，落潮段为 0.63m/s，流向 50°，分别出现在表层。夏季，涨潮段为 0.72m/s，流向 244°；落潮段为 0.86m/s，流向 55°，分别出现在 0.2H 和表层。冬季中部水域涨、落潮最大流速分别为 0.53m/s 和 0.54m/s，分别出现在大潮期间 V06 测站的 0.2H 和 V05 测站的 0.2H；三山岛附近水域涨、落潮最大流速分别为 0.42m/s 和 0.44m/s，分别出现在大潮期间 V12 测站的表层和中潮期间 V13 测站的表层。夏季中部水域涨、落潮最大流速分别为 0.57m/s，分别出现在大潮期间 V05 测站的表层；三山岛附近水域涨、落潮最大流速分别为 0.41m/s 和 0.46m/s，分别出现在大潮期间 V12 测站的表层和 0.2H。

－海流方向：冬、夏两季厂址附近海域各测站涨、落潮平均流向变化较小，各测站基本呈现往复流性质，且流向基本平行于岸线。V04 测站毗邻屹坶岛，且可能受龙口港航道的影响，导致流速很小，潮流特征不明显，其流向在某一扇形范围内变化，往复性和旋转性变化特征均不明显。

（4）余流

根据 2016 年冬、2017 年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，表 2.5-6 给出了 2016 年冬、2017 年夏两季观测期间的各站余流的流速和流向。图 2.5-4 给出了 2016 年冬、2017 年夏两季观测期间的余流平面分布图。本海域余流具有如下特征：

－ 垂线平均余流流速：冬季观测期间，屹坶岛附近水域在 0.6cm/s～10.2cm/s 之间；中部水域在 0.6cm/s～7.1cm/s 之间；三山岛附近水域 0.4cm/s～5.3cm/s 之间。各测站垂线平均余流最大值出现在大潮期间 V03 测站，达 10.2cm/s，方向为 266°。夏季观测期间，屹坶岛附近水域在 1.6cm/s～11.3cm/s 之间；中部水域在 0.7cm/s～5.6cm/s 之间；三山岛附近水域在 0.8cm/s～3.9cm/s 之间。各测站垂线平均余流最大值出现在大潮期间 V01 测站，达 11.3cm/s，方向为 144°。

－ 各层余流流速：冬季观测期间，屹坶岛附近水域在 0.6cm/s～11.1cm/s 之间；中部水域在 0.2cm/s～7.7cm/s 之间；三山岛附近水域在 0.1cm/s～7.1cm/s 之间。各

测站余流最大值出现在大潮期间 V03 测站 0.4H，达 11.1cm/s，方向为 267°。夏季观测期间，屹坶岛附近水域在 1.6cm/s～15.0cm/s 之间；中部水域在 0.2cm/s～10.8cm/s 之间；三山岛附近水域在 0.2cm/s～7.4cm/s 之间。各测站余流最大值出现在大潮期间 V01 测站表层，达 15.0cm/s，方向为 143°。

－ 垂线平均余流方向：屹坶岛附近水域多在 S～W 以及 SE～SSE 之间；中部水域多在 S～W 以及 ESE～SSE 之间，三山岛附近水域多在 WSW～WNW 以及 ENE～E 之间。

总体来看，厂址附近海域余流较小，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。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。

（5）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了它的波浪特征，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见图 2.5-5。本海域波浪具有如下特征：

厂址附近海域主要受北季风和西北季风所影响，以风浪为主，具有明显的季节性。周年水文观测期间，周年平均$H_{1/3}$为0.35m，周年平均$H_{1/10}$为0.43m，周年平均周期2.82s，周年最大$H_{1/3}$为2.5m，周年最大$H_{1/10}$为3.9m。

该海域NNW向的波浪频率最高，达27.9%，其次为N向，为22.2%。$H_{1/10}$波高0.5m以下所占频率达76.6%，而1.0m以上的$H_{1/10}$波高所占频率为13.3%。波浪的强度以N向最强，NW、NNW向次之。厂址附近海域波周期为≤2.0s，出现频率达9.4%，周期为2.1～3.0s，出现频率为36.0%。厂址附近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。

（6）水温

根据 2016 年冬、2017 年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，海域水温特征为：

－大潮观测期间：冬季各测站最高水温为7.25℃（V01测站，2016年12月16日13:00，表层），最低水温为4.56℃（V08测站、2016年12月17日07:00，表层）。平均水温分布在4.82℃～6.81℃之间。夏季各测站最高水温为24.86℃（V13测站，2017年06月26日13:00，表层），最低水温为21.03℃（V01测站、2017年06月25日16:00，底层）。平均水温分布在21.48℃～23.51℃之间。

－中潮观测期间：冬季各测站最高水温为7.73℃（V01测站，2016年12月12日12:00，表层），最低水温为5.89℃（V13测站、2016年12月12日06:00，表层～0.4H）。平均水温分布在6.16℃～7.54℃之间。夏季各测站最高水温为25.62℃（V09测站，2017年06月21日12:00，表层），最低水温为20.07℃（V01测站、2017年06月21日22:00～23:00，0.8H和2017年06月21日23:00，底层）。平均水温分布在21.22℃～23.79℃之间。

－小潮观测期间：冬季各测站最高水温为7.89℃（V03测站，2016年12月10日10:00，表层），最低水温为5.90℃（V13测站、2016年12月11日10:00，表层～0.2H）。平均水温分布在6.26℃～7.67℃之间。夏季各测站最高水温为25.33℃（V04测站，2017年06月18日16:00，表层），最低水温为20.62℃（V03测站、2017年06月18日11:00、14:00，底层）。平均水温分布在21.37℃～23.62℃之间。

－垂直分布：由于受太阳辐射的影响，导致表层水温略高于底层水温，冬、夏两季总趋势自表层至底层逐层降低，但垂向上梯度不明显，基本呈均匀分布。

－水平分布：海域冬季海水水温平面分布，呈近岸低，远岸高的分布，东部高于西部的特征，夏季海水水温平面分布与冬季规律相反。

（7）盐度

根据2016年冬、2017年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，海域盐度特征为：

－大潮观测期间：冬季各测站最大盐度为32.14，最小盐度为31.43（V01测站、2016年12月16日17:00、22：00，表层。平均盐度分布在31.49～32.11之间。夏季各测站最大盐度为32.00（V02测站、2017年06月25日16:00，表层），最小盐度为30.86（V08测站、2017年06月26日01:00，表层）。平均盐度分布在31.06～31.95之间。

－中潮观测期间：冬季各测站最大盐度为32.11，最小盐度为31.03（V13测站、2016年12月12日16:00，表层～0.4H），盐度极端变化量1.08。平均盐度分布在31.50～32.10之间。夏季各测站最大盐度为32.17（V05测站、2017年06月22日01:00，0.8H和2017年06月22日01:00、04:00～05:00，0.8H和底层），最小盐度为31.08（V01测站、2017年06月22日02:00，表层）。平均盐度分布在31.19～32.11之间。

－小潮观测期间：冬季各测站最大盐度为32.12（V09测站、2016年12月11日04:00，0.8H和底层），最小盐度为31.37（V13测站、2016年12月11日03:00、11:00，表层）。平均盐度分布在31.70～32.10之间。夏季各测站最大盐度为32.13（V05测站、2017

年06月19日06:00～08:00，0.8H和2017年06月19日06:00～10:00，底层），最小盐度为31.10（V01测站、2017年06月19日05:00，表层）。平均盐度分布在31.17～32.06之间。

－垂直分布：冬季海域海水盐度垂向变化较小，基本呈均匀分布；夏季海域海水盐度垂直分布，总趋势自表层至底层逐层增大，但垂向上梯度差距不大，基本呈均匀分布。

－水平分布：冬季各测站差异不明显，海水盐度分布较均匀；夏季呈近岸低，远岸高的分布，且东部高于西部。

（8）泥沙

厂址所在海区河流来沙影响很小，水体含沙量不大，潮流流速较弱，远离本海域的高含沙量水体不可能随着潮流运移到本海域，海域的水体泥沙主要是在波浪作用下的泥沙再悬浮。

根据2016年冬、2017年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，海域悬沙特征为：

－ 含沙量：在冬季大潮期间因潮水动力增强而含沙量较高，垂线平均含沙量在0.007kg/m^3～0.149kg/m^3之间，中潮垂线平均含沙量分布在0.004kg/m^3～0.031kg/m^3，小潮垂线平均含沙量分布在0.006kg/m^3～0.055kg/m^3之间。夏季大潮期间因潮水动力增强而含沙量较高，其垂线平均含沙量在0.001kg/m^3～0.053kg/m^3之间，中潮次之，其垂线平均含沙量分布在0.002kg/m^3～0.037kg/m^3，小潮期间则随潮动力的减弱而含沙量锐减，其垂线平均含沙量分布在0.001kg/m^3～0.017kg/m^3之间。

－ 时空分布：厂址附近海域各测站潮段平均含沙量和潮段最大含沙量无论是涨潮段，还是落潮段，均呈现从表层到底层逐渐增大的分布状态。含沙量的垂向梯度呈冬季涨潮段小于落潮段，夏季涨潮段大于落潮段，且夏季大于冬季。

－ 颗粒级配：冬、夏季海域各测站所取悬沙的物质主要成分为粘土质粉砂，冬季海域大潮悬沙中值粒径平均值为0.0107mm，中潮悬沙中值粒径平均值为0.0103mm，小潮悬沙中值粒径平均值为0.0096mm，大、中、小潮悬沙中值粒径平均为0.0102mm，夏季海域各测站平均悬沙粒径在0.0067～0.0075mm之间，平均为0.0071mm。

（9）海冰

厂址附近海域部分年份冬季有海冰出现，但随着冬季气候的变化，各年的冰情不

尽相同。当地冻结的海冰基本没有，较厚的冰都是北部海域漂流来的，融冰期中尤其如此。

通过收集厂址海域附近海洋站龙口站的海冰观测资料，统计本项目海域海冰基本特征，包括冰期、冰量、固定冰厚度、宽度等、流冰漂流方向及速度等，对工程海域重冰年的冰清、海冰时、空分布特性进行了分析，主要特征如下：

— 冰期：平均冰期为41天，最长冰期为51天，最短冰期为29天；最长实有冰日为28天，最短实有冰日为6天；最早初冰日为1月1日，最晚初冰日为1月7日；最早终冰日为1月29日，最晚终冰日为2月21日。

— 冰量：平均冰量为3.4成，最大冰量为11成，均为浮冰。

— 流冰漂流方向、速度：流冰范围大致沿5m等深线分布，流冰边缘线距岸5~15km。流冰漂流主方向为NE，频率56.0％，其次为SW向，频率分别为32％。观测到浮冰的漂流平均速度一般为0.3m/s左右，最大流速为1.0m/s，出现在NE向。

该海域海冰多为流冰，没有观测到固定冰；1月中旬至2月上旬的一个月左右时间为能见到冰的日期。近年来，冰清有减轻的趋势，近10年中仅有5年出现了冰清，但2009年度发生了近30年来渤海冰情最为严重的冰清。莱州湾最大浮冰范围达到了46海里，最大冰厚30cm。但本项目厂址所在的龙口湾海域海冰状况并不是特别严重。

（10）岸滩稳定性

根据厂址附近海域大量现场实测水文泥沙、水下地形及卫星遥感资料，对工程海域水动力泥沙环境及岸滩稳定性的分析如下：

— 泥沙来源：厂址附近海域远离黄河口，入海最大河流为招远和龙口交界处的界河，其平日径流微弱，仅在夏季暴雨后有径流携带部分泥沙入海，供沙量有限。海域潮流流速小，水体含沙量低，实测涨、落潮最大含沙量均小于0.1kg/m^3，潮流输沙量很小。海域水深条件较好，界河口以西沿岸开敞无掩护，近岸底沙颗粒以粗砂为主，在风浪作用下岸滩缓慢侵蚀和就地搬运的泥沙是工程区域主要泥沙来源。

— 岸线变化：

龙口湾1969~2016岸线变化如图2.5-6所示，从图中可知：

① 屺坶岛至界河间弧形岸段、1969-1991年岸线有小幅外移，这是该段时间码头建设围垦造地所致，围垦面积约为2.86km^2；2000年至2016年，围垦规模有所扩大，

沿岸围垦面积约为9.3km^2，龙口人工岛围垦陆地约为33km^2。1969-2016年间该水域面积减小了约45km^2，而龙口湾屹坶岛至界河之间水域面积大致为86km^2，水域面积减小了超过一半。

② 界河至刁龙嘴岸段，1969~2016年间，辛庄镇北侧、海北嘴、三山岛及刁龙嘴处由于受到围填海影响，岸线向海小幅推进；其余区域变化不显著。特别是近一些年来，界河口至石虎嘴沿岸修建的码头及突堤等建筑物，对海岸防护起到一定作用，但在突堤建设阻止了沿岸输沙，突堤两侧存在明显的一侧淤积一侧冲刷的现象，不过由于沿岸输沙量有限，岸线变化幅度并不显著。

一 等深线变化：

龙口湾1940-2012年等深线变化如图2.5-7所示，从图中可知：

① 1940-1958年间，屹坶岛至石虎嘴处10m、5m、2m等深线冲淤相间，各等深线的形状和位置整体变化不大，保持基本稳定状态；石虎嘴西侧各等深线冲淤变化幅度较大，可能与不同年份的测图精度及定位误差有关。

② 1958-1978年间，屹坶岛南侧10m等深线小幅侵蚀后退，5m、2m等深线保持保持稳定；界河附近10m和2m等深线保持稳定，5m等深线略有淤积；刁龙嘴附近莱州浅滩2m等深线略有侵蚀，5m和10m等深线的形状和位置基本保持稳定。

③ 1978-2012年间，屹坶岛附近及龙口湾内各等深线均保持基本稳定状态；人工岛西侧至石虎嘴之间10m等深线呈侵蚀后退趋势，后退幅度可以达0.3-1.5km，5m等深线除界河口外略有侵蚀后退外，整体保持稳定状态；石虎嘴西侧区域各等深线均保持基本稳定状态。

根据本工程的岸滩稳定性分析报告等相关专题成果可知，龙口人工岛围堰于2012年基本建成，人工岛西侧-11m以浅水域出现淤积，淤积区东西宽约为2400m，其淤积厚度多在0.2m以下，仅人工岛-10m以浅的近岸局部区域淤积厚度在0.2-0.5m之间。-11m等深线以外及招远渔港东侧为冲刷区，其冲刷厚度多在0.2m以下，仅-11m等深线以外区域局部超过0.2m；人工岛西侧局部区域冲刷厚度超过1m，且冲刷区形状不规则，其冲刷可能与挖沙有关。根据冲淤计算，龙口人工岛西侧回淤厚度大于0m的淤积区的平均回淤厚度约为0.23m，折算的年淤强为3.8cm/a。工程区附近2012-2018年局部冲淤见图2.5-8。

总体来说，厂址附近海域水清沙少，泥沙来源不丰富，岸滩稳定，近岸海域存在

强度较弱的东北至西南向沿岸输沙；龙口人工岛建成后约6年，总体呈现略有淤积的基本稳定状态。

2.5.2 地下水

（1）水文地质单元类型

厂址附近范围的水文地质单元根据地下水类型、分布范围及其补给、迳流方向、排泄条件等，并结合地形地貌特点，以界河和厂区北侧分水岭（上夼村西侧山脊～杨家庄西侧山脊～蔡家村东侧山脊～马格庄西侧山脊～山前季家北侧山脊～狗山李家北侧山脊～大岚村东侧山脊～丛家村东侧山脊一线）为隔水边界可划分为三个水文地质单元。

A区是厂址区所在水文地质单元，厂区北侧分水岭为东边界，界河为西边界，地下水主要接受大气降水补给，以厂区北侧分水岭为界整体向西渗流，汇入界河后顺河流走向自东南向西北方向流出，最终在辛庄镇东良村东北侧流入渤海，排泄方式主要有蒸发以及向界河排泄；B区是界河以西的水文地质单元，地下水主要接受大气降水补给，沿地势自西向东渗流至东边界界河后，顺河流走向自东南向西北方向流出，最终在辛庄镇东良村东北侧流入渤海，排泄方式主要有蒸发以及向界河排泄；C区是厂区东侧分水岭以东的水文地质单元，地下水主要接受大气降水补给，沿山坡渗流至沟谷洼地后，汇入八里沙河和河里张家河，最终在海岱镇西侧流入渤海，排泄方式主要为蒸发以及向八里沙河和河里张家河排泄。

（2）地下水类型及赋存条件

根据地层的含水介质特征及水理性质，厂址区地下水可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类。

松散岩类孔隙水主要位于厂址的西部和南部，分布于界河河谷平原和滨海平原以及低山丘陵的冲沟下游的山间地带，其岩性松散，孔隙发育，赋存孔隙水。河流两侧及河床分布的冲洪积层，含水岩性以中粗砂夹砾石为主，厚度较大，富水能力较强，地下水赋存条件良好。地下水接受大气降水、河流及两侧裂隙水径流补给，形成富水性相对较强的第四系富水地段。山间地带分布的冲洪积层，多有粉质黏土或砂性土组成，间夹透镜状碎石层。但其孔隙率不高，富水能力差，地下水赋存条件不好。排泄方式主要有蒸发、人工开采以及向沟谷低洼地带分散排泄。

基岩裂隙水主要位于厂址的西南部、中部、北部和东部，分布于新太古代早期及中生代侏罗纪—白垩纪岩浆岩中。岩浆岩具网状风化裂隙及线状构造裂隙，地下水主要赋存于网状裂隙风化带内，地下水呈带状分布于山坳或谷底等低洼处。富水性一般较弱，受季节性控制明显，地下水随季节变化，埋藏较浅。地形较平缓的丘陵地区沟谷处，汇水条件较好，风化层略厚，富水量略大。在低山地区，地形变化大，风化裂隙发育不均，富水量小。排泄方式主要有蒸发、人工开采以及向沟谷低洼地带分散排泄。

（3）地下水水位、渗透系数

根据厂址附近范围水文地质勘察试验及民井的调查结果，松散岩类孔隙水的民井水位埋深都较浅，一般为 1.97～9.75m；水位标高随地形变化，在-3.00～16.03m 之间。松散岩类孔隙水的钻孔地下水水位埋深 2.32～9.65m，水位标高-1.77～11.90m。根据抽水试验结果，该含水层的渗透系数为 1.27×10^{-3}～3.21×10^{-3}cm/s（1.10～2.77m/d），属于中等透水层。基岩裂隙水的民井水位埋深和标高变化大，水位埋深一般在 0.91～11.96m之间，水位标高在41.0～105.0m之间。基岩裂隙水的钻孔地下水水位埋深2.05～17.89m，水位标高 17.30～112.31m。基岩裂隙从地表往下主要是分为全风化~强风化层、中等风化、微风化层，根据抽水试验结果，该含水层的渗透系数为 4.63×10^{-5}～2.66×10^{-4}cm/s（0.04～0.23m/d），属于弱透水层。微风化岩体为隔水层，其他岩土层为含水层。

（4）地下水流场特征

弥散系数：根据室内试验结果，两组强风化岩的纵向弥散系数分别为$1.15\times10^{-2}m^2/d$和$1.44\times10^{-2}m^2/d$。现场试验利用荧光素钠作为示踪剂，测得陆域管线北部区域的纵向弥散度为$0.211m^2/d$，横向弥散度为$7.02\times10^{-3}m^2/d$。

水力联系：大气降水部分入渗补给地下水，部分经地表汇集排入冲沟，汇入河流、水库或池塘后补给地下水；地下水经过径流，在沟谷、坡脚处渗出补给地表水。松散岩类孔隙水与基岩裂隙水之间存在一定水力联系，松散岩类孔隙水垂向补给基岩裂隙水，基岩裂隙水向冲沟、谷地分散排泄侧向补给松散岩类孔隙水。

地下水流速流向：根据水文地质勘察结果，地下水流速在 0.3267～0.5802m/d 之间。地下水流向主要受地形地貌控制。厂址及陆域管线所处地区地势整体东高西低。在低

山丘陵区与剥蚀丘陵地貌区，地下水多以山脊为分水岭，在山脊两侧沿山坡渗流至低洼处（冲沟）。在厂址东北侧，地下水渗流至低洼处（冲沟）后整体由东南向西北运移，汇入八里沙河、北马南河后，最终注入渤海湾；在厂址南部和西部，地下水则顺地势渗流至钟离河和界河后整体由东南向西北，最终注入渤海湾。

（5）地下水开采利用现状

厂址附近范围地下水的开采利用较多，开采情况大致如下，松散岩类孔隙水主要分布在界河及其支流河谷，由于水质较差，主要作为厂矿企业、农业灌溉及非饮用生活用水，工厂企业每天 24 小时连续供水，灌溉用水每年一般 2～3 次；基岩裂隙水分布区域较广，通过民井形式开采，民井井深一般 2.5～58.0m，少量超过 100m，主要用于生活饮用水、农业灌溉、工厂企业等。

根据厂址区域环境特征调查专题，厂址半径 5km 范围内的取水口共有 262 个，其中农业灌溉取水口 232 个，生活用水取水口 21 个，工业用水取水口 9 个，取水工程类型主要为水井和泵站。根据《招远市人民政府关于划定省定贫困村饮用水水源保护区或保护范围的通知》（招政发〔2018〕31 号），招远市省定贫困村饮用水水源地保护范围划定的水源地保护范围为以取水井为中心，半径 30m 圆形区域。因此，生活用水取水口在环境影响评价中尤为值得关注。

在厂址半径 5km 范围内的生活用水取水口中，除厂址北侧位于整厂非居住区范围内的虎龙斗村自来水水井外，距离厂址最近的取水口是位于厂址 1 号机组 SW 方位约 750m 的欧家村自来水井。此外，取排水管线评价范围内的村庄主要有山前季家村、山西孙家村、黄家村、北洼子村，其中，距离取排水管线最近的生活用水取水口是位于取排水管线西侧约 290m 处的水盘村自来水东大井，其次为东南侧约 360m 处的北洼子村浅层地下水水井。

厂址半径 5km 及取排水管线周围生活用水取水口的水源类型为浅层地下水，井深范围在 3.21～40m 之间，大多数在 20m 以内，水位埋深在 0.91～11.96m 之间。厂址半径 5km 及取排水管线周围生活用水取水口见表 2.5-7。

（6）场平后厂区地下水可能变化

本项目厂区位于 A、C 区两个水文地质单元，两者地下水类型均为基岩裂隙水，赋水条件差，水量贫乏。

本项目厂坪标高约为100m，厂址区整平开挖前地下水水位标高在17.30～112.31m

之间，厂址区整平开挖后，较高部位的含水层会被挖除，厂坪以下的主要以基岩裂隙水为主，但不会改变厂址所在水文地质单元的地下水的补给、径流、排泄条件，位于C 区地质单元的厂址北侧区域地下水将会向北汇入八里沙河和河里张家河，最终流入渤海，位于 A 区地质单元的厂址南侧区域地下水将会向西汇入界河，最终流入渤海。电厂建成后，各种用水将按规划、设计的管网排放至受纳海域，预计不会对周边地下水产生影响。

（7）管线穿越或揭示的地层岩性

根据设计资料，取排水管线采用直埋敷设，覆土厚度按 2m 考虑，在农田、果园直埋敷设时按埋深大于 2m 考虑。管线穿越或揭示的地层岩性如下：

— 管线渤海沿界河段：该段管线穿越或揭示的地层岩性为第四系土层，主要为第四系全新统人工填土，冲洪积粉质黏土、圆砾，坡残积粉质黏土，上更新统冲积粉质黏土，中更新统冲积粉质黏土；第四系土层厚度一般 10.5～41.3m，靠近海岸地段厚度大于 100.0m。

— 管线界河至厂址段：该段管线穿越或揭示的地层岩性为基岩,主要为二长花岗岩、花岗闪长岩，全风化岩体厚度 0.6～10.4m，强风化岩体厚度 0.6～26.9m，中等风化岩体最大揭露厚度 40.2m。

2.5.3 洪水

（1）厂址海域基准洪水

根据《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）和《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）的要求，设计基准洪水位考虑可能最大风暴潮增水、10%超越概率的天文高潮位组合，及可能最大风暴潮相应的波浪影响。本项目的组合洪水（DBF水位）主要考虑对厂址有重要影响的极端事件，组合如下：

10%超越概率天文高潮位	1.11m
+可能最大风暴潮增水	3.50m
+海平面上升	0.28m
=组合洪水位	4.89m

（2）厂址周边边坡小流域洪水

根据厂址厂坪标高及周边河流、水库的高程情况判断，厂址不受界河洪水泛滥及栾家河水库溃坝洪水影响，仅须考虑厂址周边边坡小流域洪水的影响。

厂址边坡小流域面积均小于 1km^2，对小流域洪水的防御可通过截排洪沟导走，不会对厂址安全造成影响。

表 2.5-1 厂址半径 15km 范围内河流位置

序号	河流名称	方位	距离（km）
1	界河	SW	3.8
2	八里沙河	N	2.5
3	钟离河	SW	5.1
4	南栾河	SE	11.1
5	罗山河	E	14.3
6	河里张家河	NE	5.5

表 2.5-2　厂址半径 15km 范围内小（1）型以上水库工程

序号	水库名称	所在乡镇	水库功能	方位	距离（km）	集雨面积（km^2）	总库容（万 m^3）
1	侯家水库	辛庄镇	供水	W	8.2	25.39	1191
2	栾家河水库	张星镇	灌溉	ESE	0.8	7.0	304
3	陈家水库	张星镇	灌溉	E	8.9	12.5	483
4	北邢家水库	丁家镇	防洪、灌溉	ENE	13.0	64.0	1325
5	迟家沟水库	芦头镇	防洪、灌溉	NE	9.0	47.0	2044

表 2.5-3（1/2） 全潮观测水文测站坐标统计表

站位	冬季						夏季					
	大潮期（2016.12.16~17）		中潮期（2016.12.11~12）		小潮期（2016.12.10~11）		大潮期（2017.06.25~26）		中潮期（2017.06.21~22）		小潮期（2017.06.18~19）	
	北纬	东经	北纬	东经	北纬	东经	北纬	东经	北纬	东经	北纬	东经
V01	37°44.772′	120°17.364′	37°44.768′	120°17.360′	37°44.767′	120°17.365′	37°44.768′	120°17.358′	37°44.769′	120°17.359′	37°44.769′	120°17.362′
V02	37°42.552 ′	120°19.070′	37°42.558′	120°19.077′	37°42.559′	120°19.072′	37°42.550′	120°19.072′	37°42.554′	120°19.071′	37°42.552′	120°19.075′
V03	37°42.990′	120°11.934′	37°42.991′	120°11.936′	37°42.994′	120°11.934′	37°42.995′	120°11.935′	37°42.996′	120°11.934′	37°42.992′	120°11.939′
V04	37°38.331′	120°14.474′	37°38.332′	120°14.479′	37°38.330′	120°14.474′	37°38.331′	120°14.478′	37°38.329′	120°14.477′	37°38.336′	120°14.477′
V05	37°39.314′	120°06.194′	37°39.315′	120°06.192′	37°39.315′	120°06.199′	37°39.315′	120°06.195′	37°39.317′	120°06.200′	37°39.315′	120°06.194′
V06	37°35.505′	120°09.329′	37°35.504′	120°09.327′	37°35.499′	120°09.328′	37°35.497′	120°09.328′	37°35.501′	120°09.327′	37°35.498′	120°09.328′
V07	37°32.988′	120°11.900′	37°32.989′	120°11.902′	37°32.992′	120°11.906′	37°32.987′	120°11.907′	37°32.993′	120°11.907′	37°32.988′	120°11.905′
V08	37°30.853′	120°09.832′	37°30.848′	120°09.831′	37°30.851′	120°09.833′	37°30.851′	120°09.832′	37°30.852′	120°09.832′	37°30.849′	120°09.833′
V09	37°35.855′	120°00.603′	37°35.854′	120°00.602′	37°35.850′	120°00.598′	37°35.856′	120°00.598′	37°35.856′	120°00.599′	37°35.852′	120°00.597′
V10	37°31.902′	120°04.056′	37°31.904′	120°04.060′	37°31.906′	120°04.061′	37°31.907′	120°04.054′	37°31.907′	120°04.057′	37°31.909′	120°04.060′
V11	37°29.030′	120°06.436′	37°29.031′	120°06.435′	37°29.035′	120°06.434′	37°29.034′	120°06.434′	37°29.035′	120°06.432′	37°29.034′	120°06.438′
V12	37°29.909′	119°55.727′	37°29.912′	119°55.730′	37°29.915′	119°55.733′	37°29.915′	119°55.726′	37°29.910′	119°55.729′	37°29.908′	119°55.732′
V13	37°26.731′	119°58.421′	37°26.738′	119°58.415′	37°26.734′	119°58.415′	37°26.739′	119°58.419′	37°26.738′	119°58.418′	37°26.732′	119°58.422′

表 2.5-3（2/2） 全潮观测潮汐观测站位坐标统计表

站位	北纬	东经	备注
H1	37°40.723′	120°13.015′	屹坶岛
H2	37°31.208′	120°12.452′	招远港
H3	37°24.622′	119°56.550′	三山岛

表 2.5-4 厂址附近海域潮汐特征值

潮汐特征名称	数值
平均海平面	0.09m
最高天文潮位	1.19m
最低天文潮位	-0.59m
10%超越频率天文高潮位	1.11m
10%超越频率天文低潮位	-0.56m
设计高潮位（历时 1%）	1.06m
设计低潮位（历时 98%）	-0.77m
平均高潮位	0.39m
平均低潮位	-0.23m
平均潮差	0.62m
最大潮差	2.76m
平均涨潮历时	6h33min
平均落潮历时	5h52min

表 2.5-5（1/3） 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

冬季大潮

项目 / 测点	涨潮					落潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V01	0.72	244	表层	0.61	244	0.47	57	表层	0.39	56
V02	0.47	232	0.4H	0.43	232	0.38	76	0.4H	0.32	76
V03	0.75	249	表层	0.70	250	0.63	50	表层	0.56	47
V04	0.16	221	表层	0.12	180	0.16	304	表层	0.09	329
V05	0.47	239	表层	0.44	236	0.54	23	0.2H	0.47	24
V06	0.53	214	0.2H	0.48	216	0.38	32	0.4H	0.33	37
V07	0.30	179	0.6H	0.24	183	0.19	32	表层	0.15	21
V08	0.24	227	0.4H	0.19	219	0.20	43	0.2H	0.16	42
V09	0.39	207	0.4H	0.35	207	0.42	35	0.2H	0.37	33
V10	0.34	214	0.2H	0.31	212	0.28	32	表层	0.23	36
V11	0.27	231	0.2H	0.21	232	0.22	58	0.4H	0.20	59
V12	0.42	234	表层	0.37	239	0.37	58	0.2H	0.33	61
V13	0.30	270	表层	0.28	265	0.37	90	表层	0.32	84
最 大	0.75	249	表层	0.70	250	0.63	50	表层	0.56	47

冬季中潮

项目 / 测点	涨潮					落潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V01	0.49	265	0.2H	0.42	261	0.47	73	0.2H	0.38	63
V02	0.30	252	0.2H	0.27	257	0.35	75	0.6H	0.31	94
V03	0.50	252	表层	0.44	255	0.60	64	表层	0.50	52
V04	0.18	228	表层	0.10	209	0.14	83	0.4H	0.11	73
V05	0.36	208	0.2H	0.27	216	0.47	32	表层	0.38	31
V06	0.32	195	表层	0.28	191	0.42	8	0.2H	0.37	16
V07	0.22	218	0.2H	0.20	221	0.20	21	0.6H	0.17	14
V08	0.16	205	表层	0.13	221	0.20	41	表层	0.16	36
V09	0.28	222	表层	0.25	230	0.37	46	0.2H	0.32	38
V10	0.17	230	0.6H	0.14	218	0.28	58	0.4H	0.21	57
V11	0.15	236	0.2H	0.12	231	0.18	54	0.2H	0.15	48
V12	0.27	248	表层	0.24	237	0.42	72	表层	0.32	46
V13	0.22	241	0.6H	0.16	251	0.44	111	表层	0.31	70
最 大	0.50	252	表层	0.44	255	0.60	64	表层	0.50	52

表 2.5-5（2/3） 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

冬季小潮

项目 测点	涨潮					落潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V01	0.30	249	表层	0.23	253	0.26	67	表层	0.20	68
V02	0.23	243	0.4H	0.20	249	0.32	31	表层	0.26	51
V03	0.36	249	表层	0.30	250	0.28	73	表层	0.22	83
V04	0.15	217	0.8H	0.11	212	0.15	106	表层	0.10	104
V05	0.25	227	0.2H	0.21	207	0.27	30	表层	0.21	48
V06	0.30	189	表层	0.24	194	0.27	9	表层	0.23	6
V07	0.19	207	表层	0.17	217	0.14	61	表层	0.11	54
V08	0.11	230	表层	0.09	216	0.17	24	表层	0.14	38
V09	0.26	208	表层	0.22	217	0.22	28	表层	0.18	36
V10	0.17	201	0.4H	0.14	202	0.15	72	表层	0.12	60
V11	0.16	222	0.2H	0.11	243	0.20	98	表层	0.14	65
V12	0.27	226	0.2H	0.21	237	0.27	71	表层	0.20	49
V13	0.20	257	0.8H	0.14	257	0.29	77	表层	0.20	65
最 大	0.36	249	表层	0.30	250	0.32	31	表层	0.26	51

夏季大潮

项目 测点	涨潮					落潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V01	0.69	233	表层	0.59	233	0.64	92	表层	0.54	93
V02	0.50	239	表层	0.42	260	0.43	84	0.6H	0.37	83
V03	0.72	244	0.2H	0.63	242	0.86	55	表层	0.70	56
V04	0.26	184	0.2H	0.19	192	0.17	22	表层	0.10	19
V05	0.57	242	表层	0.49	239	0.57	21	表层	0.51	31
V06	0.50	211	表层	0.33	215	0.57	30	表层	0.42	27
V07	0.26	183	表层	0.16	199	0.25	36	表层	0.17	30
V08	0.23	236	表层	0.17	232	0.30	48	0.6H	0.26	39
V09	0.41	237	0.2H	0.36	237	0.52	64	表层	0.44	55
V10	0.40	266	0.2H	0.27	270	0.43	29	表层	0.32	32
V11	0.30	267	0.4H	0.20	260	0.26	47	0.6H	0.23	57
V12	0.41	234	表层	0.36	227	0.46	75	0.2H	0.42	76
V13	0.32	249	表层	0.25	249	0.43	78	表层	0.34	71
最 大	0.72	244	0.2H	0.63	242	0.86	55	表层	0.70	56

表 2.5-5（3/3） 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

夏季中潮

项目 / 测点	涨潮					落潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V01	0.50	252	0.4H	0.42	251	0.56	84	0.2H	0.41	95
V02	0.49	265	表层	0.42	257	0.42	61	表层	0.31	85
V03	0.51	239	0.6H	0.45	236	0.71	49	表层	0.53	53
V04	0.25	187	0.2H	0.20	180	0.13	6	表层	0.06	304
V05	0.44	215	表层	0.29	230	0.46	86	表层	0.32	44
V06	0.36	228	表层	0.26	216	0.49	27	表层	0.34	22
V07	0.19	248	表层	0.09	204	0.27	13	表层	0.18	21
V08	0.22	228	表层	0.14	231	0.29	38	0.2H	0.24	43
V09	0.38	215	表层	0.27	210	0.46	44	表层	0.31	53
V10	0.33	264	表层	0.21	248	0.41	43	表层	0.31	42
V11	0.21	224	0.2H	0.19	236	0.20	35	表层	0.13	74
V12	0.31	242	表层	0.25	226	0.46	65	表层	0.34	64
V13	0.39	240	表层	0.22	247	0.38	67	表层	0.23	81
最 大	0.51	239	0.6H	0.45	236	0.71	49	表层	0.53	53

夏季小潮

项目 / 测点	涨潮					落潮				
	实测最大			垂线平均最大		实测最大			垂线平均最大	
	流速	流向	测点	流速	流向	流速	流向	测点	流速	流向
V01	0.50	252	0.4H	0.42	251	0.56	84	0.2H	0.41	95
V02	0.49	265	表层	0.42	257	0.42	61	表层	0.31	85
V03	0.51	239	0.6H	0.45	236	0.71	49	表层	0.53	53
V04	0.25	187	0.2H	0.20	180	0.13	6	表层	0.06	304
V05	0.44	215	表层	0.29	230	0.46	86	表层	0.32	44
V06	0.36	228	表层	0.26	216	0.49	27	表层	0.34	22
V07	0.19	248	表层	0.09	204	0.27	13	表层	0.18	21
V08	0.22	228	表层	0.14	231	0.29	38	0.2H	0.24	43
V09	0.38	215	表层	0.27	210	0.46	44	表层	0.31	53
V10	0.33	264	表层	0.21	248	0.41	43	表层	0.31	42
V11	0.21	224	0.2H	0.19	236	0.20	35	表层	0.13	74
V12	0.31	242	表层	0.25	226	0.46	65	表层	0.34	64
V13	0.39	240	表层	0.22	247	0.38	67	表层	0.23	81
最 大	0.51	239	0.6H	0.45	236	0.71	49	表层	0.53	53

表 2.5-6（1/4） 厂址附近海域表层余流的流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

站号	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
V01	3.0	248	3.8	281	2.8	301	15	143	3.4	148	3.5	270
V02	2.2	154	0.8	204	5.1	10	6.2	206	6.4	303	4.8	280
V03	10.7	276	6.2	281	3.1	212	8	17	8.8	12	2.4	210
V04	1.8	161	2.1	131	3.8	145	1.8	158	3.2	203	6.8	100
V05	5.5	255	3.4	337	3.9	5	6	265	3.5	215	3.3	189
V06	5.5	193	4.5	181	2.7	177	4.5	218	2.9	313	0.8	104
V07	1.2	200	1.1	204	1.4	218	3.6	151	5.9	336	3.9	68
V08	2.2	291	1.2	285	2.0	360	4	308	5.4	344	5.2	35
V09	6.7	126	2.9	266	1.8	235	4.6	146	1.2	60	3.2	91
V10	6.0	201	1.7	126	1.3	137	10.8	326	6.3	355	3.1	280
V11	1.8	239	1.0	131	2.1	166	3	250	1.7	250	4	32
V12	5.7	273	1.9	108	0.8	77	2.9	165	1.8	68	1.6	87
V13	1.5	358	6.7	98	7.1	74	2.2	281	3.2	321	2.8	41

表 2.5-6（2/4） 厂址附近海域中层余流的流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

站号	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
V01	4.5	203	3.3	258	2.3	288	10.2	150	7.2	160	6.9	260
V02	5	181	1.1	106	3.1	37	1.6	190	4.2	236	6.2	245
V03	10.9	262	6.2	280	3.1	237	3.2	133	2.1	174	7.4	222
V04	2.8	152	2	177	4.3	167	3.7	134	7.1	174	4.7	169
V05	6.2	242	1.6	213	1.6	344	1	21	0.9	255	3.7	216
V06	7.2	185	4.2	146	2.6	180	3.3	163	1.3	271	5.2	253
V07	3.4	158	0.5	222	1.2	244	2.7	116	1.6	117	1.2	110
V08	1.9	255	1	354	2	7	1.7	327	1.7	110	2.2	57
V09	2.3	184	2.3	236	1.3	240	1.8	127	1.9	220	4.3	237
V10	7.7	196	2.1	159	0.7	147	4.5	299	1.5	119	5.2	241
V11	3.2	208	0.2	87	0.3	172	1.5	278	3.4	200	0.9	17
V12	5.5	272	1.9	276	0.8	334	2.6	163	0.6	77	4.6	241
V13	2.9	294	0.8	200	1.7	61	0.2	313	1.5	229	2.5	279

表 2.5-6（3/4） 厂址附近海域底层余流的流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

站号	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
V01	4	201	2.8	278	2	279	7.4	152	5.9	166	6.6	252
V02	4.6	185	0.6	95	2.7	30	2	182	3.3	247	8	230
V03	7.9	258	4	270	0.9	269	2.6	162	4.6	206	10.2	198
V04	3	146	0.9	127	4	164	2.2	132	5.8	173	4.3	185
V05	5.8	247	1.3	275	1.4	312	0.2	326	3.4	256	7	231
V06	6.1	180	3.1	149	2.6	176	2	158	2.8	195	6.6	223
V07	3.5	172	1.3	182	1.6	277	2	75	2.4	175	1.3	158
V08	1.9	232	1.2	348	2.2	21	0.7	92	2.6	159	0.2	176
V09	2.1	183	1.8	259	1.1	260	1.7	155	3.7	249	7.3	224
V10	6.5	195	1.2	144	1	150	3.5	323	1.5	201	7.3	218
V11	2.7	196	0.4	14	1.1	68	2	238	1.6	168	1.4	271
V12	4.7	257	2.1	249	0.6	240	2.1	150	2.2	180	6.8	234
V13	2.1	273	0.5	277	0.5	30	0.6	145	0.3	188	3.3	262

表 2.5-6（4/4） 厂址附近海域垂直平均余流的流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

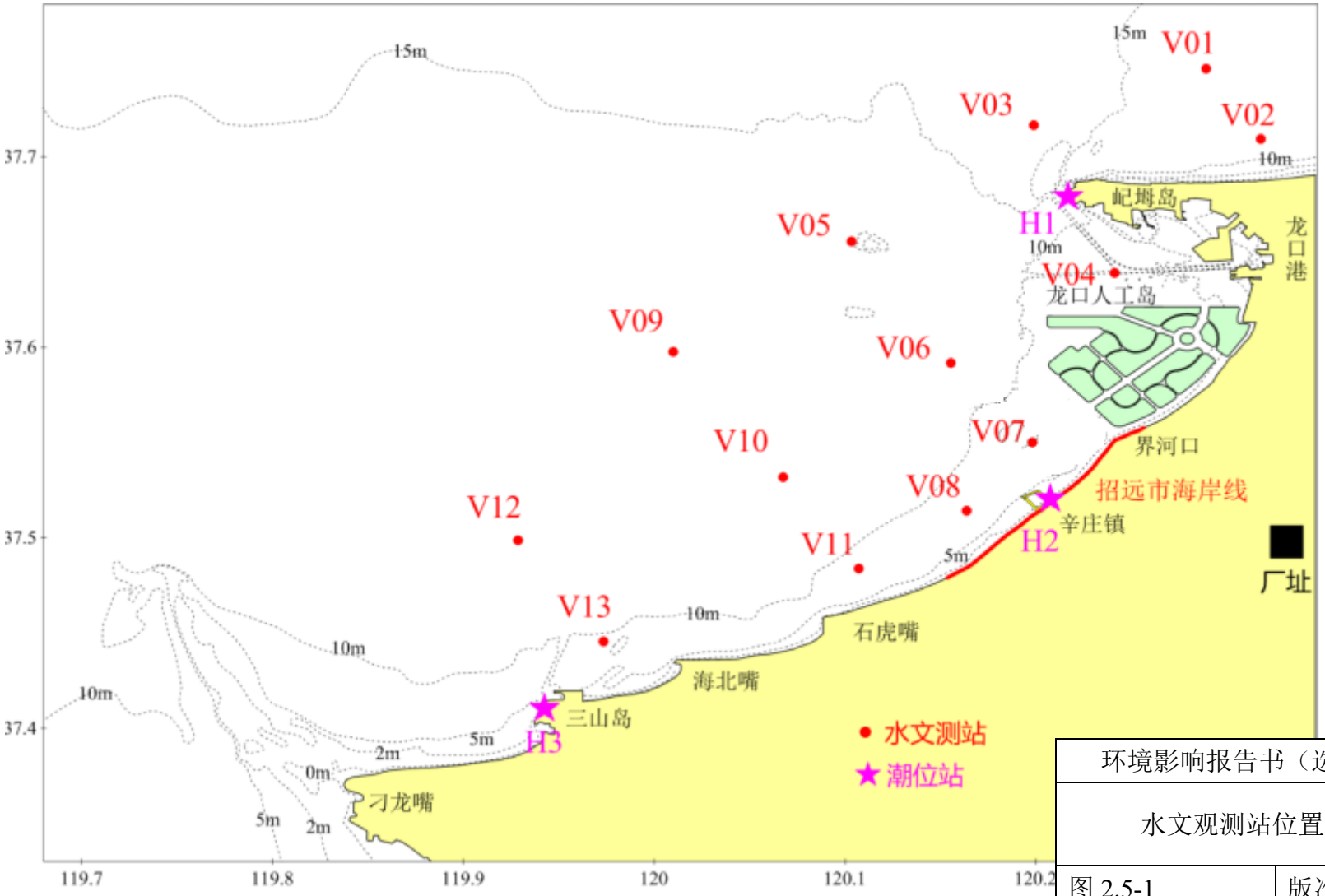
站号	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
V01	3.4	215	3.2	267	2	291	11.3	144	6	157	6.5	258
V02	4.3	174	0.6	106	3	33	2.5	190	3.7	258	5.8	244
V03	10.2	266	5.7	281	2.4	225	1.9	78	1.6	17	6.3	222
V04	2.5	146	1.5	163	4.2	157	2.9	137	5.6	180	4.5	155
V05	6.3	249	1.3	243	2.1	343	2	301	0.7	263	4.9	224
V06	7.1	188	3.5	157	2.6	180	2.6	186	1.4	308	4.3	239
V07	3.2	170	0.8	207	1.5	245	2.6	119	0.9	27	1.6	96
V08	2.1	253	0.8	318	1.8	14	2.1	308	1.5	30	2.7	52
V09	2.7	162	2.2	257	1.4	236	2.3	137	0.7	252	2.8	226
V10	7.1	196	2.1	145	1.2	151	5.6	317	1.2	5	4.7	240
V11	2.6	217	0.6	90	0.6	167	1.9	266	2.2	200	1.4	36
V12	5.3	272	0.7	255	0.4	320	2	154	0.8	91	3.9	239
V13	2.4	302	2.1	101	3.4	74	1.2	294	1.2	283	1.2	274

表 2.5-7（1/2） 厂址半径 5km 范围生活用水取水口

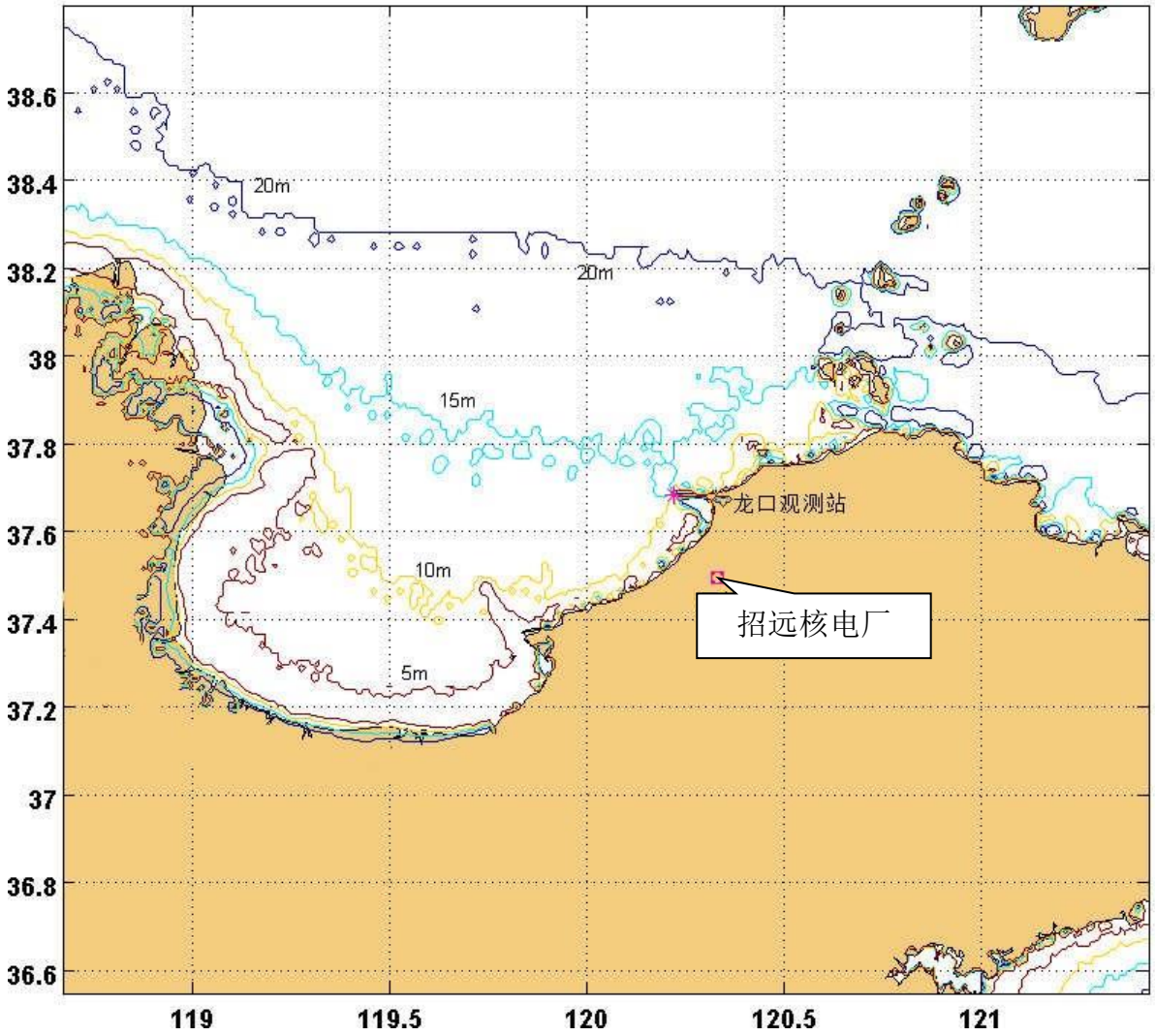
序号	取水口名称	取水设施	水源类型	平均取水量（万 m^3）	与 1 号堆位置关系
1	欧家村自来水井	泵站	浅层地下水	2.085	SW/750m
2	虎龙斗村西沟自来水机井	泵站	浅层地下水	0.8725	N/1400m
3	大岚村净化水厂机井	泵站	浅层地下水	3.26	ENE/1800m
4	马格庄村自来水井	泵站	浅层地下水	1.575	N/2340m
5	高家村自来水井	泵站	浅层地下水	0.3825	S/2260m
6	东战家村北河自来水井	水井	浅层地下水	1.145	S/2730m
7	西战家村自来水井	泵站	浅层地下水	0.4775	S/2750m
8	狗山李家村自来水大井	泵站	浅层地下水	1.7825	NE/2950m
9	大李家村东坡自来水井	泵站	浅层地下水	3.8275	NNE/3050m
10	孙家庄村西北河井	水井	浅层地下水	0.715	NNE/3210m
11	北曹家庄村林业大井	水井	浅层地下水	0.42	S/3360m
12	圈杨家村委自来水井	泵站	浅层地下水	0.3925	W/3640m
13	三姓庄村自来水井	水井	浅层地下水	0.129	S/3650m
14	王跃堂自来水井	水井	浅层地下水	0.44	S/4040m
15	杜北村南耩自来水井	水井	浅层地下水	0.2	SSW/4210m
16	杜东村委大院纯净水井	水井	浅层地下水	0.26	SSW/4420m
17	杜东村南西沟自来水井	水井	浅层地下水	3.625	SSW/4710m
18	地北头王家村大刘道自来水井	水井	浅层地下水	0.3275	SW/4750m
19	丰家村自来水井	泵站	浅层地下水	0.7925	S/4630m
20	杜西村自来水	水井	浅层地下水	2.1525	SW/4810m
21	北洼子村自来水井	泵站	浅层地下水	0.7275	W/4970m

表 2.5-7（2/2）取排水管线周围生活用水取水口

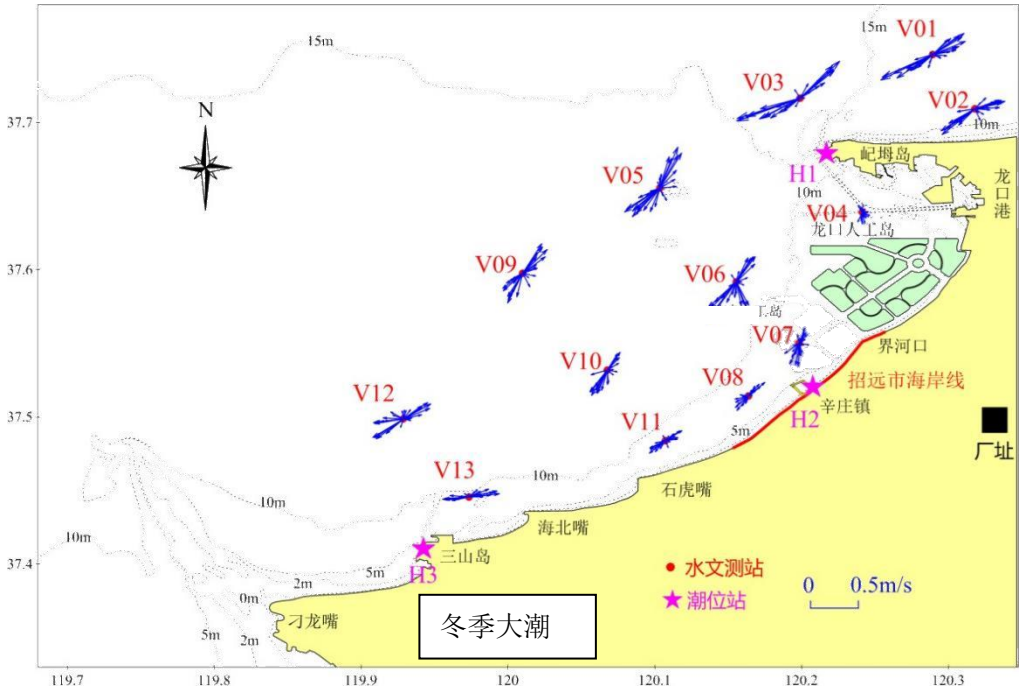
序号	取水口名称	取水设施	水源类型	平均取水量（万 m^3/年）	与管线位置关系
1	水盘村自来水东大井	泵站	浅层地下水	1.6325	W/290m
2	北洼子村自来水井	泵站	浅层地下水	0.7275	S/360m
3	欧家村自来水井	泵站	浅层地下水	2.085	S/450m
4	馆前姜家村自来水机井	泵站	浅层地下水	1.4775	NNW/450m
5	馆前张家自来水井	泵站	浅层地下水	1.7375	ENE/880m
6	圈杨家村委自来水井	泵站	浅层地下水	0.3925	SSW/760m

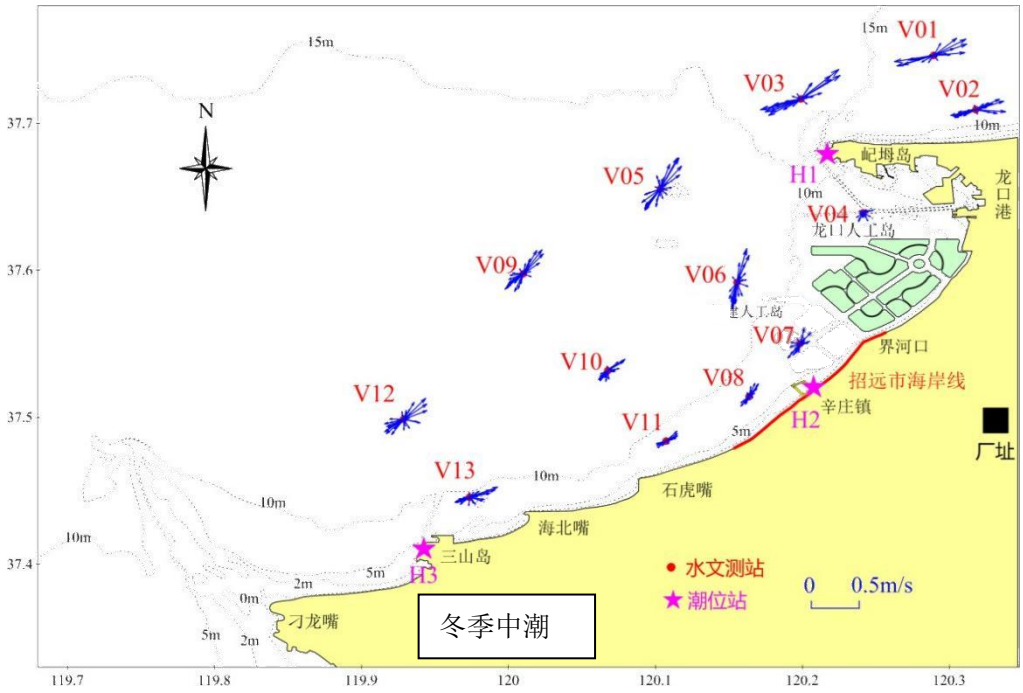


环境影响报告书（选址阶段）		
水文观测站位置示意图		
图 2.5-1	版次：	A

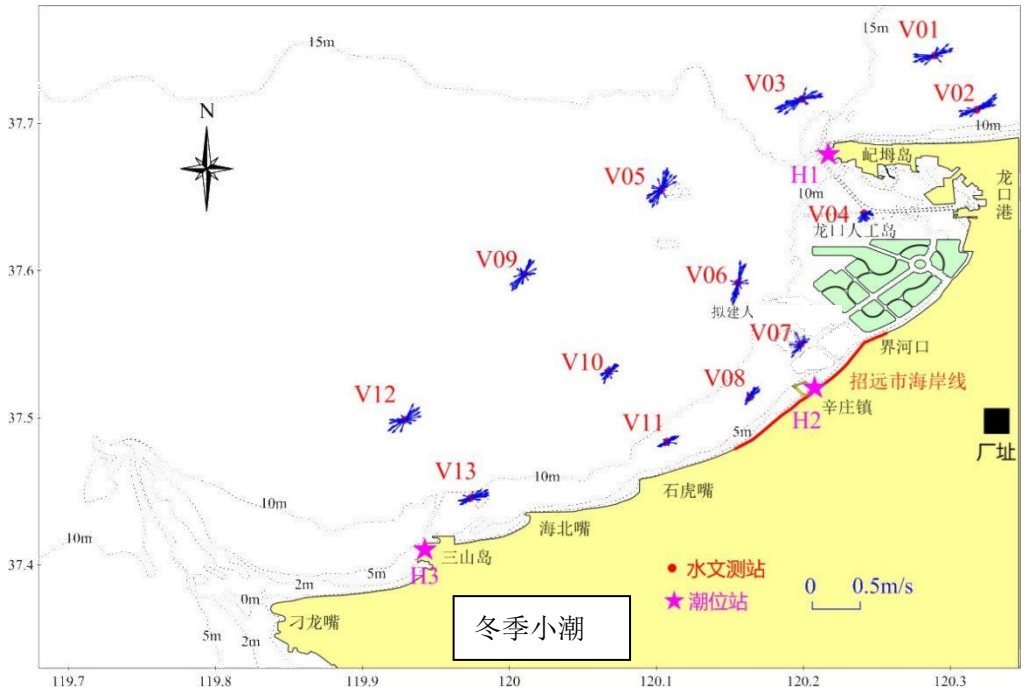


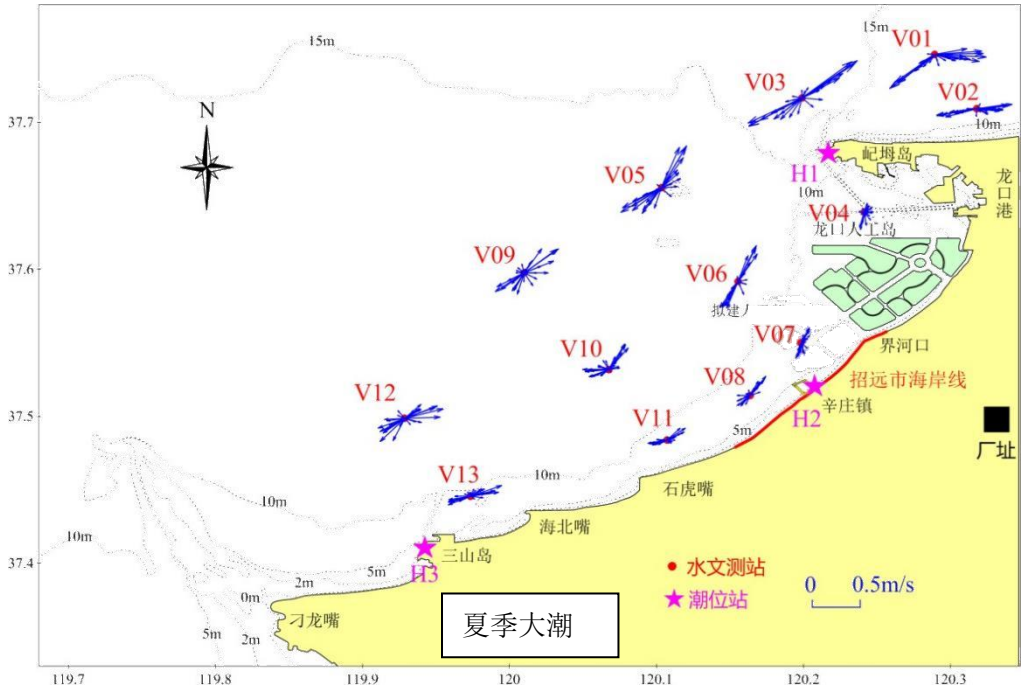
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址附近海域水下地形图		
图 2.5-2	版次：	A



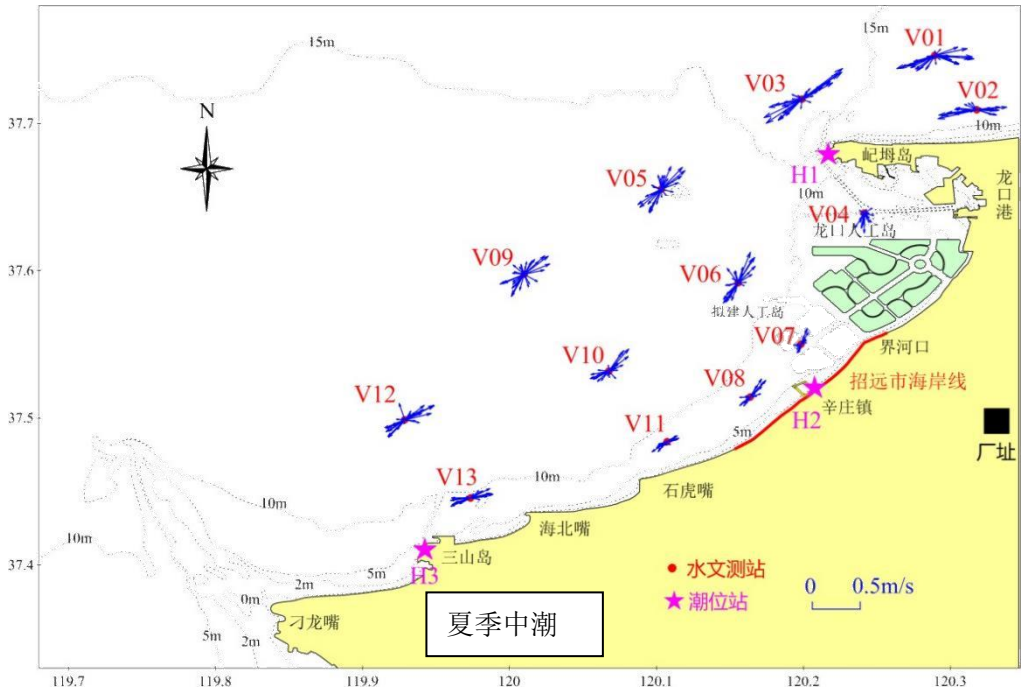


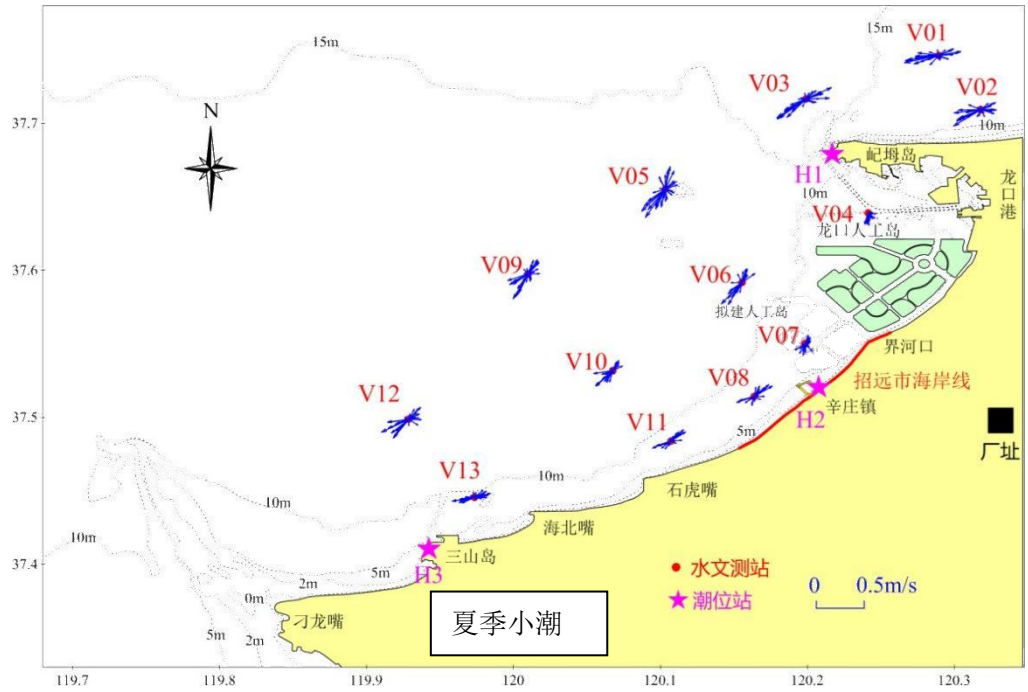
环境影响报告书（选址阶段）		
全潮观测期间测站垂线平均海流矢量图		
图 2.5-3（1/3）	版次：	A



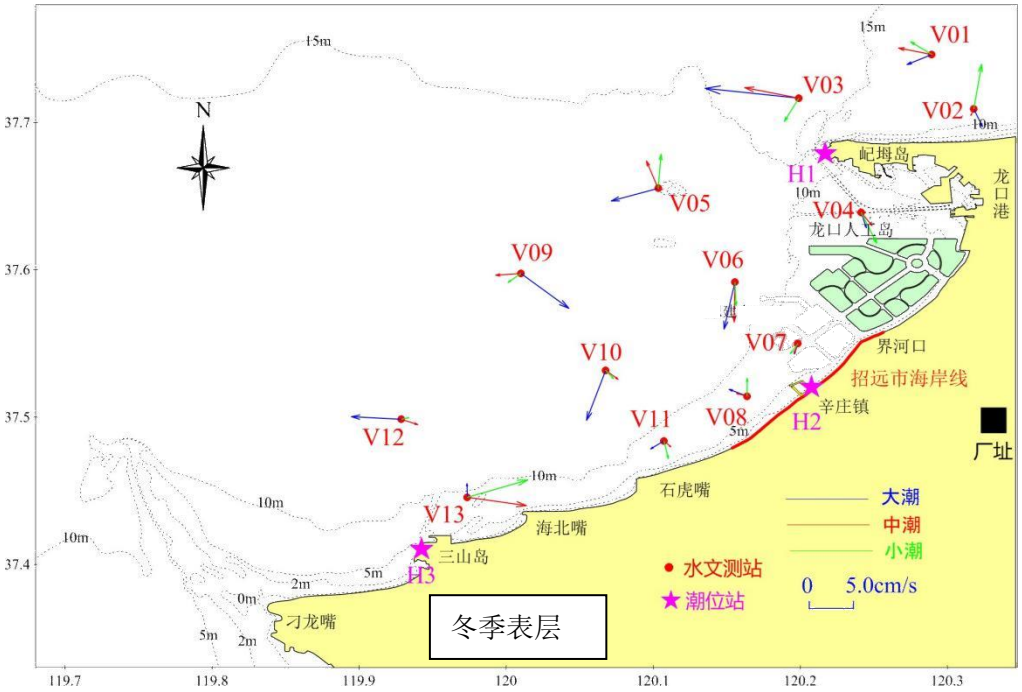


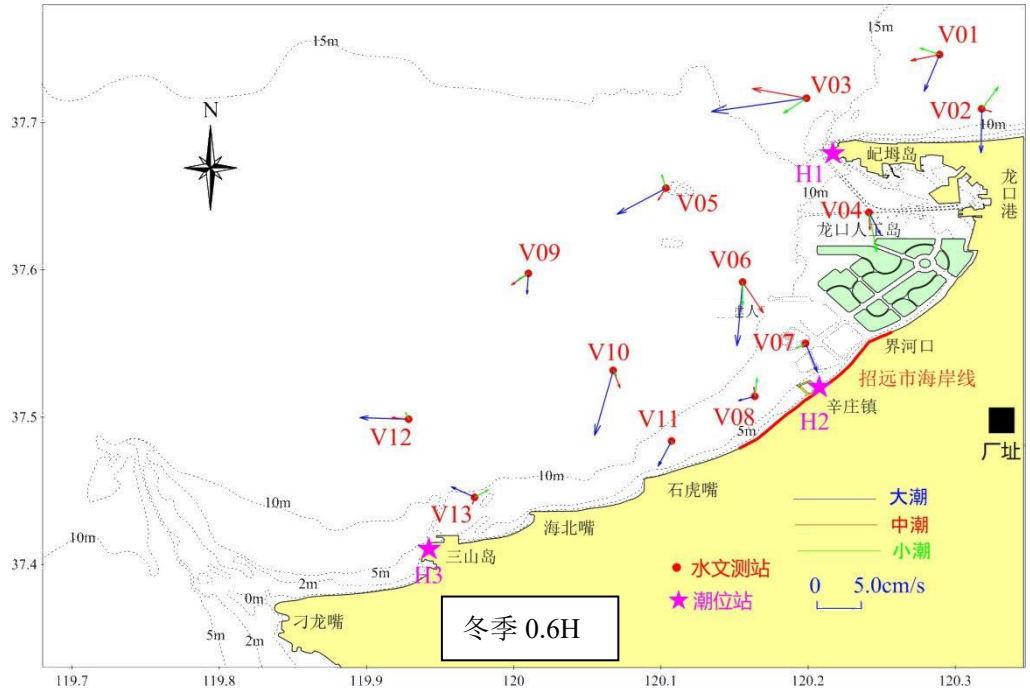
环境影响报告书（选址阶段）		
全潮观测期间测站垂线平均海流矢量图		
图 2.5-3（2/3）	版次：	A



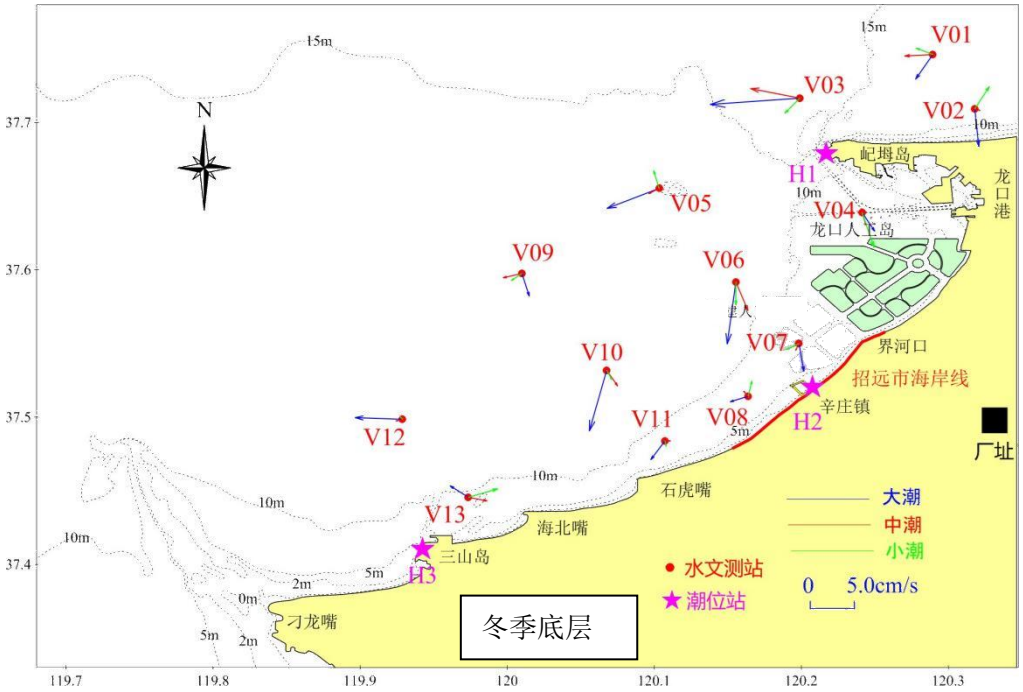


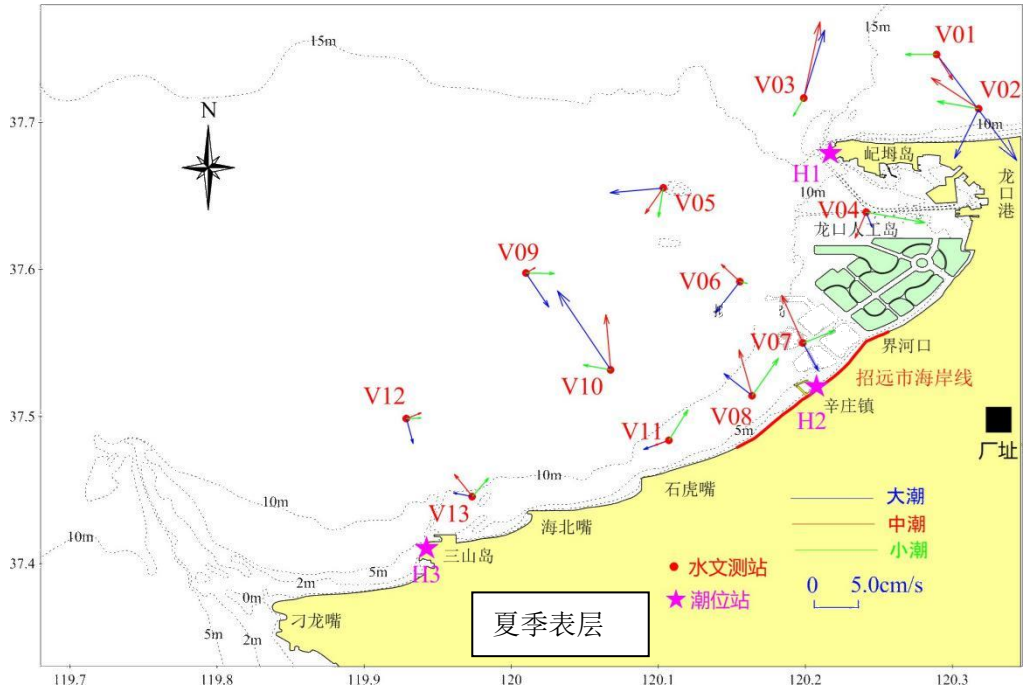
环境影响报告书（选址阶段）		
全潮观测期间测站垂线平均海流矢量图		
图 2.5-3（3/3）	版次：	A



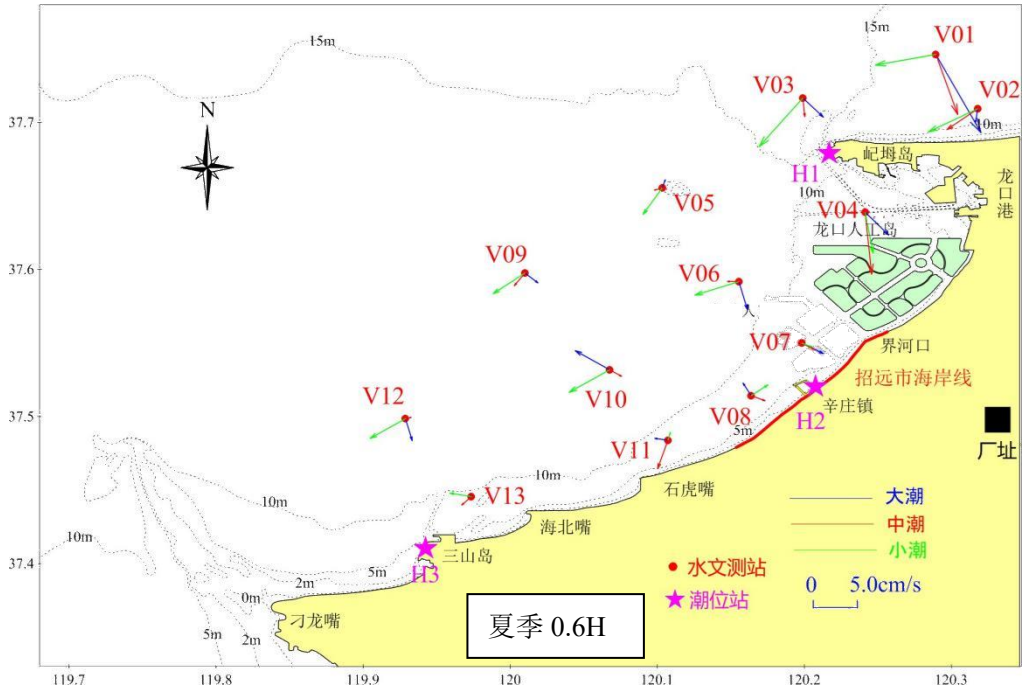


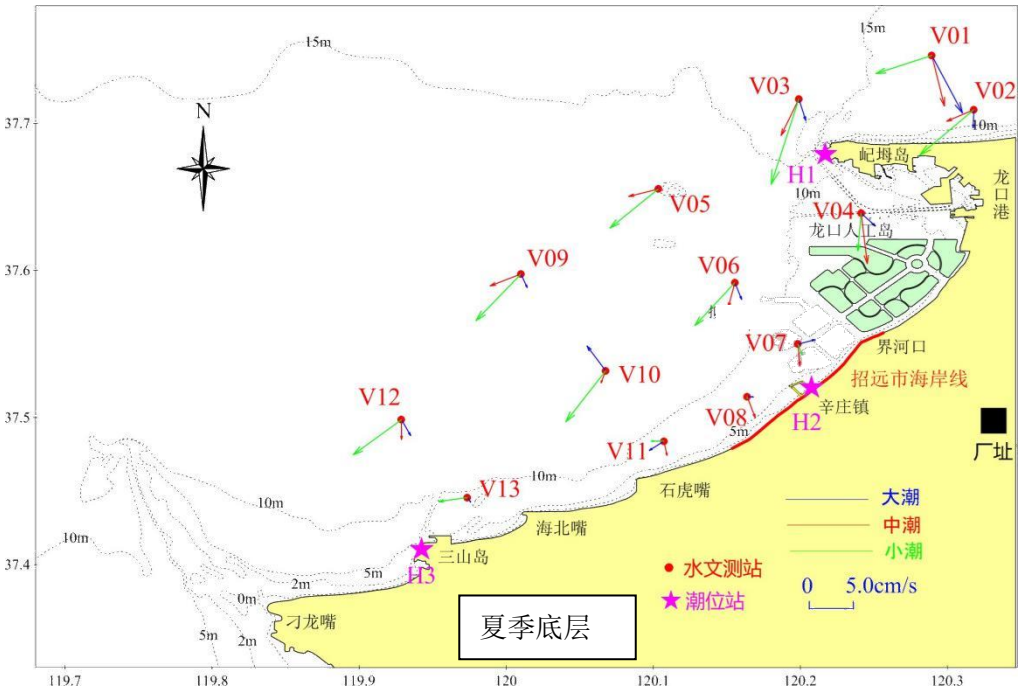
环境影响报告书（选址阶段）		
全潮观测期间测站余流矢量图		
图 2.5-4（1/3）	版次：	A



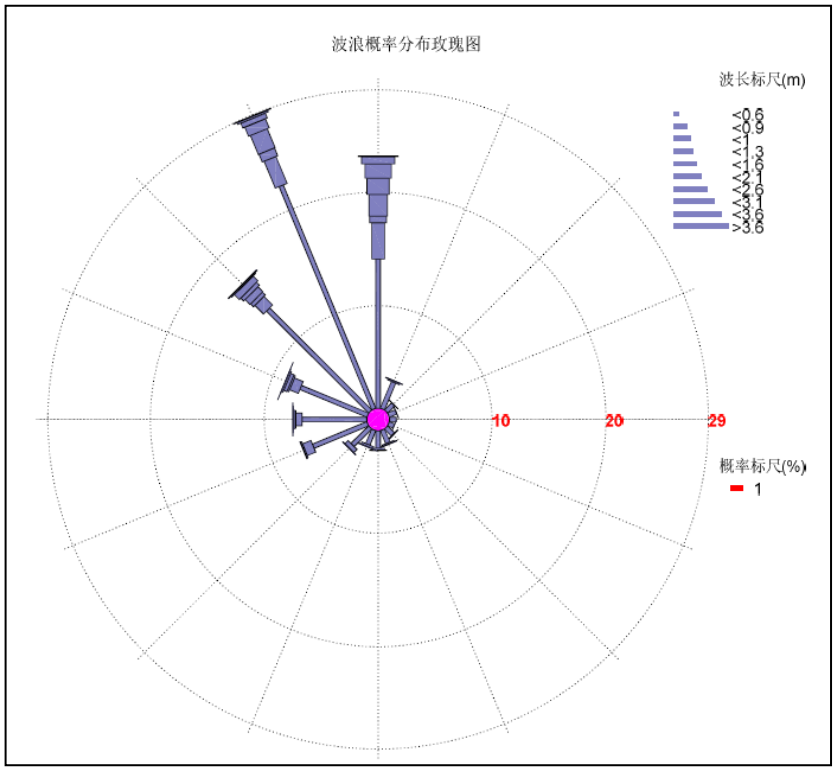


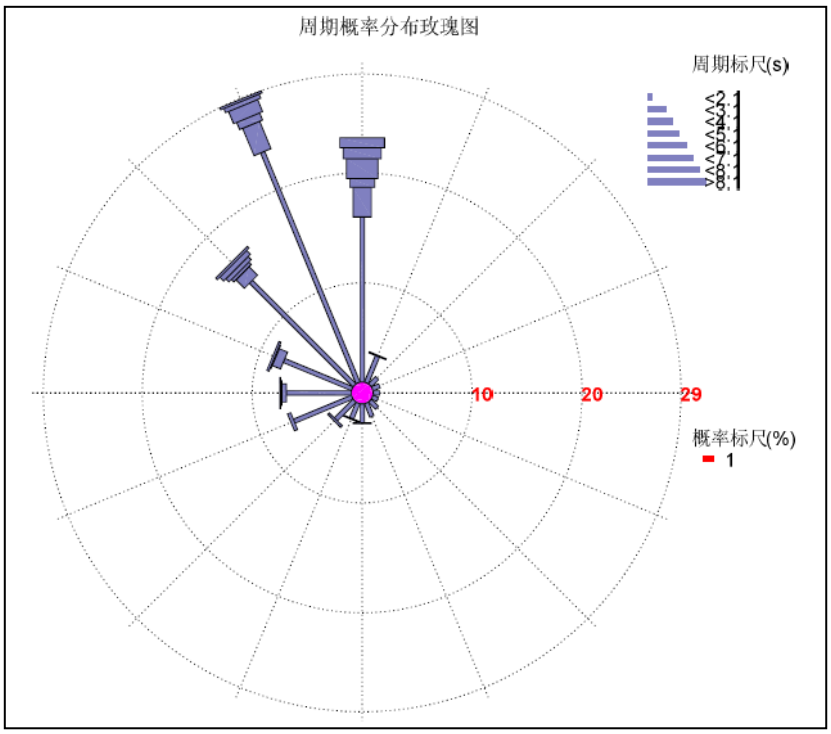
环境影响报告书（选址阶段）		
全潮观测期间测站余流矢量图		
图 2.5-4（2/3）	版次：	A



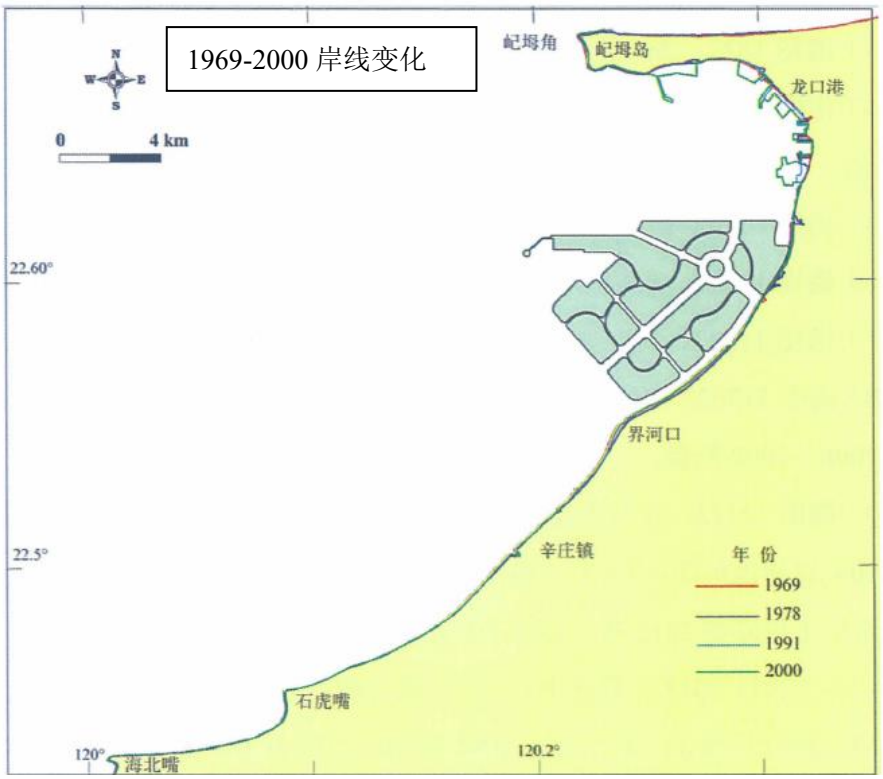


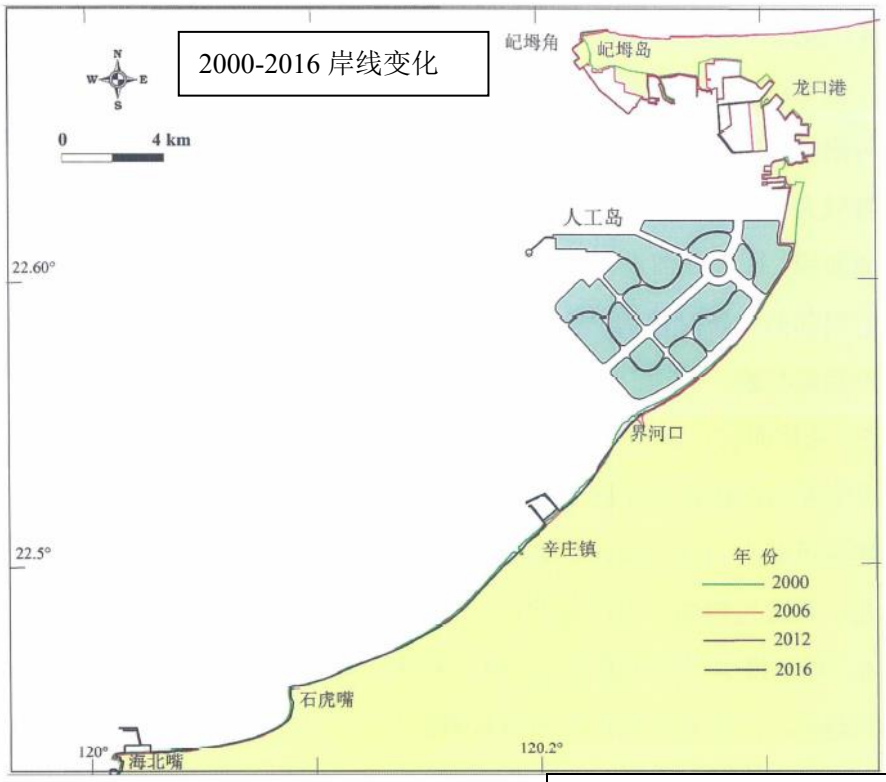
环境影响报告书（选址阶段）		
全潮观测期间测站余流矢量图		
图 2.5-4（3/3）	版次：	A



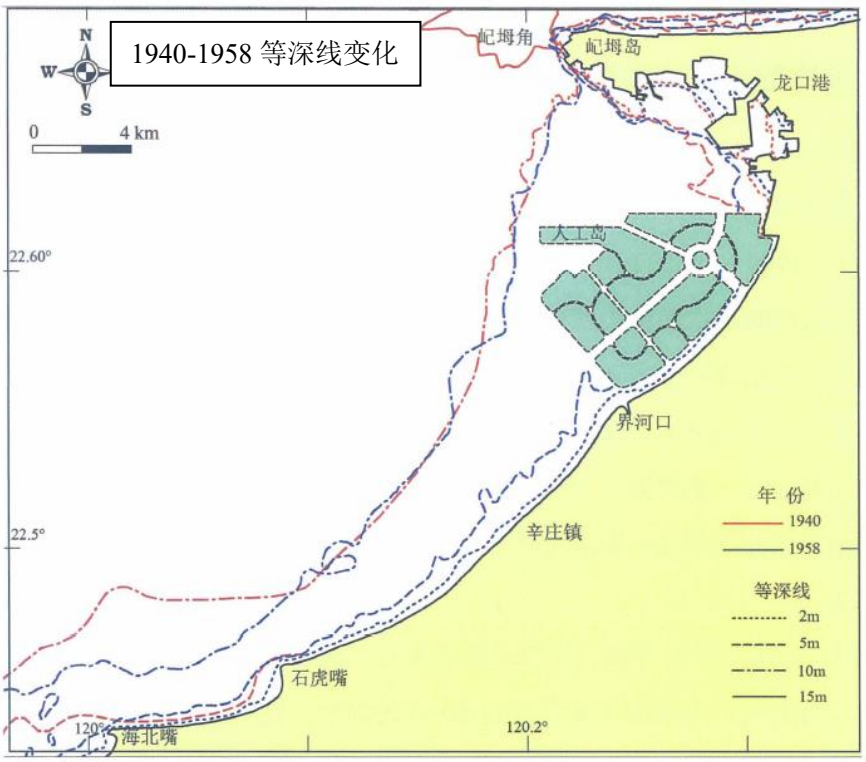


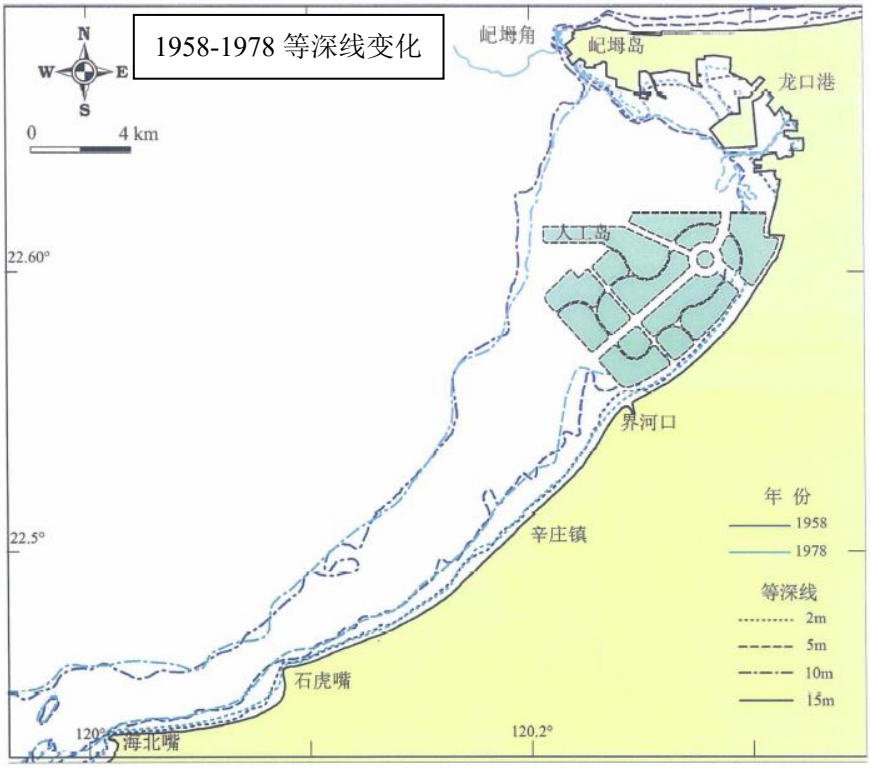
环境影响报告书（选址阶段）		
2016-2017 年度波浪玫瑰图		
图 2.5-5	版次：	A



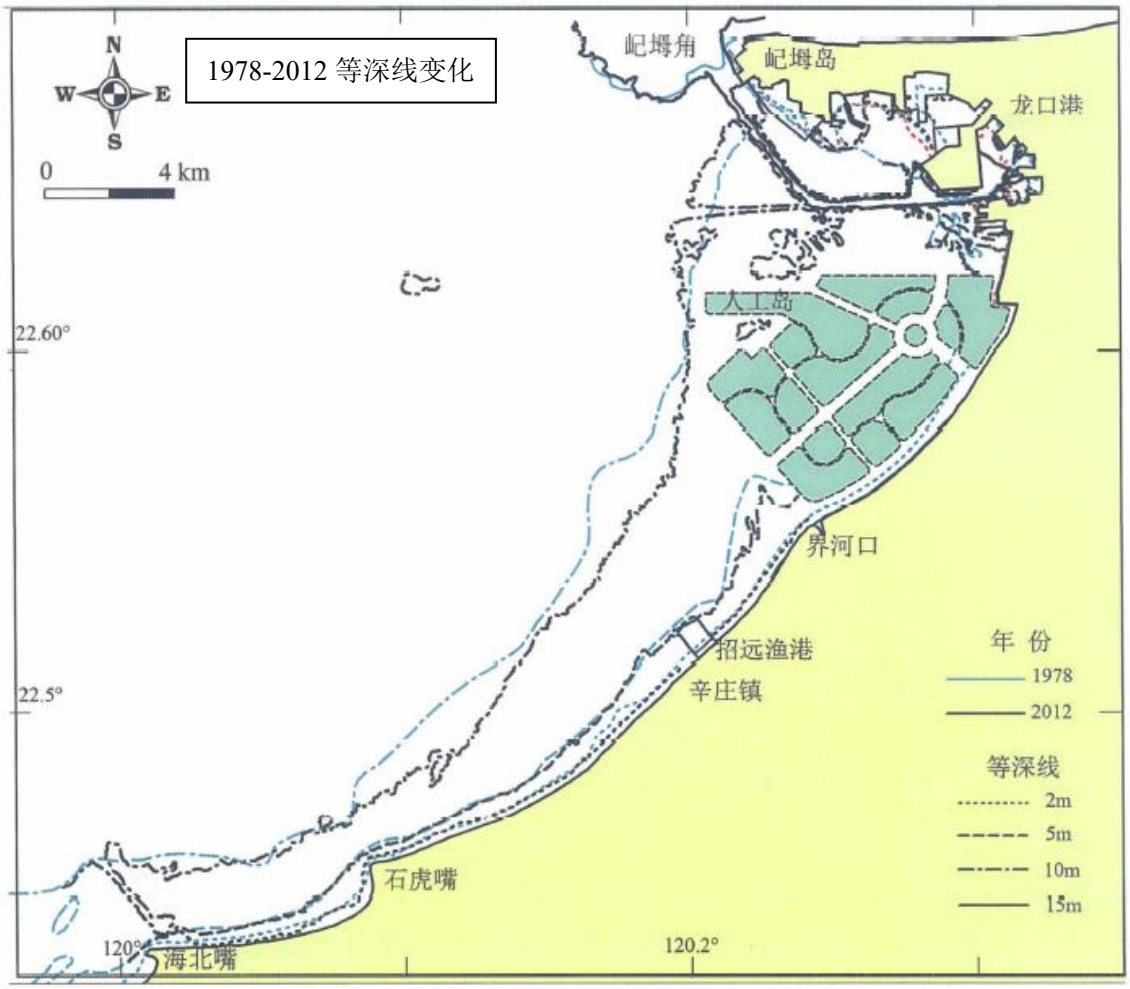


环境影响报告书（选址阶段）		
龙口湾 1969-2016 岸线变化图		
图 2.5-6	版次：	A

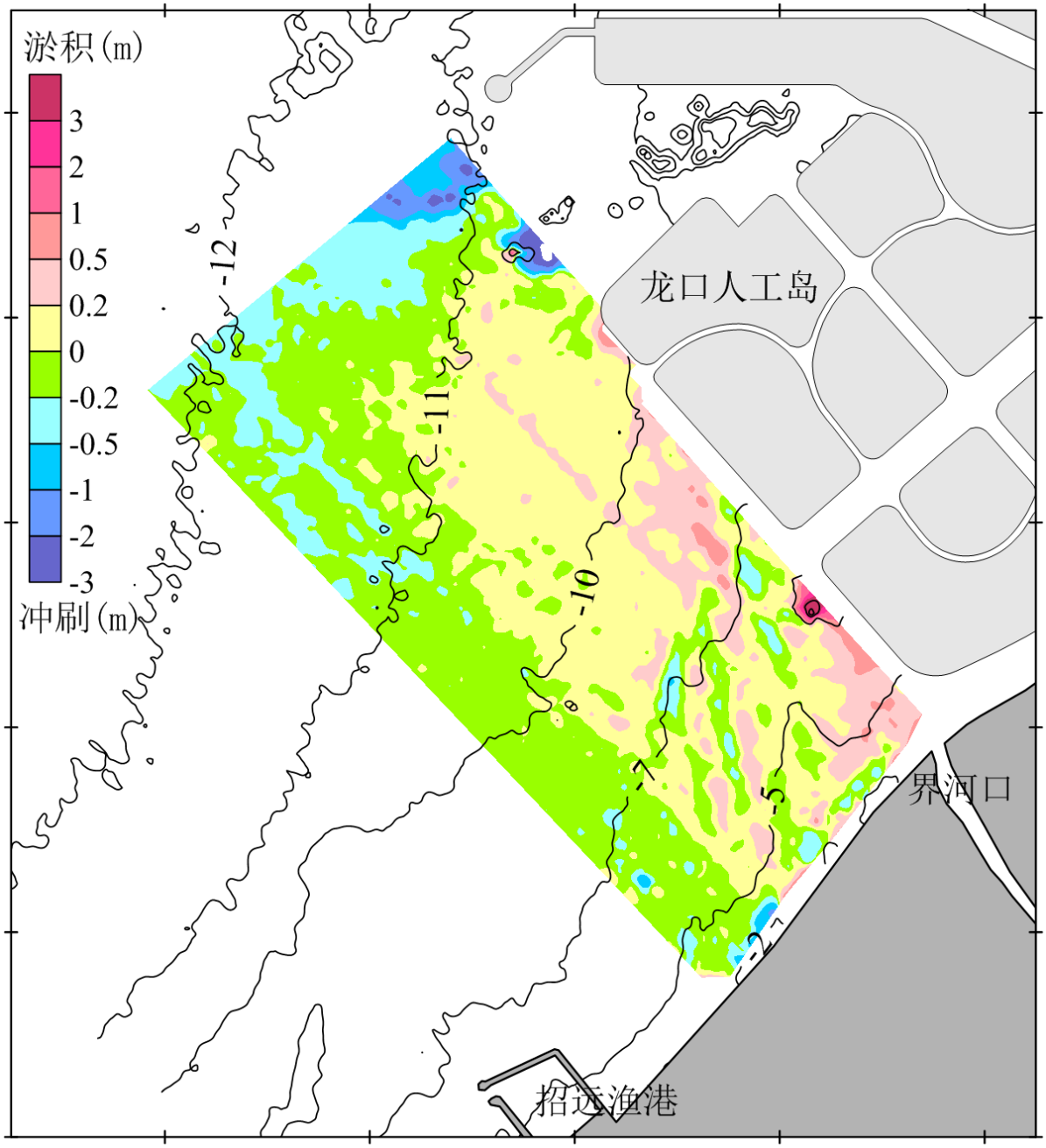




环境影响报告书（选址阶段）		
龙口湾 1940-2012 等深线变化图		
图 2.5-7（1/2）	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
龙口湾 1940-2012 等深线变化图		
图 2.5-7（2/2）	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
龙口湾 2012-2018 年局部冲淤图		
图 2.5-8	版次：	A

2.6 地形地貌

厂址所在招远市地处胶东低山丘陵地带，地形复杂多样，为典型的低山丘陵地貌，境内山丘连绵，沟壑纵横。地势东北部、中部和西部偏高，西北部和东南部偏低。东南部是河谷洼地，西北部为滨海平原，其余属丘陵、山区，市域以东北部的罗山山脉、中部的丘陵和北、南部的低山构成一个反“S”型分水岭，山区、丘陵、平原、洼地面积分别占总面积的 32.9%、38.4%、22.9%和 5.8%。境内大小山头 1295 个，沟夼 4400 条，海拔百米以上的山丘 140 座。东北部的罗山山脉高为群首，主峰海拔 759 米，有“罗峰十里隔烟霞，势压登莱百万峰”之誉，是胶东半岛最大内陆河流—大沽河的发源地；周围分布有海拔 500 米以上的山头 21 个，群山环翠，峰峦叠嶂。

厂址半径 5km 范围内地形标高在 2.3～425.3m，整体东高西低，最高点位于调查区东南部双目顶，最低点位于调查区西北角。拟建厂址区位于调查区中部丘陵的东南侧斜坡地，自西北向东南倾斜，丘顶最高海拔 229.4m。厂址区及周边大部分地区为林地，局部为耕地，表层为耕作层。根据地貌成因，厂址周边地貌可分为低山丘陵地貌区（I）、山间凹地地貌区（II）、冲积平原地貌区（III）、冲沟微地貌。其中，低山丘陵地貌区是调查区主要地貌单元，面积约 110.7km^2，占调查区总面积的 71.7%。

取排水管线场地及附近周边地形标高在 0.75～190.97m，最高点位于测区东部金山，最低点位于测区西北角渤海。地形整体东高、西低，南高、北低。地貌类型主要为剥蚀丘陵、山前堆积、冲洪积平原、滨海平原，拟建取排水管线穿越上述 4 个地貌单元。

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.2 非辐射环境质量现状

3.1　　辐射环境质量现状

3.1　辐射环境质量现状

3.1.1　辐射环境本底调查

3.1.1.1 调查方案

3.1.1.2 调查结果

3.1.1.3 质量保证措施

3.1.1.4 核设施、核技术利用、铀（钍）矿和伴生放射性矿开发利用

3.1.2　辐射环境质量评价

3.1 辐射环境质量现状

2021 年 5 月~2021 年 8 月，专题单位对山东招远核电厂一期工程周围辐射环境现状进行为期一季度的调查，本报告依据该次调查结果进行描述和评价。

3.1.1 辐射环境本底调查

3.1.1.1 调查方案

（1）调查范围

本次调查中，环境γ辐射水平的调查范围为以核电厂为中心半径 20km；陆域环境介质中放射性核素含量的调查范围主要以核电厂为中心半径 5~10km；受纳水体环境介质调查范围为山东招远核电厂取排水口附近区域。

（2）布点原则

环境辐射水平调查考虑以下原则：

— 通过现场监测、现场采样、实验室分析等方法，获取厂址周围环境辐射水平和各类环境介质中的放射性核素浓度水平；

— 监测点位布置充分考虑点位代表性，尽可能按扇区分布进行布点，同时考虑人口分布、气象特征、地形条件、交通和电力等硬件条件等，做到点位全面、重点突出；

— 尽可能选择未来被扰动和破坏可能性小的位置作为监测点位；

— 调查监测布点综合考虑运行前本底调查和运行阶段辐射环境监测布点的连续性和可比性；

— 样品采集、运输、处理、监测、数据处理和报告均应满足相应的技术规范的要求；

— 考虑厂址取排水管线的特点，增加针对性布点。

（3）调查内容

本次调查方案汇总情况见表 3.1-1。

1）γ辐射剂量率测量

- 环境γ辐射剂量率

以1号反应堆为中心半径2km、5km、10km、20km与16个方位角形成的扇形区域内布点。监测频次为2次。监测点位主要为原野，一般为田地、草坪、山坡、空地等。监测点位见图3.1-1，环境γ辐射剂量率监测点位共72个点，有关点位信息见表3.1-2。环境

γ辐射剂量率监测的宇宙射线响应测量设在厂址WSW方位约277.4km的雪野水库以及厂址正南方位约711.5km的太湖。

- 环境辐射累积剂量监测

环境辐射累积剂量监测布点与瞬时γ辐射剂量率监测点位相同，主要考虑20km范围内区域，布点72个，回收63个，回收率87.5%。累积剂量现场布放3个月，监测1次。

2）环境介质调查方案

- 空气放射性核素浓度

在厂址N方位的虎龙斗村设1个空气采样点，监测项目为气溶胶γ谱分析（分析核素包括^{60}Co、^{58}Co、^{137}Cs、^{134}Cs、^{54}Mn、^{7}Be）。监测点位示意图见图3.1-2。

- 地表水中放射性核素浓度

在栾家河水库、界河、界河跨越管线处以及迟家沟水库设采样点。采样点位情况见表3.1-3和图3.1-3。地表水监测项目包括：γ谱分析（分析核素包括^{60}Co、^{58}Co、^{137}Cs、^{134}Cs、^{54}Mn等）、^{90}Sr、^{3}H、总α、总β。

- 地下水和饮用水

根据调查，厂址区域附近居民的饮用水水源一般采用地下水。当地居民一般取地下水后设置集中饮用水处理设施（每村一个），经处理后供当地居民使用。本次调查地下水监测点设在大岚村、虎龙斗村、山前季家村；饮用水监测点设在虎龙斗村。地下水和饮用水监测项目包括：γ谱分析、^{90}Sr、^{3}H、总α、总β。

此外，根据招远核电取排水管线环境影响评价的要求，沿管线布设5个地下水监测点，分别位于SK9、SK13、SK15、SK18、SK22。采样时主要利用管线周围的地质勘查井取水，其中SK13井未钻勘，采用近处农灌井井水代替。取排水管线地下水监测项目为γ谱分析、^{3}H、总α、总β。

地表水和饮用水采样点位情况见表3.1-3和图3.1-4。

- 地表水沉积物

地表水沉积物采样点与地表水采样点重合（包括界河、界河管线跨越界河处、栾家河水库、迟家沟水库），共4个点，监测项目包括γ谱分析、^{90}Sr。其中γ谱分析增加^{238}U、^{226}Ra、^{232}Th、^{40}K等天然核素。采样点位情况见表3.1-3和图3.1-4。

- 土壤

本次调查土壤监测布点满足以下原则：以 1 号反应堆为中心半径 10km 范围与 8

个方位角形成的扇形区域内布点（最大风频风向下风向适当加密），每个扇形区间内布 1~3 个点，除此之外，还在沿取排水管线布 2 个点。采样点选取时设置在无水土流失的土壤及田间，同时兼顾农田、山地、丘陵等不同类型的土壤。本次调查共布 18 个采样点。采样点位情况见表 3.1-4 和图 3.1-5。土壤监测项目包括：γ 谱分析、^{90}Sr。

－ 海水及沉积物

本次调查对海水和潮下带（底泥）监测设取、排水2个点位，对潮间带在厂址周围岸边渔民主要活动场所（辛庄镇）设1个点。取排水口海水监测项目包括γ谱分析、^{90}Sr、^{3}H，γ谱分析增加^{110m}Ag、^{106}Ru。所有沉积物样品监测项目均为γ谱分析和^{90}Sr，其中γ谱分析增加^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K等天然核素。监测布点及监测内容情况见表3.1-5和图3.1-6。

（4）分析方法

1）监测设备、监测方法和监测标准

本次调查所使用的仪器设备、监测方法和监测标准见表 3.1-6。

（5）监测方法的探测限

本次调查中探测限根据规范要求计算，根据实际情况下进行表述。对环境 γ 辐射剂量率检测、TLD 检测，探测限与仪器设备的精度有关。

探测限一般情况作以下两种表述约定：

1）探测下限（LLD）

LLD 用于表征仪器检测能量的量，其单位为计数或计数率（以下采用计数方式进行描述）。在低本底测量下，假定样品测量时间与本底测量时间相同，则 LLD 根据下式进行计算：

$$LLD = 2.71 + 4.65\sqrt{n_b t_b} \qquad \text{公式 1}$$

式中：n_b 为本底计数率，cps；t_b 为本底测量时间，s。

2）最小可探测活度浓度（MDC）

MDC 一般用于表征方法的检出限水平，与 LLD 及样品灰鲜比、回收率等因素有关。

γ 能谱的最小可探测活度浓度（MDC）采用以下公式：

$$MDC = \frac{LLD}{t \cdot \varepsilon \cdot P_\gamma \cdot W} \qquad \text{公式 2}$$

式中：t 为样品测量时间；ε 为探测效率；P_γ 为射线分支比；W 为样品量。

对总 α、总 β 测量，MDC（单位为 Bq/L）表达式为：

$$MDC = \frac{LLD}{t_s \cdot \eta \cdot R \cdot V} \qquad \text{公式 3}$$

式中，t_s 为样品测量时间，s；η 为探测效率；R 为水残渣回收率；V 为水残渣对应的样品体积，单位为 L。

对 ^{90}Sr 测量（采用快速法进行测量），MDC 根据下式计算：

$$MDC = \frac{LLD}{Y_Y \times t_s \cdot \eta \cdot W \cdot e^{-\lambda(t_2 - t_1)}} \qquad \text{公式 4}$$

式中：Y_Y 为钇的化学回收率；t_s 为样品测量时间；η 为仪器对钇-90 的探测效率；W 为样品量；t_1：从开始过柱到过柱完毕的中间时刻；t_2：从开始测量到测量完毕的中间时刻；λ：钇-90 的衰变常数，为 $1.802\times10^{-4}min^{-1}$。

对水中 ^3H 测量，其 MDC 由下式进行计算：

$$MDC = \frac{LLD}{t_s \cdot \eta \cdot W} \qquad \text{公式 5}$$

式中：t_s 为样品测量时间；η 为探测效率；W 为测量瓶中 H_2O 重量或体积。

本次调查主要分析项目的 MDC 水平（名义值，不代表实际样品 MDC 水平）见表 3.1-7。

3.1.1.2 调查结果

（1）环境 γ 辐射剂量率监测结果

本次调查环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 3.1-8。可以看到，所有点位两次监测结果的平均值分别为 78.4±15.4nGy/h、75.6±12.0nGy/h，范围分别为 53.9~112.6nGy/h、55.0~103.2nGy/h。所有点位两次监测结果的平均值为 77.1±11.8nGy/h，范围为 55.9~104.5nG/h，结果处于厂址所在烟台市和山东省的贯穿辐射本底调查结果范围（烟台市和山东省原野贯穿辐射剂量率结果范围分别为 21.4~120.5nGy/h 和 16.9~162.6nGy/h）内。

（2）累积剂量监测结果

本次调查累积剂量小时平均值监测结果见表 3.1-9。可以看到，所有点位监测结果的平均值为 95.2±12.3nGy/h，范围为 71.0~145.8nGy/h。

（3）空气样品监测结果

本次调查在虎龙斗村设气溶胶采样点。监测结果见表 3.1-10。从表可以看到，在

气溶胶样品中检出的 ^{7}Be 结果为 7.4±0.2mBq/m^{3}，其他关注的人工放性核素监测结果均低于 MDC。

（4）水样品监测结果

1）地表水

本次调查地表水监测结果见表 3.1-11。从表中可以看到：

地表水中 ^{90}Sr 范围为 0.48~2.60mBq/L，处于正常水平；

地表水总 α、总 β 结果范围分别为<0.10Bq/L 和 0.181~3.153Bq/L；其中，界河水总 β 结果相对较高，两个点位的结果分别为 3.15±0.07Bq/L、1.49±0.05Bq/L，分析原因，主要是水中 ^{40}K 的影响。表中同时给出了地表水中 ^{40}K 的监测结果，在管线跨越界河处的 ^{40}K 活度浓度为 3.31±0.06Bq/L，另一个界河水监测结果为 1.52±0.05Bq/L，与各点位总 β 结果处于相近的水平；

地表水中 ^{3}H 的结果范围为<0.58~1.05Bq/L，处于正常水平；

地表水中关注的人工 γ 放射性核素的监测结果均低于 MDC（对 ^{137}Cs，典型 MDC 为 2mBq/L）。

2）地下水

本次调查地下水监测结果见表 3.1-12。从表可以看到：

对 ^{90}Sr，3 个居民点结果范围为 0.74~1.1mBq/L，处于正常水平；

对总 α，3 个居民点结果均低于 MDC（<0.050Bq/L），管线沿线井地下水结果范围为<0.067~0.128Bq/L，处于正常水平；

对总 β，3 个居民点结果范围为 0.050~0.085Bq/L，管线沿线井地下水结果范围为 0.089~0.300Bq/L，处于正常水平；

对 ^{3}H，3 个居民点结果均低于探测限（<0.58Bq/L），管线沿线井地下水结果范围为<0.58~0.73Bq/L；

对关注的人工 γ 放射性核素，3 个居民点和管线沿线井地下水结果均低于 MDC。

3）饮用水

本次调查饮用水监测结果见表 3.1-12。分析表明：

对 ^{3}H，结果为 1.03±0.36Bq/L，处于正常水平；

对总 α、总 β，监测结果分别为<0.007Bq/L 和 0.004±0.002Bq/L，均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）的指导水平（对总 α、总 β 的指导值分别为 0.5Bq/L

和 1Bq/L）；

对 ^{90}Sr，结果为 1.09±0.11mBq/L，处于正常水平；

对 ^{137}Cs，结果低于 MDC（<1.9mBq/L），处于正常水平；

对其他关注的人工 γ 放射性核素，其结果全部低于 MDC。

4）海水

本次调查在取水口和排水口设海水监测点，监测项目为：γ 谱分析、^{90}Sr、^{3}H，其中 γ 谱分析增加 ^{110m}Ag、^{106}Ru。结果见 3.1-13。分析表明：

对海水中的 ^{3}H，结果均低于 MDC（<0.58Bq/L），处于正常水平；

对海水中的 ^{90}Sr，取水口和排水口结果分别为 4.05±0.15mBq/L 和 1.44±0.11mBq/L，处于正常水平；

对海水中的 ^{137}Cs，结果均低于 MDC（<2.7mBq/L），处于正常水平；

对其他关注的人工 γ 放射性核素，其结果全部低于 MDC。

分析表明，所有关注核素（包括 ^{60}Co、^{90}Sr、^{106}Ru、^{134}Cs、^{137}Cs）活度浓度均满足《海水水质标准》（GB 3097-1997）的要求（各核素的水质标准限值分别是为：^{60}Co 0.03Bq/L；^{90}Sr 4Bq/L、^{106}Ru 0.2 Bq/L、^{134}Cs 0.6Bq/L、^{137}Cs 0.7 Bq/L）。

（5）土壤与沉积物样品监测结果

1）土壤

本次调查土壤监测结果见表 3.1-14。分析表明：

对土壤中的 ^{90}Sr，其监测结果范围为<0.121~0.498Bq/kg，处于正常水平；

对 ^{137}Cs，其结果范围为<0.7~2.7Bq/kg，处于正常水平；

其他人工 γ 放射性核素结果均低于 MDC；

对天然放射性核素 ^{238}U，其结果范围为 17~44Bq/kg，处于山东省天然放射性本底范围（15.7~90.1Bq/kg）内；

对 ^{232}Th，其结果范围为 21.9~110.3Bq/kg，处于山东省天然放射性本底范围（20.8~202.0Bq/kg）内；

对 ^{226}Ra，其结果范围为 11.7~36.8Bq/kg，处于山东省天然放射性本底范围（9.8~50.0Bq/kg）内；

对 ^{40}K，其结果范围为 595~1033Bq/kg，处于山东省天然放射性本底范围（391.7~1870Bq/kg）内。

2）地表水沉积物

本次调查在各地表水沉积物监测结果见表 3.1-15。分析表明：

对其中的 ^{90}Sr，其监测结果范围为 0.195~0.931Bq/kg，处于正常水平；

对 ^{137}Cs，其结果范围为<0.57~1.0Bq/kg，其他人工 γ 放射性核素结果均低于探测限；

对天然放射性核素 ^{238}U，其结果范围为<13~21Bq/kg，处于正常水平；

对 ^{232}Th，其结果范围为 12.2~33.6Bq/kg，处于正常水平；

对 ^{226}Ra，其结果范围为 1.6~15.6Bq/kg，处于正常水平；

对 ^{40}K，其结果范围为 672~961Bq/kg，处于正常水平。

3）海洋沉积物

本次调查排水口和取水口设置沉积物监测点，同时在辛庄镇设置岸边沉积物监测点。监测项目为 ^{90}Sr 和 γ 谱分析，结果见表 3.1-15。分析表明：

对 ^{90}Sr，其监测结果范围为 0.106~0.177Bq/kg，处于正常水平；

对关注的人工放射性核素（包括 ^{137}Cs），结果均低于 MDC，处于正常水平。

3.1.1.3 质量保证措施

（1）组织机构与人员

为了保证本底调查工作的质量控制，项目成立了项目组，明确了项目组成员资格、职责和分工。

本项目中所有检测人员均通过内部专业技能考核合格后授权上岗。负责检测过程内部质量监督的人员均有授权任命，负责检测数据审核和成果报告审核的人员需具备高级工程师资格。检测人员资格和培训具体按《人员管理程序》要求执行，并保存相关的培训、考核及授权记录。项目负责人受环境保护与辐射安全中心负责人委托，根据项目的组织结构和各岗位的资格要求安排人员。

（2）调查过程中的内部质量控制

1）量值溯源

根据调查单位相关管理程序，为保证检测仪器设备、标准物质和设备量值能溯源到国家计量基准，确保检测数据准确、可靠且具有可比性，对检测仪器设备、标准物质的量值溯源进行控制，最终保证量值溯源到国家计量基准。

此外，项目承担单位所使用标准物质均溯源到国家计量基准，本底调查中仪器设

备刻度所使用的标准物质均由中国计量科学研究院提供，为测量的量值溯源至国家基准提供有力的保证。

为保证项目结果的可靠性，检测过程中所使用的仪器设备均按规定进行周期检定/校准，保证检定/校准结果能够溯源到国家计量基准。本项目涉及的主要仪器设备均在检定/校准的合格期内。

2）仪器稳定性检验

- 仪器设备的期间核查

依据调查单位相关管理程序，为确保检测仪器设备始终处于合格有效的状态，在设备两次检定/校准之间应进行仪器设备的期间核查，结果表明，在本次调查所在年度所有相关设备均按预先设计的计划进行了期间核查，结果均满意。

对于本次调查重点关注的辐射剂量率仪，在两次调查期间进行了多次比对，结果见表 3.1-16。可以看到，所用仪器之间性能较一致，比对结果较好。

- 低水平测量装置的泊松分布检验

对于低水平的放射性测量装置，其本底计数或对同一稳定放射源的计数满足泊松分布是其工作正常的必要条件。一旦明显偏离泊松分布，则表明其工作状态不正常。因此，实验室定期对本底或同一样品源计数是否满足泊松分布进行检验。本次调查年度放射性测量装置泊松分布检验结果见表 3.1-17。由表可见，用于低水平放射性测量的装置未见异常。

- 仪器设备的长期可靠性检验

用于监测的放射性测量装置每月进行 1 次本底测量和效率检验，以确定测量装置的长期稳定性。并依据检验结果绘制本底质控图和效率质控图。近两年来主要测量设备的本底和效率质控图分析表明，所有质控点基本上在±2σ 以内，各监测设备长期运行稳定，满足《实验室质量控制 利用统计质量保证和控制图技术评价分析测量系统的性能》（GB/T 27407-2010）中质量控制的要求。

3）采样的质量控制

- 采样准备

采样工作开始之前，根据本底调查的目的和要求，决定采集样品的种类，对各类样品的采集和预处理，制定操作程序，采样出发前，对每个参加采样的人员进行培训，参加采样的人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行。

- 采样记录

现场采样人员在现场真实的填写采样记录表，利用 GPS、数码照相的方式对现场采样情况进行记录，以保证定位的可重复性。同时填写样品标签，采取措施保证样品标签在样品保存、运输过程中不会丢失、损坏。

- 样品的采集

为保证样品的代表性，首先需要选择合适的采样地点。采集的样品尽量保证足够的余量，以备复查。

- 样品的标识

采样人员负责对样品编号，加贴唯一性识别标识，注明样品的详细信息。样品管理员在接收样品时，应及时登记后保存。

- 样品的流转

本次调查的样品按照分析顺序流转，交接签收时检查样品的状况。分析人员对分析完毕的样品，加贴状态标识以免发生混淆，使样品具有可追溯性。

本次调查的样品在制备、测试、传递过程中加以防护，严格遵守有关样品的程序，避免受到非正常损坏。

4）累积剂量监测的质量控制

- 选片

将同批的 TLD 剂量计组件置于 CarboliteTLD-LAB01 型热释光精密退火炉内在 240℃高温下退火 10 分钟，取出冷却后用 Thermo2210 型 Sr-90/Y-90 热释光辐照炉照射，照射量与一季度的累积剂量值相当，然后用 Harshaw5500 型热释光剂量装置进行测量。选片按分散性不大于 5%的原则进行筛选。

- TLD 剂量计刻度

每批热释光剂量计第一次启用时都必须进行刻度，作出剂量与热释光响应曲线。刻度时送往上海计量科学研究院进行标准场照射，并同时做好能量响应校正。

- TLD 剂量计布放

将筛选的 TLD 组件退火后装入剂量计盒内（每盒装三枚 TLD 剂量计组件放置）。现场布放点按辐射场比较均匀的要求选取，一般选在空旷、平整且离建筑物 10m 以上的地方布点。TLD 剂量盒放入透明自封袋中，贴上标签，再装入自封袋中，用透明胶带绑在 1m 高左右的小树枝上，记录好布放时间、布点坐标、布点环境、线路等信息。

- TLD 剂量计回收

回收时详细记录回收时间。

- TLD 剂量计测量

用 Harshaw5500 型热释光剂量测量装置测量。测出每个监测点位的 6 个 TLD，按照 Grubbs 法对数据进行取舍检验，若有异常数据，则应先剔除再求平均值和标准偏差。

- 伴随本底扣除

回收 TLD 时携带伴随本底 TLD 剂量计，保证行程和布放 TLD 时一致，伴随 TLD 剂量计一直和回收后的 TLD 剂量计放在同一位置，最终测量结果减去该伴随 TLD 的剂量。

5）放化分析的质量控制

采用 HJ 61-2021 中的相关要求进行平行性评价。其主要评价准则见表 3.1-18。对于留样复测的结果评价，参考采用平行双样评价准则。

本次调查对所有平行样及复测样的平行双样监测结果及评价结果见表 3.1-19。可以看出，所有平行双样分析结果是可以接受的。

6）实验室能力验证

项目承担单位近年来积极参加国内外组织的实验室能力验证和实验室间比对。给出了 2020 年以来参加比对的情况，见表 3.1-20。可以看到，所有的能力验证和实验室间比对结果均为优秀、合格或满意。

3.1.1.4 核设施、核技术利用、铀（钍）矿和伴生放射性矿开发利用

（1）30km 范围内的核设施概况、铀钍矿设施概况

厂址半径 30km 范围主要涉及招远市、龙口市以及莱州市部分地区，根据调查，目前厂址半径 30km 范围内没有已建和在建的核设施和铀钍矿。

（2）15km 范围内矿产开发利用企业概况

根据调查，厂址半径 15km 范围主要矿产开发利用企业及矿场主要分布在金岭镇原疃矿区、辛庄镇陈家矿区、北截矿区、张星镇金山矿区。

（3）15km 范围内同位素生产及非密封源放射性同位素的应用概况

厂址半径 15km 范围内没有同位素生产及非密封源放射性同位素应用的情况。

（4）5km范围内I类和II类放射源的应用概况

厂址半径5km范围内不存在I类和II类放射源的应用。

3.1.2 辐射环境质量评价

根据核电厂环境影响评价的要求，建设单位委托对厂址 20km 范围内的环境 γ 辐射剂量率、辐射累积剂量、空气、土壤、地表水、底泥、海水及海洋沉积物中放射性进行了调查分析。监测结果表明，厂址周围环境辐射均处于正常水平，未发现可能存在的高本底地区。总体监测数据汇总如下：

（1）环境 γ 辐射剂量率

本次调查在厂址 20km 范围共设置 72 个监测点位，各点位监测结果范围为 55.9~104.5nGy/h，结果处于厂址所在烟台市和山东省的贯穿辐射本底调查结果范围内。

本次调查在 20km 范围内设置了 72 个 TLD 监测点，回收 63 个点，监测结果的范围为 71.0~145.8nGy/h，处于正常水平。

（2）空气中放射性

本次调查在虎龙斗村设置了 1 个空气气溶胶采样点，所有关注的人工 γ 放射性核素均低于 MDC。

（3）地表水及沉积物

地表水监测项目包括 ^{3}H、^{90}Sr 和 γ 谱分析。地表水中 ^{3}H 的结果范围为 <0.58~1.05Bq/L，^{90}Sr 的结果范围为 0.48~2.60mBq/L，所有关注的人工 γ 放射性核素结果均低于 MDC。

地表水沉积物（岸边沉积物）监测项目包括 ^{90}Sr、γ 谱分析。^{90}Sr 的监测结果范围为 0.195~0.931Bq/kg；^{137}Cs 的监测结果范围为<0.57~1.0Bq/kg，相关结果均处于正常水平。

（4）饮用水/地下水

对地下水和饮用水，其监测项目为 ^{3}H、^{90}Sr、总 α、总 β、γ 谱分析（沿管线地下水不监测 ^{90}Sr）。

对地下水，3 个居民点结果均低于探测限（<0.58Bq/L），管线沿线井地下水结果范围为<0.58~0.73Bq/L；3 个居民点结果范围为 0.74~1.1mBq/L；对总 α，3 个居民点结果均低于 MDC（<0.050Bq/L），管线沿线井地下水结果范围为<0.067~0.128Bq/L；对总 β，3 个居民点结果范围为 0.050~0.085Bq/L，管线沿线井地下水结果范围为 0.089~0.300Bq/L；对关注的人工 γ 放射性核素，3 个居民点和管线沿线井地下水结果

均低于 MDC。

对饮用水，仅在虎龙斗村设点。结果表明，对 ^{3}H，结果为 1.03±0.36Bq/L，对总 α、总 β，监测结果分别为<0.007Bq/L 和 0.004±0.002Bq/L，均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）的指导水平（对总 α、总 β 的指导值分别是为 0.5Bq/L 和 1Bq/L）；对 ^{90}Sr，结果为 1.09±0.11mBq/L；对 ^{137}Cs，结果低于 MDC；对其他关注的人工 γ 放射性核素，其结果全部低于 MDC。

（5）土壤

本次调查土壤监测共设 18 个监测点位，监测项目包括 ^{90}Sr 和 γ 谱分析。结果表明，对土壤中的 ^{90}Sr，其监测结果范围为<0.121~0.498Bq/kg；对 ^{137}Cs，其结果范围为<0.7~2.7Bq/kg；其他人工 γ 放射性核素结果均低于 MDC。

（6）海水

本次调查海水监测项目包括 ^{3}H、^{90}Sr 和 γ 谱分析，在取、排水口附近设点。结果表明，对海水中的 ^{3}H，两个点位的结果均低于 MDC（<0.58Bq/L）；对海水中的 ^{90}Sr，取水口和排水口结果分别为 4.05±0.15mBq/L 和 1.44±0.11mBq/L；对海水中的 ^{137}Cs，结果均低于 MDC（<2.7mBq/L）；对其他关注的人工 γ 放射性核素，其结果全部低于 MDC。分析表明，所有关注核素（包括 ^{60}Co、^{90}Sr、^{106}Ru、^{134}Cs、^{137}Cs）活度浓度均满足《海水水质标准》（GB 3097-1997）的要求。

（7）海洋沉积物

本次调查海洋沉积物监测项目为γ谱分析、^{90}Sr。结果表明，海洋沉积物中^{90}Sr监测结果的范围为0.106~0.177Bq/kg，^{137}Cs等人工γ放射性核素监测结果均低于MDC。

表 3.1-1 本次调查方案主要分析项目及其数量

序号	介质	监测项目	点位	分析数量	频次/时间
1	空气	剂量率	72 个点位，2km、5km、10km、20km 与 16 个方位角形成的扇形区域	144	2 次
2		累积剂量小时平均值*		72	3 个月
3	空气气溶胶	γ 谱分析	虎龙斗村	1	1 次
4	地表水	γ 谱分析、^{90}Sr、^{3}H、总 α、总 β	栾家河水库、界河、界河跨越管线处以及迟家沟水库	20	1 次
5	地表水沉积物	γ 谱分析、^{90}Sr		8	1 次
6	地下水	γ 谱分析、^{90}Sr、^{3}H、总 α、总 β	大岚村、虎龙斗村、山前季家村	15	1 次
7	地下水	γ 谱分析、^{3}H、总 α、总 β	SK9、SK13**、SK15、SK18、SK22	20	1 次
8	饮用水	γ 谱分析、^{90}Sr、^{3}H、总 α、总 β	虎龙斗村	5	1 次
9	海水	γ 谱分析、^{90}Sr、^{3}H	取水口、排水口	6	1 次
10	潮下带（底泥）	γ 谱分析、^{90}Sr	取水口、排水口	4	1 次
11	潮间带	γ 谱分析、^{90}Sr	辛庄镇	2	1 次
12	土壤	γ 谱分析、^{90}Sr	18 个点，以反应堆为中心半径 10km 范围与 8 个方位角形成的扇形区域内布点，每个扇形区间内布 1~3 个点	36	1 次

注：*实际回收63个；**该井未钻勘，采用附近民用灌井地下水代替。

表 3.1-2 （1/2） 环境γ辐射剂量率与累积剂量监测点位

序号	点位名称	经度(º)	纬度(º)	海拔(m)	方位	距离(km)
1	厂址北	120.348676	37.508956	123.8	N	0.3
2	厂址东	120.353667	37.505854	90.7	E	0.4
3	厂址南	120.348336	37.501901	76.4	S	0.5
4	厂址西	120.342123	37.506253	112.2	W	0.6
5	山前季家村北	120.338397	37.508349	110.8	NWW	1.0
6	南区矿场	120.354263	37.497149	83.4	SSE	1.1
7	虎龙斗村东南	120.353011	37.516849	100.3	NNE	1.2
8	山前季家	120.335658	37.502578	98.7	WSW	1.2
9	山前季家村	120.334267	37.508628	106.3	NWW	1.3
10	大岚村西	120.363164	37.510390	91.78	ENE	1.3
11	山前季家南	120.336658	37.498814	93.5	SW	1.4
12	风力发电站	120.337397	37.515285	131.0	NW	1.4
13	栾家河水库	120.365302	37.505077	71.5	E	1.5
14	虎龙斗村	120.348620	37.520045	79.7	N	1.5
15	沟子村西	120.341702	37.493280	61.0	SSW	1.6
16	李家村南	120.362571	37.515779	82.9	NE	1.6
17	虎龙斗村西	120.343335	37.520684	102.7	N	1.7
18	沟子村	120.346531	37.491257	55.4	S	1.7
19	栾家河村南	120.364150	37.496647	74.7	SE	1.7
20	大岚村	120.368336	37.510512	93.7	ENE	1.8
21	栾家河村	120.369853	37.498740	76.1	ESE	2.0
22	栾家水库东	120.373424	37.504343	90.0	E	2.2
23	段家洼村	120.369741	37.489885	66.6	SE	2.6
24	栾家庄村	120.360183	37.483357	59.9	SSE	2.7
25	黄家村	120.318841	37.517904	75.6	NWW	2.9
26	大李家村	120.360415	37.532341	93.7	NNE	3.1
27	郭家村	120.350632	37.534063	64.8	N	3.1
28	石场	120.380352	37.523509	157.1	NE	3.4
29	欧家村西北	120.321338	37.485184	32.0	SW	3.4
30	杨家庄村	120.340248	37.535983	78.8	N	3.4
31	槐树庄村	120.312453	37.493763	44.2	WSW	3.5
32	小贾家村	120.345685	37.474137	48.3	S	3.6
33	欧家村	120.331841	37.476152	34.0	SSW	3.7
34	杨家村	120.303463	37.507425	36.5	W	4.0
35	蔡家村	120.315524	37.531054	93.8	NW	4.0
36	丛家村	120.392973	37.489479	99.3	ESE	4.3

表 3.1-2 （2/2）环境γ辐射剂量率与累积剂量监测点位

序号	点位名称	经度(º)	纬度(º)	海拔(m)	方位	距离（km）
37	张星镇	120.346247	37.464544	53.0	S	4.7
38	黑疥村西	120.397510	37.523265	192.1	ENE	4.7
39	石棚村	120.416444	37.526386	159	ENE	6.4
40	后大里村	120.383447	37.454144	60.8	SSE	6.6
41	苗家	120.426428	37.512661	133.7	E	6.9
42	羊家村	120.411174	37.467429	108.0	SE	7.0
43	王家庄	120.426686	37.490496	179.7	ESE	7.1
44	大刘家村	120.294927	37.458835	48.0	SW	7.1
45	苗家村	120.320866	37.566989	26.8	N	7.2
46	乔家村 1	120.406503	37.552297	93.0	NE	7.2
47	付家村	120.354592	37.440228	45.7	S	7.4
48	乔家村 2	120.272000	37.475923	80.8	WSW	7.6
49	臧格庄村	120.291890	37.557313	18.2	NW	7.6
50	店子村	120.274706	37.540975	20.1	NWW	7.6
51	于家庄村	120.346283	37.574837	30.17	N	7.6
52	东埠上村	120.322882	37.435644	84.2	SSW	8.2
53	孙家村	120.252177	37.507325	31.3	W	8.5
54	大陈家村	120.383292	37.579930	41.9	NNE	8.7
55	金海大道	120.228675	37.533528	11.6	NWW	11.0
56	辛庄镇	120.216728	37.499390	25.4	W	11.7
57	人工岛	120.267576	37.593002	5.0	NW	12.0
58	罗山森林公园	120.471085	37.454318	200.0	ESE	12.2
59	于家礁	120.315727	37.615595	7.9	N	12.5
60	北马镇	120.391146	37.615967	26.2	NNE	12.8
61	梦芝街道	120.387527	37.390290	80.6	SSE	13.4
62	金岭镇	120.296388	37.393060	72.2	SSW	13.4
63	龙港	120.324674	37.632234	5.0	N	14.2
64	下丁家镇	120.503216	37.547623	97.2	ENE	14.3
65	西沟李家村	120.202265	37.450007	40.3	WSW	14.4
66	芦头镇	120.455722	37.604385	42.8	NE	14.4
67	小蒋家村	120.500571	37.455802	197.2	ESE	14.5
68	招远市	120.401044	37.373542	61.4	SSE	15.5
69	玲珑镇	120.481955	37.414779	91.7	SE	15.5
70	肖家洼村	120.530226	37.503664	163.0	E	16.0
71	蚕庄镇	120.207393	37.408014	63.9	SW	16.6
72	龙王水库	120.367543	37.355282	95.8	S	16.9

表 3.1-3　陆域水质采样点位信息表

采样类别	点位	经度（º）	纬度（º）
地表水	栾河水库	120.360108	37.501572
	管线跨越界河处	120.281268	37.510005
	界河	120.321817	37.476967
	迟家沟水库	120.435994	37.563919
地下水	SK18	120.319192	37.514059
	SK15	120.300943	37.516111
	管线跨越界河处民用井（代替 SK13）	120.283352	37.509636
	SK9	120.260579	37.530031
	山前季家村	120.334160	37.506480
	大岚村	120.364629	37.513840
	SK22	120.331889	37.508133
	虎龙斗村	120.345077	37.519499
饮用水	虎龙斗村	120.345077	37.519499

表 3.1-4　土壤采样监测点位信息表

序号	点位名称	经度（º）	纬度（º）	方位	距离（km）
1	山前季家村	120.335658	37.502578	WSW	1.2
2	沟子村	120.346520	37.491264	S	1.7
3	栾家河水库	120.365323	37.505047	E	1.5
4	虎龙斗村	120.348632	37.520070	N	1.5
5	风力发电站	120.337391	37.515277	NW	1.4
6	欧家村	120.331844	37.476148	SSW	3.7
7	黄家村	120.318841	37.517904	NWW	2.9
8	丛家村	120.392973	37.489479	ESE	4.3
9	黑夼村西	120.397509	37.523272	ENE	4.7
10	管线 1（SK15 井附近）	120.300943	37.516111	NWW	4.4
11	付家村	120.354603	37.440240	S	7.4
12	于家庄村	120.346283	37.574837	N	7.6
13	羊家村	120.411176	37.467424	SE	7.0
14	乔家村 1（龙口)	120.406504	37.552298	NE	7.2
15	乔家村 2（48#）	120.272000	37.475923	WSW	7.6
16	臧格庄村	120.291890	37.557313	NW	7.6
17	孙家村	120.252175	37.507326	W	8.5
18	管线 2（SK09）	120.260575	37.530031	NWW	8.2

表 3.1-5　受纳水体监测项目及点位布置信息表

序号	点位名称	经度（º）	纬度（º）	方位	距离（km）
1	排水口（海水）	120.232457	37.568017	NW	12.3
2	取水口（海水）	120.228430	37.538864	NWW	11.2
3	排水口（沉积物）	120.228430	37.538864	NWW	11.2
4	取水口（沉积物）	120.243927	37.552421	NWW	10.6
5	辛庄镇（沉积物）	120.211054	37.521061	NWW	11.1

表 3.1-6 调查所使用的仪器设备、监测方法和监测标准

序号	监测项目	仪器设备	测量分析方法依据
1	环境γ辐射剂量率	FH40G+FH672E 剂量率监测仪 6150Ad-b 剂量率监测仪	GB12379-90、GB/T14583-93、HJ 1157-2021
2	环境γ辐射累积剂量	Harshaw5500，LiF(Mg, Cu, P)剂量片	GBT10264-2014
3	水中 H-3	LB7 超低本底液闪谱	HJ 1126-2020
4	水中 Sr-90	MPC9604 低本底 α、β 测量仪	HJ 815-2016
5	水中总 α	MPC9604 低本底 α、β 测量仪	HJ 898-2017
6	水中总 β	MPC9604 低本底 α、β 测量仪	HJ 899-2017
7	水中γ谱分析	GEM50P4-83/GMX50p4-83，多道谱仪：DSPEC JR2.0	GB/T 16140-2018
8	土壤与沉积物中 Sr-90	MPC9604 低本底 α、β 测量仪	EJ/T 1035-2011
9	土壤与沉积物中γ谱分析	GEM50P4-83/GMX50p4-83，多道谱仪：DSPEC JR2.0	GB/T 16140-2013

表 3.1-7 （1/2） 调查分析项目最小可探测活度浓度

（一）放化部分

项目	介质	样品量 (m^3/L/g)	测量时间(min)	本底 (cpm)	探测效率	回收率	MDC
总 α	水	2.0L	1000	0.1	3.5%	96%	0.012Bq/L
总 β	水	2.0L	1000	0.80	37%	96%	0.003Bq/L
^{90}Sr	水 1)	40L	1000	0.80	43%	80%	0.18mBq/L
	土壤、沉积物 1)	50g 干	1000	0.80	43%	80%	0.15Bq/kg 干
^{3}H	水	40ml	1000	5.2	25%	-	0.5Bq/L

注：1）对 ^{90}Sr 的测量，假定 ^{90}Sr 的衰减因子 $e^{-\lambda(t_2-t_1)}$ =0.9。

（二）气溶胶 γ 核素测量最小可探测活度浓度

测量仪器：HPGeγ 谱仪 GEM50P4-83　　样品量：10418m^3

样品尺寸：样品装于 Φ75mm*70mm 的塑料盒　　测量时间：86048 秒

核素	能量(keV)	发射几率	本底计数率(s^{-1})	探测效率	*MDC*（mBq/m^3）
^{7}Be	477.61	10.5%	1.57E-02	1.83%	0.10
^{134}Cs	604.72	97.6%	1.30E-02	1.53%	0.012
^{137}Cs	661.66	84.6%	1.71E-02	1.43%	0.016
^{58}Co	810.76	99.5%	1.25E-02	1.24%	0.014
^{54}Mn	834.84	100.0%	1.21E-02	1.21%	0.014
^{60}Co	1332.49	99.8%	8.85E-03	0.89%	0.016

表 3.1-7 （2/2） 调查分析项目最小可探测活度浓度

（三） 土壤样品γ核素测量最小可探测活度浓度

测量仪器：HPGeγ 谱仪 GEM50P4-83　　样品量：0.310kg

样品尺寸：烘干磨粉装于 Φ75mm*70mm 的塑料盒　　测量时间：85873 秒

核素	能量(keV)	发射几率	本底计数率(s^{-1})	探测效率	MDC（Bq/kg干）
^{238}U	63.29	3.8%	2.78E-02	0.78%	30
^{226}Ra	351.93	35.6%	2.64E-02	2.14%	1.1
^{134}Cs	604.72	97.6%	7.58E-03	1.43%	0.34
^{110m}Ag	647.76	95.3%	6.80E-03	1.37%	0.34
^{137}Cs	661.66	85.0%	6.75E-03	1.35%	0.39
^{58}Co	810.76	99.5%	5.32E-03	1.18%	0.34
^{54}Mn	834.84	100.0%	5.81E-03	1.15%	0.36
^{232}Th	911.2	26.2%	7.59E-03	1.09%	1.6
^{60}Co	1173.23	99.9%	4.01E-03	0.93%	0.37
^{40}K	1460.82	10.7%	2.09E-02	0.82%	8.3

（四） 水中γ核素测量最小可探测活度浓度

测量仪器：HPGeγ 谱仪 GEM50P4-83　　样品量：40 L

样品尺寸：沉淀烘干后装于 Φ75mm*35mm 的塑料盒　　测量时间：86076 秒

核素	能量(keV)	发射几率	本底计数率(s^{-1})	探测效率	MDC（Bq/L）
^{238}U	63.29	3.8%	2.51E-02	0.9%	0.15
^{226}Ra	351.93	35.6%	2.81E-02	2.9%	0.0065
^{134}Cs	604.72	97.6%	7.01E-03	2.1%	0.0017
^{110m}Ag	647.76	95.3%	6.01E-03	2.0%	0.0017
^{137}Cs	661.66	85.0%	6.59E-03	2.0%	0.002
^{58}Co	810.76	99.5%	5.08E-03	1.7%	0.0017
^{54}Mn	834.84	100.0%	5.59E-03	1.7%	0.0018
^{232}Th	911.2	26.2%	7.64E-03	1.6%	0.0083
^{60}Co	1173.23	99.9%	4.12E-03	1.4%	0.0018
^{40}K	1460.82	10.7%	2.53E-02	1.3%	0.046

表 3.1-8 （1/2） 环境γ辐射剂量率监测结果

单位：nGy/h

序号	点位名称	第一次监测		第二次监测		平均值
		平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	
1	厂址北	69.1	2.1	81.0	1.8	75.0
2	厂址东	67.3	2.9	78.3	3.2	72.8
3	厂址南	72.1	1.0	83.2	4.0	77.6
4	厂址西	79.5	2.3	79.3	2.2	79.4
5	山前季家村北	77.7	1.9	84.2	2.8	81.0
6	南区矿场	89.5	1.6	87.9	2.9	88.7
7	虎龙斗村东南	80.0	4.9	84.9	3.0	82.4
8	山前季家	101.5	1.2	102.8	2.0	102.2
9	山前季家村	84.2	2.6	79.4	2.2	81.8
10	大岚村西	88.3	1.7	80.7	1.6	84.5
11	山前季家村南	104.9	2.6	102.9	1.3	103.9
12	风力发电站	112.6	2.5	65.2	4.2	88.9
13	栾家河水库	71.3	1.1	83.7	1.9	77.5
14	虎龙斗村	104.3	3.1	83.9	1.6	94.1
15	沟子村西	79.3	1.2	85.2	1.6	82.3
16	李家村南	78.7	1.1	87.5	2.8	83.1
17	虎龙斗村西	95.8	3.1	80.8	2.4	88.3
18	沟子村	90.3	1.7	76.6	3.4	83.5
19	栾家河村南	76.2	1.9	87.7	2.4	82.0
20	大岚村	78.4	2.1	81.5	1.8	80.0
21	栾家河村	87.2	1.9	74.0	2.4	80.6
22	栾家水库东	83.1	1.7	98.9	2.4	91.0
23	段家洼村	71.8	0.6	69.9	1.3	70.9
24	栾家庄村	74.9	1.5	74.7	5.3	74.8
25	黄家村	78.1	1.7	85.5	1.7	81.8
26	大李家村	77.4	1.7	80.1	3.2	78.7
27	郭家村	74.3	0.7	64.0	2.1	69.2
28	石场	86.8	1.4	92.4	2.9	89.6
29	欧家村西北	62.4	0.8	68.4	2.6	65.4
30	杨家庄村	82.5	2.1	81.7	3.9	82.1
31	槐树庄村	62.0	1.8	66.0	2.3	64.0
32	小贾家村	61.0	0.8	64.3	2.3	62.6
33	欧家村	69.8	1.1	62.4	2.0	66.1
34	杨家村	75.1	1.3	75.3	3.7	75.2
35	蔡家村	68.2	1.6	74.3	2.1	71.2
36	丛家村	81.7	2.6	90.2	3.1	85.9

表 3.1-8 （2/2） 环境γ辐射剂量率监测结果

单位：nGy/h

序号	点位名称	第一次监测		第二次监测		平均值
		平均值	标准偏差	平均值	标准偏差	
37	张星镇	54.8	1.1	57.2	1.5	56.0
38	黑夼村西	105.7	1.5	103.2	3.3	104.5
39	石棚村	82.5	2.9	81.0	3.1	81.7
40	后大里村	70.4	0.7	85.9	1.7	78.1
41	苗家	106.4	3.0	91.5	5.6	99.0
42	羊家村	68.7	1.0	70.3	4.0	69.5
43	王家庄	81.8	1.4	78.5	1.5	80.2
44	大刘家村	73.3	1.1	55.0	4.1	64.2
45	苗家村	80.1	2.6	76.6	4.0	78.3
46	乔家村 1	99.6	3.8	101.7	2.1	100.6
47	付家村	65.1	1.2	58.5	2.7	61.8
48	乔家村 2	106.4	2.0	73.2	1.6	89.8
49	臧格庄村	68.8	1.0	67.4	3.2	68.1
50	店子村	63.7	2.1	80.6	7.4	72.2
51	于家庄村	68.9	1.6	58.9	2.2	63.9
52	东埠上村	65.3	0.6	69.9	3.6	67.6
53	孙家村	80.7	2.1	76.7	1.9	78.7
54	大陈家村	71.7	2.7	68.0	3.8	69.9
55	金海大道	64.6	0.9	70.9	3.4	67.7
56	辛庄镇	96.1	2.3	57.2	2.9	76.6
57	人工岛*	93.7	1.3	-	-	93.7
58	罗山森林公园	66.1	1.4	63.8	2.7	65.0
59	于家礁	64.9	1.0	67.6	3.6	66.2
60	北马镇	62.2	0.8	67.0	2.3	64.6
61	梦芝街道	61.1	0.4	59.1	2.0	60.1
62	金岭镇	112.6	2.4	61.6	2.0	87.1
63	龙港	67.7	1.4	68.6	4.0	68.1
64	下丁家镇	63.4	1.0	75.8	2.3	69.6
65	西沟李家村	111.7	4.1	65.2	2.2	88.4
66	芦头镇	65.0	1.5	59.9	1.5	62.4
67	小蒋家村	61.5	1.2	61.8	2.6	61.6
68	招远市	58.6	2.3	75.8	1.8	67.2
69	玲珑镇	60.6	1.1	67.7	1.7	64.1
70	肖家洼村	62.9	2.2	63.8	2.9	63.4
71	蚕庄镇	53.9	2.2	57.9	2.2	55.9
72	龙王水库	109.6	2.2	71.1	1.7	90.3

注：*由于新冠疫情影响，第 2 次未能进入测量。

表 3.1-9　累积剂量小时平均值监测结果

单位：nGy/h

序号	点位名称	平均值	标准偏差	序号	点位名称	平均值	标准偏差
1	厂址北	98.4	4.0	37	张星镇	90.0	5.5
2	厂址东	96.6	6.2	38	黑疥村西	106.5	7.5
3	厂址南	遗失	/	39	石棚村	96.2	1.0
4	厂址西	98.5	4.3	40	后大里村	遗失	/
5	山前季家村北	114.7	7.3	41	苗家	遗失	/
6	南区矿场	96.1	8.1	42	羊家村	86.9	4.2
7	虎龙斗村东南	遗失	/	43	王家庄	遗失	/
8	山前季家村	110.3	5.4	44	大刘家村	92.8	0.9
9	山前季家村 1	98.7	4.8	45	苗家村	87.1	1.6
10	大岚村西	99.2	3.1	46	乔家村 2	遗失	/
11	山前季家村南	118.8	7.0	47	付家村	85.0	4.9
12	风力发电站	86.4	4.6	48	乔家村	79.6	1.4
13	栾家河水库	遗失	/	49	臧格庄村	89.2	6.8
14	虎龙斗村	145.8	4.3	50	店子村	93.9	2.2
15	沟子村西	111.8	1.7	51	于家庄村	103	1.9
16	李家村南	遗失	/	52	东埠上村	96.3	2.2
17	虎龙斗村西	81.9	3.5	53	孙家村	94.1	4.6
18	沟子村	110.8	2.5	54	大陈家村	100.1	2.1
19	栾家河村南	96.8	6.5	55	金海大道	97.7	8.3
20	大岚村	101.1	5.3	56	辛庄镇	71.0	3.5
21	栾家河村	107.0	4.7	57	人工岛	遗失	/
22	栾家水库东	87.6	3.3	58	罗山森林公园	82.0	2.0
23	段家洼村	93.7	5.7	59	于家礁	94.0	1.4
24	栾家庄村	101.3	4.0	60	北马镇	85.6	2.5
25	黄家村	108.5	4.5	61	梦芝街道	77.2	3.1
26	大李家村	102.2	3.2	62	金岭镇	82.3	4.8
27	郭家村	103.2	3.6	63	龙港	90.2	4.7
28	石场	88.6	4.6	64	下丁家镇	83.8	2.4
29	欧家村西北	100.2	6.0	65	西沟李家村	83.0	6.5
30	杨家庄村	103.9	5.6	66	芦头镇	75.3	6.2
31	槐树庄村	81.1	5.9	67	小蒋家村	99.2	2.9
32	小贾家村	87.4	2.4	68	招远市	75.4	1.8
33	欧家村	100.0	0.7	69	玲珑镇	85.6	3.0
34	杨家村	96.1	7.6	70	肖家洼村	103.2	1.0
35	蔡家村	104.6	5.4	71	蚕庄镇	78.9	3.7
36	丛家村	103.9	2.8	72	龙王水库	97.2	3.4

表 3.1-10 气溶胶放射性监测结果

单位：mBq/m^3

点位名称	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co
虎龙斗村	7.4±0.2	<0.009	<0.011	<0.009	<0.01	<0.012

表 3.1-11　地表水放射性监测结果

点位名称	栾家河水库	管线跨越界河处	界河	迟家沟水库
^{90}Sr（mBq/L）	1.62±0.11	0.48±0.09	2.60±0.15	1.53±0.11
总 α（Bq/L）	<0.031	<0.10	<0.089	<0.033
总 β（Bq/L）	0.327±0.013	3.15±0.07	1.49±0.05	0.181±0.012
^{3}H（Bq/L）	0.89±0.36	<0.58	1.05±0.36	0.97±0.36
^{40}K（Bq/L）	0.323±0.031	3.31±0.06	1.52±0.05	0.166±0.028
^{134}Cs （mBq/L）	<1.8	<1.9	<1.8	<1.7
^{137}Cs （mBq/L）	<1.9	<2.2	<2.1	<2
^{58}Co （mBq/L）	<1.8	<2.1	<2	<1.7
^{54}Mn （mBq/L）	<2	<2.3	<2.1	<1.9

表 3.1-12　地下水和饮用水放射性监测结果

点位名称	SK9	SK15	SK 18	SK22	管线跨越界河处民用井	山前季家村	大岚村	虎龙斗村	虎龙斗村
	地下水								饮用水
^{90}Sr（mBq/L）	-	-	-	-	-	0.74±0.1	1.1±0.1	0.76±0.09	1.09±0.11
总 α（Bq/L）	0.106±0.058	0.128±0.04	0.068±0.028	<0.067	<0.074	<0.050	<0.026	<0.044	<0.007
总 β（Bq/L）	0.233±0.026	0.142±0.015	0.101±0.012	0.300±0.021	0.089±0.019	0.085±0.012	0.082±0.008	0.050±0.010	0.004±0.002
^{3}H（Bq/L）	0.73±0.36	<0.58	0.59±0.35	0.63±0.36	<0.58	<0.58	<0.58	<0.58	1.03±0.36
^{134}Cs（mBq/L）	<1.8	<1.8	<1.9	<1.9	<1.7	<1.7	<1.8	<1.7	<1.8
^{137}Cs（mBq/L）	<1.9	<2.1	<2.0	<2.0	<1.9	<2.0	<2.0	<1.9	<1.9
^{58}Co（mBq/L）	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.8	<1.7	<1.8
^{54}Mn（mBq/L）	<1.9	<2	<2.1	<2.1	<1.9	<2.1	<1.9	<1.9	<1.9
^{60}Co（mBq/L）	<1.8	<2.1	<2.0	<2.2	<2.2	<2.1	<2.0	<1.9	<2.0

表 3.1-13　海水放射性监测结果

点位名称	排水口	取水口
^{90}Sr（mBq/L）	1.44±0.11	4.05±0.15
^{3}H（Bq/L）	<0.58	<0.58
^{134}Cs（mBq/L）	<2.0	<2.1
^{137}Cs（mBq/L）	<2.7	<2.6
^{58}Co（mBq/L）	<2.1	<2.0
^{54}Mn（mBq/L）	<2.1	<2.2
^{60}Co（mBq/L）	<1.9	<1.9
^{106}Ru（mBq/L）	<20	<19
^{110m}Ag（mBq/L）	<2.1	<2.1

表 3.1-14　土壤中放射性监测结果

单位：Bq/kg

点位名称	^{90}Sr	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co
山前季家村	0.249±0.087	44±11	77.9±1.3	33.9±1.3	595±12	<0.62	<0.80	<0.58	<0.69	<0.77
沟子村	0.442±0.079	39±12	110.3±1.5	36.8±1.3	647±12	<0.64	<0.85	<0.57	<0.75	<0.82
栾家河水库	<0.12	17±9	50.8±1.1	15.4±1.1	1033±16	<0.62	<0.78	<0.62	<0.70	<0.88
虎龙斗村	<0.13	38±10	62.1±1.2	22.3±1.2	810±14	<0.59	<0.74	<0.57	<0.67	<0.80
风力发电站	0.352±0.074	24±9	39.6±1.0	21.1±1.1	766±13	<0.53	1.5±0.4	<0.56	<0.62	<0.74
欧家村	0.190±0.069	26±10	41.4±1.0	24.7±1.2	766±13	<0.56	2.7±0.5	<0.55	<0.62	<0.79
黄家村	0.168±0.071	22±10	44.9±1.0	22.4±1.1	774±13	<0.55	<0.70	<0.56	<0.62	<0.77
丛家村	0.495±0.083	31±10	67.3±1.2	22.3±1.2	599±12	<0.61	<0.80	<0.57	<0.67	<0.80
黑卉村西	0.343±0.066	33±11	79.3±1.3	25.7±1.2	677±12	<0.58	<0.74	<0.56	<0.67	<0.72
管线 1（SK15 井附近）	0.186±0.065	31±10	49.2±1.1	21.6±1.2	826±14	<0.55	2.1±0.5	<0.57	<0.63	<0.77
付家村	0.138±0.063	26±9	34.3±0.9	20.3±1.1	723±13	<0.52	1.3±0.4	<0.54	<0.59	<0.71
于家庄村	0.391±0.070	22±9	37.3±0.9	21.2±1.1	808±13	<0.55	2.4±0.5	<0.55	<0.6	<0.79
羊家村	0.498±0.080	18±9	36.4±1.0	19.0±1.1	752±14	<0.56	2.0±0.5	<0.59	<0.62	<0.80
乔家村 1（龙口)	0.258±0.074	37±11	99.5±1.4	32.0±1.3	666±13	<0.63	1.8±0.5	<0.62	<0.73	<0.80
乔家村 2（48#）	0.173±0.066	27±9	34.1±0.9	20.4±1.1	730±12	<0.51	1.8±0.4	<0.5	<0.58	<0.73
臧格庄村	0.115±0.063	36±9	38.4±1.0	23.8±1.2	695±13	<0.56	2.1±0.5	<0.56	<0.64	<0.78
孙家村	0.338±0.074	28±9	38.7±0.9	20.7±1.1	719±12	<0.52	2.5±0.4	<0.53	<0.59	<0.71
管线 2（SK09）	0.182±0.074	26±9	21.9±0.8	11.7±1.0	816±13	<0.48	1.8±0.4	<0.51	<0.54	<0.70

表 3.1-15　沉积物放射性监测结果

单位：Bq/kg

（一）地表水沉积物

核素	管线跨越界河	界河	迟家沟水库	栾家河水库
^{90}Sr	0.195±0.071	0.931±0.091	0.199±0.067	0.289±0.075
^{238}U	<13	14±8	21±9	<13
^{232}Th	15.7±0.7	25.9±0.9	33.6±0.9	12.2±0.7
^{226}Ra	6.3±0.9	14.9±1.1	15.6±1	1.6±0.8
^{40}K	961±14	672±13	832±13	939±14
^{134}Cs	<0.48	<0.56	<0.51	<0.45
^{137}Cs	<0.59	<0.7	1.0±0.4	<0.57
^{58}Co	<0.53	<0.6	<0.52	<0.51
^{54}Mn	<0.55	<0.65	<0.59	<0.55
^{60}Co	<0.76	<0.75	<0.71	<0.73

（二）海洋沉积物

点位名称	排水口（底泥）	取水口（底泥）	辛庄镇（潮间带）
^{90}Sr	0.177±0.071	0.106±0.059	0.159±0.073
^{238}U	19±9	<13	<13
^{232}Th	45.4±1.1	5.4±0.5	8.5±0.6
^{226}Ra	19.1±1.2	<1.3	3.5±0.8
^{40}K	1041±16	1056±15	823±13
^{134}Cs	<0.61	<0.46	<0.45
^{137}Cs	<0.76	<0.58	<0.58
^{58}Co	<0.63	<0.51	<0.49
^{54}Mn	<0.7	<0.55	<0.52
^{60}Co	<0.9	<0.73	<0.7
^{106}Ru	<6.2	<4.6	<4.5
^{110m}Ag	<0.66	<0.48	<0.48

表 3.1-16　环境γ辐射剂量率仪期间核查（比对）结果

时间	比对仪器	仪器编号	比对场所	结果（nGy/h）	相对偏差（%）
2021.5.12	FH40G+FH672E	HJ5	现场气象站	75.7±4.0	2.0%
	RSS 131 ER	HJ 181		72.7±4.5	
2021.5.15	FH40G+FH672E	HJ5		73.0±1.4	1.3%
	RSS 131 ER	HJ 181		74.9±3.9	
2021.5.18	FH40G+FH672E	HJ5		76.4±2.9	4.2%
	RSS 131 ER	HJ 181		70.2±2.7	
2021.8.31	6150Ad-b	HJ 4	办公室	86.9±1.9	2.1%
	6150Ad-b	HJ 144		90.6±3.5	
2021.8.20	6150Ad-b	HJ 4		88.3±2.5	1.5%
	6150Ad-b	HJ 144		91.0±3.2	

表 3.1-17　用于低水平放射性测量的装置泊松分布检验结果

仪器/型号		检验时间	检验条件			检验结果			
			测量对象	测量次数(n)	测量时间	χ^2	$\chi^2_{1-\alpha/2}$	$\chi^2_{\alpha/2}$	是否满足
低本底液体闪烁谱仪/ LB-7		2021.6.14	^{3}H	30	30s	35.71	16.05	45.7	满足
			^{14}C	30	30s	23.62	16.05	45.7	满足
高纯锗γ能谱仪/GEM50P4-83		2021.8.30	^{60}Co	40	10s	33.50	23.65	58.12	满足
高纯锗γ谱仪/GMX50P4-83		2021.8.30	^{60}Co	40	10s	44.23	23.65	58.12	满足
低本底α、β测量仪/MPC-9604	AA 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	34.10	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	36.95	23.65	58.12	满足
	AB 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	33.69	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	33.96	23.65	58.12	满足
	AC 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	34.31	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	38.75	23.65	58.12	满足
	AD 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	47.94	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	44.87	23.65	58.12	满足
	BA 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	41.79	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	32.80	23.65	58.12	满足
	BB 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	31.28	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	34.70	23.65	58.12	满足
	BC 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	39.76	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	34.25	23.65	58.12	满足
	BD 道	2021.8.30	^{239}Pu 源	40	25s	34.10	23.65	58.12	满足
			$^{90}Sr/^{90}Sr$ 源	40	10s	36.95	23.65	58.12	满足

表 3.1-18　平行样结果评价接受准则

核素	分析方法	介质	活度浓度或活度	控制指标 1）
^{238}U	γ 能谱分析	土壤	≤50Bq/kg	40%
			>50Bq/kg	30%
^{137}Cs	γ 能谱分析	土壤	≤2Bq/kg	40%
			>2Bq/kg	30%
$^{228}Ra/^{40}K$	γ 能谱分析	土壤	-	20%
^{7}Be	γ 能谱分析	气溶胶	≤0.5mBq/m^3	15%
			>0.5mBq/m^3	10%
总 α	放化分析	水	≤0.1Bq /L	40%
			＞0.1 Bq/L	30%
总 β	放化分析	水	≤0.15Bq /L	30%
		水	＞0.15 Bq/L	20%
^{90}Sr	放化分析	水	≤2.0mBq/L	40%
			＞2.0mBq/L	30%
		土壤	≤0.5Bq/kg	40%
			＞0.5Bq/kg	30%
^{3}H	放化分析	水	—	30%

注：1）采用相对偏差计算，相对偏差%=丨C_a-C_b|/| C_a + C_b |*100%，C_a 和 C_b 分别为两次测定结果。

表 3.1-19 （1/2） 平行样评价结果

（一）沉积物中 ^{90}Sr 平行样分析结果

样品名称	C_a(Bq/kg)	C_b(Bq/kg)	标准偏差	接受准则	是否满足
排水口沉积物	0.177±0.071	0.187±0.063	2.7%	40%	是
迟家沟水库沉积物	0.199±0.067	0.276±0.071	16.2%	40%	是

（二）土壤样品γ谱平行样分析结果(单位：Bq/kg)

样品名称	分析核素	C_a(Bq/kg)	C_b(Bq/kg)	标准偏差	接受准则	是否满足
排水口沉积物	^{238}U	19±9	19±9	0.00%	40%	接受
	^{232}Th*	45.4±1.1	46.7±1.1	1.40%	20%	接受
	^{40}K	1041±16	1001±16	2.00%	20%	接受
迟家沟水库沉积物	^{238}U	21±9	22±9	2.3%	40%	接受
	^{232}Th*	33.6±0.9	31.8±0.9	2.8%	20%	接受
	^{40}K	832±13	838±13	0.4%	20%	接受
付家村土壤	^{238}U	26±9	22±9	8.3%	40%	接受
	^{232}Th*	34.3±0.9	35±0.9	1.0%	20%	接受
	^{40}K	723±13	720±13	0.2%	20%	接受
乔家村 2 土壤	^{238}U	27±9	32±9	8.5%	40%	接受
	^{232}Th*	34.1±0.9	34±0.9	0.1%	20%	接受
	^{40}K	730±12	714±13	1.1%	20%	接受

注：*采用 ^{232}Th 子体 ^{228}Ra 的控制指标。

（三）水中 ^{90}Sr 平行样分析结果

样品名称	C_a(mBq/L)	C_b(mBq/L)	标准偏差	接受准则	是否满足
虎龙斗村地下水	0.76±0.09	0.42±0.11	28.8%	40%	是
界河地表水	2.6±0.15	2.33±0.12	5.5%	30%	是

表 3.1-19 （2/2） 平行样评价结果

（四）水中 ^{3}H

样品名称	C_a(Bq/L)	C_b(Bq/L)	标准偏差	接受准则	是否满足
虎龙斗村地下水	<0.58	<0.58	0%	30%	是
迟家沟水库地表水	0.97±0.36	0.86±0.36	6.0%	30%	是

（五）水中总 α

样品名称	C_a(Bq/L)	C_b(Bq/L)	标准偏差	接受准则	是否满足
虎龙斗村地下水	＜0.044	＜0.039	6.0%	40%	是
界河地表水	＜0.089	0.083±0.052	3.5%	40%	是

（六）水中总 β

样品名称	C_a(Bq/L)	C_b(Bq/L)	标准偏差	接受准则	是否满足
虎龙斗村地下水	0.050±0.010	0.060±0.010	9.1%	40%	是
界河地表水	1.49±0.05	1.574±0.047	2.7%	30%	是

（七）水样品γ能谱

样品名称	分析核素	C_a(mBq/L)	C_b(mBq/L	标准偏差	接受准则	是否满足
虎龙斗村地下水	^{134}Cs	＜1.7	＜1.8	2.9%	-	是
	^{137}Cs	＜1.9	＜2.1	5.0%	-	是
	^{58}Co	＜1.7	＜1.9	5.6%	-	是
	^{54}Mn	＜1.9	＜2.1	5.0%	-	是
	^{60}Co	＜1.9	＜2.2	7.3%	-	是
界河地表水	^{134}Cs	＜1.8	＜1.8	0.0%	-	是
	^{137}Cs	＜2.1	＜2.1	0.0%	-	是
	^{58}Co	＜2.0	＜1.9	2.6%	-	是
	^{54}Mn	＜2.1	＜2.1	0.0%	-	是
	^{60}Co	＜2.1	＜2.2	2.3%	-	是

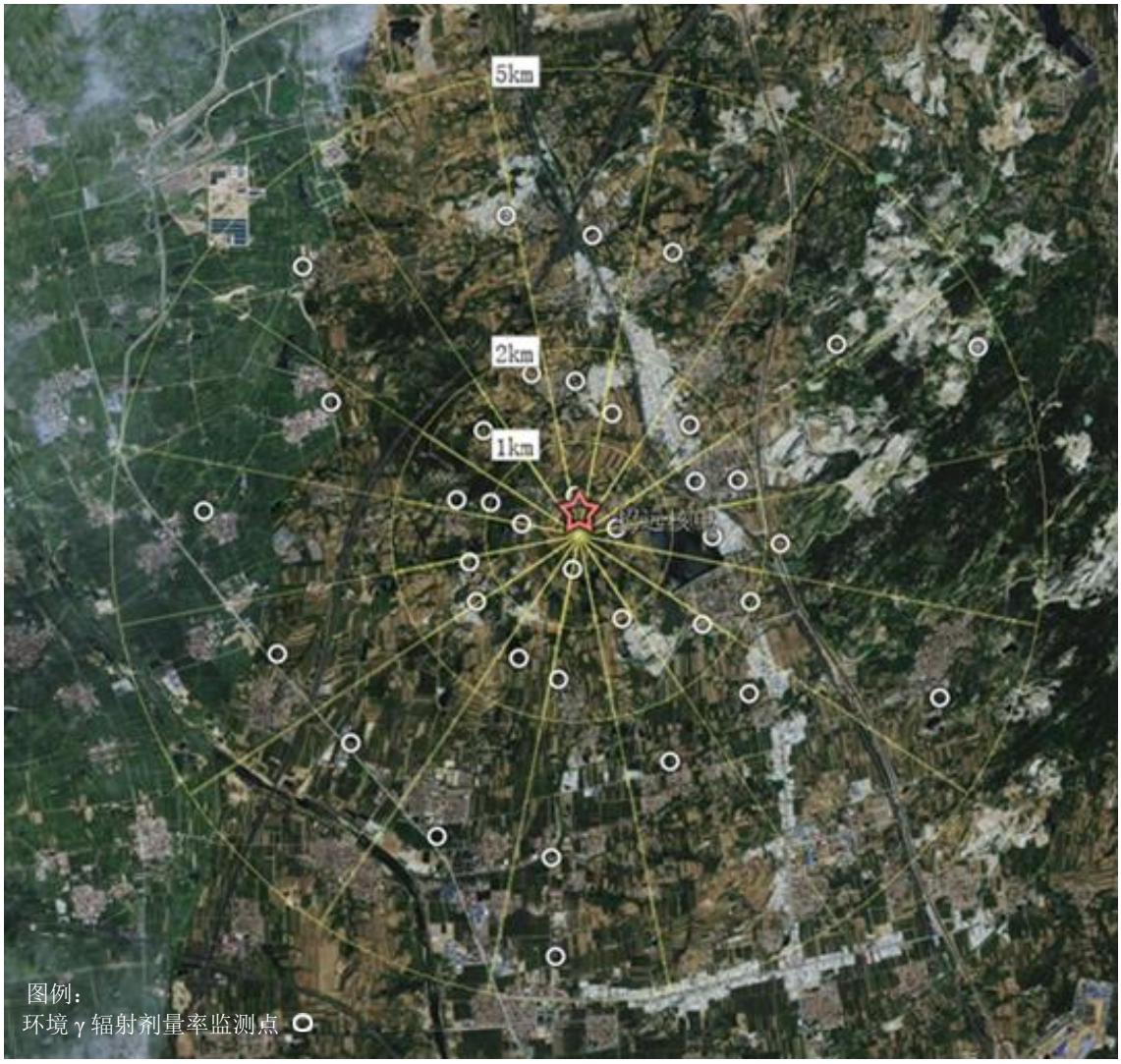
注：对于低于探测限的数据，按探测限进行计算。

表 3.1-20（1/2） 2020 年以来实验室辐射监测能力验证和比对一览表

序号	参加项目名称	组织方	参加实验室	时间	结果	备注
1	气溶胶滤膜中γ谱分析	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03）本实验室采用方法为《空气中放射性核素的γ能谱分析方法》WS/T 184-2017、《高纯锗γ能谱分析通用方法》GB/T 11713-2015
2	气溶胶滤膜中总β	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03）本实验室采用方法为《辐射环境监测技术规范》HJ/T 61-2001、《水中总β放射性测定 蒸发法》EJ/T 900-1994
3	水中总α	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03）本实验室采用方法为《水质 总α放射性的测定 厚源法》HJ 898-2017
4	水中总β	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03）本实验室采用方法为《水质 总β放射性的测定 厚源法》HJ 899-2017
5	水中锶-90	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03）《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》HJ 815-2016
6	水中γ谱分析	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03）本实验室采用方法为《水中放射性核素的γ能谱分析方法》GB/T 16140-2018
7	生物中γ谱分析	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03）本实验室采用方法为《生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法》GB/T16145-1995

表 3.1-20（2/2） 2020 年以来实验室辐射监测能力验证和比对一览表

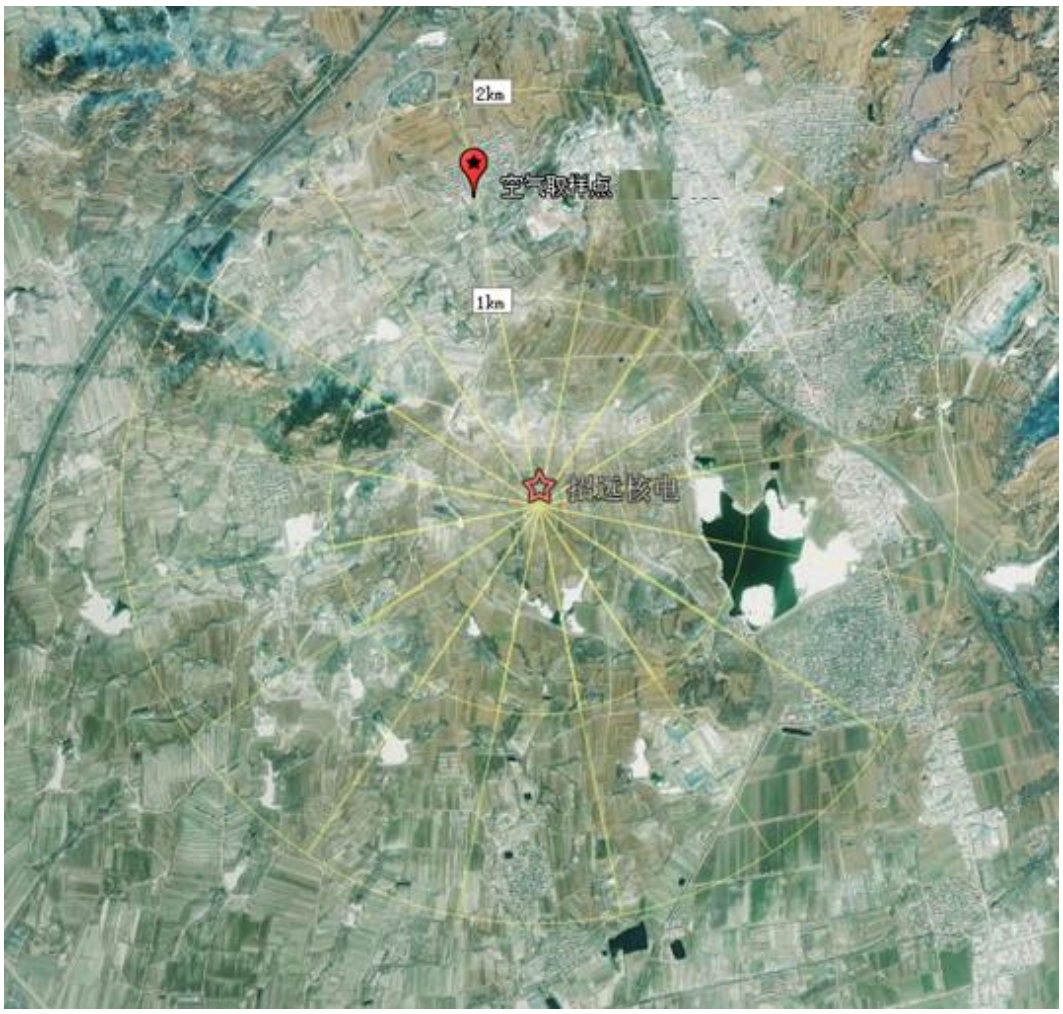
序号	参加项目名称	组织方	参加实验室	时间	结果	备注
8	生物中总 α	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03） 本实验室采用方法为《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》EJ/T 1075-1998
9	生物中总 β	国际原子能机构（IAEA）	国际原子能机构、中国辐射防护研究院、广东省环境辐射监测中心等 200 多家单位	2020 年 8 月	满意	2020 年 IAEA 国际比对（IAEA-TEL-2020-03） 本实验室采用方法为《水中总 β 放射性测定 蒸发法》EJ/T 900-1994
10	土壤中 γ 谱分析	中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所	中国辐射防护研究院、北京市疾控中心、中国疾控中心辐射安全所、江苏省辐射环境监督站等 100 多家单位	2020 年 6 月	合格	2020 年度全国放射卫生技术机构检测能力考核-土壤中 γ 放射性核素 本实验室采用方法为《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》GB/T11743-2013、《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》GB11713-2015
11	水中总α	中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所	中国辐射防护研究院、北京市疾控中心、中国疾控中心辐射安全所等 100 多家单位	2020 年 6 月	优秀	2020 年度全国放射卫生技术机构检测能力考核-水中总 α 总 β 放射测量 本实验室采用方法为《水质 总 α 放射性的测定 厚源法 》HJ 898-2017
12	水中总β	中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所	中国辐射防护研究院、北京市疾控中心、中国疾控中心辐射安全所、江苏省辐射环境监督站等 100 多家单位	2020 年 6 月	优秀	2020 年度全国放射卫生技术机构检测能力考核-水中总 α 总 β 放射测量 本实验室采用方法为《水质 总 β 放射性的测定 厚源法 》HJ 899-2017
13	γ 辐射剂量率	江苏省辐射防护协会	江苏省苏核辐射科技有限责任公司、苏州热工研究院有限公司、苏州大学卫生与环境技术研究所等 20 多家单位	2020 年 10 月	满意	2020 年江苏省辐射比对测量 本实验室采用方法为《辐射环境监测技术规范》HJ/T61-2001 和《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》GB/T 14583-1993



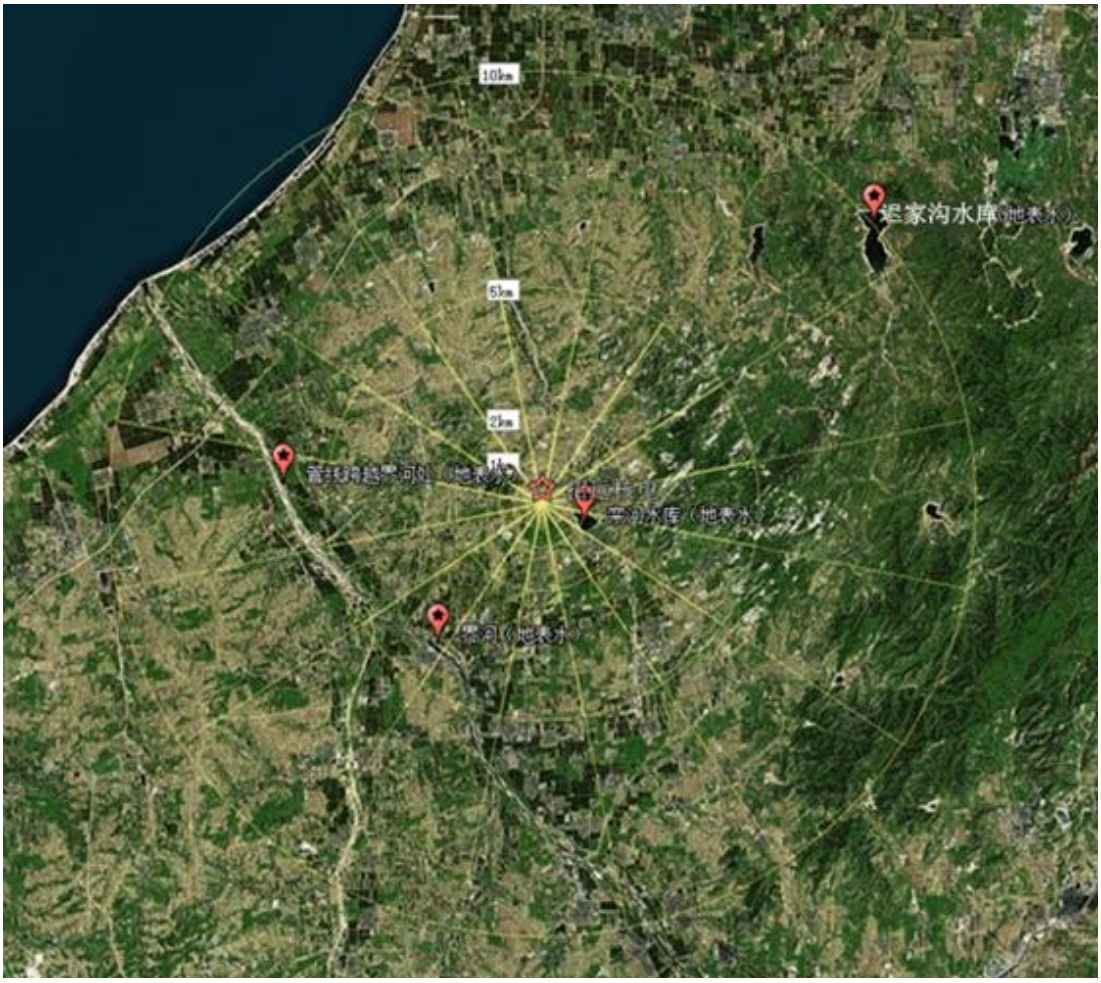
环境影响报告书（选址阶段）		
环境γ辐射剂量率监测点布置图（<5km）		
图 3.1-1（1/2）	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
环境γ辐射剂量率监测点布置图（5~20km）		
图 3.1-1（2/2）	版次：	A

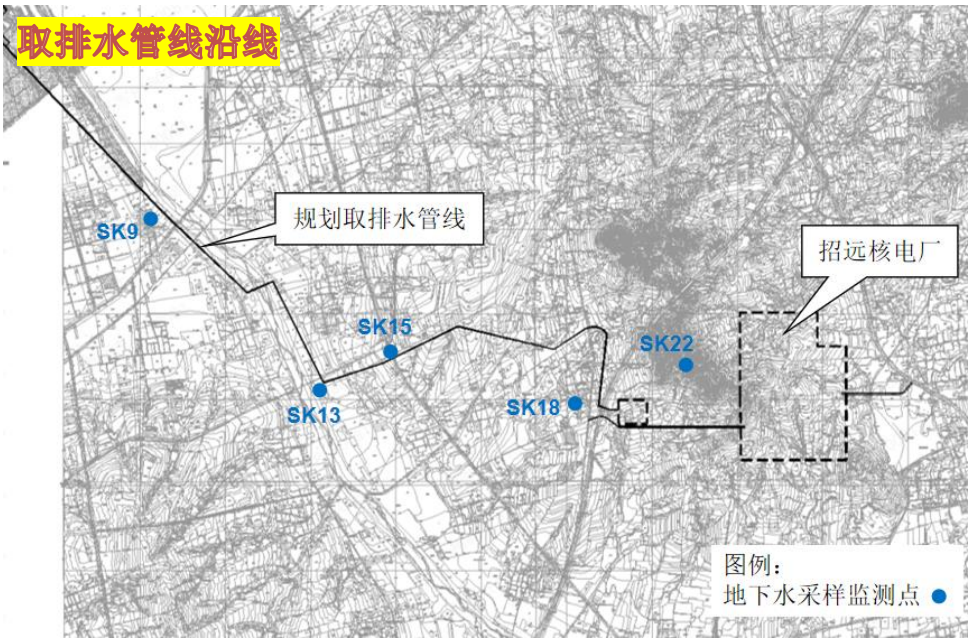


环境影响报告书（选址阶段）		
空气采样监测点示意图		
图 3.1-2	版次：	A

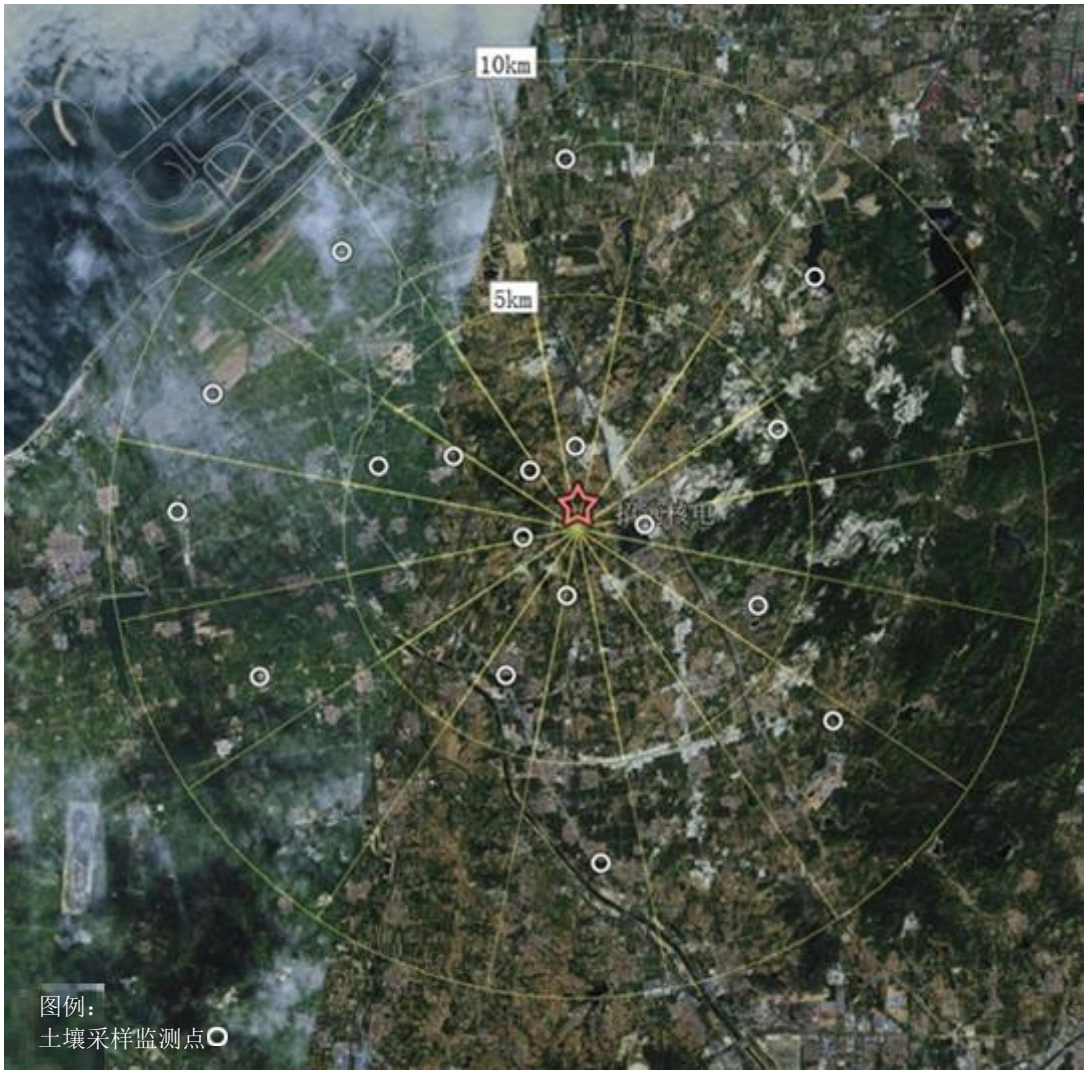


环境影响报告书（选址阶段）		
地表水采样监测点示意图		
图 3.1-3	版次：	A

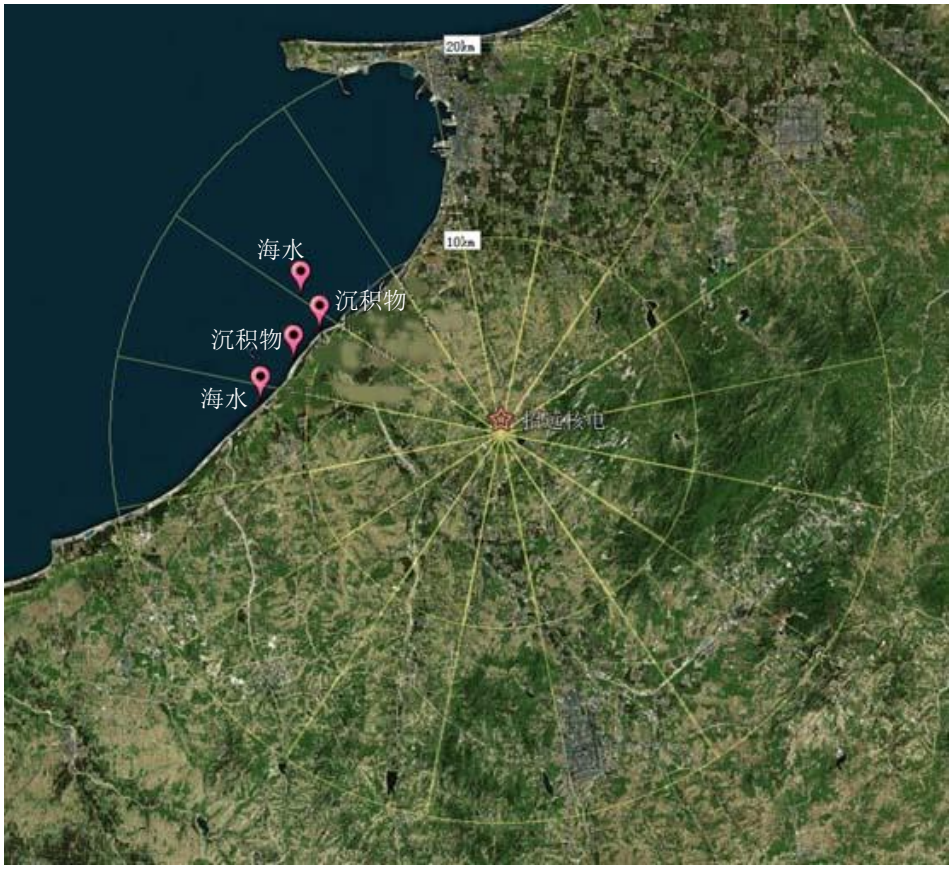




环境影响报告书（选址阶段）		
地下水和饮用水采样监测点示意图		
图 3.1-4	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
土壤采样监测点示意图		
图 3.1-5	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
海水和海洋沉积物采样监测点示意图		
图 3.1-6	版次：	A

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2 非辐射环境质量现状

2021 年 5 月~2021 年 6 月，专题单位对山东招远核电厂周围大气、噪声和电磁环境现状进行了调查。2020 年 7 月~2021 年 5 月，国家海洋环境监测中心开展了厂址受纳水体水质环境、水生生态和渔业资源调查。本报告依据这两次调查的结果进行描述和评价。

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 污染源调查

根据《2020年招远市国民经济和社会发展统计公报》，招远市二氧化硫年均值11μg/m^3，二氧化氮年均值22μg/m^3，可吸入颗粒物（PM_{10}）年均值64μg/m^3；细颗粒物（$PM_{2.5}$）年均值40μg/m^3；全年空气质量优良天数占全年监测天数比例为78.3%。

厂址半径5km范围内空气污染源主要是G18荣乌高速、S19龙青高速和S304的汽车尾气、居民点餐饮油烟、潍烟铁路在建工程的扬尘等。

3.2.1.2 空气质量监测

调查承担单位协同具有环境空气质量监测 CMA 资质的浙江鼎清环境检测技术有限公司（CMA 证书号：181112051537）对本项目厂址周边区域空气质量进行监测。2021 年 6 月 2 日至 8 日在现场进行了采样。监测因子为 TSP、SO_2、NO_2、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$，同步观测气温、气压、风向、风速及相对湿度等。监测频次为连续 7 天，每天采样时间具体是 SO_2、NO_2 的小时浓度取样时间是 02:00-03:00、08:00-09:00、14:00-15:00、20:00-21:00，CO 的小时浓度取样时间是 02:00-2:45、08:00-8:45、14:00-14:45、20:00-20:45；SO_2、NO_2、TSP、PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的 24 小时浓度取样时间是 08:00-次日 08:00，CO 的 24 小时浓度取样时间是 00:00-23:00。

监测采用的方法和仪器及相应的检出限见表 3.2-1。

结合环境空气保护目标，以监测时取上风向虎龙斗村，下风向的欧家村、沟子村、东战家村，进厂道路附近的大岚村，施工场地和应急道路附近的山前季家村作为监测点位（见图 3.2-1）。

各点位的监测结果见表 3.2-2。根据监测结果，各点位二氧化氮、二氧化硫和一氧化碳的 02、08、14、20 小时浓度值和 24 小时浓度值，TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 的 24 小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

3.2.1.3 质量保证

本项目空气环境质量监测由浙江鼎清环境检测技术有限公司承担，浙江鼎清环境检测技术有限公司具备计量认证资质证书（证书编号 181112051537），资质认证包括环境空气监测多项检测资质，覆盖本项目空气质量所需的 TSP、SO_2、NO_2、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 项目。

（1）人员资质

浙江鼎清环境检测技术有限公司是经浙江省工商行政管理局批准成立的独立法人单位。公司质量体系完全按照《资质认定评审准则》编制，符合 RB/T214-2017《检验检测机构资质认定能力评价检验检测机构通用要求》以及《生态环境检测机构资质认定补充要求》。公司完全遵照质量管理体系文件进行全程质量控制。公司设立了项目经理、技术负责人、质量负责人、采样组、检测组、报告组、质控组、客户服务组、后勤保障组、应急组。按照质量管理体系，建立岗位责任制，健全各项规章制度。项目监测人员通过岗前培训，均持证上岗，切实掌握样品采集、分析流程与注意事项。

（2）监测环境条件控制

采样期间天气以晴和多云为主，温度 12~34℃，湿度 38~73%RH，气压 100.1~101.9kPa，风速 0.8~2.8m/s。满足《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ194-2017）要求。

（3）监测方法控制

1）监测方法

监测方法见表 3.2-1，所有监测方法均现行有效。

2）现场采样

环境空气样品按照《环境空气质量监测规范》（试行）及分析方法中的规定进行采样。采样前检查采样系统的气密性，并进行流量校准，采样流量的相对误差小于±5%。同时记录采样位置、时间及气象条件。现场采样时，采样器入口距离地面高度不得低于 1.5m，采样在风速低于 8m/s 的天气条件下进行，采样点避开污染源及障碍物等。采样袋采样前使用样品清洗 3~4 次后再采集样品。使用滤膜采样时，先检查滤膜的完整性，滤膜毛面应朝进气方向。测定不同浓度每次都需更换滤膜。使用吸收液方法采样时，采样时注意避光。每批次样品需携带空白样品，空白样品除了不采气之外，其他环境条件与样品相同。

负责采样监测项目执行的采样主管，在采样前，对采样人员进行采样方案的讲解、人员安排、仪器使用培训、安全注意事项、现场采样的质量控制手段。

3）样品保存、运输和交接

二氧化硫样品采集、运输和贮存过程中避免阳光照射。$PM_{2.5}$及PM_{10}样品采集后，在4℃条件下冷藏保存。二氧化氮样品采集后避光保存，样品在30℃暗处可存放8h，在20℃暗处可存放24h，在0~4℃冷藏可存放3d。臭氧样品采集后，在室温避光条件下保存3d。

为保证从样品采集到测定时间内，样品待测组分不产生任何变异或使发生的变化控制在最小程度，在样品保存、运输等各个环节都严格遵守各检测标准规范。针对样品的不同情况和待测物特性实施保护措施，采样人员根据不同项目的要求，进行有效处理和保管，指定专人运送样品并与实验室人员交接登记，每个样品都有唯一性标识。除现场测定样品外，所有样品都及时运回实验室，保证样品在时效性内进行分析。

4）样品分析

TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$采用空白滤膜进行质控，二氧化硫质控有现场空白和有标质控样，二氧化氮质控有现场空白和自配质控样，臭氧质控有实验室空白及自配质控样。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 噪声源调查

厂址半径5km范围内的噪声污染源主要是生活噪声、建筑噪声、交通噪声和工业噪声，其中以后两种噪声为主。生活噪声主要是居民点的社会生活噪声。建筑噪声主要是潍烟铁路在建工程等。交通噪声主要是G18荣乌高速、S19龙青高速和S304等。工业噪声主要是企业生产过程中的噪声，如距离厂址最近的风电场风叶产生噪声，以及食品企业和机械加工行业生产噪声等。

3.2.2.2 现状调查与评价

为了解厂址区域的环境噪声环境现状，建设单位委托苏州热工研究院有限公司开展了厂址周围噪声环境现状调查。

监测范围包括厂址所在区域，主要为厂界（4个点）、进场道路、应急道路和施工场地（6个点），以及厂址外的环境敏感点（9个点）。按照《声环境质量标准》（GB3096-

2008）的要求，结合实际地形及现场监测条件实施布点监测，具体监测布点见图3.2-2。

噪声监测使用的仪器为AWA6228型多功能声级计，所使用的仪器符合相关技术导则要求并经计量部门检定用在检定有效期内。

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008），在厂址区域内外的环境敏感点处进行噪声现状监测。本项目噪声环境监测选择昼间（6:00~22:00）和夜间（22:00~6:00）两个时段进行噪声监测，采用10min/20min的等效声级，监测两天。

表3.2-3给出了厂址区域及附近环境敏感点噪声环境监测结果。从表可以看出，本项目厂址区域5月12日功能区环境噪声昼间噪声值范围为（43~50）dB(A)，夜间噪声值范围为（37~40）dB(A)；5月13日功能区环境噪声昼间噪声值为（42~48）dB(A)，夜间噪声值范围为（39~42）dB(A)。满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类60dB(A)（昼间）、50dB(A)（夜间）标准限值。

厂址半径5km范围声环境敏感目标5月12日~5月13日功能区环境噪声昼间噪声值范围为（46~52）dB(A)，夜间噪声值范围为（37~44）dB(A)；5月13日~5月14日功能区环境噪声昼间噪声值范围为（43~52）dB(A)，夜间噪声值范围为（37~43）dB(A)。满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中1类55dB(A)（昼间）、45dB(A)（夜间）标准限值。

应急道路1、进场道路2、大岚村、山西孙家等监测点位靠近高速公路和省道，距离高速公路和省道均在10m以内，受交通噪声影响比较大，昼间噪声值为（58~65）dB(A)，夜间噪声值为（46~55）dB(A)。根据《声环境功能区划分技术规范》（GBT 15190-2014），道路交通干线两侧区域相邻区域为2类标准的，距离为30m±5m区域划为4类标准适用区域，因此上述监测点位均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中4a类70dB(A)（昼间）、55dB(A)（夜间）标准限值。

3.2.2.3 质量保证措施

本项目区域功能区噪声和电磁辐射监测由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，资质认证范围覆盖本项目区域功能区噪声和电磁辐射监测全部内容。

（1）人员资质

本项目现场监测和采样人员来自苏州热工研究院有限公司环境检测中心，环境检测中心具备 CMA 资质（计量认证资质证书编号 171012050252）并通过 CNAS 认可（注册号 CNASL9634），资质认证和实验室认可范围覆盖本项目电磁辐射、噪声监测全部

内容，监测人员全部具备环境监测资质且通过环境检测中心内部专业技能考核合格后授权上岗。负责监测过程内部质量监督的人员由环境检测中心授权任命或经公司质保部门培训，负责本专题技术报告审核的人员具备高级工程师资格且取得环境监测上岗资格。

所有检测人员均经过生态环境部核与辐射安全中心辐射检测人员上岗培训，并考核合格方能上岗操作。除技术培训外，所有人员均进行质量体系与质量控制培训。实验室内部每年进行专业考核，对于上岗人员采用授权上岗制度，只有通过考核的人员方可进行监测工作。

（2）监测环境条件控制

测量时在无雨雪、无雷电，风速小于5m/s下进行。

（3）监测设备控制

为确保检测仪器设备始终处于合格有效的状态，在设备两次检定/校准之间进行了仪器设备的期间核查，满足设备性能要求。

（4）量值溯源

用于测量分析仪器设备已经严格按照《监视和测量设备控制程序》和环境检测中心《年度周期检定校准计划》的要求定期进行检定/校准，并在检定/校准后进行确认。本次监测使用仪器监测时间段均处于检定有效期内。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

国家海洋环境监测中心承担了“中广核山东招远核电厂工程邻近海域水质环境、水生生态和渔业资源调查”，依据工作大纲和质保大纲及海洋调查规范的方法、技术和质量监控规程，对厂址近岸海域水体环境质量，于 2020 年 7 月开始，进行为期周年每季一次的 4 个航次海上调查和观测。

3.2.3.1 厂址近岸海域水体环境质量现状调查

（1）调查时间

海水水质调查选择在 2020 年 7-8 月（夏季）、2020 年 9-10 月（秋季）、2020 年 12 月-2021 年 2 月（冬季）、2021 年 4-5 月（春季）调查。选择在大潮期间进行。

（2）调查范围

专题调查以本项目排水口为中心，半径 50 km 范围内的海域（本报告评价范围为

以排水口为中心半径 15km 范围）。

（3）调查内容

本次调查内容包括：pH、悬浮物、溶解氧(DO)、化学需氧量（COD_{Mn}）、生物需氧量（BOD_5）、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 SO_4^{2-}计）、铜（Cu）、铅（Pb）、镉（Cd）、总铬（Cr）、锌（Zn）、总汞（Hg）、砷（As）、银（Ag）、锰（Mn）、硼（B）共 26 项。

（4）布点原则及监测布点图

调查断面以招远核电厂工程取排水口为中心向四周扇形布设，在每个断面距离排水口 2km、5km、10km、20km、30km 和 50km 的位置布设监测站位。在预选取、排水口、养殖区、保护区和其它环境敏感目标处适当加密调查站位。以取排水口为中心半径 15km 范围内的海域为本报告评价范围，评价范围内共有 29 个调查站位。

本次调查排水口半径 15km 范围内监测采样布点见图 3.2-3。表 3.2-4 给出了排水口半径 15km 范围内近岸海域海水水质区域各监测点及其标准值。

（5）调查结果

本次调查结果（排水口半径 15km）见表 3.2-5。

3.2.3.2 厂址近岸海水水质评价

根据《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020）》，本项目排水口半径 15km 范围内共涉及莱州-招远盐业养殖区（SD065BII，共 9 个点，NO.29、34、35、40、41、45、47、49、52）、招远砂质海岸海洋特别保护区（SD067AII，共 1 个点，NO.48）、龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII，共 6 个点，NO.1、2、12、21、39、46）、龙口湾特殊利用区（SD071DIV，共 7 个点，NO.3、4、8、13、17、22、28）、龙口港留用备择区（SD072BII，共 4 个点，NO.23、25、26、30）、龙口港口航运区（SD073DIV(III)，共 2 个点，NO.18、24）、屺坶岛海洋保护区（SD076AII，共 2 个点，NO.9、14），共计 7 个功能区，其海水水质保护目标见表 3.2-6，所有站点的评价结果见表 3.2-7，超标站位统计见表 3.2-8。调查站位与山东省近岸海域环境功能区划叠置图见图 3.2-4。海水质量现状评价采用单因子污染指数法。对一般污染物，污染指数按下式计算：

$$I_i = C_i / S_i \qquad \text{公式 6}$$

式中：I_i为第 i 项因子的污染指数；C_i为第 i 项因子的实测浓度；S_i为第 i 项因子的评价

标准。海水 *pH* 值的评价，标准指数用下式计算：

$$S_{i,pH} = | pH_i - pH_{sm} | / D_s$$ 公式 7

式中，$pH_{sm} = (pH_{su} + pH_{sd})/2$，$Ds = (pH_{su} - pH_{sd})/2$，$S_{i,pH}$ 为第 i 站 pH 的标准指数；pH_i 为第 i 站 pH 测量值；pH_{su} 为 pH 评价标准的最高值；pH_{sd} 为 pH 评价标准的最低值。海水中溶解氧含量随污染程度的增大而减少，其标准指数计算公式如下：

$$S_{i,DO} = \begin{cases} | Do_f - DO_i | / (DO_f - DO_s) & DO_i \geq DO_s \\ 10 - 9DO_i / DO_s & DO_i < DO_s \end{cases}$$ 公式 8

式中，$S_{i,DO}$ 为第 i 站溶解氧的标准指数；Do_i 为第 i 站溶解氧的测量值（mg/L）；Do_s 为溶解氧的评价标准限值（mg/L）；DO_f 为与第 i 站溶解氧样品相同温度、相同盐度条件下溶解氧的饱和浓度值（mg/L），DO_f=468/（31.6+T），T 为水温（℃）。

各季度的评价结果如下：

夏季：厂址 15km 海域范围内夏季超标因子有 pH、锌和石油类，超标率分别为 4.7%、2.3%和 4.7%，其中 35 号站位表层和底层 pH、45 号站位表层水锌、9 号站位和 14 号站位表层水石油类超标。

秋季：厂址 15km 海域范围内秋季超标因子有无机氮和石油类，超标率分别为 2.2%，其中 18 号站位表层无机氮和 48 号站位表层水石油类超标。

冬季：厂址 15km 海域范围内冬季超标因子有 pH、BOD_5、无机氮、铅，超标率分别为 4.2%、2.1%、50%、2.1%，其中以无机氮超标率最高，表层水中，1、2、9、12、14、29、30、34、35、39、40、41、45、47、48、49、52 号站位超标，底层水中，30、34、35、40、41、47、52 号站位超标；pH 超标率其次，9 号站位底层水和 14 号站位底层水超标。

春季：厂址 15km 海域范围内表层春季超标因子有无机氮、铜、石油类，超标率均分别为 2.3%，均为表层水超标，超标站位分别为 45、47、14 号站位。

上述分析表明，厂址周围四个季度均存在 pH、无机氮、石油类的超标，初步分析，超标的原因主要与界河水的汇入有关。

3.2.3.3 质量保证措施

为了保证本项目调查质量，监测调查采取了如下质量保证措施：

（1）制定了质保大纲。

（2）为了确保调查质量，完成合同要求，本项目还成立了项目领导小组，并建立质保小组。

（3）质保小组承担质量保证和监督职责；质量保证和监督组由本项目项目经理、外业调查负责人、质量主管部门、数据校对人、质量监督员组成。

（4）质量保证和监督组成员名单将随实施计划向项目领导小组报告。

（5）每次调查，都有派质保人员出海和到现场实验室进行质量检查；所有测量仪器都经质检合格；本项目所使用的仪器设备其技术指标应能满足调查的要求。

（6）仪器设备在使用前应送法定计量检定机构检定或校准，并在检定、校准证书有效期内使用。为保证调查数据质量，仪器设备应在至少调查前后各进行一次校验，可采用实验室或外业现场自校、互校、比对及校准等方式。无法溯源到国家计量标准的仪器设备，则应按照程序化的、并经项目负责人审核认可的自校或互校方法进行自校或互校。

（7）海上调查中，样品的采集、预处理、贮存、运输等环节应严格按照规范要求操作。

（8）为了检查项目是否根据调查大纲要求实施开展，本项目还制定了详细的实施计划和调查操作规程。本项目的质量控制贯穿在项目的各个控制节点上，包括每个航次工作计划的详细制定；计划实施前的安全、质量、仪器设备检查、人员安排和调查船的备航；海上调查的站点准确定位、现场观测、数据记录、样品采集和处理；实验室的室内样品分析与鉴定，数据资料的处理，数据报表和调查报告的内审和归档。整个项目的运作都在项目质保小组的全程控制下进行，并接受了项目委托方的现场监督和指导。

（9）对实验室分析的质量控制措施包括：实验室环境严格按照《海洋调查规范》（GB/T 12763.1-2007）相关规定执行，在样品测试分析过程中，为保证检测结果的准确性和可靠性，对可能影响检测工作质量的环境因素和设施进行有效的监控。具体包括：

1）室内各种项目的分析测试均依据国家标准和行业标准，并按标准制定的实施细则进行。特殊情况按国家标准、行业标准或用户提供的检测要求进行分析测试。

2）用于计量检测的仪器设备均按计量认证工作中对计量检测仪器、设备进行检定的规定的要求经过检定，并能溯源到国家标准。

3）对检测过程中影响检测质量的各种因素，均制定切实可行的控制办法，确保检测工作的质量。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 电磁设施调查

根据资料收集情况和厂址区域内实际踏勘，整体情况如下。

（1）厂址区域内无雷达、中/微波基站、通讯基站、110kV 以上的高压输电线路和变电站等电磁辐射源。

（2）厂址区域内有 1 条 10kV 输电线路（栾刘线）和 1 条 35kV 输电线路（中广核张星风电），本次对其进行了实测。

3.2.4.2 现状调查与评价

苏州热工研究院有限公司受委托开展了厂址周围电磁环境现状调查工作，监测因子包括工频电场、工频磁场。监测点位为：拟建的 220kV 线路、220kV 辅助变电站、220kV 辅助变电站送电线路、500kV 开关站、500kV 送电线路等处，布设 11 个监测点位；1~6 号主变拟建处各布设 1 个监测点位；现有 35kV 和 10kV 输电线路正下方各布设 1 个监测点位；合计布设 19 个监测点位。具体监测布点见图 3.2-5。

本次电磁辐射环境现状调查采用《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013），电磁辐射水平监测选择在晴天条件下进行，白天监测一次，分别测量地面高度和离地1.5m处的电场强度垂直分量、磁场强度垂直分量和水平分量。

电磁辐射现状监测使用的仪器为 NBM550/EHP50D 型电磁辐射分析仪，所使用的仪器符合相关技术导则要求并经计量部门检定在检定有效期内。

表 3.2-9 给出了厂址区域及附近环境敏感点电磁环境监测结果。由监测结果可知，厂址区域检测点位工频电场范围为（0.409~238.4）V/m，工频磁场范围为（0.0040~0.3729）μT。监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中电场强度 4000V/m、磁感应强度 100μT 的公众曝露控制限值要求。

3.2.4.3 质量保证措施

有关电磁辐射环境现状调查质量保证的内容见 3.2.2.3 节。

表3.2-1　空气质量监测方法和仪器

检测项目	检测标准	检测仪器	检出限	
二氧化硫	《环境空气二氧化硫的测定甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》HJ482-2009	紫外可见分光光度计	小时值	0.007mg/m^3
			日均值	0.004mg/m^3
二氧化氮	《环境空气氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的测定盐酸萘乙二胺分光光度法》HJ479-2009	紫外可见分光光度计	小时值	0.005mg/m^3
			日均值	0.003mg/m^3
一氧化碳	《空气质量一氧化碳的测定非分散红外法》GB/T9801-1988	便携式红外线气体分析器	0.3mg/m^3	
TSP	《环境空气总悬浮颗粒物的测定重量法》GB/T15432-1995	电子天平	0.001mg/m^3	
PM_{10}	《环境空气 PM10 和 PM2.5 的测定重量法》HJ618-2011	电子天平	0.010mg/m^3	
$PM_{2.5}$	《环境空气 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的测定重量法》HJ618-2011	电子天平	0.010mg/m^3	

表3.2-2　空气质量监测结果

单位：mg/m³

监测项目	虎龙斗村	大岚村	东站家村	沟子村	欧家村	山前季家村	2 类标准限值（mg/m³）
NO_2	0.017~0.022	0.015~0.022	0.017~0.021	0.016~0.022	0.016~0.022	0.016~0.022	0.2
SO_2	0.009~0.017	0.010~0.016	0.009~0.017	0.010~0.017	0.009~0.016	0.010~0.017	0.5
CO	0.38~0.65	0.34~0.56	0.36~0.56	0.36~0.52	0.34~0.55	0.36~0.48	10
NO_2	0.012~0.014	0.012~0.014	0.013~0.014	0.012~0.013	0.012~0.015	0.012~0.015	0.08
SO_2	0.007~0.009	0.006~0.010	0.006~0.008	0.006~0.009	0.007~0.010	0.006~0.010	0.15
CO	0.39~0.42	0.38~0.42	0.39~0.42	0.39~0.42	0.39~0.42	0.40~0.43	4
TSP	0.094~0.203	0.080~0.223	0.096~0.239	0.095~0.234	0.082~0.252	0.087~0.188	0.3
PM_{10}	0.023~0.078	0.024~0.062	0.024~0.067	0.025~0.069	0.021~0.071	0.021~0.064	0.15
$PM_{2.5}$	0.010~0.018	0.013~0.018	0.010~0.017	0.011~0.016	0.011~0.018	0.010~0.016	0.075

表3.2-3（1/2）　声环境质量检测结果

（4） 厂址区域(5 月 12 日)环境噪声检测结果

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）	评价标准（dB(A)）
1	厂址北侧	50	40	2类，昼间60，夜间50
2	厂址西侧	48	40	
3	厂址南侧	47	38	
4	厂址东侧	43	37	

（2）厂址半径 5km 范围(5 月 12 日～5 月 13 日)环境噪声检测结果

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）	评价标准（dB(A)）
5	应急道路1	61	48	4a类，昼间70，夜间55
6	应急道路2	49	38	
7	施工区域1	49	41	
8	施工区域2	52	40	
9	进场道路1	50	42	
10	进场道路2	65	55	
13	大岚村（道路侧）	61	50	
16	山西孙家（道路侧）	65	50	
14	虎龙斗村	46	39	1类，昼间55，夜间45
15	栾家河西村	46	43	
11	张星镇	51	44	
12	杜家西村	50	39	
17	后康家村	46	37	
18	水盘村	52	40	
19	北洼子村	49	38	

表3.2-3（2/2） 声环境质量检测结果

（3）厂址区域(5 月 13 日)环境噪声检测结果

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）	评价标准（dB(A)）
1	厂址北侧	46	39	2类，昼间60，夜间50
2	厂址西侧	48	41	
3	厂址南侧	48	42	
4	厂址东侧	42	39	

（4）厂址半径 5km 范围(5 月 13 日～5 月 14 日)环境噪声检测结果

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A))	评价标准（dB(A)）
5	应急道路1	61	46	4a类，昼间70，夜间55
6	应急道路2	49	40	
7	施工区域1	47	39	
8	施工区域2	52	38	
9	进场道路1	51	42	
10	进场道路2	63	53	
13	大岚村	58	51	
16	山西孙家	64	49	
14	张星镇	50	43	1类，昼间55，夜间45
15	杜家西村	48	38	
11	虎龙斗村	51	39	
12	栾家河西村	46	41	
17	后康家村	43	38	
18	水盘村	49	37	
19	北洼子村	49	38	

表3.2-4　近岸海域海水水质区域各监测点位及其标准限值

水质保护目标	监测点位	pH	DO>	（BOD_5）≤	（COD）≤	活性磷酸盐（以P计）≤	非离子氨（以N计）≤	石油类≤	氰化物≤	铜≤	铅≤	镉≤	总铬≤	锌≤	汞≤	砷≤
			单位：mg/L													
II	9、14、23、30、29、34、35、40、41、45、47、48、49、52	7.8~8.5	5	3	3	0.03	0.02	0.05	0.005	0.01	0.005	0.005	0.1	0.05	0.0002	0.03
III	1、2、12、18、21、24、39、46	6.8~8.8	4	4	4	0.03	0.02	0.3	0.1	0.05	0.01	0.01	0.2	0.1	0.0002	0.05
IV	3、4、8、13、17、22、28	6.8~8.8	3	5	5	0.045	0.02	0.5	0.2	0.05	0.05	0.01	0.5	0.5	0.0005	0.05

表3.2-5　近岸海域水质监测结果统计

指标	夏		秋		冬		春	
	Min	max	Min	max	Min	max	Min	max
pH（-）	7.71	8.22	8.06	8.24	7.63	8.41	8.06	8.44
浊度（NUT）	0.76	5.25	0.75	5.41	0.445	7.605	0.105	5.003
总悬浮物(mg/L)	11.45	56.71	6.75	79.34	15.39	72.45	4.54	38.04
化学需氧量（mg/L）	0.31	2.12	0.95	2.78	0.85	2.05	0.71	2.26
总碱度(μmol/kg)	2413.10	2536.10	2355.50	2576.50	1768.1	2784.2	2514	2626
无机磷(μg/L)	0.72L	3.17	0.72L	5.46	0.72L	8.06	0.72L	3.9
亚硝酸盐(mg/L)	0.35L	2.19	1.18000	7.24000	1.7	6.7	1.6	8.4
硝酸盐(μg/L)	0.60L	36.60	0.07	0.23	0.152	0.581	0.72L	0.289
氨氮(mg/L)	0.007	0.045	0.019	0.523	0.040	0.095	0.021	0.072
溶解氧(mg/L)	7.60	9.20	8.10	9.20	8.8	12.9	7.7	9.5
生化需氧量(mg/L)	0.84	2.56	0.76	2.96	0.26	3.2	0.4	1.5
活性硅酸盐(mg/L)	0.23	0.38	0.19	0.55	0.0373	0.586	0.024	0.116
铜(μg/L)	1.68	10.40	0.22	5.29	1.19	5.59	0.75	13.38
铅(μg/L)	0.34	5.18	0.10	8.87	0.07	5.06	0.46	3.6
锌(μg/L)	6.12	113.00	4.58	48.80	0.83	48.9	4.05	36.4
镉(μg/L)	0.15	0.58	0.10	0.84	0.39	0.66	0.05	0.34
铬(μg/L)	0.51	4.72	1.14	9.78	0.77	1.38	0.73	1.67
砷(μg/L)	3.33	7.56	4.09	6.81	1.31	2.35	2.88	5.42
银(μg/L)	0.07	5.16	0.26	9.62	4.58	5.3	0.05	0.82
锰(μg/L)	1.0	121.0	0.8	17.8	1.0	3.8	1.1	24.0
硼(mg/L)	3.95	5.24	5.69	7.91	2.27	8	1.78	5.08
石油类(μg/L)	5.8	130.0	3.5	57.4	5.7	49.4	9.8	95.6
总汞(μg/L)	0.003L	0.0636	0.0021	0.1210	0.0036	0.0377	0.0030	0.0196
余氯(mg/L)	未检出	0.02	0.00	0.07	0.01	0.12	未检出	0.011
氰化物(μg/L)	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
氟化物(mg/L)	0.11	0.66	0.64	0.72	0.66	0.75	0.66	0.72
硫酸根(g/L)	0.48	2.42	1.73	2.34	1.73	2.38	2.03	2.24

表3.2-6　近岸海域环境功能区情况

功能区代码	功能区名称	站位	水质保护目标
SD065BII	莱州-招远盐业养殖区	29、34、35、40、41、45、47、49、52	II
SD067AII	招远砂质海岸海洋特别保护区	48	II
SD070CIII	龙口湾工业与城镇建设区	1、2、12、21、39、46	III
SD071DIV	龙口湾特殊利用区	3、4、8、13、17、22、28	IV
SD072 BII	龙口港留用备择区	23、30	II
SD073 DIV（III）*	龙口港口航运区	18、24	III
SD076AII	屺坶岛海洋保护区	9、14	II

注：除港池所在区域执行Ⅳ类标准外，其余区域执行III标准。

表 3.2-7（1/4） 近岸海域水质评价结果

(一)夏季

水质类别	站位	层次	DO	pH	COD	无机磷	无机氮	铜	铅	锌	镉	铬	砷	石油类	总汞	BOD_5
II	9	表	0.13	0.06	0.18	0.01	0.12	0.23	0.12	0.53	0.04	0.01	0.14	2.6	0.04	0.57
II	9	底	0.12	0.06	0.55	0.01	0.1	0.2	0.1	0.13	0.05	0.01	0.13	—	0.01	0.65
II	14	表	0.02	0.03	0.21	0.01	0.08	0.2	0.13	0.26	0.04	0.01	0.13	1.81	0.04	0.52
II	14	底	0.23	0.03	0.2	0.01	0.1	0.21	0.08	0.17	0.04	0.01	0.12	—	0.05	0.85
II	23	表	0.09	0.03	0.19	0.01	0.15	0.25	0.13	0.38	0.04	0.01	0.13	0.16	0.03	0.45
II	23	底	0.16	0.06	0.24	0.01	0.15	0.23	0.11	0.21	0.04	0.01	0.12	—	0.07	0.51
II	29	表	0.04	0.14	0.12	0.1	0.09	0.05	0.06	0.02	0.02	0.01	0.12	0.12	0.04	0.13
II	29	底	0.02	0.06	0.15	0.1	0.12	0.05	0.05	0.03	0.02	0.01	0.13	—	0.06	0.16
II	30	表	0.07	0.14	0.29	0.01	0.06	0.21	0.07	0.19	0.04	0.01	0.13	0.12	0.1	0.45
II	30	底	0.08	0.06	0.38	0.01	0.08	0.24	0.17	0.29	0.04	0.01	0.13	—	0.07	0.45
II	34	表	0.02	0.2	0.16	0.1	0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	0.01	0.13	0.04	0.18	0.13
II	34	底	0.11	0.14	0.16	0.1	0.06	0.05	0.05	0.02	0.02	0.01	0.12	—	0.03	0.18
II	35	表	0.19	1.26	0.25	0.1	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.12	0.2	0.08	0.25
II	35	底	0.04	1.23	0.31	0.1	0.1	0.04	0.1	0.45	0.02	0.01	0.12	—	0.05	0.19
II	40	表	0.1	0.09	0.21	0.01	0.05	0.21	0.12	0.28	0.04	0.01	0.11	0.56	0.01	0.59
II	40	底	0.01	0.09	0.1	0.04	0.05	0.23	0.09	0.14	0.04	0.01	0.13	—	0.01	0.72
II	41	表	0.01	0	0.2	0.1	0.05	0.07	0.07	0.05	0.02	0.01	0.14	0.03	0.09	0.16
II	41	底	0.06	0	0.17	0.1	0.06	0.05	0.06	0.04	0.02	0.01	0.12	—	0.02	0.16
II	45	表	0.03	0.09	0.45	0.01	0.08	0.31	0.22	1.59	0.04	0.01	0.16	0.7	0.08	0.28
II	47	表	0.05	0.11	0.35	0.01	0.08	0.22	0.08	0.2	0.04	0.01	0.13	0.53	0.02	0.56
II	47	底	0.29	0.14	0.5	0.01	0.15	0.46	0.13	0.47	0.04	0.01	0.14	—	0.01	0.65
II	48	表	0.18	0.31	0.35	0.01	0.18	0.3	0.14	0.76	0.06	0.01	0.15	0.17	0.03	0.43
II	49	表	0.04	0.06	0.31	0.1	0.03	0.05	0.05	0.05	0.02	0.01	0.14	0.06	0.09	0.15
II	52	表	0.09	0.03	0.17	0.1	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03	0.01	0.15	0.05	0.03	0.17
II	52	底	0.14	0.2	0.25	0.1	0.07	0.04	0.05	0.03	0.02	0.01	0.11	—	0.03	0.12
III	1	表	0.11	0.03	0.35	0.01	0.02	0.08	0.13	0.25	0.03	0.007	0.14	0.15	0.05	0.51
III	2	表	0.09	0.06	0.35	0.01	0.06	0.06	0.06	0.07	0.03	0.006	0.12	0.16	0.02	0.52
III	12	表	0	0	0.31	0.01	0.04	0.13	0.09	0.08	0.02	0.005	0.1	0.17	0.02	0.46
III	18	表	0.13	0.14	0.43	0.01	0.07	0.04	0.08	0.12	0.02	0.004	0.08	0.26	0.02	0.34
III	18	底	0.08	0.03	0.39	0.01	0.12	0.04	0.04	0.43	0.02	0.004	0.07	—	0.32	0.48
III	21	表	0.18	0.03	0.47	0.01	0.08	0.09	0.07	0.09	0.02	0.005	0.1	0.08	0.03	0.52
III	21	底	0.02	0	0.45	0.01	0.09	0.05	0.06	0.08	0.02	0.004	0.08	—	0.1	0.43
III	24	表	0.12	0.17	0.34	0.01	0.05	0.05	0.05	0.12	0.02	0.004	0.09	0.02	0.01	0.24
III	24	底	0.09	0.14	0.53	0.01	0.09	0.21	0.08	0.21	0.02	0.003	0.08	—	0.21	0.22
III	39	表	0.11	0.06	0.26	0.01	0.02	0.21	0.52	0.18	0.06	0.024	0.15	0.15	0.04	0.55
III	46	表	0.16	0.03	0.42	0.01	0.16	0.06	0.13	0.31	0.03	0.003	0.08	0.15	0.08	0.47
III	46	底	0.03	0.03	0.31	0.01	0.04	0.04	0.05	0.11	0.02	0.004	0.08	—	0.01	0.47
IV	3	表	0.09	0.09	0.22	0.03	0.06	0.05	0.02	0.07	0.02	0	0.08	0.1	0.02	0.34
IV	4	表	0.11	0.03	0.2	0.02	0.05	0.11	0.01	0.04	0.02	0	0.08	0.11	0.01	0.45
IV	8	表	0.09	0.03	0.3	0.01	0.08	0.05	0.01	0.01	0.02	0	0.09	0.22	0.01	0.35
IV	13	表	0.04	0	0.17	0.01	0.1	0.05	0.01	0.1	0.02	0	0.08	0.13	0.01	0.3
IV	13	底	0.05	0.09	0.35	0.01	0.1	0.04	0.01	0.02	0.02	0	0.07	—	0.02	0.24
IV	17	表	0.06	0.06	0.35	0.07	0.06	0.05	0.02	0.12	0.02	0	0.08	0.09	0.04	0.38
IV	17	底	0.02	0.03	0.25	0.01	0.08	0.05	0.01	0.02	0.02	0	0.07	—	0.02	0.4
IV	22	表	0	0.03	0.38	0.01	0.07	0.05	0.02	0.02	0.02	0	0.07	0.09	0.02	0.4
IV	22	底	0.02	0.09	0.35	0.01	0.09	0.04	0.01	0.04	0.02	0	0.07	—	0.03	0.42
IV	28	表	0.02	0.03	0.24	0.01	0.12	0.05	0.02	0.06	0.03	0	0.09	0.14	0.01	0.28
IV	28	底	0.01	0.09	0.23	0.01	0.11	0.06	0.01	0.02	0.02	0	0.07	—	0.02	0.31

表 3.2-7（2/4） 近岸海域水质评价结果

（二）秋季

水质类别	站位	层次	DO	pH	COD	无机磷	无机氮	铜	铅	锌	镉	铬	砷	石油类	总汞	BOD_5
II	9	表	0.55	0.23	0.32	0.01	0.56	0.29	0.14	0.19	0.03	0.01	0.2	0.24	0.28	0.16
II	14	表	0.52	0.23	0.34	0.12	0.67	0.31	0.12	0.22	0.03	0.01	0.19	0.28	0.03	0.09
II	14	底	0.69	0.17	0.45	0.01	0.61	0.18	0.23	0.25	0.05	0.01	0.15	—	0.02	0.1
II	23	表	0.71	0.14	0.34	0.01	0.5	0.1	0.27	0.3	0.03	0.01	0.18	0.14	0.57	0.24
II	23	底	0.63	0.23	0.38	0.04	0.61	0.12	0.38	0.43	0.08	0.01	0.16	—	0.53	0.34
II	29	表	0.48	0.06	0.21	0.1	0.55	0.03	0.15	0.08	0.02	0.01	0.17	0.29	0.11	0.14
II	29	底	0.38	0.09	0.31	0.45	0.66	0.04	0.13	0.08	0.04	0.01	0.16	—	0.56	0.25
II	30	表	0.63	0.23	0.39	0.09	0.58	0.07	0.21	0.19	0.03	0.01	0.18	0.18	0.06	0.26
II	30	底	0.71	0.26	0.5	0.18	0.68	0.06	0.44	0.43	0.09	0.01	0.15	—	0.01	0.38
II	34	表	0.21	0.2	0.25	0.1	0.54	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.18	0.07	0.1	0.08
II	34	底	0.26	0.03	0.24	0.1	0.58	0.04	0.12	0.05	0.04	0.01	0.17	—	0.58	0.33
II	35	表	0.2	0.2	0.22	0.1	0.57	0.01	0.08	0.06	0.01	0.01	0.17	0.07	0.04	0.29
II	35	底	0.26	0.06	0.33	0.1	0.85	0.02	0.34	0.2	0.07	0.01	0.15	—	0.14	0.15
II	40	表	0.69	0.17	0.58	0.01	0.51	0.13	0.25	0.21	0.04	0.01	0.18	0.31	0.27	0.12
II	40	底	0.69	0.06	0.62	0.01	0.52	0.22	0.2	0.14	0.06	0.01	0.18	—	0.1	0.21
II	41	表	0.18	0.09	0.22	0.1	0.47	0.01	0.08	0.05	0.02	0.01	0.15	0.14	0.02	0.16
II	41	底	0.17	0.09	0.31	0.1	0.77	0.01	0.23	0.16	0.06	0.01	0.14	—	0.35	0.01
II	45	表	0.59	0.2	0.52	0.01	0.77	0.19	0.19	0.34	0.03	0.06	0.2	0.27	0.02	0.15
II	47	表	0.75	0.11	0.56	0.01	0.56	0.13	0.11	0.18	0.02	0.03	0.19	0.26	0.1	0.12
II	47	底	0.56	0.03	0.55	0.01	0.68	0.22	0.12	0.18	0.08	0.01	0.19	—	0.11	0.17
II	48	表	0.8	0.03	0.39	0.01	0.9	0.02	0.62	0.53	0.03	0.01	0.14	1.1	0.03	0.09
II	49	表	0.34	0.14	0.25	0.1	0.63	0.02	0.33	0.07	0.02	0.01	0.14	0.07	0.03	0.26
II	52	表	0.18	0.26	0.25	0.1	0.58	0.02	0.13	0.08	0.02	0.07	0.16	0.07	0.33	0.28
II	52	底	0.41	0.14	0.23	0.1	0.55	0.01	0.71	0.04	0.07	0.01	0.14	—	0.12	0.02
III	1	表	0.21	0.4	0.4	0.01	0.56	0.15	0.13	0.19	0.02	0.01	0.11	0.03	0.15	0.37
III	2	表	0.21	0.38	0.37	0.01	0.63	0.15	0.05	0.12	0.01	0.01	0.1	0.07	0.31	0.35
III	12	表	0.11	0.42	0.43	0.01	0.5	0.17	0.07	0.17	0.02	0.01	0.11	0.08	0.6	0.42
III	18	表	0.13	0.33	0.3	0.05	1.57	0.31	0.12	0.12	0.02	0.01	0.13	0.06	0.19	0.41
III	18	底	0.08	0.36	0.7	0.17	0.71	0.17	0.18	0.49	0.02	0.01	0.09	—	0.04	0.53
III	21	表	0.09	0.38	0.42	0.01	0.46	0.21	0.06	0.18	0.02	0.01	0.11	0.03	0.59	0.42
III	24	表	0.16	0.4	0.29	0.08	0.44	0.07	0.11	0.06	0.01	0.01	0.11	0.02	0.06	0.58
III	24	底	0.25	0.41	0.42	0.01	0.49	0.1	0.22	0.29	0.05	0.01	0.1	—	0.55	0.53
III	39	表	0.16	0.37	0.41	0.01	0.63	0.16	0.17	0.24	0.02	0.01	0.11	0.03	0.17	0.41
III	46	表	0.17	0.4	0.3	0.01	0.53	0.16	0.08	0.11	0.02	0.01	0.11	0.12	0.15	0.39
IV	3	表	0.06	0.11	0.23	0.01	0.37	0.23	0.02	0.02	0.03	0	0.12	0.01	0.11	0.33
IV	4	表	0.06	0.03	0.27	0.04	0.36	0.24	0.02	0.04	0.02	0	0.12	0.02	0.05	0.3
IV	8	表	0.05	0.03	0.24	0.01	0.35	0.26	0.02	0.02	0.01	0	0.12	0.02	0.08	0.3
IV	13	表	0.05	0.11	0.24	0.01	0.38	0.3	0.01	0.02	0.01	0	0.12	0.02	0.04	0.3
IV	13	底	0.05	0.14	0.33	0.01	0.43	0.19	0.03	0.02	0.03	0	0.1	—	0.2	0.38
IV	17	表	0.08	0.2	0.31	0.02	0.38	0.23	0.11	0.03	0.02	0	0.12	0.01	0.18	0.37
IV	17	底	0.1	0.2	0.35	0.03	0.44	0.18	0.02	0.03	0.03	0	0.1	—	0.16	0.33
IV	22	表	0.1	0.26	0.33	0.01	0.34	0.53	0.02	0.03	0.02	0	0.14	0.04	0.06	0.32
IV	22	底	0.04	0.11	0.42	0.01	0.46	0.15	0.04	0.04	0.03	0	0.09	—	0.17	0.3
IV	28	表	0.04	0	0.42	0.01	0.33	0.03	0.03	0.03	0.08	0	0.08	0.04	0.14	0.32
IV	28	底	0.06	0.11	0.42	0.01	0.44	0.16	0.03	0.05	0.03	0	0.09	—	0.18	0.3

表 3.2-7（3/4） 近岸海域水质评价结果

（三）冬季

水质类别	站位	层次	DO	pH	COD	无机磷	无机氮	铜	铅	锌	镉	铬	砷	石油类	总汞	BOD_5
II	9	表	0.33	0.09	0.42	0.04	1.02	0.27	0.39	0.34	0.13	0.01	0.07	0.17	0.04	0.52
II	9	底	0.37	1.14	0.49	0.03	0.89	0.34	0.41	0.27	0.11	0.011	0.06	—	0.1	0.57
II	14	表	0.33	0.23	0.31	0.04	1.11	0.3	0.74	0.46	0.1	0.01	0.07	0.2	0.03	0.6
II	14	底	0.36	1.49	0.47	0.03	0.99	0.28	0.1	0.08	0.1	0.01	0.06	—	0.09	0.68
II	23	表	0.48	0.69	0.31	0.01	0.92	0.29	0.37	0.11	0.11	0.01	0.07	0.41	0.03	0.19
II	23	底	0.43	0.46	0.34	0.01	0.87	0.34	0.17	0.15	0.11	0.014	0.07	—	0.03	0.43
II	29	表	0.43	0.43	0.4	0.09	1.05	0.3	0.24	0.04	0.11	0.02	0.07	0.28	0.06	0.33
II	29	底	0.43	0.31	0.39	0.03	0.93	0.3	1.01	0.08	0.11	0.01	0.07	—	0.02	0.61
II	30	表	0.14	0.17	0.39	0.03	1.07	0.2	0.07	0.04	0.08	0.01	0.05	0.3	0.12	0.87
II	30	底	0.1	0.03	0.28	0.03	1.21	0.16	0.2	0.09	0.08	0.008	0.05	—	0.11	0.93
II	34	表	0.14	0.4	0.67	0.04	1.19	0.19	0.01	0.02	0.08	0.01	0.05	0.14	0.11	0.87
II	34	底	0.16	0.37	0.69	0.04	1.22	0.29	0.07	0.14	0.08	0.01	0.05	—	0.15	0.97
II	35	表	0.15	0.39	0.39	0.03	1.13	0.2	0.23	0.06	0.08	0.01	0.05	0.99	0.04	0.8
II	35	底	0.15	0.28	0.37	0.24	1.17	0.23	0.31	0.06	0.08	0.01	0.05	—	0.04	0.8
II	40	表	0.1	0.09	0.44	0.04	1.17	0.15	0.17	0.05	0.09	0.01	0.05	0.93	0.13	0.9
II	40	底	0.14	0.09	0.61	0.04	1.22	0.18	0.05	0.13	0.09	0.008	0.05	—	0.06	0.93
II	41	表	0.16	0.33	0.33	0.01	1.23	0.27	0.1	0.06	0.08	0.01	0.05	0.98	0.18	0.9
II	41	底	0.15	0.32	0.4	0.01	1.27	0.14	0.34	0.26	0.09	0.01	0.05	—	0.02	0.87
II	45	表	0.17	0.06	0.46	0.27	2.06	0.26	0	0.02	0.09	0.01	0.06	0.94	0.18	1
II	47	表	0.14	0	0.44	0.05	1.37	0.17	0	0.06	0.09	0.01	0.06	0.17	0.16	0.97
II	47	底	0.16	0	0.52	0.04	1.32	0.2	0.03	0.11	0.09	0.008	0.06	—	0.13	0.93
II	48	表	0.15	0.29	0.4	0.03	1.52	0.14	0.19	0.25	0.09	0.01	0.05	0.45	0.15	0.93
II	49	表	0.07	0.33	0.51	0.05	1.56	0.16	0.09	0.26	0.08	0.01	0.05	0.35	0.13	1.07
II	52	表	0.17	0.37	0.29	0.04	1.2	0.16	0.18	0.14	0.08	0.01	0.05	0.28	0.13	0.93
II	52	底	0.19	0.29	0.32	0.03	1.17	0.15	0.32	0.15	0.08	0.01	0.05	—	0.02	0.83
III	1	表	0.12	0.34	0.34	0.43	2.01	0.05	0.12	0.06	0.05	0.004	0.04	0.02	0.15	0.8
III	2	表	0.12	0.33	0.36	0.22	1.81	0.04	0.08	0	0.05	0.004	0.04	0.03	0.17	0.75
III	12	表	0.13	0.28	0.32	0.03	1.57	0.04	0.34	0.02	0.05	0.004	0.03	0.04	0.12	0.7
III	18	表	0.28	0.57	0.27	0.01	0.52	0.06	0.1	0.07	0.06	0.006	0.05	0.03	0.03	0.27
III	18	底	0.43	0.41	0.37	0.01	0.56	0.06	0.05	0.12	0.06	0.01	0.04	—	0.05	0.33
III	21	表	0.12	0.35	0.34	0.01	0.89	0.04	0.1	0.05	0.05	0.004	0.03	0.02	0.15	0.72
III	21	底	0.12	0.37	0.35	0.05	0.92	0.04	0.1	0.13	0.05	0	0.03	—	0.19	0.65
III	24	表	0.43	0.61	0.28	0.01	0.74	0.06	0.22	0.05	0.06	0.006	0.05	0.16	0.03	0.07
III	24	底	0.3	0.54	0.27	0.01	0.58	0.07	0.21	0.03	0.06	0.01	0.04	—	0.02	0.51
III	39	表	0.13	0.2	0.33	0.19	1.62	0.04	0.08	0.06	0.05	0.004	0.03	0.15	0.07	0.75
III	46	表	0.13	0.34	0.36	0.08	0.9	0.02	0.22	0.03	0.05	0.004	0.04	0.06	0.13	0.7
III	46	底	0.14	0.35	0.28	0.05	1	0.04	0.06	0.06	0.04	0	0.03	—	0.08	0.7
IV	3	表	0.12	0.03	0.17	0.01	0.65	0.04	0.01	0	0.04	0	0.03	0.09	0.06	0.56
IV	4	表	0.13	0.06	0.18	0.01	0.62	0.03	0.01	0.01	0.04	0	0.03	0.01	0.06	0.56
IV	8	表	0.12	0.03	0.4	0.01	0.63	0.05	0.02	0.05	0.04	0	0.03	0.1	0.03	0.54
IV	13	表	0.11	0.83	0.22	0.02	0.64	0.04	0.01	0.01	0.04	0	0.03	0.01	0.07	0.56
IV	13	底	0.09	0.06	0.26	0.05	0.76	0.04	0.04	0.1	0.05	0	0.03	—	0.02	0.52
IV	17	表	0.1	0.06	0.22	0.02	0.63	0.03	0	0	0.04	0	0.03	0.1	0.04	0.56
IV	17	底	0.12	0.06	0.26	0.01	0.53	0.03	0.05	0.03	0.04	0	0.03	—	0.01	0.56
IV	22	表	0.27	0.34	0.22	0.03	0.64	0.07	0	0	0.05	0	0.04	0.08	0.02	0.5
IV	22	底	0.26	0.2	0.26	0.03	0.63	0.11	0.03	0.01	0.06	0	0.04	—	0.03	0.47
IV	28	表	0.13	0.37	0.26	0.01	0.65	0.04	0.02	0	0.05	0	0.03	0.01	0.02	0.56
IV	28	底	0.07	0.39	0.32	0.03	0.78	0.05	0.02	0.06	0.05	0	0.03	—	0.01	0.55

表 3.2-7（4/4） 近岸海域水质评价结果

（四）春季

水质类别	站位	层次	DO	pH	COD	无机磷	无机氮	铜	铅	锌	镉	铬	砷	石油类	总汞	BOD_5
II	9	表	0.29	0.06	0.41	0	0.42	0.31	0.26	0.12	0.04	0.01	0.13	0.59	0.23	0.2
II	14	表	0.39	0.09	0.38	0.04	0.43	0.23	0.26	0.09	0.03	0.01	0.11	1.38	0.18	0.13
II	14	底	0.28	0.11	0.32	0.03	0.43	0.11	0.16	0.09	0.03	0.01	0.1	—	0.39	0.5
II	23	表	0.2	0.09	0.4	0.13	0.51	0.25	0.37	0.16	0.04	0.01	0.12	0.31	0.11	0.5
II	23	底	0.14	0.06	0.31	0.03	0.63	0.18	0.23	0.12	0.03	0.01	0.1	—	0.08	0.47
II	29	表	0.34	0.31	0.45	0.04	0.5	0.28	0.72	0.14	0.04	0.02	0.13	0.26	0.03	0.33
II	29	底	0.29	0.33	0.4	0	0.65	0.08	0.24	0.18	0.02	0.01	0.11	—	0.02	0.4
II	30	表	0.09	0.17	0.45	0	0.52	0.31	0.23	0.15	0.05	0.01	0.14	0.2	0.35	0.17
II	30	底	0.14	0.2	0.74	0.04	0.74	0.21	0.7	0.28	0.02	0.01	0.11	—	0.09	0.33
II	34	表	0.34	0.35	0.33	0.04	0.53	0.29	0.44	0.18	0.02	0.01	0.13	0.63	0.04	0.33
II	34	底	0.32	0.32	0.33	0.04	0.69	0.11	0.28	0.08	0.02	0.01	0.11	—	0.03	0.4
II	35	表	0.3	0.33	0.41	0	0.51	0.29	0.35	0.16	0.04	0.02	0.14	0.27	0.05	0.23
II	35	底	0.24	0.34	0.68	0.03	0.72	0.16	0.27	0.12	0.02	0.01	0.11	—	0.02	0.3
II	40	表	0.09	0.09	0.59	0.03	0.65	0.3	0.31	0.14	0.05	0.01	0.13	0.51	0.11	0.5
II	41	表	0.47	0.35	0.75	0.04	0.81	0.57	0.39	0.3	0.07	0.02	0.15	0.22	0.07	0.13
II	41	底	0.25	0.64	0.51	0	0.63	0.21	0.24	0.13	0.01	0.01	0.1	—	0.05	0.3
II	45	表	0.2	0.03	0.37	0	1.08	0.34	0.25	0.68	0.05	0.01	0.14	0.62	0.1	0.43
II	47	表	0.14	0.06	0.38	0.03	0.61	1.34	0.35	0.19	0.05	0.01	0.13	0.55	0.13	0.4
II	48	表	0.09	0.11	0.48	0	0.87	0.31	0.34	0.21	0.04	0.01	0.14	0.33	0.16	0.2
II	49	表	0.28	0.4	0.48	0.04	0.84	0.3	0.33	0.28	0.05	0.02	0.13	0.35	0.07	0.23
II	52	表	0.29	0.37	0.45	0	0.6	0.48	0.32	0.35	0.04	0.02	0.13	0.37	0.06	0.23
II	52	底	0.24	0.38	0.5	0	0.63	0.18	0.26	0.16	0.03	0.01	0.11	—	0.02	0.4
III	1	表	0.3	0.26	0.35	0	0.62	0.07	0.14	0.18	0.02	0.01	0.09	0.21	0.24	0.28
III	2	表	0.32	0.33	0.24	0	0.55	0.05	0.08	0.13	0.02	0.01	0.08	0.29	0.03	0.13
III	12	表	0.4	0.29	0.2	0	0.68	0.07	0.08	0.11	0.03	0.01	0.09	0.27	0.16	0.13
III	18	表	0.23	0.32	0.3	0.06	0.35	0.05	0.13	0.1	0.01	0.01	0.07	0.1	0.23	0.28
III	18	底	0.34	0.33	0.24	0	0.28	0.02	0.15	0.04	0.01	0	0.06	—	0.06	0.33
III	21	表	0.3	0.36	0.2	0	0.59	0.02	0.06	0.11	0.03	0.01	0.11	0.26	0.19	0.18
III	21	底	0.29	0.42	0.29	0	0.51	0.02	0.17	0.06	0.01	0	0.06	—	0.2	0.25
III	24	表	0.45	0.3	0.33	0	0.29	0.04	0.12	0.11	0.02	0.01	0.07	0.09	0.14	0.1
III	24	底	0.5	0.35	0.32	0	0.3	0.02	0.15	0.04	0.01	0	0.06	—	0.05	0.38
III	39	表	0.37	0.31	0.29	0	0.89	0.07	0.14	0.36	0.02	0.01	0.09	0.07	0.09	0.25
III	46	表	0.36	0.33	0.18	0	0.59	0.07	0.12	0.19	0.02	0.01	0.1	0.32	0.19	0.15
III	46	底	0.32	0.32	0.27	0	0.49	0.02	0.09	0.05	0.01	0	0.06	—	0.27	0.35
IV	3	表	0.16	0.35	0.16	0	0.36	0.07	0.04	0.03	0.02	0	0.09	0.11	0.04	0.14
IV	4	表	0.16	0.34	0.18	0	0.37	0.06	0.02	0.01	0.02	0	0.08	0.1	0.04	0.12
IV	8	表	0.21	0.29	0.19	0.02	0.31	0.05	0.02	0.01	0.01	0	0.07	0.04	0.09	0.12
IV	13	表	0.14	0.3	0.24	0.03	0.26	0.04	0.02	0.01	0.02	0	0.08	0.08	0.04	0.24
IV	13	底	0.2	0.35	0.17	0.01	0.28	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0.06	—	0.08	0.24
IV	17	表	0.24	0.29	0.18	0	0.34	0.06	0.01	0.01	0.01	0	0.09	0.07	0.03	0.12
IV	22	表	0.32	0.33	0.17	0	0.35	0.06	0.02	0.02	0.01	0	0.07	0.1	0.04	0.12
IV	22	底	0.2	0.43	0.22	0	0.32	0.03	0.01	0.01	0.01	0	0.07	—	0.03	0.28
IV	28	表	0.18	0.37	0.2	0	0.32	0.05	0.02	0.02	0.02	0	0.08	0.03	0.04	0.22

表 3.2-8　海水水质调查超标站位统计

季节	位置	超标站位	所在环境功能区水质保护目标	超标因子	满足的水质类别
夏	表	35	II	pH	IV
		45	II	锌	III
		9	II	石油类	III
		14	II	石油类	III
	底	35	II	pH	IV
秋	表	18	III	无机氮	IV
		48	II	石油类	III
冬	表	1/2/12/39	III	无机氮	IV
		9/14/29/30/34/35/40/41/48/49/52	II	无机氮	III
		45	II	无机氮	IV
		49	II	BOD_5	III
	底	9/14	II	pH	IV
		30/34/35/40/41/47/52	II	无机氮	III
		29	II	铅	III
春	表	14	II	石油类	III
		45	II	无机氮	III
		47	II	铜	III

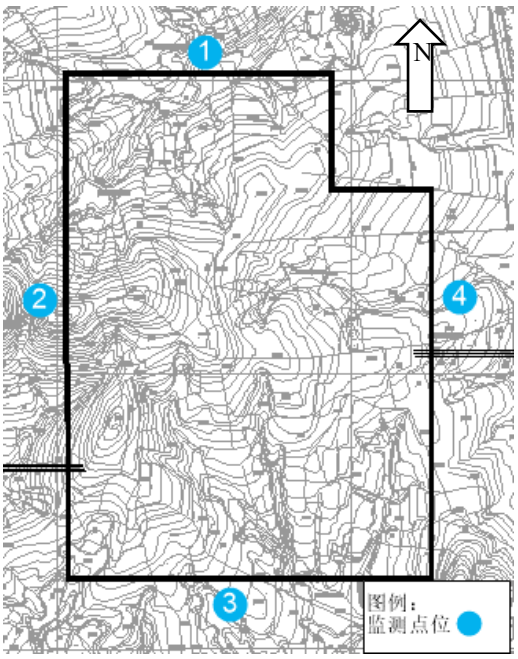
表 3.2-9　工频电场、工频磁场检测结果

序号	点位名称	工频电场（V/m）	工频磁场（μT）
1	500kV 开关站南侧（西）	0.540	0.0049
2	500kV 开关站南侧（东）	0.559	0.0050
3	500kV 线路（西侧）	0.527	0.0044
4	500kV 线路（东侧）	0.453	0.0052
5	220kV 辅助变电站南侧	0.409	0.0040
6	220kV 辅助变电站北侧	0.431	0.0043
7	220kV 辅助线路（西侧）	0.506	0.0043
8	220kV 辅助变线路（东侧）	0.468	0.0059
9	500kV 开关站北侧	0.475	0.0054
10	500kV 开关站西侧	0.510	0.0058
11	220kV 辅助变电站东侧	0.438	0.0062
12	1＃主变	2.277	0.0082
13	2＃主变	2.092	0.0075
14	3＃主变	0.938	0.0068
15	4＃主变	0.826	0.0042
16	5＃主变	1.042	0.0085
17	6＃主变	0.826	0.0070
18	现有 35kV 输电线路正下方	238.4	0.0311
19	现有 10kV 输电线路正下方	48.31	0.3729



环境影响报告书（选址阶段）		
空气质量采样点位示意图		
图 3.2-1	版次：	A

（一）厂界噪声监测点位



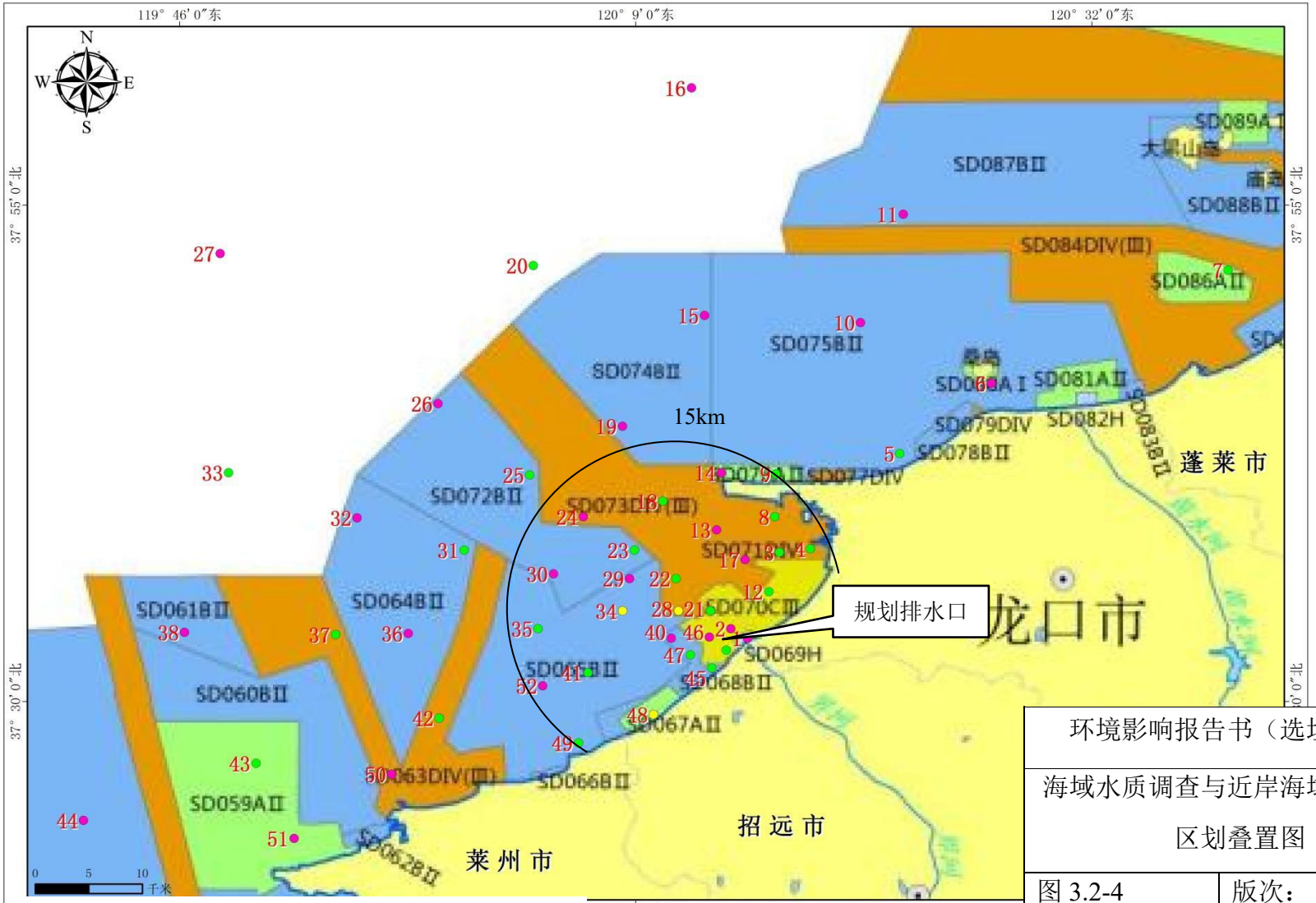
（二）5km 范围附近声环境质量监测点位



环境影响报告书（选址阶段）		
噪声监测点位示意图		
图 3.2-2	版次：	A



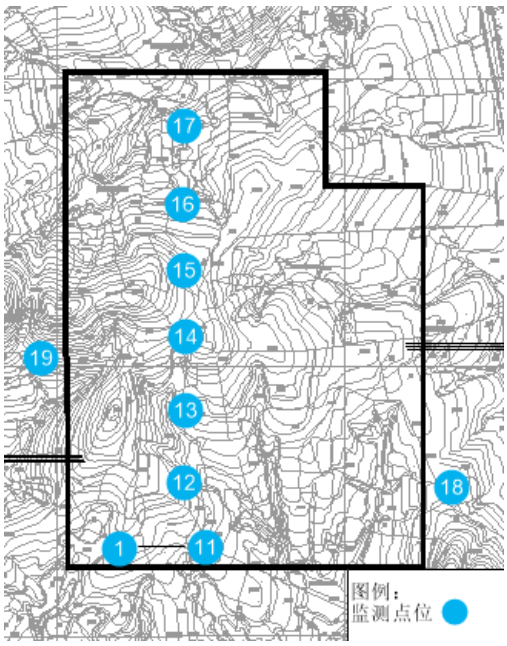
环境影响报告书（选址阶段）		
海水水质监测采样点位示意图（15km）范围		
图 3.2-3	版次：	A



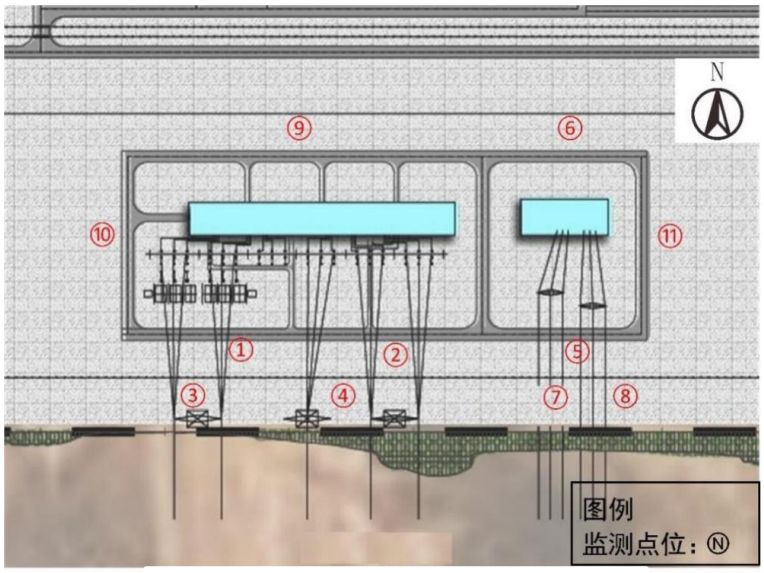
注：排水口位置最终以主管部门批复为准。

环境影响报告书（选址阶段）		
海域水质调查与近岸海域环境功能区划叠置图		
图 3.2-4	版次：	A

（一）厂区及周边布点



（二）开关站周边布点



环境影响报告书（选址阶段）		
电磁辐射环境监测点示意图		
图 3.2-5	版次：	A

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.3 核电厂用水和散热系统

4.4 输电系统

4.5 专设安全设施

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区总体规划

4.1.2 厂区总平面布置

4.1.3 工程子项目

4.1.4 排放口布置

4.1 厂区规划及平面布置

山东招远核电厂整体规划建设六台百万千瓦压水堆机组，一期建设两台华龙一号技术融合方案机组，按照“一机一塔”的配置模式原则开展全厂总平面布置。其中，本项目 BOP 子项配置根据全厂六台机组共用的模式土建一次建成、设备分期安装；结合华龙一号项目实践及推进，本项目充分兼顾远期发展，考虑采用先进建造技术及核能供热等的实施需求。

4.1.1 厂区规划

全厂总体规划是依据厂址规划容量和核电厂生产、施工、生活的要求，结合厂址条件，对厂区、厂外设施、非居住区、施工区、防洪排涝设施、交通运输及设施、出线走廊等从近期出发，并应兼顾远期发展，进行统筹规划。

厂址总体规划布置一般应遵循以下原则：

1）总体规划应按国家批准的核电厂规划容量、结合当地的自然资源条件及电力系统的发展进行。

2）总体规划应遵从国家和地方有关城市规划、土地利用规划、水功能区规划及现行的国家法规和标准，与地方经济发展战略相适应，与当地城市发展相协调。

3）总体规划应处理好核电与环境、建设与运行、临时与永久、厂内与厂外等各方面的关系。

4）近、远期相结合，永久建筑与生产临建相结合，统筹规划，分期实施。

5）以核电厂厂区布局为中心，功能分区明确，辅助配套设施齐全，满足工艺流程及生产、生活的需要。

6）应充分利用自然条件，因地制宜，减少厂区工程量和基建费用。

7）坚持合理用地、节约用地及节省投资的原则。

根据核电厂工程建设与生产运营特点，并结合招远核电厂的厂址特点和规划要求，电厂分为厂区、厂外辅助设施区、现场服务区和施工准备区。主要规划内容如下：

（1）厂区（控制区围栏内）

厂区由主厂房区、BOP区和开关站区等组成。厂区是核电厂建设与运营的核心部分，其它各区均服务厂区生产并围绕该区进行布置。

（2）厂外辅助设施区

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，在核电厂各功能区间的交通组织、相互联系方面起着枢纽作用。

（3）现场服务区

现场服务区的主要功能是满足职工现场值班、文体、休闲等活动的需求，不在项目总体规划中体现。

（4）施工准备区

施工准备区规划在厂区北侧电厂扩建端方向，规划用地面积约70hm^2。

（5）交通运输规划

根据核电厂对交通运输的要求和厂址的自然条件，本期工程的交通运输采用以水运和公路联运为主的运输方式。建筑材料及人员交通主要以公路运输为主；建设期间的大件及进口设备，主要以水路+公路联合运输为主，到港港口推荐为胜利港，经G228国道、S19龙青高速辅路、S304（原S608）运至厂区。

为满足项目施工和运行期间对外交通运输的要求，本期工程对外交通规划拟建进厂道路、第二进厂道路（应急路）两条主要道路。

进厂道路是核电厂对外联系的主要通道及工程建设专用通道，招远核电项目进厂道路从S304省道接引至厂前区入口，道路长约0.9km，拟采用双向四车道，路面面层类型采用沥青砼，全程无隧道及桥梁。采用二级公路标准，路基21m（初定），设计车速60km/h。

应急道路自厂区向西接地方乡道，长度约1.9km，拟采用双向两车道，采用三级公路标准，路面宽度7m。现有乡道宽约6m，呈南北走向，南向接黄招公路，下一阶段将根据设计评估确定乡道是否需局部改造。

（6）出线规划

山东招远核电项目采用500kV一级电压接入系统，厂内设置6台机组公用的500kV开关站，规划500kV出线6回。厂内连通各机组的500kV线路优先采用GIL廊道布置方式。

核电厂220kV施工与辅助电源终期2回进线，初步考虑第1回接入220kV蚕庄变电站，第2回接入220kV梦芝变电站，总体上向南出线。具体待山东省电网公司审批意见为准。

（7）水源规划

1）取排水规划

本项目采用“一机一塔”的二次循环冷却方案，取排水方案采用暗取暗排方案，取水头部位于龙口人工岛西侧海域，离岸距离约1.9km；排水头部离岸距离约1.5km，取水隧洞采用灯泡线布置方案。

陆域部分冷却塔补水取水管道和排水管道采用涂塑钢管，管道沿道路直埋敷设，全长约14km。在海边设置一座取水泵房，将海水加压至海水预处理站进行处理。

2）生产生活用水

生产用水采用海水淡化，生活用水采用辛庄净水厂的淡水。

3）施工水源

施工水源初步考虑采用辛庄净水厂。

（8）防排洪规划

本项目按照6台机组场平一次完成，沿西北侧规划设置一条排洪沟，主要拦截西北侧季山、金山区域降雨，确保其产生的洪水不会威胁厂区。厂区排洪沟向北接入天然排水沟，最终排入八里沙河，按照千年一遇设计，PMP校核，保障厂址防洪安全。

4.1.2 厂区平面布置

山东招远核电厂一期工程厂区主要建（构）筑物、各子项配置情况见表4.1-1。

（1）主厂房区

根据现阶段掌握的地质资料及地形条件，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。本期工程采用二次循环冷却方案，从东到西依次是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，机力塔局部坐落在强风化区域，深度小于 4m，可在下一阶段通过优化机力塔设计或局部换填处理。地基条件整体满足建设需求。

（2）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。

（3）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。

（4）开关站区

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。

（5）实物保护规划

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。

（6）厂内道路

厂内道路是联系厂内各建、构筑物，承担各型设备、材料运输的基础设施，厂内道路分为四级，即主干道、次干道、支道（车间引道）和人行道。根据设备运输要求，路面结构又分为轻型路和重型路两种，穿越道路的地下构筑物设计荷载为：轻型路设计荷载为公路Ⅱ级，重型路设计荷载为最大重车荷载。厂内道路型式为城市型道路，面层结构采用钢筋混凝土路面结构。

主干道宽度 10m，次干道宽度 7m，支道宽度 4m；主干道转弯半径 25m、12m，次干道转弯半径 9m。

（7）竖向设计

综合考虑核安全相关（含厂址防排洪、边坡安全）、岩土地质条件，经济性（含运

行费用、土石方综合利用、建筑物基础、基坑开挖及支护等）及其他因素（场地竖向设计及场地排水）等因素，厂区竖向布置采用平坡式布置，厂坪标高为 100.0m。

（8）绿地情况

本项目厂区绿化用地面积 12000m^2，厂区绿地率约 0.81%（控制区内）。

4.1.3 排放口布置

山东招远核电项目产生的放射性废气经处理达标后主要通过各自位于燃料厂房顶部的烟囱排入环境。机组烟囱的上部标高设计为 70.00m，正常功率运行期间烟囱总排气流量约为 243240m^3/h（1、2 号机组）、烟囱内径为 3.0m。

本项目放射性废液经过放射性废液系统处理后采用槽式排放，贮存在贮存槽中的放射性废液经处理、监测达到排放标准后排放。

本项目现阶段采用混合排放方案排放放射性液态流出物，即 TER、SEL 产生的放射性液态流出物在贮存槽中经贮存、取样监测达到排放标准后先排至厂区集合井，厂区集合井与海上排放口高差约 80m，排水管道路径约 14.2km，在厂区集合井与冷却塔循环冷却水混合后经陆域排水管线（DN1600 一用一备）最终排入大海。

根据本项目现阶段设计原则，非放射性生产废水经处理达到回用标准后主要回用于冷却塔的补充水，生活污水处理达标后主要回用于场地喷洒与绿化。

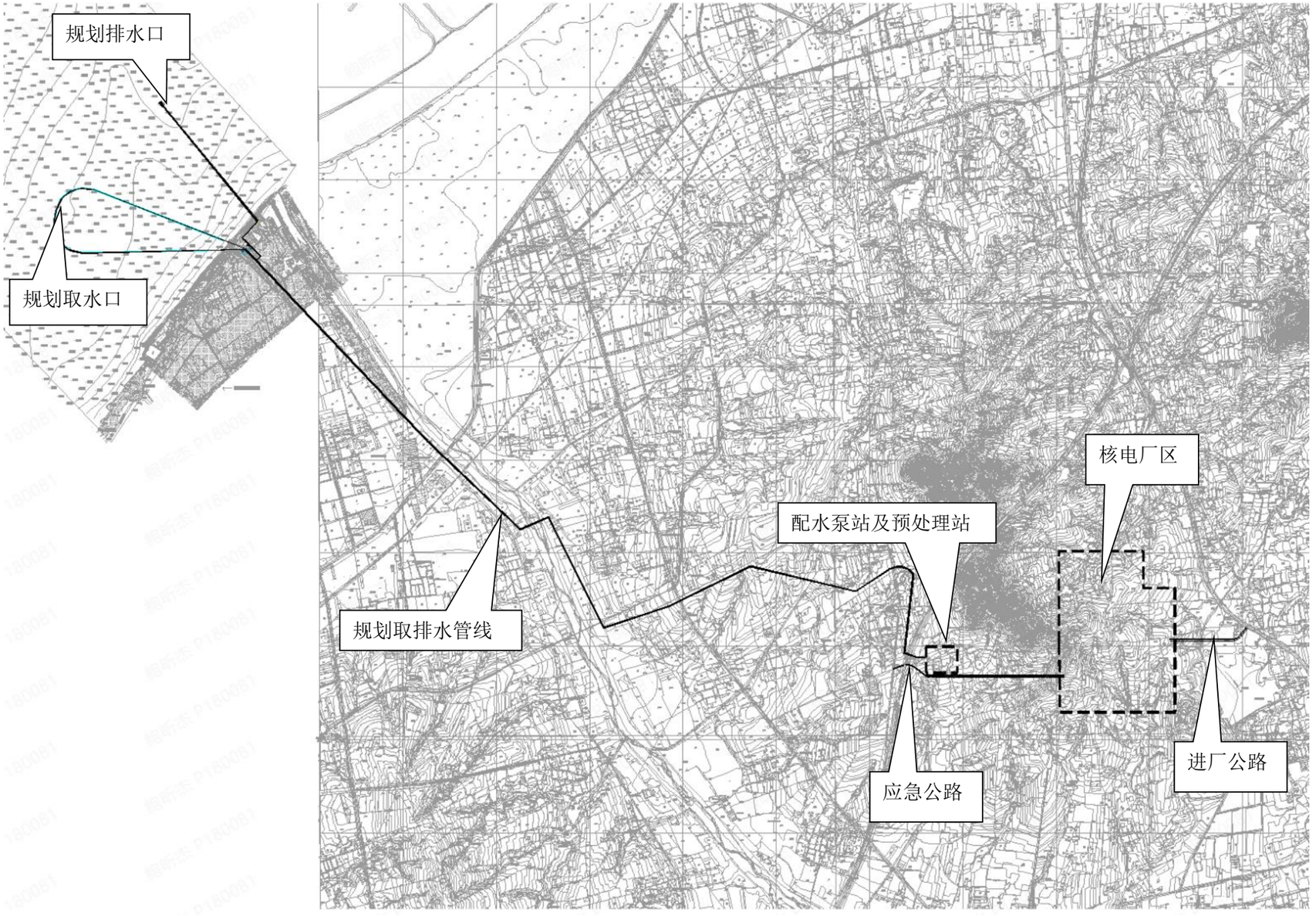
表 4.1-1 山东招远核电厂一期工程主要建、构筑物一览表

序号	子项代码	建构筑物名称	备注
一、核岛厂房及构筑物			
1	BAX	进出厂房	单元配置
2	BDA	应急柴油发电机厂房 A	单元配置
3	BDB	应急柴油发电机厂房 B	单元配置
4	BDU	SBO 柴油发电机厂房	单元配置
5	BFX	燃料厂房	单元配置
6	BNX	核辅助厂房	单元配置
7	BRP	反应堆厂房龙门架	单元配置
8	BRX	反应堆厂房	单元配置
9	BSA	安全厂房 A	单元配置
10	BSB	安全厂房 B	单元配置
11	BIX	核岛烟囱	单元配置
12	BFS	连接厂房	单元配置
二、常规岛厂房及构筑物			
13	BJX	辅助变压器平台	单元配置
14	BLX	常规岛电气厂房	单元配置
15	BMO	润滑油传送间	两机配置
16	BMP	凝结水精处理间	单元配置
17	BMR	事故放油池	单元配置
18	BMX	汽轮发电机厂房	单元配置
19	BTA	主变压器及厂用变压器平台	单元配置
20	BTX	备用变压器平台	全厂共用
三、厂（控制区）内 BOP			
21	BBA/BBF/BXL	冷机修车间/非放射性机电仪仓库及办公室/性能试验室	全厂共用
22	BBE/BLY	蓄电池充电维修间/全厂公用负荷配电室	全厂共用
23	BBH	热机修车间和仓库	全厂共用
24	BBG/BEL	车库/洗衣房	全厂共用
25	BBL	厂区实验室	两机配置
26	BBM/BBC	辐射计量实验室/职业医疗室	全厂共用
27	BBN	水泥石灰仓库	全厂共用
28	BBO	运行值班楼	两机配置
29	BBX/BBD/BBY/BBR	生产办公楼/档案馆/岩芯库/厂区餐厅	全厂共用
30	BBW	危险品库	全厂共用
31	BCW	核级机械通风冷却塔	单元配置
32	BDG	高压电气管廊	单元配置
33	BDH	220kV 电缆沟	单元配置
34	BDL	常规岛电气厂房电气廊道	单元配置

序号	子项代码	建构筑物名称	备注
35	BEC	核岛地下水监测井	单元配置
36	BEN	放射源库	全厂共用
37	BER	潜在放射性含油废水处理站	两机配置
38	BES	非放射性含油废水处理站	两机配置
39	BEU	应急集合点	两机配置
40	BEV	重要厂用水加药间	两机配置
41	BOD	环境监测站（厂内）	全厂共用
42	BOE	维修承包商办公楼	全厂共用
43	BGA	重要厂用水廊道 A 列	单元配置
44	BGB	重要厂用水廊道 B 列	单元配置
45	BGF	循环水进出水管沟	单元配置
46	BGH/BGI	柴油机厂房综合廊道 A、B	单元配置
47	BGR	废液排放廊道	两机配置
48	BGS	雨水-污水系统和地下管道	两机配置
49	BGT	废液输送廊道	两机配置
50	BGZ	综合管廊	两机配置
51	BHW	海水淡化厂房	全厂共用
52	BKB/BKQ	冷机修仓库/材料库	全厂共用
53	BKC	油脂库	全厂共用
54	BME	厂内供热换热首站	全厂共用
55	BMF	厂外供热换热首站	全厂共用
56	BPA	重要厂用水泵房 A 列	单元配置
57	BPB	重要厂用水泵房 B 列	单元配置
58	BPW	循环水泵房	单元配置
59	BQA	核岛废液贮存罐厂房	两机配置
60	BQB	常规岛废液贮存罐厂房	两机配置
61	BQE	热洗衣房	两机配置
62	BQR	放射性废油储存库	两机配置
63	BQS/BQT/BWX	废物辅助厂房/废物暂存库/放射性废物处理厂房	全厂共用
64	BQV	放射性废溶剂储存库	两机配置
65	BST	非放废水处理站	全厂共用
66	BTB	500kV 主开关站	全厂共用
67	BTD	220kV 施工与辅助电源变电站	全厂共用
68	BUA	控制区出入口	两机配置
69	BUB	厂区围栏	全厂共用
70	BUC	永久出入口、道路、停车场	全厂共用
71	BUD	保护区出入口	两机配置
72	BUG	保安楼	全厂共用
73	BVA	辅助锅炉房	全厂共用

序号	子项代码	建构筑物名称	备注
74	BYA/BYB	除盐水生产车间/除盐水贮存罐	全厂共用
75	BZA	厂用气体贮存区	两机配置
76	BZB	供氢站	全厂共用
77	BZC	空压机房	两机配置
78	BZD	制氯站	两机配置
四、厂（控制区）外 BOP			
79	BCT	自然通风冷却塔	单元配置
80	BCZ	海水预处理站	全厂共用
81	BEA	培训中心	全厂共用
82	BEB	消防站	全厂共用
83	BEE	环境实验室	全厂共用
84	BEF	值班宿舍	全厂共用
85	BEH	消防培训中心	全厂共用
86	BEM/BEG	应急指挥中心/应急行动中心	全厂共用
87	BEK	气象监测站	全厂共用
88	BEP	保安服务楼	全厂共用
89	BEQ	武警营房	全厂共用
90	BEW	生活污水处理站	全厂共用
91	BEY	医疗中心	全厂共用
92	BEZ/BKO	综合办公楼/行政仓库	全厂共用
93	BGE	陆域排水管线	全厂共用
94	BGO	陆域取水管线	全厂共用
95	BGY	排洪沟	全厂共用
96	BKI	工业废物暂存库	全厂共用
97	BKJ	应急设施存贮与燃油补给中心	全厂共用
98	BOF	配套公共设施	全厂共用
99	BOH	接待展览中心	全厂共用
100	BOR	厂外辅助区餐厅	全厂共用
101	BOS	室内活动中心	全厂共用
102	BOV	厂外循环水加药间	全厂共用
103	BPF	取水泵房	全厂共用
104	BPH	配水泵房	全厂共用
105	BPJ	消防水泵房	单元配置
106	BPZ	综合水泵房	全厂共用
107	BUL	武警岗亭	全厂共用
108	BUZ	场区主入口	全厂共用
109	BXC	土建实验室	全厂共用
五、海工子项			
110	BCB	取水隧洞	全厂共用
111	BCD	排水隧洞	全厂共用

序号	子项代码	建构筑物名称	备注
112	BCI	取水头部	两机配置
113	BCJ	排水头部	两机配置



注：本项目取排水口位置最终以主管部门批复为准。

环境影响报告书（选址阶段）		
本项目总体规划图		
图 4.1-1	版次：	A

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

4.2.2.4 核辅助系统

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

4.2.3.3 汽轮机发电机组

4.2.3.4 凝汽器

4.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统

4.2.1 概述

山东招远核电厂一期工程拟建 2 台华龙一号核电机组，每台机组由核岛、常规岛和电厂配套设备组成，部分设施按全厂共用原则设置。

本项目反应堆堆芯额定热功率 3180MW，反应堆堆芯装有 177 个国产先进燃料组件，一回路工作压力为 15.5MPa（绝对压力）。

本项目的堆芯设计采用首循环年度换料、平衡循环 18 个月换料燃料管理策略，电厂设计寿命为 60 年。

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

核岛主厂房包括反应堆厂房（BRX）、安全厂房（BSA和BSB）、燃料厂房（BFX）、核辅助厂房（BNX）、进出厂房（BAX）、连接厂房（BFS）和应急柴油发电机厂房（BDA和BDB）、SBO柴油发电机厂房（BDU）。

1)反应堆厂房布置特点

反应堆厂房的布置是以压力容器为中心，三个环路的蒸汽发生器和主泵围绕压力容器，呈120度周向对称布置。安全壳采用双层结构，外壳满足抗大型商用飞机撞击的要求，内壳具备包容放射性功能，内壳和外壳之间设置环廊，安全壳内设置内环墙。

2)安全厂房布置特点

安全厂房在平面上分为BSA和BSB二个实体及空间隔离的厂房，分别称为安全厂房A和B，并分别对应相应的二个安全系列。安全厂房与反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、进出厂房和连接厂房共处同一筏基上，二个厂房靠近布置，且与反应堆厂房均有连接，环绕反应堆厂房布置。其中BSA厂房与进出厂房有连接，BSB厂房与核辅助厂房有连接。

3)燃料厂房布置特点

燃料厂房毗邻反应堆厂房、连接厂房及核辅助厂房，与反应堆厂房、安全厂房、连接厂房、进出厂房和辅助厂房共用筏基。燃料厂房在横向上划分为相对独立的二个布置分区，以满足内部灾害防护要求及安全相关系统实体隔离要求。燃料厂房在竖向

上划分为三个主要功能区：工艺流体机械设备布置区和PMC系统设备布置区以及暖通设备布置区。

4)核辅助厂房布置特点

核辅助厂房位于反应堆厂房45°角方位，分别与燃料厂房、反应堆厂房和安全厂房B相连，主要用于布置核岛安全系统以外的辅助系统设施，并作为核岛废物收集处理中转站。核辅助厂房的布置方案整体划分为三个功能区域：冷却剂净化、分离、除气设备和核岛废气处理系统设备区域、核岛主要取样和净化区域以及储罐布置区域。

5)进出厂房布置特点

进出厂房主要用于布置控制区人员更衣室、为运行期间和大修期间人员进入控制区服。进出厂房也布置了部分安全系统，设计为抗震1类厂房，在地震期间及地震后保证其完整性，稳定性，并能够执行屏障及包容功能。

6)连接厂房布置特点

连接厂房主要作用是作为进出厂房，反应堆厂房和燃料厂房之间的连接通道，方便核岛的人员通行和物项运输。

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.2.1 堆芯描述

本项目反应堆堆芯额定热功率为 3180MW，一回路工作压力为 15.5MPa（绝对压力）。

本工程的堆芯设计采用首循环年度换料、平衡循环 18 个月换料燃料管理策略。为了展平功率分布，首循环堆芯按 ^{235}U 富集度的不同，分三区装载，装有最低和中间富集度燃料组件的两个区按棋盘式交替排列在堆芯的中心区域，具有最高富集度的燃料组件放置在堆芯外围区域，构成第三区。

4.2.2.2.2 燃料组件和燃料棒

燃料组件的主要特点如下：

a) 在结构上具有互换性，即任一燃料组件都能在堆芯中任一位置安装并可互换位置；

b) 能容纳堆芯测量装置和各种类型的相关组件；

c) 上管座设有适于吊装工具吊装燃料组件的抓取和接触部位；

d) 上、下管座与24根对称布置的导向管之间用可拆式连接，便于维修和贮存；

e) 结构格架的圆角连接和导向翼等结构，可防止燃料组件装卸时与相邻燃料组件之间发生钩挂；

f) 下管座带有防异物装置，可防止冷却剂中的异物进入燃料组件。

与燃料组件相配使用的相关组件共4种，分别是控制棒组件、中子源组件、和阻流塞组件。其中控制棒组件为移动式相关组件，其余为固定式相关组件。

在一个星形架下方悬挂24根控制棒，构成了控制棒组件。控制棒组件分为黑控制棒组件、灰控制棒组件和加强型黑控制棒组件三种。黑控制棒组件由24根含Ag-In-Cd的吸收棒组成，灰控制棒组件由8根含Ag-In-Cd吸收棒和16根不锈钢棒组成。Ag-In-Cd吸收棒封装在冷作的不锈钢管中构成。这种吸收体材料对热中子本质上是“黑体”，并有足够的共振吸收的能力，因此大大地增加了其价值。灰控制棒组件的不锈钢棒由若干不锈钢短棒封装在冷作的不锈钢管中构成。加强型黑控制棒组件采用24根加强型中子吸收棒，每根加强型中子吸收棒由Ag-In-Cd和富集B4C组成，用来提高控制棒的价值，满足停堆裕量和停堆次临界度要求。

固定式相关组件具有相同的弹簧导向筒、轭板、内弹簧和外弹簧组成的压紧部件。

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

反应堆冷却剂系统（RCP）由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成，执行三大基本安全功能：反应性控制、堆芯热量导出、放射性物质包容。主要设备包括：

— 反应堆压力容器；

— 反应堆冷却剂泵；

— 蒸汽发生器；

— 稳压器以及与其相连的波动管；

— 安全阀和严重事故卸压阀；

— 反应堆压力容器堆顶排气阀；

— 以上主要部件相连的管道和附件；

— 与辅助和支持系统相连接的管道、附件和阀门。

RCP 由三个传热环路组成，每一条环路有一台反应堆冷却剂泵和一台蒸汽发生器，另外 3 号环路的热段还布置有一台稳压器。在机组正常运行时，反应堆冷却剂泵驱动冷却剂在环路内循环。作为冷却剂、慢化剂的硼酸溶液在反应堆压力容器内被加热，

然后流入蒸汽发生器，将热量传递给二回路系统，最后通过反应堆冷却剂泵送入反应堆压力容器重复循环。

此外，反应堆冷却剂系统还包括稳压器及反应堆冷却剂压力控制和超压保护所需的辅助设备。稳压器通过波动管线接到 3 号环路热段。压力控制通过电加热器和喷淋阀的共同动作来实现。喷淋系统从两个环路冷段取水，并通过喷淋管线接到稳压器的顶封头，并设置旁路喷淋阀提供一小股连续喷淋流量，电加热器安装在稳压器的底封头。

反应堆冷却剂系统配置了堆顶排气系统，及严重事故专用卸压阀。稳压器安全阀与严重事故专用卸压阀的排放管线汇合到一根管线后排入稳压器卸压箱。稳压器卸压箱爆破盘出口直接排到卸压箱隔间。

堆顶排气系统用于在部分没有造成堆芯明显损伤的设计扩展工况（DEC-A）下排出压力容器顶部不可凝气体。

严重事故专用卸压阀用于严重事故工况下防止高压熔堆。

4.2.2.4 核辅助系统

核辅助系统保证反应堆和一回路的正常启动、运行与停堆。核辅助系统包括：化学和容积控制系统（RCV）、反应堆硼和水补给系统（REA）、反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）、核取样系统（REN）等，其中：

a) 化学和容积控制系统

RCV 系统采用定量上充、调节下泄的方式通过一条下泄管线和一条上充管线对一回路冷却剂进行连续的下泄和上充。上充管线将处理后（净化、化学添加等）的冷却剂送回至 RCP 系统，并且在需要时提供稳压器的辅助喷淋。另外 RCV 系统向主泵轴封提供轴封注入水并回收轴封泄漏水。

b) 反应堆硼和水补给系统

REA 系统包括硼酸制备与分配、硼酸贮存与补给、除盐水补给三个子系统。硼酸制备与分配子系统为机组贮存硼酸溶液的系统或设备提供首次注入和补给需要的硼酸溶液；硼酸贮存与补给子系统贮存机组正常运行期间慢反应性变化控制及容积控制所需的硼酸溶液，并通过 RCV 系统向 RCP 系统补给；除盐水补给子系统从冷却剂贮存和处理系统（TEP）取水，通过 RCV 系统向 RCP 系统补给慢反应性变化控制、容积控制所需的除盐除氧水。

c) 反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统

PTR 系统的主要功能是为乏燃料水池提供冷却，维持乏燃料组件的安全。保证乏燃料水池和相关水池在合适水位，以给运行人员提供生物屏蔽。在乏燃料水池正式充水后，对乏燃料水池进行持续净化和撇沫。在机组换料停堆阶段的反应堆水池满水期间，对反应堆水池进行持续净化和撇沫。可根据需要为安全壳内置换料水箱（IRWST）提供净化。在机组正常运行期间，根据需要为反应堆水池和燃料水池等提供充排水服务。

PTR 系统主要由两列冗余配置的冷却列、乏燃料水池净化回路和反应堆水池净化回路组成。

d) 核取样系统

REN 系统对来自以下各处的液体和气体样品集中或就地取样，以进行化学和放射化学分析：反应堆冷却剂系统、蒸汽发生器二次侧、废液和废气处理系统、核辅助系统、安全壳大气、安全壳内置换料水箱（IRWST）。REN 系统可分为三个取样子系统：一次侧取样子系统、二次侧取样子系统和事故后取样子系统。

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

常规岛主厂房是由汽轮发电机厂房、润滑油传送间、凝结水精处理间组成的建筑群。

汽轮发电机厂房内主要安装有汽轮机、发电机、励磁机、汽水分离再热器、凝汽器、凝结水泵、低压加热器、高压加热器、除氧器、电动给水泵组、凝结水精处理设备、化学加药及取样设备、暖通设备、电气开关柜、蓄电池组以及其它辅助设备；汽轮发电机厂房毗邻的建筑物内设有凝结水精处理间、风机房、压缩空气设备间和润滑油传送间等。

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

蒸汽—电力转换系统由核岛蒸汽供应系统供汽，驱动额定输出功率约 1214MWe 的汽轮发电机组。蒸汽电力转换系统包括常规岛主蒸汽及疏水系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、汽机回热抽汽系统、汽机旁路系统、主给水系统和其它辅助系统。

4.2.3.3 汽轮机发电机组

（1）汽轮机

本期工程拟采用的核电半转速汽轮机为：单轴三缸四排汽凝汽式汽轮机，配有一级汽水分离和两级再热装置，额定转速为 1500r/min。

每台汽轮机组配有四组高压主汽调节联合阀。每组联合阀体上有 1 个主汽门和 1 个调节汽门。蒸汽通过这 4 套主汽门和调节汽门进入高压缸。主汽门的主要作用是在紧急条件下切断通往高压缸的蒸汽，其支撑结构不受汽机的影响。调节汽门的主要功能是根据控制系统的要求调节进入汽机的蒸汽量。经由主汽门的蒸汽，通过调节汽门后进入到高压缸膨胀做功。

高压缸上有两级抽汽分别至 7 号和 6 号高压加热器加热给水。高压缸排汽通过高压排汽管输送到位于机组两侧的汽水分离再热器中进行汽水分离和再加热，其中一部分排汽被送往除氧器对给水进行除氧和加热。经过汽水分离和两级再热后的蒸汽进入中压缸继续膨胀做功，之后再进入低压缸做功。此外，还从再热蒸汽管道上引出蒸汽，作为厂区内冬季采暖系统的热源，蒸汽经采暖热交换器后冷凝成的疏水排至二回路凝结水侧。

中压缸上有 2 级抽汽分别被引出至 4 号、3 号低压加热器；低压缸上有 2 级抽汽分别被引出至 2 号和 1 号低压加热器。蒸汽在低压缸膨胀做功后排入凝汽器，最终凝结成水。

盘车装置用于在机组启动或停机时低速盘动转子，使转子均匀加热或冷却，从而避免可能的热弯曲。机组除主盘车装置外，还配有辅助盘车装置。盘车装置包括一台盘车马达和一列齿轮。盘车装置的自动接触齿轮与转子靠背轮处的盘车齿轮相啮合。在机组启动盘车过程中，当蒸汽进入汽机后，盘车装置的接触齿轮自动与转子上的盘车齿轮脱离。

汽机本体疏水为自流方式，通过疏水节流孔板或疏水阀排到疏水集管中，再从疏水集管排入凝汽器。

汽机轴封系统主要保证汽轮机机组汽缸轴端及高压主汽调节阀阀杆的封闭性能，防止蒸汽泄漏到空气中或空气通过转子轴端和阀杆进入汽缸内。在汽机正常运行期间，汽机轴封系统的汽源由主蒸汽系统提供。汽机启动期间由辅助蒸汽系统向汽机轴封系统供汽。

汽轮机润滑油系统向汽轮机、发电机和励磁机各轴承提供润滑和冷却用油，同时

还向发电机密封油系统和顶轴油泵供油。

（2）发电机

发电机的额定容量与汽轮机额定功率相匹配。设计在 24kV（或 27kV）、3 相、50Hz 下运行，额定功率因数 0.9（滞后）。发电机定子线圈用水冷却，定子铁芯，转子线圈用氢冷却。发电机氢气冷却系统包括所有氢冷必需的调节器。配备了密封油系统，以防止氢通过发电机轴封泄漏。发电机氢气控制系统配置了向汽机发电机提供氢的补给设备，以补充发电机的任何氢泄漏。溢出的氢气由汽机厂房通过阻火器排向大气。用二氧化碳贮存装置提供的二氧化碳吹扫发电机，确保不会形成爆炸性混合气体。发电机氢气控制系统中吹扫发电机的二氧化碳供应设备配备有压力调节器。

励磁系统功能是调节发电机的机端电压和无功功率，在发电机出现故障时能够快速灭磁，保护发电机并防止事故扩大；同时维持电网的安全稳定，确保电力可靠输送。励磁系统的主要部件包括励磁变、电力整流装置、电压调节设备、灭磁设备、励磁装置保护继电器和监控装置等。

4.2.3.4 凝汽器

凝汽器为双背压、双壳体、单流程的表面式热交换器。凝汽器的壳体布置在汽轮机厂房运转层的下方，每台凝汽器壳体喉部均安装有复合低压加热器。凝汽器装有用于热井水位控制和取样的管道。凝汽器冷却管采用钛管。低背压凝汽器热井中的凝结水自动流入高背压凝汽器热井进行混合后，再进入凝结水泵。

凝汽器不仅接收并冷凝满负荷运行时的汽轮机排汽，还需接收二回路热力循环系统中的各个设备及热力管道的排汽和疏水。这些流体通过凝汽器被循环水冷却，热量由循环水带入冷却塔，再通过冷却塔传递到大气中。不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。凝汽器的设计容量除能够满足低压缸排汽之外，还能够接收 85%满负荷主蒸汽流量的旁路蒸汽。

4.3　核电厂用水和散热系统

4.3.1　核电厂用水

4.3.2　核电厂散热系统

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 核电厂用水来源

本项目淡水水源包括海水淡化和市政供水，其中海水淡化供给除盐水生产系统补水和生产用水；市政供水供给运行期生活用水和施工期生活用水和生产用水，主要从辛庄净水厂购水，辛庄净水厂原水取自侯家水库，厂址距离辛庄净水厂直线距离约6.4km。

根据本项目水资源论证报告，山东招远核电厂一期工程施工期 2 台机组考虑中水回用后最高日用水量为 4644m^3/d，最高年用水量 117.57 万 m^3/a。

运行期生活用量最高为大修期间 707.8m^3/d，年最大生活用水量为 11.91 万 m^3/a，包括正常工况生活用水 8.56 万 m^3/a，大修工况生活用水 1.75 万 m^3/a，管网漏损 0.52 万 m^3/a，未预见水量 1.08 万 m^3/a。

4.3.1.2 核电厂用水系统

（1）与热交换相关的系统

核岛冷却链系统包括设备冷却水系统（RRI）和重要厂用水系统（SEC），其功能是将核岛相关系统及设备的热量移出到最终热阱。

1）重要厂用水系统（SEC）

重要厂用水系统（SEC）由两列独立的安全系列组成。每列均由一套冷却塔，一个冷却塔补水池，两台 SEC 泵，一条进水廊道等组成。冷却水从冷却塔中抽取出，经过 SEC 泵和 RRI/SEC 换热器之后，又重新返回到冷却塔。

2）设备冷却水系统（RRI）

设备冷却水系统（RRI）是一个闭式回路的冷却水系统，通过重要厂用水系统（SEC）与最终热阱相连，导出核岛安全和非安全相关系统及设备的热量。RRI 系统由两个冷却系列组成，每列均由一个波动箱、两台设备冷却水泵、两台设备冷却水换热器及用户供水管线等组成，由对应列的 SEC 系统冷却列为其提供冷却。RRI 系统作为核岛一回路和环境之间的一道屏障，能够防止放射性物质泄漏到环境。

（2）与冷却水循环相关的系统主要有：

1）循环水处理系统（CTE）

循环水处理系统（CTE）的功能是向循环水系统（CRF）、重要厂用水系统（SEC）供给活性氯化物溶液，以避免或减少藻类、贝类和微生物的繁殖。

2）循环水系统（CRF）

循环冷却水系统（CRF）采用带高位收水冷却塔的单元制循环供水系统，循环水泵房设在冷却塔附近，冷却水由冷却塔水池经自流方孔沟自流至循环水泵房前池，然后由循环水泵提升经压力水管送至主厂房凝汽器，经热交换后利用余压由管道输送回冷却塔中央竖井，冷却后经高位收水装置收集，重复循环使用；循环水补给水为海水，通过补给水系统（SEB）供给。

循环水系统组成如下：

— 自然通风冷却塔，每台机组配 1 座高位收水冷却塔；

— 循环水泵房，每台机组设 1 座循环水泵房，每座泵房设 3 台循环水泵；

— 凝汽器前循环水压力给水管；

— 凝汽器；

— 凝汽器后循环水压力排水管；

— 塔与泵房间循环水回水沟；

— 补给水系统（SEB）；

— 循环水排水系统。

（3）海水淡化系统

本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。

海水淡化系统出力按照满足2台机组运行需求考虑，2台机组正常运行时各用户的耗水量如下：

1）除盐水生产系统耗水量（海淡二级反渗透产水）：145 m^3 /h（正常）/ 290 m^3 /h（最大）；

2）工业水系统平均耗水（海淡二级反渗透产水）：228m^3 /h。

海水淡化系统中的设备根据后续工艺系统的用水需求合理配置，当有1套设备化学

清洗或检修时，其余设备能满足全厂正常补水的要求。

海水淡化系统二级反渗透回收率按85%考虑，设置二级反渗透装置3套，每套正常出力213m³/h；一级反渗透回收率按45%考虑，设置一级反渗透装置3套，每套正常出力250m³/h。

本工程海水取水量为17943 m³/h，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，其中单台自然通风冷却塔补水量8200 m³/h、海水淡化用水量1193 m³/h。排水包括自然通风冷却塔排放水、机械通风冷却塔排放水以及海淡浓盐水排放等，其中单台自然通风冷却塔排放水为5389 m³/h，海淡浓盐水排放811 m³/h，两台机组排水量约为11589 m³/h。

4.3.2 核电厂散热系统

本项目的冷却方式采用冷却塔循环供水系统，其中凝汽器循环冷却水采用自然通风冷却塔方案，补水水源为海水；重要厂用水采用机械通风冷却塔方案，补水水源为海水淡化水。每台机组设置一座淋水面积为 16800 m² 的高位收水冷却塔，冷却塔零米直径约 160m，塔高约 203.3m。

（1）海域取排水方案

本项目采用“一机一塔”的二次循环冷却方案，取排水方案采用暗取暗排方案。取排水头部均位于-6.0m 等深线附近。取水头部离岸距离约 1.9km，排水头部离岸距离约 1.5km，取水头部与排水头部间距约 1.6km。

取消隧洞初步考虑采用灯泡线布置方案，采用盾构法施工，利用取水补水泵房作为盾构始发井向海域掘进。取水隧洞总长约 4600m，内径暂定 2800mm。灯泡线弧形中心处封堵，取水头部段设置多点式取水蘑菇头。共设有 16 座蘑菇头，均布于封堵处两端，蘑菇头直径 2.5m，进水窗口高 1.2m，进水窗口下沿标高约-4.70m，进水窗口上沿标高约-3.50m。初步考虑采用垂直顶升工艺施工取水立管，立管内径 1200mm。取水立管顶升完成后，在顶部通过法兰固定取水蘑菇头。

排水隧洞按直线布置伸至-6m 等深线处，初步考虑利用排水混合井作为始发井，采用顶管施工向海域掘进，排水头部初步考虑采用垂直顶升施工。共设两条排水隧洞，单根排水隧洞长度约 1650m，内径暂定 2000mm，排水立管内径暂定 600mm。共设有排水蘑菇头 12 座，单条设置 6 座，蘑菇头直径 600mm，排水窗口高 0.5m，窗口下沿

标高约-5.00m，窗口上沿标高约-4.50m。

在取水头部四周设置 10 个直径 1500mm 的混凝土灌注桩，桩间距 25m，桩顶设太阳能警示灯，避免船只对取水头部可能的撞击破坏。同时作为拦污网的锚固措施，桩间设 50mm×50mm 铜合金网。铜合金网可以最大限度减少海生物附着生长，同时借助海流、波浪的作用，实现对铜合金网的自动清理。

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，离岸约 1.5km。

（2）陆域管线方案

厂址距离渤海莱州湾海岸直线距离约 9km，厂址的设计标高约 100m，循环水冷却方式采用带高位收水冷却塔的循环供水系统。冷却塔由于蒸发、排水等原因水量有损耗，通过取水管线从渤海莱州湾取海水进行补充；冷却塔排水和厂区其它处理达标后的工业废水最终排往大海。

基于厂外取排水管线按规划容量一次建设的原则，冷却塔补水取水管道采用涂塑钢管，建设 2 根 DN2000 的供水管道；排水管材推荐采用涂塑钢管，建设 2 根 DN1600 的排水管道。管道直埋敷设，覆土厚度按 2.0m 考虑。

本工程海边设置取水泵房一级提升至厂区海水预处理站，处理后的水经配水泵站提升至厂区循环水泵房前池。海水预处理站的设计规模为 43 万 m^3/d。

海水预处理主要采用混凝、沉淀工艺。沉淀工艺是预处理的核心，本项目推荐采用高密度沉淀池的方案。每台机组设计 1 座高密度沉淀池，每座分成 8 个独立单元，每个单元沉淀池 11.3×11.3×7.0m，半地下式钢砼结构，单座平面尺寸约为：42.0m×50.0m。

每 2 台机组配置 1 座污泥处理设施。污泥脱水采用板框压滤机。当海水的悬浮物浓度在 25mg/L~100mg/L 时，每日脱水后的污泥量一般在 $25m^3$~$266m^3$。

沉淀池处理出水，经投加次氯酸钠消毒液后，进入清水池中储存，并自动检测控制清水池的余氯量。在预处理站内建设 2 座体积约为 $22000m^3$ 的清水池，单池尺寸为 100m×40m，有效水深 5.5m。

陆域取、排水管线路总体分为厂区至黄家村 3.2km、黄家村至界河 4km 以及界河至入海口 6km。管线从西侧围墙起算总长度 13.20km，从厂内集合井起算为 14.20km。

4.4 输电系统

本项目规划以500kV一级电压接入山东500kV电网，结合相关电网、电源规划，根据《山东招远核电厂输电规划》（送审稿）的推荐方案：山东招远核电厂一期工程以500kV电压等级送出，出线2回至招远变电站，线路截面拟采用4×630mm^2，最终接入方案以接入系统批复意见为准。

本项目220kV施工与辅助电源规划建设2回进线，初步考虑第1回接入220kV蚕庄变电站，第2回接入220kV梦芝变电站，总体上向南出线。最终接入方案以山东省电网公司的批复意见为准。

4.5 安全系统

4.5.1 安全壳及安全壳系统

4.5.2 安全注入系统（RIS）

4.5.3 应急硼化系统（RBS）

4.5.4 应急给水系统（ASG）

4.5.5 蒸汽大气排放系统（VDA）

4.5.6 二次侧非能动余热排出系统（ASP）

4.5.7 堆芯及堆坑注水系统（EIS）

4.5.8 余热排出系统（RHR）

4.5 安全系统

根据本项目运行期间事件/事故的预期发生频率，可以将核电机组的设计基准工况（DBC）分为如下四类：

— DBC-1：正常运行瞬态；

— DBC-2：预期运行事件；

— DBC-3：稀有事故；

— DBC-4：极限事故。

除设计基准事故外，设计上还考虑两类设计扩展工况（DEC），分别为 DEC-A 类和 DEC-B 类事故。其中，DEC-A 类事故为包括 DBC 工况未涵盖的、但为满足概率安全目标或放射性后果必须加以考虑的多重失效复杂事故；DEC-B 类事故为严重事故。

本项目安全系统包括：

a）安全壳和安全壳相关安全系统：这些系统主要包括安全壳，非能动安全壳冷却系统，安全壳隔离系统，安全壳可燃气体控制系统，安全壳过滤排放系统等。

b）专设安全设施：专设安全设施主要由安全注入系统、应急硼化系统、安全壳喷淋系统（由余热排出系统执行）、应急给水系统、蒸汽大气排放系统等组成，这些安全系统主要用于应对和缓解核电厂 DBC-2~4 事故工况，此外，这些系统也可以用于 DEC-A 事故的预防和缓解。

c）二次侧非能动余热排出系统：二次侧非能动余热排出系统主要用于 DEC-A 事故的预防和缓解。

d）堆芯及堆坑注水系统：堆芯及堆坑注水系统主要用于 DEC-A 和 DEC-B 事故的预防和缓解。

4.5.1 安全壳及安全壳系统

4.5.1.1 非能动安全壳冷却系统

4.5.1.1.1 系统功能

在 DEC 事故工况下（包括严重事故工况），尤其是丧失电源或冷源导致能动安全壳热量导出措施不可用的工况下，将安全壳内热量导出到安全壳外冷却水箱并最终排向最终热阱大气，防止安全壳超压并维持其完整性。

4.5.1.1.2 系统设计

非能动安全壳冷却系统（EPS）分为 6 个系列，单列具备 20%额定换热能力。各个系列共用安全壳外冷却水箱，每列均由热管回路、安全壳隔离阀以及壳外冷却水箱组成。热管回路具体包括分别布置在安全壳内的蒸发器和安全壳外冷却水箱的冷凝器以及上升段和下降段的连接管道，冷凝器出口设置集气器，用于收集回路中的不凝结气体。

EPS 系统还设置了抽真空装置，每个系列设置了抽真空接口。系统初始在线时，通过真空泵将回路压力抽至要求的真空度。系统备用时通过回路中的压力表监测系统的真空度，若压力超过要求的真空度后，操作员手动执行抽真空操作恢复要求的真空度。

4.5.1.1.3 系统运行

机组正常运行时，系统处于备用状态，安全壳内蒸发器处于半充满状态并保持一定的真空度。

在 DEC 事故工况下（包括严重事故工况），尤其是丧失全部交流电源导致能动安全壳热量导出系统不可用的工况下，系统投运执行安全壳热量导出功能。

4.5.1.2 安全壳隔离系统

4.5.1.2.1 系统功能

安全壳隔离系统（EIE）通过安全壳贯穿件隔离阀来执行安全壳隔离功能。在安全壳内有裂变产物释放时，EIE 系统确保安全壳的密封性以减少放射性向外部大气的释放。安全壳贯穿件和其隔离设施确保正常运行和事故期间安全壳的完整性。

安全壳隔离功能有助于放射性物质的包容，以确保在伴有放射性物质释放的事故期间，能将通过流体贯穿件释放到环境中的放射性减小到最低程度。

4.5.1.2.2 系统设计

EIE 系统通过在流体贯穿件上安装隔离阀（电动阀和/或止回阀）来实现安全壳隔离功能，在需要隔离时能确保实现安全壳的隔离。

a)与一回路冷却剂相连的管线或者直接通向安全壳大气的管线

根据对应的管壁厚度，管线上装有一个或两个隔离阀（一个在安全壳外侧，另一个（如需要）在安全壳内侧）。两个隔离阀为安全壳贯穿件提供了双重隔离屏障。如果安全压力整定值高于安全壳设计压力的 1.5 倍，那么安全阀可用作隔离阀。

— 仅在停堆期间使用的系统：两个手动阀或两个由主控室控制的电动阀。

— 在正常运行或事故工况下使用的特定系统（指部分在安全壳外，并形成一个封闭边界的系统）：安全壳外的封闭管道视为安全壳的一部分，并在设计中保证能抵抗安全壳的设计压力。对每个贯穿件，在其安全壳外的部分装有一个自动隔离阀。

— 在正常运行或事故工况下使用的其它系统：设置两个安全壳自动隔离阀，一个在安全壳内，另一个在安全壳外，或对输送流体进安全壳的管线，一个自动隔离阀，一个止回阀，其中止回阀安装在安全壳内。

— 安全注入系统（RIS）和余热排出系统（RHR）贯穿件：仅在其安全壳外部分装有一个隔离阀。这些阀门都需要在主控室手动关闭。在地坑和隔离阀之间的管道上装有一个套管（保护管），为这些贯穿件提供了双重密封屏障。

b)不直接与安全壳内大气相通，且不属于二回路系统的管线

对某些进入安全壳的管线，它们不直接通向安全壳内大气，不和一回路冷却剂系统相连，且不属于二回路冷系统。在这些管线上，在其安全壳外侧都装有一个隔离阀，从而为贯穿件提供了双重屏障（安全壳内是闭合系统，安全壳外装有隔离阀）。

c)部分属于二回路系统的管线

当蒸汽发生器传热管完好时，蒸汽和给水管线贯穿件不承担安全壳功能。此时，安全壳功能由二回路系统压力边界承担。在发生蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）后，二回路系统隔离阀有助于实现长期的安全壳隔离功能。

d)只穿过安全壳外侧墙体的管线

对于只穿过安全壳外侧墙体，且与环廊内大气相通的管线，在其安全壳外侧装有一个隔离阀或一个止回阀；对于只穿过安全壳外侧墙体，且与环廊内大气隔离的管线，不安装隔离阀。

4.5.1.2.3 系统运行

在正常运行时，不需要执行安全壳隔离功能，隔离阀的状态取决于所属系统状态。发生事故时，除了用来缓解事故的安全系统外，其他所有流体贯穿件都将被隔离。

在接收到反应堆保护系统的隔离信号后，安全壳自动隔离阀关闭。这不适用于缓解事故危害特定的安全系统。只有在完全关闭和隔离信号取消后，隔离阀才可能重新打开。允许操作员在主控室手动控制安全壳隔离阀。安全壳自动隔离阀是电动的，其

供应电源有应急电源作为备用，或者按故障安全设计（一般而言，除因缓解事故危害的需要运行的安全系统外，故障安全状态是常闭的）。主控室能查看隔离阀的状态和可用性信息。

4.5.1.3 安全壳可燃气体控制系统

事故后，安全壳内可能由于以下原因产生氢气：锆燃料包壳与水反应，水辐照分解，结构材料的腐蚀，RCP 内溶解的氢。山东招远核电厂一期工程设置了较多措施控制安全壳内可燃气体的积聚，包括具有足够大自由容积的安全壳、能够促进自然循环和改善混合的安全壳隔间流道设计等。除此之外，还专门设置了安全壳可燃气体控制系统（EUH）以控制安全壳内的可燃气体的浓度，进而确保维持安全壳的完整性。

4.5.1.3.1 系统功能

EUH 系统主要执行如下功能：

—事故后，通过非能动氢复合器消除安全壳内释放的氢气，以此来限制其氢爆引起的安全壳失效风险，确保严重事故下安全壳的完整性。

—事故后安全壳内氢气浓度监测，以评估事故后安全壳氢气燃烧的威胁和非能动氢复合器的工作状态，同时作为了解堆芯恶化情况的辅助参考。

4.5.1.3.2 系统设计

EUH 系统主要包括两个子系统：非能动氢复合器子系统和氢气监测子系统。

a)非能动氢复合器子系统

对于设计基准事故（主要是失水事故（LOCA））下的消氢，非能动氢复合器子系统设置了 FC2 类的非能动氢复合器来实现消氢功能，布置在安全壳穹顶空间区域。对于严重事故工况下，系统设置了 FC3 类的非能动氢复合器与用于设计基准事故工况下的 FC2 类非能动氢复合器一起实现消氢功能。

b)氢气监测子系统

氢气监测子系统由冗余的两列组成。每列包含布置 5 个测点，3 个蒸汽发生器顶部平台各 1 个，环形区域 1 个，穹顶 1 个。

系统连续在线监测得到的安全壳内氢气浓度信号，在主控室显示，当氢气浓度高过报警值会产生报警。氢气监测系统处理柜将测量的氢气浓度信号、故障信号、设备运行状态等信息送至主控室在数字化控制系统（DCS）上进行显示和报警。操作员可在 DCS 上对系统进行启动和停运操作。

4.5.1.3.3 系统运行

在机组正常运行时，非能动氢复合器处于备用状态。当安全壳内的氢浓度达到设备的启动阈值时，非能动氢复合器自动工作。氢气监测子系统在事故后由操作员手动启动投入运行。

4.5.1.4 安全壳过滤排放系统

核电厂安全壳是防止放射性产物释放到环境中的最后一道屏障。在发生严重事故后，如果安全壳内的压力逐渐升高，则最终可能会破坏安全壳的完整性，造成放射性物质的外泄。安全壳过滤排放系统（EUF）通过主动卸压使安全壳内的压力不超过其承载限值，从而确保安全壳的完整性。同时，通过安装在卸压管线上的过滤装置对排放气体的放射性物质进行过滤。

4.5.1.4.1 系统功能

在发生严重事故后，通过运行 EUF 系统主动卸压维持安全壳压力在一定水平，并对放射性物质进行过滤以减少向环境的释放。

4.5.1.4.2 系统设计

EUF 系统主要由一套过滤组合装置、2 个安全壳隔离阀、一个安全阀、一个反冲洗阀、一个限流孔板、一个爆破膜和一套电厂辐射监测系统（KRT）测量设备、以及向过滤组合装置内注入各种物质（包括含化学物质的除盐水、氮气）的管线（包括管道、设备及相关仪表）、废液返回至安全壳的管道及阀门、测量液位及压力的仪表等组成。EUF 的主要设备布置在燃料厂房。

安全壳内大气通过安全壳过滤排放系统进口管线至两道安全壳隔离阀，然后经过一套过滤组合装置，再经流量限流孔板和爆破膜，最终通向电厂烟囱。

a)安全壳隔离阀

在安全壳外侧的 EUF 进口管线上设置两个串联的安全壳隔离阀，满足安全壳隔离的安全功能。安全壳隔离阀可通过远传机构，在屏蔽墙后手动驱动。

b)过滤组合装置

安全壳过滤排放系统设置一套过滤组合装置，过滤组合装置内设置有文丘里管嘴和金属纤维过滤器，内充有含 0.5%NaOH 和 0.2%$Na_2S_2O_3$ 的除盐水，文丘里管嘴位于液面以下。在系统排放时文丘里管嘴喉部可以形成高速流，有效滞留排放气体中的放射性气溶胶和碘。

c)限流孔板

在过滤组合装置的出口管线上设置一个限流孔板，限制 EUF 的排放气体流量，使过滤组合装置能在较宽的安全壳压力范围内运行，保持最佳的过滤效果。

d)爆破膜

在限流孔板后设置一个爆破膜，其爆破整定值可以维持 EUF 在备用模式下的充氮保护功能。在系统投入运行后，当系统压力达到爆破膜的整定值时，爆破膜打开，过滤后的气体排向大气。

4.5.1.4.3 系统运行

核电厂正常运行期间，EUF 系统处于备用模式。在严重事故工况下，当安全壳压力超过其设计限值时，为了保证安全壳的完整性，由现场应急指挥中心根据严重事故管理导则确定本系统开始运行的时机。通过 EUF 系统的过滤排放，安全壳内的压力将会降低，在得到应急指挥中心的关闭指令后或安全压力达到 0.26MPa（abs）时，运行人员手动关闭安全壳隔离阀来关闭本系统。系统关闭后，过滤组合装置内积聚了放射性极强的溶液，形成潜在的放射性污染源，为避免潜在的放射性污染源造成扩散，必须将其输送回事故机组的安全壳内。

4.5.2 安全注入系统

4.5.2.1 系统功能

安注注入系统（RIS）执行运行功能和安全功能。

a)运行功能

在机组正常运行和停堆期间，RIS 系统执行下列运行功能：

— 在装、卸燃料期间，RIS 系统从 IRWST 抽水至反应堆水池；

— 化学和容积控制系统（RCV）容控箱不可用情况下，为 RCV 提供后备水源；

— 当主泵完全停运时，作为反应堆硼和水补给系统（REA）补给的后备水源；

— IRWST 收集来自不同系统的流体（如 RHR 安全阀的排放，反应堆水池的疏水等）；

— 正常运行工况下，对安注箱（ACC）、IRWST 内介质进行取样及监测。

b)安全功能

—反应性控制

在 DBC-3、DBC-4 事故工况中（包括反应性引入的非破口类事故和破口类事故）可控状态前，RIS 系统在安注信号触发下自动将 ACC 及 IRWST 内的含硼水注入反应堆冷却剂系统，参与堆芯反应性控制，确保堆芯处于次临界或防止反应堆发生重返临界。

—余热排出

在导致一回路水装量减少或一回路过冷导致的冷却剂过度收缩的 DBC 和 DEC 事故中，RIS 系统向 RCP 系统补水，维持一回路水装量。

LOCA 事故后长期阶段通过冷、热段同时注入，防止硼在堆芯燃料上结晶导致的传热恶化。

事故工况下，地坑过滤装置可过滤进入 IRWST 内的碎片，确保 RIS 泵、RHR 泵、堆芯及堆坑注水系统（EIS）泵的正常运行。

—放射性物质包容

在 LOCA 事故中，通过冷、热段同时注入的方式限制破口处产生的蒸汽。

IRWST 作为安全壳内的热阱，吸收安全壳大气内的热量，限制安全壳压力和温度的升高，保护安全壳不超压。通过隔离 RIS 系统的安全壳隔离阀，可防止放射性物质向环境释放。

在 SGTR 事故下，安注的注入压力低于主蒸汽系统（VVP）安全阀的设定压力，防止打开 VVP 阀门，导致放射性物质不可控的向大气释放。

RIS 系统设置有 $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$（TSP）调节篮，用于调节 LOCA 事故后 IRWST 内水的 pH 值＞7，该化学特性有利于将放射性核素（尤其是碘）滞留在安全壳地坑水中。

4.5.2.2 系统描述

安全注入系统（RIS）包括 2 个安注箱（ACC）、4 台安注泵（分别为泵 A1、A2、B1、B2）、2 台安注换热器（1 号换热器和 2 号换热器）、1 个安全壳内置换料水箱（IRWST）、地坑滤网、pH 值调节篮和相关的管道、阀门、仪表等组成。

RIS 系统按照其配电方式分为 A 列和 B 列两个系列，每个系列的 2 台安全注入泵共用地坑滤网和取水管线从 IRWST 取水，并分别连接至 1 号和 2 号反应堆压力容器直接注入管线（DVI）接口。

1 号换热器和 2 号换热器与 1 号和 2 号 DVI 接口分别对应。安注泵 A1 和 B1 汇合

后经 1 号换热器后注入 1 号 DVI 接口，安注泵 A2 和 B2 汇合后经 2 号换热器后注入 2 号 DVI 接口。每台换热器下游均设置有环路热段注入管线支路，热段注入口经安全壳贯穿件后连接至 RHR 取水管线。两台 ACC 位于反应堆厂房内，分别与 DVI 管线连接。

每台安注泵均具有小流量回流管线，包括大通量小流量管线和小通量小流量管线；同一列的两台安注泵小流量管线汇合后，经安全壳贯穿件后排放到 IRWST。

4.5.2.3 设计基准

—反应性控制

IRWST 的最小硼浓度应满足停堆裕量的要求，IRWST 的硼浓度为 1300ppm～1400ppm（富集度 35%的 ^{10}B）。

在发生 DBC3、4 事故的短期阶段（直到可控状态）应确保堆芯不发生重返临界（允许事故处理期间发生可控重返临界）。在执行安注功能的同时，需保证一回路的硼浓度满足要求。

在过冷事故中防止发生偏离泡核沸腾（DNB），RIS 系统需要参与防止任何 DBC 过冷事故可能引起的 DNB。

—余热排出

在丧失冷却剂事故下（中 LOCA 以上包括 DVI-LOCA）将含硼水注入到堆芯，限制燃料包壳温度的峰值（1204℃），燃料包壳最大氧化膜厚度不超过包壳总厚度的 17%，最大产氢量不能超过该假想产氢量的 0.01 倍，能够维持堆芯几何形状，确保其得到冷却。

在主蒸汽管线破裂事故（MSLB）等过冷事故中，安全注入保证事故后短期阶段（可控状态前）一回路的水装量满足自然循环的需求。

在小 LOCA 事故下，整个事故进程中保证堆芯不裸露，保持充足的安全裕度。

—放射性物质包容

在 2A-LOCA、MSLB 等事故中，通过 IRWST 吸收并储存安全壳大气内的热量，与其他安全壳能量管理系统（包括安全壳热构件、安全级安全壳冷却措施等）共同保证安全壳压力不超过设计压力。

SGTR 中，安注泵压力应低于蒸汽大气排放系统（VDA）的隔离阀或 VVP 安全阀设定压力，防止打开 VDA 或 VVP 阀门导致放射性物质不可控的向大气释放。

4.5.2.4 系统运行

RIS 系统主要执行安全功能，机组功率运行期间，RIS 系统处于冷段安注的备用状态，系统的管线充满含硼水，安注泵处于停运状态，在接到安注信号后随时可以启动执行安注功能（自动或手动）。下文对 RIS 的主要典型事故工况的运行进行了描述。

a)小 LOCA

稳压器压力低 3 触发安注信号，安注信号触发安注泵启动，同时触发蒸汽大气排放系统（VDA）的中压快速冷却功能，对 RCP 进行降温降压。安注泵从 IRWST 取水，当一回路压力降低到安注泵的注入压力后，安注泵开始向 RCP 注水，当一回路压力低于安注箱的注入压力（较大尺寸小破口）时，安注箱向一回路注入。

在可控状态时，通过 RIS 系统的注入确保一回路的水装量和堆芯的冷却，衰变热通过破口流量和蒸汽发生器导出。

当需要进入安全停堆状态时，RCP 的水装量可由安注泵保证，可打开泵的大通量小流量管线（小通量小流量管线维持打开状态），降低安注注入压力和注入流量。

b)中大 LOCA

安注信号的触发和 RIS 系统的动作与 SB-LOCA 事故相同，在大破口事故下，为了达到安全停堆状态，需要将安注泵的安注管线进行切换，转入 DVI、热段同时注入模式（操作员手动操作）。

c)主蒸汽管线破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道断裂会导致一回路过冷，RCP 排热增加引起 RCP 温度和压力的下降，“稳压器压力低 3”信号触发安注，安注泵自动启动，向 RCP 注入含硼水。

操作员手动干预后，可手动停运和复位安注（SI）信号。

d)停堆工况事故充-排导热

停堆工况发生一回路破口等事故，考虑始发事件和单一故障影响，RHR 系统失效时，RIS 系统通过充-排方式导出堆芯余热。

4.5.3 应急硼化系统

4.5.3.1 系统功能

应急硼化系统（RBS）是一个安全系统，在事故工况下对一回路进行硼化，用于补偿由于堆芯冷却和氙毒减少引入的正反应性。DBC 事故或 DEC-A 中，当机组达到可控状态后由操作员手动投入 RBS 系统，使得一回路可以进一步降温、降压，直到堆

芯到达安全停堆状态。在发生由控制棒故障引起的未能紧急停堆的预期瞬态（ATWS）事故工况下，RBS 系统自动投入运行，保证堆芯处于次临界状态。

4.5.3.2 系统描述

RBS 系统由两个冗余的系列组成。两列共用一个应急硼酸箱，每列 RBS 系统主要由一台活塞泵、相关的阀门及连接管线组成。两列 RBS 注入管线进入安全壳后由母管相连，分别向下游 RCP 的三个环路注入。

其中 B 列的 RBS 泵用于一回路水压试验。一回路水压试验时，开启与化学和容积控制系统（RCV）连接管线上的手动阀，RBS 泵从 RCV 容控箱取水，通过 RCV 的轴封注入管线，经过 RCP 系统主泵轴封注入到 RCP 系统。RBS 泵需要进行定期试验，定期试验管线由泵的出口连接至相应的应急硼酸箱上。泵也可以通过此回流管线对应急硼酸箱进行定期搅混。在泵出口设置有安全阀，对 RBS 系统进行超压保护。

RBS 系统使用最低浓度为 7000mg/kg 的浓硼酸溶液，为防止硼结晶，要求系统介质温度不低于 20℃，介质温度由暖通系统和管道伴热系统予以保障。

4.5.3.3 设计基准

应急硼酸箱最小容积能够满足将电厂从热停堆带入安全停堆的要求。此外，最小容积还需满足在 ATWS 工况下实现紧急停堆和将反应堆长期维持次临界状态的要求。

应急硼化泵最小流量应满足：从热停堆到安全停堆过程中，1 列 RBS 以最小流量注入时，能够补偿因慢化剂冷却和氙毒减少引入的正反应性。

应急硼化泵最大流量应满足：设计基准工况下，在使用 RBS 系统注硼且 RCV 系统不考虑下泄的情况下，不会导致稳压器满溢。

应急硼化泵的排出压力需考虑 ATWS 下反应堆冷却剂系统（RCP）的最大压力，并保证在此压力下能够向 RCP 注入足够流量的硼酸溶液。

泵的最大排出压力还需满足执行一回路水压试验要求。

RBS 系统采用浓硼作为介质，因此必须保证介质温度高于硼结晶温度，以避免管道堵塞导致流量不足或注入到 RCP 系统的硼浓度不足。

4.5.3.4 系统运行

1)机组正常运行

机组正常运行期间，RBS 系统处于备用状态：

—RBS 泵可用且处于备用状态；

—应急硼酸箱和 RCP 之间的所有手动阀处于开启状态，确保 RBS 泵能够从应急硼酸箱取水注入到 RCP 系统中；

—试验管线上的电动隔离阀关闭；

—安全壳内注入管线电动隔离阀开启；

—安全壳外电动隔离阀关闭。

2)一回路水压试验

一回路水压试验时，B 列应急硼化泵从 RCV 容控箱取水，同时隔离与应急硼酸箱相连的吸入管道，通过 RCP 主泵轴封注入到 RCP 中。

3)事故瞬态

RBS 系统的安全硼化是由控制室中操作员手动操作完成，当发生 ATWS 事故时 RBS 系统自动启动。

在 DBC 事故工况下，如果操作员手动启动 RBS 系统：

—开启或确认开启安全壳内电动隔离阀；

—开启安全壳外电动隔离阀；

—关闭或确认关闭试验管线上的隔离阀；

—启动泵。

一旦启动注硼，RBS 系统将持续运行，直到注入的硼酸容量能够达到安全停堆的要求。当 RCP 硼浓度达到目标值，可由操作员手动停运 RBS 系统。

4.5.4 应急给水系统

4.5.4.1 系统功能

a)安全功能

—反应性控制

当发生主蒸汽管线破裂（MSLB）事故，通过隔离受损蒸汽发生器的应急注水管线（ASG 系统管道），防止过量给水注入蒸汽发生器导致堆芯过冷。

—余热排出

ASG 系统必须确保在 DBC-2、DBC-3、DBC-4 工况下向完好的蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器将 RCP 系统的堆芯衰变热和显热导出，并持续到 RHR 接入条件；

在 DEC-A 事故（例如完全丧失冷链（TLOCC）），ASG 系统向蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器将 RCP 系统的堆芯衰变热和显热导出，将电厂带入到最终状态。

—放射性包容

在 SGTR 等一二次侧连通的事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的应急注水管线（ASG 系统管道），防止放射性物质不可控地向环境释放，从而实现放射性物质的包容。

在发生安全壳内的主给水管道破裂（FLB）或 MSLB 事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的 ASG 系统应急给水，减少安全壳内的质能释放，保证安全壳的完整性。

b)运行功能

在每次换料大修后，蒸汽发生器的充水由 ASG 系统电动泵完成。

在机组启动时从 RHR 退出过渡到 2%FP 热备用期间、机组停堆下行时从 2%FP 热备过渡到 RHR 启动期间，ASG 系统可以代替启动和停堆给水系统（AAD）维持蒸汽发生器水位。

4.5.4.2 系统描述

ASG 系统的设备包括一个应急给水箱、两列应急给水泵子系统和向蒸汽发生器提供应急给水的管线，向每个 SG 给水的汇总管线上分别设置有 1 个气动流量调节阀、2 个电动隔离阀和壳内止回阀，6 个支路的给水管线和 3 个汇总管线上分别设置限流孔板。

ASG 系统两列应急给水泵子系统分别为电动泵给水子系统和汽动泵给水子系统，电动泵和汽动泵子系统采用母管制向三台蒸汽发生器给水，ASG 电动泵和汽动泵分别从应急给水箱取水，并将给水送到安全壳内主给水止回阀下游靠近蒸汽发生器入口处的主给水管道内。

电动泵和汽动泵子系统主要设备包括：

—两台并联的电动应急给水泵，它可由应急柴油机供电；

—两台并联的汽动应急给水泵，它由蒸汽发生器主蒸汽隔离阀上游的主蒸汽管供汽，每列汽动泵汽轮机的供汽管线从 3 条主蒸汽管线中的两条供汽（保证两列取汽的管线不完全相同），两列供汽管线独立设置，乏汽排入大气。

ASG 系统设置两个机组共用的除氧装置，用于向应急给水箱补水。

4.5.4.3 设计基准

水箱储存水量必须满足 DBC 事故工况需求：

DBC 事故工况（如失去厂外电源（LOOP）、丧失正常给水、MSLB 或 FLB 等）下，在紧急停堆后 RHR 系统达到启动条件以前这段时间内，水箱贮水量能排出堆芯余热和反应堆冷却剂系统设备的显热；该水量为安全所需水量。

DBC 事故工况下 ASG 系统向蒸汽发生器的最小注入流量满足：

a)主给水管道破裂（FLB）的 4 类工况下，ASG 系统能向未受影响的两个蒸汽发生器提供足够的给水流量，导出堆芯余热；

b)在如失去正常给水的 2 类工况下，ASG 系统能向 3 个蒸汽发生器提供足够的给水流量，导出堆芯余热。

在安全壳内发生 MSLB 事故工况，ASG 系统能限制向破损蒸汽发生器的最大给水流量，确保事故后安全壳压力峰值不超过设计压力，保证安全壳屏障的完整性。

4.5.4.4 系统运行

a)机组正常运行

在机组启、停阶段 ASG 系统可以替代 AAD 向蒸汽发生器（SG）给水，维持蒸汽发生器水位。

在电厂功率运行期间，ASG 系统通常处于备用状态，或进行短期试验。

b)机组扰动及事故工况

— DBC-2 至 DBC-4 工况

在 DBC-2、DBC-3、DBC-4 工况下，ASG 通过向蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器将 RCP 系统的堆芯衰变热和显热导出，并持续到余热排出系统（RHR）接入条件。

在发生主蒸汽管线破裂（MSLB）的事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的应急注水管线，防止过量给水注入蒸汽发生器导致堆芯过冷。在蒸汽发生器传热管破裂（SGTR）等一二次侧连通的事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的应急给水管线，防止受影响蒸汽发生器满溢，从而实现放射性物质的包容。

在发生在安全壳内的给水管道破裂（FLB）或 MSLB 事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的应急给水管线，减少通过破口向安全壳内喷放的高温、高压流体的流量，防止安全壳的压力和温度持续上升导致第三道屏障完整性的失效。

— 设计扩展工况

在复杂序列事故（DEC-A）工况下（例如完全丧失冷链（TLOCC）），ASG 系统向蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器将 RCP 系统的堆芯衰变热和显热导出，将电厂带入到最终状态。在得到二次侧非能动余热排出系统（ASP）的支持后，ASG 系统能维持电厂最终状态至 72 小时。72 小时以后，可以通过临时接管和移动泵，从外部水源向 ASG 混凝土水箱补水，使 ASG 系统能够运行更长的时间。

4.5.5 蒸汽大气排放系统

4.5.5.1 系统功能

蒸汽大气排放系统（VDA）执行安全功能，不执行运行功能。VDA 系统安全功能如下：

—反应性控制

蒸汽流量过度增加会导致 RCP 系统过度冷却，从而导致堆芯反应性增加。在这类事故工况中，VDA 的隔离必须作为一回路过冷保护的一部分，以避免堆芯产生的热量与 SG 导出的热量不平衡而可能导致的不可接受的堆芯功率。

—余热排出

正常运行过程中，当二次侧非安全级带热手段不可用时，VDA 必须能够通过将蒸汽从主蒸汽系统（VVP）排放到大气来排出余热（在从热停堆到余热排出系统（RHR）连接期间）。

发生 DBC-2/3/4 及 DEC-A 类事故时，VDA 必须能够通过向大气排放蒸汽来排出余热，从而满足：

— 达到可控状态，然后将 RCP 冷却到 RHR 系统可接入状态，以达到安全停堆状态（DBC 工况下）或最终状态（DEC-A 工况下）；

— 通过限制二次侧的压力上升来保证 SG 完整性，确保热量的排出；

— 当发生一回路水装量减少的 DBC-2/3/4 及 DEC-A 的事件，一回路压力高于中压安注（MHSI）注入压力（中小破口失水事故（LOCA）或蒸汽发生器传热管破裂（SGTR））时，若二次侧非安全级带热手段不可用，通过 VDA 系统来降低 RCP 压力和温度，直至 MHSI 泵能够注入 RCP，这个过程称为中压快速冷却。中压快速冷却的降温速率要求为-250℃/h，SG 目标压力为 6MPa

（abs）。

另外，在发生中小破口 LOCA 且中压安注完全丧失的事件（DEC-A）时，通过 VDA 的开启实施冷却，以能够降低 RCP 压力和温度，直至达到安注箱注入条件，这个过程称为低压全速冷却。低压全速冷却时 VDA 全开，使得一回路压力快速降到安注箱注入压力以下。

—放射性物质包容

在 DBC-2/3/4 和 DEC-A 事件中，通过 VDA 的开启来参与防止蒸汽发生器超压。

发生 SGTR 时，通过 VDA 的开启限制主蒸汽安全阀的不必要开启，以减少破损 SG 不可控冷却及降压的可能性，从而防止 RCP 承压状态下的热冲击，避免发生脆性断裂。此外，在中压快速冷却结束后，通过提高 VDA 开启设定值，将放射性包容在受影响的蒸汽发生器之内，从而限制受影响 SG 向安全壳外的放射性释放。

最后，在严重事故工况下，VDA 必须参与安全壳的隔离。

4.5.5.2 系统描述

每台机组的 VDA 系统由 3 个相同的安全级排放序列组成（每个 SG 对应一列）。每列包括：

—1 个主蒸汽释放隔离阀（MSRIV）；

—1 个主蒸汽释放控制阀（MSRCV），位于隔离阀下游；

—1 个消音器，位于 MSRCV 下游的排放管道上；

—连接管道。

VDA 的三列被严格分开，位于反应堆厂房之外实体隔离的 3 个相同的阀站内（与三列 VVP 的阀门隔间相同）。

4.5.5.3 设计基准

VDA 的每列（每列对应 1 台 SG）应能在 8.6MPa（abs）的定值压力下排放至少 50%的名义蒸汽流量。超压保护系统应能在流体为蒸汽、汽水混合物或水的工况下执行功能。

4.5.5.4 系统运行

a)机组正常运行

— 反应堆功率运行：VDA 没有投运。MSRIV 处于关闭状态，没有蒸汽通过 VDA 排向大气。

— 热备用及热停堆：热量导出由 GCT 或 VVP 对空排汽支管保证，MSRIV 处于关闭位置。
— SG 投运的停堆状态，RHR 处于未连接状态：热量导出由 GCT 或 VVP 对空排汽支管保证，此时 MSRIV 处于关闭状态。
— RHR 连接的停堆状态：反应堆停堆，RHR 导出 RCP 的余热。
— 在 RCP 未打开或者能快速关闭情况下，需要保持至少 2 台 SG 可用（即保持充水并随时可投运），以应对失去 RHR 的可能性。因此，至少两列 VDA 需保持可用。

b)机组扰动及事故工况

— 在二次侧非安全级带热手段不可用的 DBC-2/3/4 事件中，由 VDA 控制 SG 二次侧压力，直到可控状态；
— 在二次侧非安全级带热手段不可用的 DEC-A 事件中，由 VDA 控制 SG 二次侧压力直到最终状态；
— 在二次侧非安全级带热手段不可用的 DBC-3/4 及 DEC-A 事件中，当需要使 RCP 降压以满足安注条件时，通过 VDA 冷却 RCP 从而实现降压；
— 在导致二次侧不可控热量导出的 DBC-3/4 事件中，VDA 被隔离以达可控状态；
— 在 SGTR（DBC-3/4）事件中，VDA 定值被提高以使机组达到可控状态；
— 在二次侧非安全级带热手段不可用的 DBC-2/3/4 及 DEC-A 事件中，VDA 用于使一回路达到 RHR 连接条件。

4.5.6 二次侧非能动余热排出系统

4.5.6.1 系统功能

二次侧非能动余热排出系统（ASP）作为二次侧排热手段，用于在需要 ASG 启动排出一回路热量且 ASG 失效的工况下排出堆芯余热。这些工况主要包括：全厂断电（SBO）叠加 SBO 柴油机失效、丧失全部给水、其他需要 ASG 启动的事故叠加 ASG 失效。

4.5.6.2 系统描述

ASP 系统由三个同样的冷却系列组成，分别对应三台 SG。每个系列主要包含：

一段入口蒸汽管线，接在安全壳与主蒸汽隔离阀（MSIV）之间的主蒸汽管道上，

装有两个隔离阀；一个冷凝换热器，相对 SG 处于高位，并浸泡在一个混凝土水箱中；一段冷凝回流管线，出口接在靠近 SG 的 ASG 管道上，装有一个隔离阀和一个逆止阀。

此外，混凝土水箱配置有补水、排水接口，以及用于水质保持的循环管线和加药装置；从混凝土水箱排水管线上引出为 ASG/PTR 补水的管线，分别连接至 ASG 混凝土水箱集管以及乏燃料水池。

ASP 为非能动系统，其原理为：通过将冷芯（冷凝器）布置在高于热芯（SG）的位置，形成上升段蒸汽与下降段冷凝水的密度差，从而提供自然循环的驱动力。传递到 SG 二次侧的一回路热量，可经由本系统传递并最终排向大气。

4.5.6.3 设备和部件描述

ASP 系统的主要设备包括：

a)冷凝器

冷凝器为 C 型结构，浸泡在混凝土水箱底部。冷凝器作为自然循环的关键设备，在冷凝管内将蒸汽冷凝成水，将热量传导至管外的混凝土水箱存水。冷凝器材料为不锈钢。

b)混凝土水箱

混凝土水箱布置在反应堆厂房外壁，满足事故后 72 小时一回路热量排出的要求。混凝土水箱的作用是接收冷凝器传出的热量，并通过混凝土水箱存水的蒸发或沸腾将热量排向大气。同时，在设计扩展工况下，水箱需满足安全壳非能动热量导出系统（EPS）的需求。

4.5.6.4 系统运行

a)正常运行

机组正常运行时，系统处于备用状态。

b)事故工况运行

在需要 ASG 投运而 ASG 失效的工况下，当 3 台 SG 有 2 台 SG 宽量程水位低于定值，同时 ASG 流量低持续 60s 后，同时启动 3 列 ASP 回路。启动信号先后使入口隔离阀与回流隔离阀开启，蒸汽进入冷凝器，冷凝水回流至 SG，系统的自然循环建立，一回路热量被传导至混凝土水箱，并最终排向大气。

4.5.7 堆芯及堆坑注水系统

4.5.7.1 系统功能

电厂正常运行期间，EIS 系统处于备用状态，不执行任何运行功能。

停堆换料工况下，EIS 系统堆芯及堆坑注水箱（IVR 水箱）可向 IRWST 补水，以满足停堆换料下的水容量需求。

EIS 系统主要执行安全功能如下：

—余热排出

能动堆芯注水功能：在机组下行阶段一回路开始静态排水后至上行阶段完成 RCP 动态排气前发生全厂断电事故（SBO）时，EIS 泵将 IRWST 内的含硼水通过 RIS-DVI 注入管线注入 RCP 系统，保持堆芯淹没，通过冷却剂蒸发带走堆芯衰变热。

非能动堆芯注水功能：在维修冷停堆状态（反应堆压力容器顶盖打开后）发生 SBO 或 SBO 叠加 SBO 柴油机失效的事故时，EIS 系统 IVR 水箱中的水依靠重力经 RIS-DVI 管线注入一回路，保持堆芯淹没，通过冷却剂蒸发带走堆芯衰变热。

非能动堆坑注水功能：在严重事故工况下，当堆芯出口温度达到 650℃时，EIS 系统 IVR 水箱中的水依靠重力注入堆坑，对反应堆压力容器外部进行冷却，将热量传递至安全壳内。在 IVR 水箱排空前，启动 EIS 泵从 IRWST 取水对水箱进行补水，以维持水箱的水装量。若 EIS 泵启动失效，可通过 ASP 水箱向 IVR 水箱非能动补水维持堆坑注水功能。

—放射性包容

在发生不需要 EIS 系统运行的事故时，EIS 系统参与安全壳的隔离；

在严重事故工况下，向堆坑注入足够的水量对反应堆压力容器外部进行冷却，可将熔融碎片、放射性物质滞留于压力容器内部，避免发生堆外现象以及大量放射性物质直接排放至安全壳内。

4.5.7.2 系统描述

EIS 系统由非能动堆芯及堆坑注水子系统、能动堆芯注水及能动 IVR 水箱补水子系统、ASP 水箱向 IVR 水箱补水子系统组成。

非能动堆芯及堆坑注水子系统由高位堆芯及堆坑注水箱、堆坑注水管线、堆芯注水管线及相关阀门、仪表等组成；能动堆芯注水及能动 IVR 水箱补水子系统由 2 台冗余的 EIS 泵、能动堆芯注水管线、贯穿安全壳的能动 IVR 水箱补水管线以及相关阀门、仪表等组成；ASP 水箱向 IVR 水箱补水子系统由贯穿安全壳的非能动补水管线、阀门

等组成。

其中，能动及非能动堆芯注水管线均通过 RIS-DVI 管线向堆芯注水，EIS 泵通过 RIS 管线从 IRWST 取水，与 RIS 系统共用两个取水口。

4.5.7.3 设计基准

在执行能动堆芯注水功能时，EIS 泵（SBO 柴油机供电）向一回路注水维持一回路水装量，注水流量需保持堆芯处于淹没状态，并平衡停堆后机组下行阶段一回路开始静态排水时堆芯衰变热导致的冷却剂蒸发损失，一回路产生的蒸汽将通过严重事故卸压阀排出。

在执行非能动堆芯注水功能时，IVR 水箱以非能动注入方式向一回路注水维持一回路水装量，注水流量需保持堆芯处于淹没状态，并平衡停堆后机组下行阶段反应堆压力容器顶盖打开后堆芯衰变热导致的冷却剂蒸发损失。在没有移动设施支援的情况下，IVR 水箱容量应至少保证事故后 6 小时内堆芯安全。在执行非能动堆坑注水功能时，EIS 系统应在事故后保证足够的堆坑注入流量。在非能动堆坑注水大流量阶段，系统启动后 30 分钟内快速注入堆坑，达到安全分析指定的水位要求。非能动堆坑注水大流量结束后转入非能动小流量注水阶段以补偿堆坑内水的蒸发损失。在 IVR 水箱排空前，启动 EIS 泵从 IRWST 取水向 IVR 水箱补水，其流量应大于小流量补水阶段的最大注入流量，且长期阶段有能力恢复至 IVR 水箱大流量取水管口标高液位，同时裕量不宜过大。若 EIS 泵启动失效，可开启 ASP 水箱与 IVR 水箱连接管线上的隔离阀，通过 ASP 水箱向 IVR 水箱补水维持堆坑注水功能，设计准则为“能用则用”。

4.5.7.4 系统运行

a)电厂正常运行

在机组正常运行期间，EIS 系统处于备用状态。

b)DEC-A 事故

在维修冷停堆状态（反应堆压力容器顶盖打开后）发生 SBO 或 SBO 叠加 SBO 柴油机失效的事故时，操作员手动开启 IVR 水箱下游非能动堆芯注水管线上的电动隔离阀，执行非能动堆芯注水功能。

在机组下行阶段一回路开始静态排水后至上行阶段完成 RCP 系统动态排气前发生 SBO 事故时，操作员手动开启 EIS 泵取水管线及能动堆芯注水管线上的电动隔离阀，手动启动 EIS 泵，执行能动堆芯注水功能。

c)DEC-B 事故

严重事故工况下，当堆芯出口温度达到 650℃时，操作员手动开启 IVR 水箱下游非能动堆坑注水管线上的电动隔离阀，执行非能动堆坑注水功能。在 IVR 水箱排空前，启动 EIS 泵从 IRWST 取水对 IVR 水箱进行补水。若 EIS 泵启动失效，可通过 ASP 水箱向 IVR 水箱补水维持堆坑注水功能。

4.5.8 余热排出系统

4.5.8.1 系统功能

在电厂正常运行期间，停堆冷却的第二阶段，由 RHR 系统运行带走堆芯衰变热，降低并维持冷却剂的温度。

在 DBC 事故工况或 DEC 事故工况下，RHR 系统可与 RCP 系统连接，排出堆芯衰变热，将电厂带至安全状态或最终状态。同时在部分事故工况（如大 LOCA）下，可执行安全壳喷淋功能，以降低安全壳内的温度压力，并沉积放射性。

在设计扩展工况下，RHR 系统可执行安注功能，保证堆芯淹没，导出衰变热。

4.5.8.2 系统描述

RHR 系统由 2 个独立的系列组成，每列分别从 RCP 系统 2、3 环路的热段取水，经余热排出泵、余热排出换热器后注入到对应列的 RCP 系统冷段。每列由 1 台余热排出泵、1 台余热排出换热器以及相关阀门管线组成。

RHR 系统还设置有从 IRWST 取水、返回的管线，及安全壳喷淋管线。

余热排出泵和余热排出换热器布置在安全厂房。机组正常运行时，系统处于备用模式。RHR 模式运行期间，每列余热排出泵从 RCP 对应环路的热段取水，通过余热排出换热器的管侧冷却后，返回到对应 RCP 环路的冷段，热量被传递给余热排出热交换器壳侧的设备冷却水系统。

RHR 系统每列的热段取水管线上均设置安全阀，这些安全阀设计成防止一回路在低温水密实状态下发生冷态超压，避免一回路系统遭到破坏。

当执行安全壳喷淋功能时，系统从 IRWST 取水，经余热排出泵和余热排出换热器通过安全壳顶部的环管喷淋到安全壳内沉降放射性。

4.5.8.3 设备和部件描述

RHR 系统的主要设备包括：

a)余热排出泵

余热排出泵采用卧式多级离心泵，布置在安全厂房。

b)余热排出换热器

余热排出换热器为卧式、管壳式换热器，水平安装在安全厂房。热交换器的管侧为一回路冷却剂或 IRWST 的硼水，壳侧由 RRI 系统提供冷却水。

c)安全壳喷淋环管及喷头

安全壳喷淋环管布置在安全壳厂房的顶部，RHR 每列设置独立的喷淋环管，喷淋环管和喷头的设置应保证喷淋流量及覆盖面积满足事故后安全壳热量导出及安全壳气载放射性去除的要求。

4.5.8.4 系统运行

a)正常运行

当电厂处于功率运行、热停堆和热备用模式时，RHR 系统处于备用状态。

在电厂正常停堆工况下，当一回路温度和压力降低到 RHR 系统可以投运的压力、温度状态时，RHR 系统投入运行，冷却一回路，确保反应堆冷却剂的温度可以在规定的时间内降到 60℃。

b)事故工况运行

在 DBC 事故工况或 DEC 事故工况下，当一回参数路达到 RHR 的接入条件时，RHR 系统运行，将堆芯衰变热持续、稳定的导出，使机组进入安全状态或最终状态。

在 DEC 事故工况下，RHR 系统可执行安注功能，保证堆芯淹没，导出衰变热。

当发生诸如大 LOCA、蒸汽管道破裂等存在大量向安全壳质能释放的 DBC 事故工况或其他 DEC 事故工况下，安全壳喷淋可由操作员手动启动，以保证安全壳的完整性和限制气载放射性水平。

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.2.1 冷却剂贮存和处理系统（TEP）

4.6.2.2 废液处理系统（TEU）

4.6.2.3 废液排放系统（TER）

4.6.2.4 常规岛废液排放系统（SEL）

4.6.2.5 放射性废液的排放源项

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.3.1 废气处理系统（TEG）

4.6.3.2 空调、加热、冷却及通风系统

4.6.3.3 冷凝器真空系统

4.6.3.4 放射性废气的排放源项

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

4.6.5 乏燃料暂存系统

4.6 放射性废物管理系统和源项

放射性废物系统主要包括放射性废液管理系统、放射性废气管理系统和放射性固体废物管理系统。

本节描述山东招远核电厂一期工程的放射性废物系统和放射性源项，包括堆芯积存量、一回路和二回路的放射性活度，液体、气体和固体放射性废物处理系统，气载和液体放射性流出物的排放量及固体放射性废物的产生量。

放射性排放量主要取决于：

— 一回路冷却剂的放射性活度；

— 处理系统的设计处理能力及运行效能。

4.6.1 放射性源项

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，正常运行工况下裂变产生的放射性裂变产物基本上都包容在燃料元件的包壳内，只有极少量的裂变产物通过包壳缺陷泄漏到一回路冷却剂中；同时裂变产生的中子使一回路冷却剂、控制棒、硼酸和其它结构材料受到激活而产生中子活化产物。这些裂变产物和活化产物形成反应堆冷却剂中的放射性源。

（1） 堆芯积存量

本工程采用十八个月燃料循环方式，使用177组全M5 AFA3G燃料组件。平衡循环时，新燃料组件的^{235}U富集度为4.45%。

（2） 一回路冷却剂的放射性活度

反应堆运行时燃料元件中产生的气态和固态放射性产物，在元件中迁移并积存，当发生包壳破损情况后以一定的几率释放到冷却剂中，构成冷却剂中裂变产物源项，包括惰性气体、卤素等。

此外，一方面由于堆内构件因受到中子照射而具有放射性，在发生活化腐蚀后释放到冷却剂中；另一方面一回路管道和设备的材料由于氧化和腐蚀进入到冷却剂中，随冷却剂流经堆芯受到堆芯及其相邻区域的中子照射后具有放射性，主要有Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58 和Co-60 等核素。这些构成了冷却剂中的腐蚀产物源项。

4.6.2 放射性废液系统及源项

放射性废液系统指具有控制、收集、处理、输送、贮存及排放放射性废液能力的系统，主要包括：

— 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）；

— 放射性废水回收系统（SRE）；

— 核岛排气和疏水系统（RPE）。

除此之外，其它已被污染或可能被污染的液体也由下列系统处理或收集：

— 化学和容积控制系统（RCV）；

— 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）；

— 蒸汽发生器排污系统（APG）；

— 常规岛废液排放系统（SEL）。

4.6.2.1 冷却剂贮存和处理系统（TEP）

a) 系统功能

冷却剂贮存和处理系统（TEP）接收和贮存电厂正常运行期间产生的可复用反应堆冷却剂，通过蒸发工艺，制取反应堆补给水和 7000mg/kg 的硼酸溶液返回一回路复用；通过除气工艺，降低反应堆冷却剂的放射性活度浓度水平。

根据不同的运行功能，TEP 系统分为冷却剂贮存和供给、净化、处理和除气系统 4 个子系统：

— 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）；

— 冷却剂净化子系统（TEP2）；

— 冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）；

— 冷却剂除气子系统（TEP4）。

冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）执行以下的运行功能：

— 接收和贮存电厂正常运行中由于燃耗、负荷变化、启动与停机瞬态从反应堆冷却剂系统（RCP）排出的一回路冷却剂；

— 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的一回路冷却剂（可复用的一回路疏水）；

— 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的一回路冷却剂（安全阀排放

的可复用一回路冷却剂）；

— 贮存和供给除气后的除盐水到反应堆硼和水补给系统（REA），用于一回路冷却剂的补给和更换。

冷却剂净化子系统（TEP2）执行去除固体和离子杂质功能，以降低待处理一回路冷却剂的放射性活度浓度水平。

冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）执行以下功能：

— 将电厂正常运行期间暂存在 TEP1 系统中的一回路冷却剂分离成 7000mg/kg 的硼酸溶液和除盐水，供反应堆冷却剂系统复用；

— 对经过处理单元分离得到的蒸馏液在重新注入到反应堆冷却剂系统或者从电厂排放（在氚浓度高的时候）前进行除气操作；

— 对补偿排放用的核岛除盐水分配系统（SED）除盐补给水进行除气操作。

冷却剂除气子系统（TEP4）执行以下功能：

— 在 RCP 系统压力容器顶盖因换料或者维修打开之前，去除一回路冷却剂中的放射性气体和氢气；

— 当 RCP 系统压力容器顶盖闭合之后，去除溶入冷却剂中的氧气；

— 在机组功率运行时，如果反应堆冷却剂接近设计的放射性限值，或者冷却剂化学性质的要求，通过冷却剂除气子系统（TEP4）除气，减少惰性气体和其它气体的浓度。

4.6.2.2 废液处理系统（TEU）

a) 系统功能

废液处理系统（TEU）分为两部分，一部分为单堆配置，用于接收、贮存、处理和监测核岛厂房产生的放射性废液；另一部分为全厂共用，用于接收、贮存、处理和监测 BOP 子项产生的放射性废液。这些废液的来源包括：

— 核岛排气和疏水系统收集的需要进行处理的各类废液；

— 核岛废液排放系统和常规岛废液排放系统需要重新处理的废液；

— 放射性废水回收系统收集的需要进行处理的各类废液。

这些废液分成工艺废液、地面废液和化学废液三种类型，经不同工艺处理并监测放射性浓度合格之后，送往核岛废液排放系统排放。

b) 系统描述

1) 工艺废液处理

工艺废液接收在工艺废液贮存槽内，经混合均匀、取样分析后，再经过吸附除盐处理单元进行处理。吸附除盐处理单元配置有 2 台活性炭床、6 台除盐床，为串联布置，吸附除盐处理单元的任一处理设备均可根据需要被旁路。如有需要，工艺废液可在经吸附除盐单元处理后在通过反渗透单元进行精处理。处理后的废液送至监测槽内监测，监测合格后送核岛废液排放系统排放。

工艺废液的放射性浓度低于排放限值时，可以经过滤处理后送 TER 系统待排放。

2) 化学废液处理

化学废液接收在化学废液贮存槽内，经混合均匀、取样分析后，再经过吸附除盐处理单元进行处理。吸附除盐处理单元配置有 2 台活性炭床、6 台除盐床，为串联布置，吸附除盐处理单元的任一处理设备均可根据需要被旁路。如有需要，化学废液可在经吸附除盐单元处理后再通过反渗透单元进行精处理。处理后的废液送至监测槽内监测，监测合格后送核岛废液排放系统排放。

化学废液的放射性浓度低于排放限值时，可以经过滤处理后送 TER 系统待排放。

3) 地面废液处理

地面废液经取样分析放射性浓度合格的废液可经过过滤器去除废液中悬浮颗粒后直接送往 TER 系统。

若取样分析放射性浓度不合格，则由吸附除盐单元、反渗透单元进行处理。

4) BOP 子项废液处理

BOP 子项废液接收在 BOP 废液贮存槽内，经混合均匀、取样分析后，再经过蒸发单元进行处理。处理后的废液送至 BOP 废液监测槽内监测，监测合格后送核岛废液排放系统排放。

c) 系统运行

TEU 系统总的运行原则如下：

— 每类废液的贮存槽（包括工艺废液贮存槽、化学废液贮存槽、地面废液贮存槽、BOP 废液贮存槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。贮存槽被装满后，要对槽内废液进行搅拌和取样，并按照需要进行加药；

— 根据废液特性，可分别选择过滤、吸附除盐、反渗透等工艺进行处理，BOP 废液采用蒸发工艺处理。具体处理工艺由操作人员手动选择；

— 废液处理单元中，除盐单元与过滤单元按照操作人员配置的阀门投入使用，在正常运行期间，无需进行额外控制；

— 监测槽内废液必须经过监测，放射性浓度不超过排放限值时，才能送核岛废液排放系统有控制地向环境排放。

4.6.2.3 核岛废液排放系统（TER）

a) 系统功能

核岛废液排放系统（TER）具有以下功能：

— 收集来自核岛不需要处理或经处理后满足排放要求的废液，进行暂存、混匀、取样分析，并有控制地向环境排放；

— 当因环境稀释能力不足或其他原因而要求延迟排放时，可暂存废液；

— 将放射性浓度超过排放限值的废液输送至 TEU 系统处理。

b) 设计基准

本系统为两台机组共用，废液来源主要包括：

— TEU 系统经处理后符合排放标准的低放废液；

— 根据电厂排氚要求，收集经 TEP 系统处理后达标的含氚废液；

— 其它废液：如 TER 系统泵房、贮存罐滞留地坑内的废液、热洗衣机房洗涤废液等。

c) 系统描述

该系统配置三个容积相同的废液贮存罐，每个废液贮存罐配备一台废液排放泵，用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。三台废液排放泵共用一根排放总管，排放总管上设有电厂辐射监测系统（KRT）在线监测仪表，监测排放废液的放射性水平。

d) 系统运行

正常运行工况下，三个废液贮存罐中的一个处于接收状态，当接收废液至高液位时，关闭进水隔离阀之前，切换至另一个贮存罐接收废液，一个备用。达到高液位的贮存罐内的废液，经混匀后进行取样分析，取样分析合格后向环境排放。排放时，可通过阀门控制废液的排放流量，排放管上设有 KRT 系统在线监测仪表，对排放废液的放射性水平进行监测。

经取样分析，贮存罐中废液的放射性水平超过排放限值时，将废液返回到 TEU 系

统重新处理。

4.6.2.4 放射性废水回收系统（SRE）

a) 系统功能

SRE 系统按不同的功能分为两部分：

第一部分用于接收、贮存和处理热洗衣房系统（SBE）产生的洗涤废液，该部分按照两机组配置。全厂共用的职业医疗室（BBC）产生的人体去污废液经收集后送入 SRE 系统暂存和处理。

第二部分为废液输送，将 BBL、BBH 和 BQS 厂房产生的放射性废液送至 0 号机组 TEU 系统进行处理。

b) 系统描述

SRE 系统配置两台容积相同的洗涤废液贮存槽用于接收、贮存洗涤废液和来自 BBC 厂房的人体去污废液，配置一台洗涤废液泵用于贮存槽内废液的混匀和输送，配置一台地坑泵，用于将地坑收集的废液输送至洗涤废液贮存槽，配置一台过滤器用于洗涤废液和人体去污废液的处理。SRE 系统根据取样分析结果将经过滤器处理后的废液送往 TER 系统排放。

BBL、BBH 和 BQS 厂房产生的放射性废液通过 SRE 管道输送至 0 号机组 TEU 系统进行处理。

c) 系统运行

来自 BBC 厂房的人体去污废液通过人体去污废液排放泵输送至洗涤废液贮存槽，热洗衣房系统产生的洗涤废液依靠重力流入 SRE 系统的洗涤废液贮存槽和废液地坑，贮存槽和地坑分别设置有液位测量装置。当某一洗涤废液贮存槽达到高液位时，操作人员关闭该洗涤废液贮存槽进水阀门，对被隔离洗涤废液贮存槽内的废液进行搅混操作后取样分析，根据取样分析结果将经过滤处理后的废液送往 TER 系统废液贮存罐，具体操作由运行人员手动选择。地坑泵的启动和停止与地坑液位联锁，也可由运行人员手动操作。

4.6.2.5 常规岛废液排放系统（SEL）

a) 系统功能

常规岛废液排放系统（SEL）具有以下功能：

— 收集来自常规岛废液收集系统（SEK）和蒸汽发生器排污系统（APG）的潜在

放射性废液，进行暂存、混匀、取样分析，并有控制地向环境排放；

— 当环境稀释能力不足或其他原因要求延迟排放时，可暂存废液；

— 将放射性浓度超过排放限值的废液输送至 TEU 系统处理。

b) 设计基准

本系统为两台机组共用，废液来源主要包括：

— SEK 系统的潜在放射性废液；

— APG 系统的排污液；

— 其它废液：如 SEL 系统泵房、贮存罐滞留地坑内的废液等。

c) 系统描述

该系统配置三个容积相同的废液贮存罐，每个废液贮存罐配备一台废液排放泵，用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。三台废液排放泵共用一根排放总管，排放总管上设有 KRT 系统的在线监测仪表，监测排放废液的放射性水平。

d) 系统运行

正常运行工况下，三个废液贮存罐中一个处于接收状态，当接收废液至高液位时，切换另一个贮存罐接收废液，关闭进水隔离阀，第三个贮存罐备用。废液贮存罐内的废液达到高液位，废液经混匀后进行取样分析，合格后向环境排放。排放时，可通过调节阀控制废液的排放流量，排放管上设有 KRT 系统在线监测仪表，对排放废液的放射性水平进行监测。

经取样分析，贮存罐中废液放射性水平超过排放限值时，将废液送回到 TEU 系统重新处理。

4.6.2.6 放射性废液的排放源项

液态放射性流出物源项计算主要考虑TEP系统含^{3}H废液释放、TEU系统释放和二回路系统释放。

本工程运行状态下的放射性液态流出物放射性废液排放采用槽式排放的方式，即所有的放射性废液均通过TER或SEL系统取样分析达标后排放，流出物源项计算中考虑了其滞留衰变影响。

放射性废液排放浓度满足其槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳14外其它

放射性核素浓度不超过本项目控制值1000Bq/L的要求。

4.6.3 放射性废气系统及源项

放射性废气系统收集、贮存反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准的相关要求后排入大气。处理的废气包括含空气废气和含氢废气：

— 对放射性含氢废气进行控制、收集、输运、贮存、衰变和监测，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放；

— 对放射性含空气废气进行控制、收集、输运和处理，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放。

放射性废气系统主要包括废气处理系统（TEG）、空调、加热、冷却及通风系统和凝汽器真空系统（CVI）。

4.6.3.1 空调、加热、冷却及通风系统

（1）系统功能

空调、加热、冷却及通风系统通过加热、冷却、通风、加湿、除湿、换气、包容、净化等技术措施，实现保护厂区人员、公众、环境免受气载污染、内外部灾害危害和维持工艺设备正常运行所需要环境条件的目标。

（2）系统描述

专项安全设施相关通风系统主要为如下：

安全壳换气通风系统（EBA）包括小流量子系统和大流量子系统，为安全壳内提供清洗通风换气和大气压力调节，冷停堆大修期间维持安全壳内人员进入的适宜温湿度环境，在事故期间实现安全壳或壳外二次包容区的气载放射性包容。

安全厂房控制区通风系统（DWL）包括正常通风子系统和事故排风子系统，在事故时为燃料水池大厅或安全厂房控制区提供气载放射性包容。

安全厂房非控制区通风系统（DVL）采用新风加一次回风空调系统型式，为安全厂房非控制区电仪房间提供通风空调，蓄电池室设置专用排风系统。

主控室空调系统（DCL）采用新风加一次回风空调系统型式，包括空调子系统和事故送风子系统，为可居留区内人员和设备维持适宜的环境条件，当厂区发生放射性污染事故时，确保可居留区域的可居留性。

4.6.3.2 凝汽器真空系统

凝汽器真空系统（CVI）的主要功能是保持凝汽器的真空度在正常运行所要求的水平。同时，把抽出的气体输送至 DWN 系统或在机组启动时抽出气体直接排入大气。该系统本身不具备放射性废气的贮存、处理功能。

当蒸汽发生器传热管破损时，一回路冷却剂从蒸汽发生器一次侧向二次侧泄漏，从而造成 CVI 系统抽出的气体带有放射性，CVI 系统为此在排气管道上设置了放射性气体监测装置，该装置属于 KRT 系统。

4.6.3.3 放射性废气的排放源项

本工程运行状态下气态放射性核素向环境释放的途径主要有以下三种：

a) 通过 TEG 系统向环境释放；

b) 通过厂房通风系统向环境释放；

c) 通过二回路系统向环境释放。

其中，TEG 系统中气态放射性核素来自于放射性液体储罐和一回路冷却剂系统的气相空间的吹扫以及对于一回路冷却剂的脱气。厂房通风系统中气态放射性核素来自于各放射性设备的泄漏以及开放水面的蒸发。二回路系统中气态放射性核素来自于蒸汽发生器一二次侧泄漏情况下冷凝器真空系统对不凝气体的抽气。

4.6.4 放射性固体废物系统

a) 系统功能

固体废物处理系统（TES）主要是收集、处理、整备和贮存机组运行及检修时产生的湿废物和干废物。

TES 系统按不同的功能主要分为三部分：

第一部分位于核辅助厂房（BNX）内，用于对废离子交换树脂（简称“废树脂”）、水处理活性炭（简称“废活性炭”）、废过滤器芯（简称“废滤芯”）和浓缩液进行收集、暂存、转运和整备等，该部分按照单机组配置。

第二部分为干废物分拣压缩打包线，位于 BQS 厂房，用于对干废物进行分拣、干燥、压缩和灌浆固定处理。该部分为全厂六台机组共用，于一期工程建设。

第三部分为废物包暂存库，位于废物暂存库（BQT），用于暂存全厂六台机组产生的固体废物包。该部分为全厂六台机组共用，于一期工程建设。

在 TES 系统中各类湿废物和干废物经处理、整备最终形成的废物包为 400L 钢桶和

高完整性容器，废物包在厂内采用专用运输车运送至 BQT 暂存，废物包在 BQT 内的暂存时间不超过五年，之后运往放射性废物处置场进行最终处置。

b) 设计基准

1) 废物分类及来源

TES 系统处理的湿废物主要为：废树脂、废滤芯、水处理活性炭和浓缩液：

— 废树脂来自 RCV、PTR、TEP、TEU、APG 系统的除盐器；

— 废活性炭来自 TEU 系统的活性炭床；

— 废滤芯来自 RCV、PTR、TEP、TEU、RPE、APG 等系统的过滤器；

— 浓缩液来自 TEU 系统的蒸发器。

TES 系统处理的干废物主要来自核电厂内被放射性沾污的杂项固体废物，如抹布、工作服、吸水纸、塑料制品、检修时废弃的管件、支架、阀门及其它零部件等。

2) 废物的处理

各类废物的处理工艺如下：

废树脂：RCV、PTR、TEP、TEU 系统产生的废树脂的放射性水平较高，将其装入交联高密度聚乙烯容器（简写为“聚乙烯 HIC”）后进行脱水处理，然后封装并送入 BQT 暂存。APG 系统产生的废树脂装入合适的容器（如 400L 钢桶或 50L 塑料桶）中进行暂存，待其达到清洁解控水平后申请进行清洁解控。在特殊情况下（如蒸汽发生器传热管破裂），当 APG 系统产生的废树脂放射性水平较高时，可采用聚乙烯 HIC 整备。

废活性炭：TEU 系统产生的废活性炭（水处理活性炭）装入聚乙烯 HIC 中进行脱水和整备。

废滤芯：废滤芯采用聚乙烯 HIC 进行脱水和整备。

浓缩液：浓缩液采用桶内干燥后暂存于 BQT，处置前装入混凝土高完整性容器（简称“混凝土 HIC”）。

干废物：干废物在产生地初步分类收集后运送至BQS厂房集中处理。在BQS厂房利用分拣压缩打包线对干废物进行分拣、干燥、初级压缩、超级压缩等处理，超压形成的桶饼装入400L钢桶中进行水泥灌浆固定。

a) 系统描述

TES 系统分为五个子系统：干废物处理子系统、废树脂收集子系统、废滤芯更换子系统、湿废物处理子系统、废物包暂存子系统。

b)　系统运行

1）干废物的处理

BQS 内设置有分拣压缩打包线及废物暂存间。本项目机组产生的干废物可运送至 BQS 内集中收集和暂存一段时间，然后将废物倒入分拣箱中进行分拣，分拣废物装入 200L 钢桶并采用初级压缩机对桶内废物进行预压，使 200L 钢桶尽可能的装满废物，装满废物的 200L 钢桶封盖后采用超压机压缩为桶饼，然后装入 400L 钢桶中进行水泥灌浆固定。

2）废树脂及废活性炭的处理

RCV、TEP、PTR、TEU 系统除盐器中的放射性废树脂冲排至 TES 系统的废树脂贮槽中。TES 系统的废树脂贮槽设计有充足的容量，可使放射性废树脂得到充分暂存和衰变，经过衰变的放射性废树脂可通过废树脂输送泵和管道输送至聚乙烯 HIC 中。TEU 系统产生的废活性炭可通过除盐水或压缩空气直接排入聚乙烯 HIC 中。在废树脂输送管道上设置有废树脂取样点，可对装填废物进行取样。当聚乙烯 HIC 中的废树脂（活性炭）达到设定容量后，利用 HIC 脱水装置对 HIC 中的废物进行脱水，容器中残留的游离水量可通过 HIC 脱水装置监控和判断，当判断聚乙烯 HIC 中废物游离水含量低于 1%后，对聚乙烯 HIC 进行封盖。经过整备的废树脂（活性炭）HIC 将采用屏蔽容器运输至 BQT 暂存。

一般情况下，APG 系统产生的废树脂在的放射性水平很低，将其排入 APG 系统的树脂槽中沥干后，用真空抽吸装置将其装入指定容器中封存，后续作为待解控废物进行管理。在特殊情况下（如蒸汽发生器传热管破裂），当 APG 系统产生废树脂放射性水平较高，不宜作为带解控废物处理时，可将 APG 树脂冲排至 BNX 厂房的废树脂贮槽中，作为放射性废树脂处理。

3）废滤芯的处理

当 RCV、PTR、TEP、RPE、TEU 等系统的水过滤器芯子失效时，远程操控 TES 系统的废滤芯更换装置，将其运行至需更换滤芯的过滤器上方，将废滤芯取出，并为过滤器安装上新的滤芯。更换下来的表面剂量率超过 2mSv/h 的废滤芯通过废滤芯更换装置装入废滤芯屏蔽容器，然后通过转运小车运输至废滤芯装桶站，废滤芯屏蔽容器

可通过房间吊车吊装至装填废滤芯的聚乙烯 HIC 工位上方，然后将废滤芯从屏蔽容器中释放落入聚乙烯 HIC 内。待聚乙烯 HIC 内的废滤芯装填量达到限值后，对聚乙烯 HIC 的废滤芯进行脱水。当判断容器中废物游离水含量低于 1%后，对聚乙烯 HIC 进行封盖。经过整备的聚乙烯 HIC 将采用屏蔽容器运输至 BQT 暂存。更换下来的表面剂量率不超过 2mSv/h 的废滤芯装入 200L 钢桶，运输至 BQS 后采用超级压缩进行压缩为桶饼后装入 400L 钢桶中水泥灌浆固定。

4）浓缩液处理

TES 系统设置有桶内干燥装置用于处理 TEU 系统产生的浓缩液。TEU 系统产生的浓缩液经计量后排入 TES 系统的干燥桶中干燥，干燥装置重复多次进料、干燥、再进料、再干燥后的操作，在桶内形成浓缩液盐块。干燥完毕后对废物桶进行封盖。干燥后的废物桶将装入混凝土 HIC 后进行处置。

5）废物包的暂存

本项目机组产生的待解控废物将在 BQT 极低放废物贮存区暂存一段时间，然后申请清洁解控。

本项目机组产生的表面剂量率不超过 2mSv/h 的 400L 钢桶将暂存在 BQT 的非超标废物桶贮存区，表面剂量率超过 2mSv/h 的 400L 钢桶暂存在超标 400L 废物桶贮存区，聚乙烯 HIC 将暂存在 HIC 废物桶贮存区。400L 钢桶均垂直堆码 4 层，装有废树脂（废活性炭）的聚乙烯 HIC 垂直堆码 2 层，装有废滤芯的聚乙烯 HIC 单层码放。

BQT 库废物采用合适的方式进行记录管理，建立废物容器存放档案，记载每个废物容器的种类、规格、产生地点、产生日期、主要放射性核素、比放射性活度、存放日期和码放位置（包括水平坐标、高度）等信息。

（3）放射性固体废物的最终处置

根据我国有关法规文件的要求，核电厂产生的放射性固体废物，在厂内暂存不超过5年，然后送往射性废物处置场所进行处置。

4.6.5 乏燃料暂存系统

乏燃料组件采用水下湿法贮存，贮存在燃料厂房的乏燃料水池里。乏燃料水池设置有水下燃料贮存格架和破损燃料组件贮存小室等设备，总的贮存容量可满足至少10

个换料循环产生的乏燃料和一个堆芯紧急卸出的燃料组件量。乏燃料的贮存设计满足《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》（HAD102/15-2021）的要求。

乏燃料组件在乏燃料水池中存放到一定年限后，其剩余热功率及放射性物质衰变到一定限值，满足乏燃料外运条件，即可采用专用乏燃料运输容器装载外运。乏燃料运输容器的设计满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中的要求。

考虑到我国当前核燃料后段的能力现状与发展规划，以及国家乏燃料后处理中心建设的不确定性，乏燃料运输优先考虑采用可运输可暂存的乏燃料贮运容器，委托专门的乏燃料运输公司通过国家批准的公路、海路、铁路运输路线，运送至指定的国家乏燃料后处理中心。如乏燃料后处理中心不具备接收乏燃料条件，则可使用乏燃料贮运容器进行临时暂存，待国家乏燃料后处理中心具备接收条件后再运输。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

4.7.2 生活废物

4.7.3 其他废物

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

山东招远核电厂一期工程 1、2 号机组生产过程中需要使用一定量的化学品。这些化学品包括：絮凝剂、助凝剂、亚硫酸氢钠、次氯酸钠、盐酸、氢氧化钠、氨水、水合联氨、磷酸盐、氢氧化钾、氢气等。上述化学品中，大宗的化学物质排放主要来自以下系统：

- 海水淡化系统（SWD）；
- 除盐水生产系统（SDA）；
- 凝结水精处理系统（ATE）；
- 循环水处理系统（CTE）；
- 常规岛化学加药系统（SIR）。

（1）海水淡化系统

海水淡化系统的预处理、超滤、一级反渗透、二级反渗透运行及化学清洗过程中会加入盐酸、氢氧化钠、还原剂等化学药品，相关废液排入酸碱中和池，再通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值至 6~9 后至海水管网。

（2）除盐水生产系统

除盐水生产系统产生的废水主要来自离子交换树脂酸碱再生产生的酸碱废液。树脂再生废液排入酸碱中和池，再通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值至 6~9 后至 SEW 处理。

（3）凝结水精处理系统

凝结水精处理系统用于净化核电厂二回路系统凝结水。系统内设有前置阳床和混床，运行一段时间后阴阳离子需要再生，再生需要使用酸（如盐酸）、碱（如NaOH），再生废水排至中和池，再生废水中和处理也需要投入一定量的酸碱。循环水处理系统

为满足核电厂运行的要求，循环水处理车间对循环冷却水连续加入次氯酸钠处理。电解设备运行一段时间需要酸（如HCl）洗，产生酸洗废液收集至中和池，用碱（如NaOH）进行中和调节pH6~9后至SEW处理。

（4）常规岛化学加药系统

常规岛化学加药系统，将化学添加剂注入二回路系统，用以控制二回路系统中水

的化学工况，使蒸汽发生器在正常运行和停机保养中的腐蚀和固体沉积物减少至最小。在凝结水精处理混床出水和给水中实施加氨、加联氨处理。此外，磷酸三钠作为腐蚀抑制剂注入常规岛闭式冷却水系统中调节pH为9左右。

4.7.2 生活废物

本项目产生的与放射性有关的固体生活废物均按放射性废物做专门处理，非放射性垃圾按生活垃圾处理规定收集处理。在核电厂非控制区及厂外附属、辅助区产生的非放射性固体生活垃圾应按规定收集暂存并送到指定的垃圾场处理。

全厂拟建一座生活污水处理站，污水处理站采用A^2O+MBR为主体的生化处理工艺，具体处理设备及构筑物为：格栅+调节池+曝气沉砂池+厌氧池+缺氧池+好氧池+MBR池+消毒池+清水池。

生活污水处理站出水经深度处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准以及《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化、道路清扫的水质标准后主要回用于厂区绿化及道路浇洒。

4.7.3 其他废物

4.7.3.1 含油污水

本项目运行期所产生的含油废水包括：非放射性含油废水和潜在放射性含油废水。针对这两类含油废水，在厂区内分别设置了非放射性含油废水处理站（BES）和潜在放射性含油废水处理站（BER）。

非放射性含油废水处理站（BES）用于处理来自汽轮机厂房、开关站区域、辅助锅炉房以及变压器区域的含油废水。不含放射性的含油废水，汇集到专门的管网内，进入非放射性含油废水处理站（BES），经过贮存、油水分离处理，分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外，BES 出水排至非放工业废水处理站（BST）处理后回用。本项目两台机组建一座 BES 处理站，全厂共建三座 BES 处理站。每座 BES 厂房设置两套油水分离器，每套油水分离器处理量为 5m^3/h，总处理能力为 10m^3/h。

潜在放射性含油废水处理站（BER）用于处理常规岛内潜在放射性废水，不含油部分直接送往 BQB 厂房，含油部分，送往放射性含油废水处理站（BER）。分离出的油脂外运处理，并按照危险废物管理要求进行处置。本项目两台机组建一座 BER 处理站，

BER 厂房设置 4 台油水分离器，总处理能力为 50m^3/h。

4.7.3.2 非放射性工业废水处理系统

非放射性工业废水处理系统的功能是将全厂正常生产运行过程中产生的非放射性淡水类废水进行收集并处理后，将合格中水输送至生产回用。本期工程建设一座非放生产废水处理站（BST）子项，全厂六机共用，一期工程非放污废水通过管网输送至本子项集中处理。

本项目非放射性工业废水处理系统拟通过澄清过滤等预处理工艺及超滤、反渗透等脱盐工艺对非放废水进行处理，处理工艺需要结合经常性废水、非经常性废水的水量、水质及回用方向进行配置。

4.7.3.3 工业固废

核电厂在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，危险固废包括废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。

固废将纳入全厂固废收集处理系统，委托专业废弃物公司将一般固体废物外运处置。危险废物将委托具有相关处理资质的公司进行外运处置。

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料组件运输

4.8.3 放射性固体废物运输

4.8 放射性物质厂内运输

运进核电厂的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。中子源有一次源组件和二次源组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

运出核电厂的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节简要叙述新燃料、乏燃料和放射性固体废物的运输。

4.8.1 新燃料运输

本期工程采用全 M5 AFA 3G 燃料组件。每台机组的堆芯由 177 组新燃料组件以及相关组件（控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件）组成。首炉用新燃料组件及相关组件可由中核建中核燃料元件有限公司（812 厂）或其他核燃料元件公司供应。现以中核建中核燃料元件有限公司（812 厂）为例做详细说明。

中核建中核燃料元件有限公司（CJNF）使用的新燃料运输容器是由中国核电工程有限公司设计的 CNFC-3G 型新燃料运输容器。货包的设计和制造满足 IAEA No.TS-R-1《放射性物质安全运输条例》，同时也满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

根据现有国内核电厂新燃料运输经验，本期工程的新燃料运输可采用铁路和公路运输的方案。其最终运输方案将在路线调研后确定。

新燃料及运输容器、运输、贮存都将执行专门的包装技术条件和新燃料接受贮存设计准则，均要满足《核电厂堆芯和燃料管理》（HAD103/03），《核燃料组件采购、设计和制造中的质量保证》（HAD003/10），《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的有关条款要求，达到安全可靠。

4.8.2 乏燃料组件运输

乏燃料组件在乏燃料水池中存放到一定年限后，其剩余热功率及放射性物质衰变到一定限值，满足乏燃料外运条件，即可采用专用乏燃料运输容器装载外运。乏燃料运输容器的设计满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中的要求。

考虑到我国当前核燃料后段的能力现状与发展规划，以及国家乏燃料后处理中心建设的不确定性，乏燃料运输优先考虑采用可运输可暂存的乏燃料贮运容器，委托专

门的乏燃料运输公司通过国家批准的公路、海路、铁路运输路线，运送至指定的国家乏燃料后处理中心。如乏燃料后处理中心不具备接收乏燃料条件，则可使用乏燃料贮运容器进行临时暂存，待国家乏燃料后处理中心具备接收条件后再运输。

4.8.3 放射性固体废物运输

山东招远核电厂一期工程放射性固体废物经处理后产生的废物包形式为400L钢桶和聚乙烯HIC。厂外运输的运输物为400L钢桶废物包和高完整性容器废物包。核电厂运行过程中产生的放射性固体物质（如废树脂、废过滤器芯子、干废物等）将根据其性质进行分类，并按照《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（GB12711-2018）的要求进行包装处理。

放射性固体废物的厂内转运将根据合理可行尽量低的原则，使用恰当的包装和防护，使厂区人员所受照射保持最低。

直接操作进行装卸、搬运、贮存和处置的放射性固体废物包，其表面任意一点的剂量率应不超过2.0mSv/h。超过此限值者，采取外加屏蔽或采用远距离操作。

放射性固体废物包表面污染限值要求：

— β、γ发射体、低毒性α发射体不超过4Bq/cm²；

— 其它α发射体不超过 0.4Bq/cm²。

放射性固体废物包的厂外运输是将废物暂存库（BQT）内暂存的放射性固体废物包运送到放射性废物处置场进行处置。放射性固体废物的厂外运输方案将考虑运输过程中可能发生的事故，并准备具体的应急措施，使其对环境的可能影响减至最低。

第五章　核电厂施工建设过程的环境影响

5.1　土地利用

5.2　水的利用

5.3　施工影响的控制

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

5.1.2.1 施工振动的影响

5.1.2.2 施工对声环境的影响

5.1.2.3 施工对大气环境的影响

5.1.2.4 施工对水环境的影响

5.1.2.5 施工对生态环境的影响

5.1.2.6 施工对使用化学物质对环境的影响

5.1.2.7 施工固体废弃物对环境的影响

5.1.2.8 施工活动对社会环境的影响

5.1.2.9 海水取排水管线工程陆域施工对周围环境的影响

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

山东招远核电厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程建设两台机组，一期工程永久用地面积约 197.52hm^2（其中一期工程厂区用地面积为 76.9hm^2，取排水管线等用地面积为 55hm^2），工程临时用地面积（施工准备区）为 70hm^2。本项目采用“一机一塔”的配置模式建设，厂址总体规划情况如下：

- 核电厂厂区：由主厂房区、BOP 区和开关站区等组成。厂区是核电厂建设与运营的核心部分，其它各区均服务厂区生产并围绕该区进行布置。本项目两台机组的主厂房建筑群在金山和季山东侧按照一字型布置，以南侧为固定端向北扩建。1 号与 2 号机组的核岛中心距为 218.0m。
- 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。
- 现场服务区：现场服务区的主要功能是满足职工现场值班、文体、休闲等活动的需求。
- 施工准备区：本项目施工用地总面积约 70hm^2，承包商人员的生活区由承包商自行考虑。根据电规院评审意见，推荐施工准备区位于厂址北侧区域，电厂扩建端方向，现状为村落及农田。
- 进厂道路、应急道路：本项目东侧规划建设进厂道路，采用双向四车道与 S304 相接；西侧规划应急道路，采用双向二车道与西侧乡道相接。根据厂址交通特点及交通规划，初步判断满足应急相关要求。
- 截、排洪沟：按照六台机组场平一次完成，沿西北侧规划设置一条排洪沟，主要拦截西北侧季山、金山区域降雨，确保其产生的洪水不会威胁厂区。厂区排洪沟向北接入天然排水沟，最终排入八里沙河，按照千年一遇设计，PMP 校核，可保障厂址防洪安全。

- 取排水管线工程：本项目采用“一机一塔”的二次循环冷却方案，取水采用“取水头部+引水暗涵”方案，距离岸边约 1.9km；排水口离岸约 1.5km。取排水口均位于莱州湾招远市行政管辖海域。取排水管线陆域部分路径全长约 14.2km。

根据本项目规划，整厂 1 号～6 号正挖土石方工程量 1679 万 m^3，包括石方 849 万 m^3，土方 772 万 m^3，表土剥离 58 万 m^3。 厂外取排水管线及厂外道路开挖产生土方主要考虑自身平衡、就地消纳原则，不参与厂区土石方平衡计算。结合现场条件及前期相关工作，本工程土石方消纳方案可落实。

- 根据当地国土部门现有规划资料，厂址拟占土地现状主要为旱地，规划为基本农田，招远市、烟台市土地管理部门已针对本项目用地给出相关意见，并已上报山东省自然资源厅评审。

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

山东招远核电厂一期工程陆域施工活动对环境的影响主要是工程土石方爆破、道路施工、汽车运输以及设备安装等造成的地面振动、噪声、粉尘和植被破坏、水土流失等生态方面的影响。

5.1.2.1 施工振动的影响

振动主要是由施工引起的地面振动在土体中传播产生的，其频率和强度变化范围与振源特征、土体条件、周围建筑物结构特点、振源与人或建筑物的距离等因素有关。当地基处理施工振动超过一定限度时，会对人的心理和生理造成一些危害，也可能使周边建筑物诱发结构振动和地面沉降造成建筑物的整体或局部损坏。

核电厂区地基施工过程中的打桩、强夯、爆破和碾压等活动可能会对周围环境产生一定的振动影响，施工时需采取厂址附近居民采取针对性控制措施，避免对居民房屋造成影响。

5.1.2.2 施工对声环境的影响

核电厂施工过程中，厂区内可能产生噪声的活动主要包括土石方爆破、道路平整、主厂房（核岛、常规岛）的建设和厂区辅助配套设施的建设，另外设备安装和汽车运输也会产生一定噪声。施工阶段的主要噪声污染源及其噪声级见表 5.1-1。

爆破施工是间歇性的，集中在施工初期场地平整阶段。现场施工机械设备如挖掘机、推土机、钻孔机等噪声值也较高，且在实际施工过程中，通常是多台机械设备同

时作业，各台设备产生的噪声会互相叠加。同一地点同时作业的机械设备多为 2~6 台，一般不会超过 10 台，叠加后的噪声增值约 3~8dB(A)，一般不超过 10dB(A)。

施工机械作业时可视为点声源，距离加倍时噪声降低 6dB(A)，如果考虑空气吸收，则附加衰减 0.5~1dB(A)/100m，因此，昼间所有机械设备施工噪声通常在 150m 外可达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中 70dB(A)的标准；夜间不进行高噪声施工作业。

土石方工程施工期间的开挖爆破、各类施工机具作业、车辆的运输等所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生较大的影响。但由于爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，属于暂时性影响，且影响范围有限。施工期噪声影响将在电厂施工完成后不复存在。

类比辽宁红沿河核电厂 2015~2020 施工期噪声监测情况：噪声监测点位主要包括厂区内的办公区和生活区，厂界北侧、厂界 2 号门、厂界东南侧和厂界 1 号门，以及厂外敏感点大衣屯。监测项目为等效连续 A 声级（LAeq），每次测量两天，每天各点位昼间和夜间各测量一次。表 5.1-2 给出了红沿河核电厂施工期噪声监测结果（2015~2020），根据监测结果可知，厂界北侧昼间等效连续 A 声级在 43.9~59.7dB(A)之间，夜间等效连续 A 声级为 39.6~53.9dB（A）；厂界 2 号门昼间等效连续 A 声级在 49.5~58.9dB(A)之间，夜间等效连续 A 声级为 45.1~52.0dB（A）；厂界东南侧昼间等效连续 A 声级在 47.6~59.8dB(A)之间，夜间等效连续 A 声级为 39.1~52.2dB（A）；厂界 1 号门昼间等效连续 A 声级在 47.6~60.2dB(A)之间，夜间等效连续 A 声级为 46.9~52.3dB（A），均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类标准限值（昼间 65dB（A），夜间 55dB（A））的要求，可见核电厂施工活动噪声影响较小。同时，厂外敏感点大衣屯（ENE 方位 1.4km 处）昼间等效连续 A 声级在 47.2~54.2dB(A)之间，夜间等效连续 A 声级为 40.8~46.8dB（A），敏感点的噪声值除了 2017 年夜间（46.8 dB(A)）略超标外，其他时期均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准限值（昼间 55dB（A），夜间 45dB（A））。综上，施工期间类比的红沿河核电厂厂界噪声达标排放，对敏感点的环境影响较小。

考虑到施工时会存在个别时段的非稳态噪声造成厂界噪声超标的可能，在后续施工时建设单位将采取更为严格的噪声污染控制措施，优化施工方案，避免多台高噪声设备同时在该侧厂界施工，进一步减少施工作业对周围环境敏感点的噪声影响，确保

施工噪声达标。

5.1.2.3 施工对大气环境的影响

结合本项目现场条件及前期相关工作，本工程土石方消纳方案可落实。本工程施工期间的主要大气污染物包括扬尘、粉尘和汽车尾气，其中，扬尘和粉尘对大气环境质量影响较为明显。施工产生的地面扬尘和粉尘主要来自于施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放和运输以及施工建筑材料的搅拌等环节，TSP产生量与施工方式、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。

由于施工时现场车辆较多，特别是大型工程车和施工机械设备（挖掘机、铲土机等），在施工运输过程中会产生一定量汽车尾气，主要污染物为CO、NO_x和碳氢化合物。

爆破过程除产生大量粉尘外，还会产生一定量的烟气，烟气量与炸药种类、用量和操作方式等诸多因素有关。国内同类核电厂场平施工爆破通常使用乳化炸药，主要污染物为NO_x。通常在爆破前对实施爆破的区域喷水，以降低爆破过程的起尘量。爆破时合理布局炸药孔位置，尽量减少大量炸药同时引爆，最大程度降低爆破带来的粉尘和大气污染。

辽宁红沿河核电厂与本项目工程的土石方量基本相当，两者的施工期大气环境影响具有一定的可类比性。表 5.1-3 给出了红沿河核电厂施工期环境空气质量监测（2015-2020年）结果。红沿河核电厂施工期监测点位包括厂内办公区、厂界1号岗、厂界2号岗、生活区和厂外敏感点大衣屯。监测项目为TSP、PM_{10}、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳，监测频次为连续5天日均值，每天1次。根据监测结果可知，厂区及厂外环境敏感点的监测值均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，厂区及厂外环境敏感点大气环境较好。核电厂施工期间未对厂外敏感点造成大气污染。

本项目施工中可采用覆盖、定期洒水等措施减少扬尘的产生。有资料表明，在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水4~5次，可使扬尘减少70%左右；对施工场地实施每天洒水4~5次进行抑尘，可有效地控制施工扬尘，并可将TSP污染距离缩小到20~50m范围。因此，在施工活动中，在采取覆盖、定期洒水等减少扬尘的措施后，施工粉尘及扬尘的影响将局限于施工场地周围，对大气环境影响范围有限。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，大气影响时段有限。

5.1.2.4 施工对水环境的影响

本工程厂区在施工期间对水环境的污染主要来自施工生产废水和生活污水。

施工期间的生产废水来自场地冲洗水、混凝土拌合水、砂石料洗涤用水和车辆冲洗废水，污染物主要为悬浮颗粒物，施工单位拟在各施工项目区设置沉淀池，生产废水经现场污水处理站处理达标后主要用于厂区绿化和道路降尘使用。

施工期间的生活污水主要来自厂区施工人员和办公人员的生活用水。本项目规划在厂内设置生活污水处理站，用于处理施工及办公人员的生活污水。考虑到生活污水站建设及调试周期，在施工初期阶段，建设单位主要通过临建污水处理设施，包括流动厕所、临时污水站的方式，来处理施工及办公人员的生活污水。流动厕所污水通过化粪池预处理后，定期打包收集外运处置；生活污水站污水经处理达标后主要用于厂区绿化和道路降尘使用。

5.1.2.5 施工对生态环境的影响

本项目厂区施工需对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，大量的土石方挖掘工作也将完全破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，如若处理不当将会造成严重的水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

通过现场调查，电厂施工范围内无特殊生境，在电厂建设过程中，建设单位将有规划地对整个厂区和厂外道路实施绿化，建造全新的人文景观。通过类比其它核电厂建设前后的生态环境变化，预计工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

同时，本项目施工期做好严格的环境保护措施，主要措施包括地面扬尘控制、弃土控制、噪声控制、固废控制、水土流失控制、施工期废水大部分回用，不随意排放，预计不会对 2km 外的生态红线区造成环境影响。

5.1.2.6 施工使用化学品对环境的影响

核电厂建设施工阶段，各种设备和连接管道需要运输、贮存和现场安装，为避免盐雾锈蚀和表面氧化，将采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理。这些化学物质和缓蚀剂包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等。上述物质有些是有毒化学物品，因此施工时，要求设备承包商在出厂时按照相关要求处理。需要在现场进行补充处理的，由施工单位按照制定的化学物品使用管理规定严格执

行，对化学物品的使用量严格控制。由于设备和管道等均在厂内定点存放，并考虑了防水防雨等不利影响，因此需后续处理过程较少，化学物质使用量不大。该部分危险固废需按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）进行安全妥善暂存，并由相关资质单位定期收集运至厂外处理。

5.1.2.7 施工固体废弃物对环境的影响

本项目厂区建设过程中，施工队会产生一定量的生活垃圾和工业废弃物，且部分工业废弃物属于危险固废，如油漆桶、探伤洗片废液，废油布、废油漆等，如处理不当，不但会占用大量土地，造成景观污染，还会产生恶臭、滋生细菌、蚊蝇，污染大气，被雨水冲刷可能污染周围水体等。

为此，建设单位需制定严格的施工环境管理规定，对生活垃圾和施工垃圾均需制定相应的管理措施，做到文明施工，尽量减少固废产生量；生活垃圾定点堆放，及时清运；无毒无害固废尽量回收再利用，危险固废按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020）年相关规定设置专门的危废贮存仓库，定期交由有资质的单位处理或由供货商回收处置。

类比国内同类核电厂建设过程，施工期生活垃圾年产生量约 100t 左右，由当地环卫部门定期外运填埋处置。

通过采取上述措施，核电厂施工产生的固体废弃物将尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

5.1.2.8 施工活动对社会环境的影响

本项目征地范围内的居民涉及搬迁，需按国家及地方相关政策制定补偿方案，建议建设单位与当地政府及搬迁居民做好沟通协调，以获得搬迁居民对项目的理解和支持。

核电厂施工期间大量外来施工人员进驻施工现场和附近村镇，对当地居民的日常生活造成了一定影响，但同时也增加了当地居民的就业机会和商业机会。由于核电厂建设施工期较长，大量施工人员在该地区长期居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进当地经济的发展。

本项目施工区不涉及历史古迹、考古场地、风景名胜。

5.1.2.9 取排水管线工程陆域施工对周围环境的影响

本项目海水取排水管线取排水管线路径全长约 14.2km。取排水管线工程陆域部

分施工可分为线路施工和泵房施工，整个施工由具有一定施工机械设备的专业化队伍采用分段施工方式完成。施工过程对周围环境影响如下：

1）大气环境影响

管道的地面开挖、填埋、土石方堆放过程为分段进行，施工时间较短，作业带内产生的扬尘（粉尘）为无组织面源排放，根据类似管线工程施工情况，在大风情况下施工现场下风向 1m 处扬尘浓度可达 3mg/m^3 以上，25m 处为 1.53mg/m^3，下风向 60m 范围内 TSP 浓度超标。由于本项目管道两侧 100m 内村庄主要有部分村庄，这些大气环境保护目标在管线施工期间可能在短期内会受到施工扬尘的影响，但由于施工过程为分段进行，施工时间较短，且本项目管道沿线土壤多比较湿润，管线临近的村庄人口均少于千人，因此总体而言，管线施工作业扬尘污染是短时的，且影响不会很大。采取合理化管理、对容易起尘的作业面和土堆适当喷水、土堆和建筑材料遮盖、大风天停止作业等措施时，管道施工扬尘对周围保护目标的影响会大为降低。

施工期间，运输汽车、管线顶管施工等大型机械施工中，由于会使用柴油机等设备，将产生燃烧烟气，主要污染物为 SO_2、NO_2、C_mH_n 等。但由于废气量较小，且施工现场均在野外，有利于空气的扩散，同时废气污染源具有间歇性和流动性，因此对局部地区的环境影响较小。

2）水环境影响分析

- 地表水影响分析

本项目取排水管线穿越的地表水体主要为界河，该河流为中小型季节性河流，由于本项目管道施工方案未最终确定，最终施工方案需建设单位与界河管理部门沟通和进一步研究。

参考常规项目管道施工经验，一般管道穿越中小型季节性河流可采用围堰导流开挖管沟法，即先挖导流构，用围堰对河流进行导流或截流至导流沟，然后再用机械或人工在河道开挖管沟，两端截水坝间的距离根据施工作业需要设置。本项目穿越的界河长度仅几十米，采用围堰导流开挖管沟法施工时，河段暂时增高的悬浮物主要产生于底泥开挖时的泥土，由于施工时一般在枯水期或上游节制闸落闸期间，因此施工河段的流速一般很小或静流，河流中产生的悬浮物一般会在短距离内沉降，不会对河流产生大范围的影响；因此，地表水体开挖时主要是防止施工机械用油的跑冒滴漏。同时，本报告认为穿越界河时应尽量选在河流的枯水期，并充分利用上游节制闸落闸的

时候在河流上进行开挖施工，尽量减少对河流的围堰导流。

同时，根据以往施工经验，施工队伍的吃住一般依托当地的旅馆、饭店或租用当地民房，同时施工是分段分期进行，具有较大的分散性，局部排放量很小，因此施工期生活污水主要依托当地的生活污水处理系统，若无现有处理设施可依托，则采用移动厕所或临时厕所进行处理，收集后用于施肥等用途，不直接排入周围水体，不会对周围环境产生影响。

本项目管线试压废水除悬浮物外，一般不含有其它的污染物，水质较好。因此，本次评价认为，试压废水可作为站场绿化或者施工用水；在农村地区管道试压时，试压废水一般经沉淀后可直接排放用于周围的农田灌溉或林业绿化等用水；尽量减少试压废水外排量，确实不能回用的可考虑选择周围相应的河流外排，由于周边界河水体环境功能要求不高（IV~V类），因此这种方式是可行并且这种外排废水也只是少量的、暂时性的。采取上述措施后，本次评价认为本项目施工产生的试压废水不会对周围地表水环境产生长期的明显影响。

本项目管线施工时可能会产生区域地下水外渗的现象；若发生部分地下水外渗，由于一般为第四系孔隙水，和周围的地表水联系较为密切，水质一般均优于区域地表水水质，经简单沉淀后可直排区域地表水体或用于区域农灌；不会对周围地表水体产生不利影响。

- 地下水影响分析

本项目拟建工程管道主要采用埋地敷设的方式，根据本区域水文地质条件初步勘探结果可知，本区域浅层地下水不丰富，除少量低洼地区，一般不会直接穿越地下含水层，即使部分区域管道施工穿越地下含水层，但此类地下水动态较稳定，一般经过一天的时间水位基本可以恢复，本项目施工不会引起地下水质与量发生大的变化。同时，本项目不穿越地下水源保护区等地下水环境敏感区域，故施工期对地下水影响在可接受范围内。

本项目采用水压试验。试压过程中，如遇管道密闭性不好、管道破损等情况，将有少量试压水渗漏到下方土层。根据管道铺设的有关规定，试压用水不允许具有腐蚀性，不含无机或有机脏物，水的 pH 为 5～8，水中有害盐类（尤其是氯化物）的浓度应低于 1000mg/L。经类比同类工程试压废水的水质，管道试压废水中除含有因管道中的泥沙、铁屑等导致的悬浮物外，一般不含有其它污染物，本身水质较好。因此，

试压用水本身是清洁的。即便在有少量试压水外泄的情况下，也不会对当地地下水造成影响。

同时，通过对取排水管线评价范围内的地下水水井取水口分析，取排水管线 200m 范围内无集中式生活用水井，预计管线施工对居民生活用水影响较小。

3）声环境影响

本项目管道建设施工中使用的机械、设备和运输车辆主要有：挖掘机、推土机、混凝土搅拌车、冲击式钻机、载重卡车、柴油发电机组等。噪声会对项目周边的居民及野生动物造成一定的影响。管道施工属于线性工程，局部地段的施工周期较短，站场施工工期也较短。因此，施工噪声只短时间内对局部声环境造成影响。

根据噪声预测公式，在多台设备同时运转的情况下，昼间施工噪声在 150m 以外不超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的昼间 70dB(A)。

根据调查，本项目管线沿线两侧 200m 范围内有部分村庄，这些声环境敏感点的声环境在施工期可能会受到施工噪声的影响。但是，管道施工噪声是短暂的且具有分散性，在白天施工，夜间不施工。因此，通过优化施工方案、管线施工对周围居民生活的影响在可接受范围内。

4）固体废物影响

管线施工期产生的固体废物主要为生活垃圾、工程弃土、废弃泥浆和施工废料等。

（1）生活垃圾

本项目主要在农村地区施工，施工期生活垃圾产生量较少，建设单位可将生活垃圾集中收集，采取袋装方式，送到近距离内的垃圾处置场所集中处置，对生活垃圾进行集中处置后，不会对周围环境产生影响。

（2）工程弃土

本项目管线工程施工垃圾主要包括陆地挖沟围堰敷设和公路/铁路顶管穿越敷设后的弃土。本项目取排水管线施工弃土量约为 20 万 m^3，弃土场暂考虑为裕龙石化填海区。本项目施工过程中产生的弃土采取的妥当的处置方式后，不会对周围环境产生明显影响。

（3）施工废料

施工废料主要包括焊接作业中产生废焊条、防腐作业中产生的废防腐材料及施工过程中产生的废混凝土等。根据类比调查，施工废料的产生量按 0.2t/km 估算，本项

目施工过程产生的施工废料量约为 3t。施工单位对部分施工废料进行回收利用，剩余废料依托当地职能部门有偿清运。

5） 生态影响

经实地勘察，本项目取排水管道沿线两侧 300m 以内没有大型森林公园、自然保护区，涉及影响相对较大的为少量农田及果园。村庄附近、道路两侧、丘陵坡地处有人工林生长，工程建设对周边生态系统不会产生重大影响。

管道沿线无珍稀野生动物，动物类群相对比较单一，主要为一些小型动物，如昆虫、蛇、鼠、鸟类等。管道沿线人工植被居多，人为干扰严重，动物种类及数量较少。施工噪声或废气对野生动物有一定影响，但因工程施工期较短，且施工影响范围较小，动物在短时间短距离内，可以暂时躲避施工影响，待完工后即可重获原有栖息条件。因此，管道施工期对动物生态环境影响较小。

6） 海水预处理站及取水泵房施工影响

本项目海水预处理站及加压泵站拟占地总面积约 9.9hm^2，取水泵房拟占地面积约 2.0hm^2。本工程海水预处理站及泵站施工不涉及生态红线区域，虽然本工程站房施工期会产生占用少量土地、造成少量植被破坏和水土流失，但站场工程施工占地相对较小、施工时间短，在施工完成后，会恢复站址周围的植被绿化。综上所述，本工程站房施工对环境影响较小。

表 5.1-1　施工阶段的主要噪声污染源及噪声级

施工期	主要声源	噪声级 dB（A）
土石方	爆破	>120
土石方	挖掘机、推土机、平地机、装载机、压路机、打桩机和摊铺机	76~105
底板和结构	混凝土输送泵、振捣机、电锯、电焊机	90~100
内部装修	电钻、电锤、手工钻、无齿锯	100~110
外部装修	升降机、吊车	65~75
交通运输	轻型载重卡车、混凝土罐车、大型载重车	75~95

表 5.1-2　类比红沿河核电厂施工期噪声监测结果一览表（2015~2020）

测试点位	测试时段	最大监测值 L_{eq}						标准值	达标情况
		2015 年 10 月	2016 年 11 月	2017 年 12 月	2018 年 9 月	2019 年 11 月	2020 年 3 月、8 月		
厂界北侧	昼间	43.9	50.5	59.7	48.3	48.1	52.4	昼间：65 dB（A）；夜间：55dB（A）	达标
	夜间	39.6	46.6	53.9	46.2	45.7	47.4		
厂界 2 号门	昼间	49.5	49.5	58.9	52.9	53.3	58.0		
	夜间	45.7	45.1	52.0	48.7	48.6	49.1		
厂界东南侧	昼间	47.6	49.2	59.8	44.4	45.4	49.6		
	夜间	42.3	39.2	52.2	39.1	40.1	43.0		
厂界 1 号门	昼间	50.6	47.6	60.2	55.7	55.2	56.3		
	夜间	46.9	47.4	52.3	50.1	49.1	49.8		
大衣屯	昼间	47.5	47.2	54.2	48.2	47.6	51.7	昼间：55 dB（A）；夜间：45dB（A）	除了 2017 年夜间略超标
	夜间	42.4	42.5	46.8	41.3	40.8	42.7		

表 5.1-3　类比红沿河核电厂施工期环境空气监测结果一览表（2015~2020）

监测点位	监测时间	TSP（μg/m³）	PM_{10}（μg/m³）	二氧化硫（μg/m³）	氮氧化物（μg/m³）	一氧化碳（mg/m³）
厂内办公区	2015 年 12 月 11 日~15 日	45~230	15~113	33~101	24~64	＜0.3~0.5
	2016 年 11 月 21 日~25 日	63~170	34~100	25~91	29~72	＜0.3~0.5
	2017 年 11 月 30 日~12 月 4 日	192~230	98~112	47~57	34~48	0.64~0.86
	2018 年 09 月 23 日~27 日	31~38	21~29	7~9	42~61	0.3~0.4
	2019 年 11 月 11 日~16 日	53~105	29~71	11~14	42~75	0.4~0.6
	2020 年 3 月 23 日~27 日	43~57	38~52	9~11	40~84	＜0.3
厂界 1 号岗	2015 年 12 月 11 日~15 日	37~229	23~130	39~111	25~78	0.4~0.5
	2016 年 11 月 21 日~25 日	64~171	33~101	26~92	37~83	＜0.3~0.5
	2017 年 11 月 30 日~12 月 4 日	212~232	101~120	50~60	37~53	0.71~0.97
	2018 年 09 月 23 日~27 日	31~39	29~32	7~11	44~64	＜0.3~0.3
	2019 年 11 月 11 日~16 日	91~102	36~88	9~11	44~75	0.4~0.6
	2020 年 3 月 23 日~27 日	42~56	38~52	8~9	47~74	0.4~0.6
厂界 2 号岗	2015 年 12 月 11 日~15 日	39~236	21~129	44~124	33~82	＜0.3~0.4
	2016 年 11 月 21 日~25 日	65~169	35~100	26~92	41~82	0.4~0.8
	2017 年 11 月 30 日~12 月 4 日	208~222	98~123	48~55	35~58	0.73~0.93
	2018 年 09 月 23 日~27 日	31~42	22~35	8~12	44~62	＜0.3
	2019 年 11 月 11 日~16 日	79~95	31~84	11~13	42~72	0.3~0.4
	2020 年 3 月 23 日~27 日	36~62	30~57	5~6	37~89	0.6~0.7
生活区	2015 年 12 月 11 日~15 日	47~234	41~108	25~61	17~51	＜0.3~0.5
	2016 年 11 月 21 日~25 日	65~173	37~105	27~93	31~74	＜0.3~0.5
	2017 年 11 月 30 日~12 月 4 日	202~231	98~120	46~57	34~47	0.68~1.01
生活区	2018 年 09 月 23 日~27 日	38~42	28~32	8~13	42~59	<0.3~0.3
	2019 年 11 月 11 日~16 日	88~101	33~96	11~14	43~73	0.3~0.4
	2020 年 3 月 23 日~27 日	46~64	42~60	3~6	44~86	0.4~0.5
大衣屯	2015 年 12 月 11 日~15 日	43~166	22~132	18~61	36~105	＜0.3~0.5
	2016 年 11 月 21 日~25 日	63~169	38~103	26~92	31~73	＜0.3~0.8
	2017 年 11 月 30 日~12 月 4 日	204~222	99~122	46~60	36~51	0.65~1.01
	2018 年 09 月 23 日~27 日	38~45	31~35	8~11	40~57	<0.3
	2019 年 11 月 11 日~16 日	6~100	21~70	11~13	43~75	0.3
	2020 年 3 月 23 日~27 日	49~63	43~55	8~9	42~79	0.3~0.5
《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准		300	150	150	100	4
达标情况		达标	达标	达标	达标	达标

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

5.2.3 海域施工活动对航运、防洪堤坝、景观等的影响

5.2.4 施工期供水水源分析

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

本项目申请用海主要包括温排水区、透水构筑物、取、排水管道、取、排水口等，其中取、排水口构筑物总计用海面积约为 7.6hm^2，取排水管道用海面积约 13.4hm^2。

综合技术经济因素，现阶段推荐暗取暗排方案，取水头部位于-6.0m 等深线附近，取水头部离岸距离约 1.9km；排水头部位于-6.0m 等深线附近，距界河入海口混合区外边缘约 300m，离岸约 1.5km；取水头部与排水头部间距约 1.6km，取、排水口均位于莱州湾招远市行政管辖海域。

取水暗涵现阶段推荐采用灯泡型布置方案，采用盾构法施工，利用取水补水泵房作为始发井向海域掘进。海域取水隧洞内径 2800mm，取水头部段设置多点式取水蘑菇头，采用垂直顶升工艺施工取水立管，立管内径 1200mm；取水立管顶升完成后，在顶部通过法兰固定取水蘑菇头。取水隧洞从取水头部向补水泵房方向设约 0.1%的坡度，确保施工期隧洞内部不积水或少积水，同时利于检修时隧洞内海水的抽排。取水头部段位于-6m 等深线处，取水头部处取水隧洞轴线标高-14.50m，取水头部处洞顶覆盖层厚度约 6m,取水泵房接口处取水隧洞轴线标高-16.75m。陆域取水方案按照 6 台机组两条 DN2000 取水管道考虑。

对于排水隧洞，现阶段推荐采用直线型顶管方案，排水隧洞按直线布置伸至-6m 等深线处，排水头部处排水隧洞轴线标高-13.55m，排水混合井接口处排水隧洞轴线标高-11.95m,利用排水混合井作为始发井，采用顶管施工向海域掘进，每条隧洞设 6 个排水头部，采用垂直顶升施工。海域排水隧洞顶管内径 DN2000mm，排水立管内径 600mm。陆域排水方案按照 6 台机组两条 DN1600mm 排水管道考虑。

同时，根据目前设计方案，本项目无大件码头建设计划，重件运输方案推荐依托龙口港区的胜利港码头。

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

本项目海域施工建设过程中对水环境的影响主要有取排水头部设施修筑工程施工时产生的悬浮泥沙，以及海上施工船舶产生的含油废水、生活污水等。

5.2.2.1 对水环境的影响分析

取、排水管线施工时不可避免产生悬浮泥沙，产生的较粗泥沙很快沉降海底，较细泥沙颗粒较长时间悬浮于水体中并随海流输移扩散，形成悬浮泥沙场。施工时产生的悬浮泥沙一般分布在施工区域附近，本项目采用盾构法及顶管法施工工艺，与沉管工艺相比，悬浮泥沙影响范围更小（集中在取、排水头部附近），随着施工期的结束，悬浮泥沙的影响也随之结束，对海域水质影响也随之消失。

海上施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。另外，船上人员也会产生少量生活污水及生活垃圾。船舶废水及船舶垃圾须至船舶靠岸后委托有资质单位处理，不直接排放海域。在采取并落实上述环境管理措施后，预计施工船舶不会对海域环境质量造成明显影响。

5.2.2.2 对生态环境的影响分析

本项目海域工程建设对海洋生态环境的影响主要来自地貌的改变和环境污染两方面。

取、排水构筑物建设可能改变局部海底地形，但由于取、排水构筑物（除取排水头部外）均在泥面以下，基本不会造成大范围的冲淤影响。根据南京水科院对项目建成后的水动力影响预测结果，取、排水工程并不能很大范围的改变周围流场，工程附近含沙量常态条件下仍保持在 0.01kg/m^3-0.05kg/m^3 左右。

施工作业将增加局部海域海水的浑浊度，由于海水浑浊度的增加，降低阳光透射率，减弱浮游植物光合作用，从而影响海洋生物的生存和发展。但由于本项目悬浮泥沙影响范围较小，且随着施工作业结束，悬浮泥沙停止排放，其对当地浮游生物的影响较轻。

由于项目进排水管道采用盾构法施工，只有进排水口构筑物施工时才会产生悬浮泥沙。因此，本项目施工期引起的泥沙入海量较小，施工期泥沙散失入海对水质环境影响较有限，并且由于泥沙散落量较小，且随涨落潮的扩散范围有限，因此，项目施工期间的泥沙散落对周边海域的沉积物环境质量影响较小。

取、排水构筑物对海域的占用对底栖生物也造成一定的损失，但因本项目所选工程海域主要位于出海口，避开养殖区及生物富集的范围，其所造成对生态损失程

度有限。

5.2.2.3 对渔业资源影响

本项目海域施工范围西侧约 3~15km 分布有招远近海海水养殖区，本项目海上施工会造成局部水中悬浮物质含量过高，但考虑到本项目采用盾构法及顶管法施工工艺，与沉管工艺相比，悬浮泥沙影响范围主要集中在在取、排水头部附近，距离养殖区最近尚有约 3km 左右的距离，且随着施工期的结束，悬浮泥沙的影响也随之结束。同时，建设单位也将在施工期开展海域环境跟踪监测，并采取必要措施，以切实减缓本工程海工施工对水质和生态环境的影响，预计海上施工对海水渔业养殖影响较小。

5.2.2.4 对莱州湾种质资源保护区养殖影响

本项目取排水口位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾保护区的实验区内，本项目用海单元包括取水口、排水口、取排水头部防护装置，本工程进排水口设置将该范围内的渔业资源和底栖生物栖息地永久性被占用。根据相关研究资料发现，本项目建设未占用保护区主要保护对象的的产卵场和洄游通道，大部分主要经济动物均不在此处越冬，本项目施工期间，对保护区主要保护对象的影响较小。

根据《中广核山东招远核电厂一期工程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论证报告》的相关内容及结论，本项目取排水工程设置以及施工的可行性分析如下：保护区内主要保护物种的产卵期为：中国对虾产卵盛期为 4~6 月，三疣梭子蟹产卵盛期为 5~6 月，小黄鱼、花鲈、真鲷等产卵盛期为 5~6 月。本项目取排水工程在施工过程中，仅取排水头部顶升、拦污网固定桩、防撞桩施工等工艺可能进入保护区水域部分，产生的少量悬浮泥沙对保护区水质造成影响，上述工序将避让保护区的特别保护期（4 月 25 日～6 月 15 日），以尽量避免对保护区资源的影响；山东招远核电项目采用二次循环冷却工艺，取水量、冷却塔排水量很小，造成的温升影响、余氯影响的总体范围有限，从环境影响角度来看，本项目目前的海工工程方案是具备可行性的，最终海工工程方案以相关管理部门批复为准。

本项目海工工程施工过程中会产生悬浮泥沙，产生的较粗泥沙很快沉降海底，较细泥沙颗粒较长时间悬浮于水体中并随海流输移扩散，形成悬浮泥沙场，对海域环境产生影响。《渔业水质标准》（GB11607-89）要求人为增加的悬浮物质含量不得超过 10mg/L，本项目悬浮物浓度超过 10mg/L 的面积仅为 24.05ha，只会对较小范围内海洋生物幼体造成影响。随着施工期的结束，悬浮物场也随之消失，对悬浮物扩散海域

生物、环境的影响也随之消失。

施工作业将增加局部海域海水的浑浊度，由于海水浑浊度的增加，降低阳光透射率，减弱浮游植物光合作用，从而影响海洋生物的生存和发展，但这种影响是暂时和局部的，海上施工结束后，生态环境将逐步恢复正常。

本项目海工工程施工期的船舶废水须至船舶靠岸后委托有资质单位进行处理，不直接排放海域。施工船舶作业过程中可能产生残油、塑料废弃物、生活垃圾等禁止直接排至海域。不会对莱州湾国家级水产种质资源保护区的水质产生明显影响。

根据农业农村部渔业渔政管理局《关于<中广核山东招远核电项目一期工程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论证报告>的意见》（农渔资环便〔2022〕169 号），本项目建设单位在施工和运营期间应针对保护区制定详细的实施方案、落实好渔业资源保护和补偿措施，并做好增殖放流、渔业生态环境跟踪监测、事故风险防范等相关措施。

5.2.3 施工期供水水源分析

根据山东招远核电厂水资源论证报告，本项目施工期生活和生产用水以及运行期的生活用水将由辛庄净水厂供应，辛庄净水厂已经建成的供水规模 4.52 万 m^3，2021 年正在扩建，扩建完成后供水能力达到 7.02 万 m^3/d。该供水规模已经确定了向招远市区供水 4.0 万 m^3/d、向滨海科技产业园区供水 1.52 万 m^3/d，向金岭生物医药工业产业园供水 1.5 万 m^3/d 的供水任务。本项目距离辛庄净水厂最近约 6.4km。

辛庄净水厂原水取自侯家水库，本项目距离侯家水库约 8.2km，侯家水库是胶东调水工程引水入招远后的调蓄水库，辛庄净水厂是侯家水库统一供水水厂，本项目施工期生活和生产用水均以辛庄净水厂为淡水水源，用于施工的现场砂石料生产、混凝土搅拌、混凝土养护、海工盾构、办公、消防等用水、生活用水。

胶东调水工程在招远市分水口门的出水，现阶段全部进入侯家水库并通过辛庄净水厂统一供水，胶东调水工程最大分水指标为 2000 万 m^3/a。侯家水库位于招远西北部辛庄镇邢家村东，淘金河中游，现状总库容为 1191 万 m^3，兴利库容 1000 万 m^3，集水面积 25.39km^2，多年平均径流量约 428.08 万 m^3。候家水库取水口为放水洞，通过输水管道到侯家水库加压泵站，输水管道设计供水能力 7.0 万 m^3/d，最大供水能力 7.0 万 m^3/d，由加压泵站提水通过输水管道到辛庄水厂；侯家水库来水的淘金河流域

较小。根据历次调水监测结果显示：引入的客水水质全部达到国家规定的地表水环境质量III类水质标准，满足饮用水水源要求，侯家水库水质是可靠的。辛庄净水厂所属招远市自来水公司对自来水出厂水质和管网末梢水质进行 35 项指标监测，迄今为止，经检测的水质指标全部满足《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）的相关要求。

侯家水库的水源主要为外调水，山东招远核电项目按照 2 台机组连续施工，施工期最大年用水量占辛庄净水厂水源侯家水库现状分水指标的 5.9%，占辛庄净水厂近年年供水量的 20%左右。在遭遇连续枯水年，辛庄净水厂现状供水能力仅能满足现有用水户的需求（日最大供水约 4.5 万 m^3），待辛庄净水厂扩建工程完成后（日最大供水约 7 万 m^3）有能力满足招远核电项目的施工期用水量和供水保证率要求。2021 年辛庄净水厂正在扩建，预计在本项目建设前辛庄净水厂扩建工程可完成，因此，从供水情况和调水指标富余的情况来看，施工期取用水量不会影响辛庄净水厂的正常取水，也不会对招远市周边供水造成影响。

根据山东招远核电厂水资源论证报告，本项目的建设和运行，不会对辛庄净水厂目前用水户的现状用水条件造成影响，但会与有新增用水需求的原用水户和新用水户形成用水竞争关系。因此，招远核电项目建设单位应尽早与招远市自来水公司签订用水协议，通过自来水公司的运行调度，协调辛庄净水厂各用水户的用水，在居民生活用水优先的条件下，对于核电工程用水予以重点保障。辛庄净水厂向山东招远核电项目供水，不会造成其现有用水户权益的损失，不存在需要采取补救或补偿的问题。

同时，由于山东招远核电厂在侯家水库取水，水源是引调黄河水和长江水，并非本地水资源，因此，不会改变本地水资源时空分布和水文情势，对区域整体的水资源状况不构成影响。

5.3 施工影响的控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

5.3.3 施工期环境监测

5.3.3.1 陆域环境监测方案

5.3.3.2 海域环境监测方案

5.3 施工影响的控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

山东招远核电厂一期工程在施工期间对陆域环境的影响主要是不同工程阶段和工程子项目建设对陆地生态、大气环境和声环境等方面的影响。为最大限度降低该过程对环境的不利影响，建议工程施工过程中采取以下相应的有效缓解措施，主要包括：

（1）大气环境

— 施工期间爆破、混凝土搅拌和载重车辆运输过程等引起粉尘和地面尘土飘散，为降低其对大气环境的影响，保护施工人员的身体健康，建议施工过程中采取洒水抑尘、深孔爆破、硬化路面、控制车速和加盖苫布等方式来降低施工起尘量，改善施工区域的大气环境；

— 施工过程产生一定量的临时弃土，临时弃土场对环境的影响主要是弃土在堆放过程产生的扬尘污染。为控制临时弃土场对大气环境的不利影响，采取在弃土倾倒和堆放过程中适量洒水抑尘，并避免同时进行大规模的弃土倾倒；

— 加强区域内的场地绿化，栽植能减少扬尘的高矮不等的乔木、灌木。

（2）声环境、振动

— 尽量使用低噪声施工设备，在高噪声源设备上加装消音、减震装置，经常对设备进行保养，维持设备处于良好的运转状态；

— 合理安排施工进度，避免在施工期间同步使用高噪声设备；严格控制夜间施工过程，对于可能影响到声环境敏感点的项目，禁止夜间施工；

— 在厂房建筑设计中，使办公场所和休息区远离强噪声源，并设置必要的值班室对工作人员进行噪声防护隔离，对工人直接接触的噪声设备，采用隔声耳罩。对主控室单独进行声学设计，通过封闭隔声、减振和内部吸声降低混响等措施，减小室内噪声级；

— 对于土石方爆破带来的振动和噪声影响，采取深孔爆破方法，合理选择装药量，划定安全防护距离、装卸设备轻拿轻放等方式，来控制噪声及振动影响的范围，对于岩土爆破施工对建筑结构影响的容许振动值，应符合现行《爆破安全规程》（GB 6722-2014）的要求；

— 厂区绿化，选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的植物构成绿化带，以减轻

对周围声环境的影响；

— 对于场地施工的振动影响控制，在施工中按照《建筑工程容许振动标准》（GB 50868-2013）控制振动影响，在靠近居民点的厂界进行基桩施工时考虑采用一些施工优化方案，包括：1）多台桩机施工时实现交错沉桩，避免两台或两台以上桩机在距民宅最近的地方同时施工；2）在靠近居民点的围墙内侧挖减振沟，并以中粗沙回填；3）在靠近民宅处，采取退打的方式，即先施工距民宅最近的桩，然后逐步向后。

（3）生态环境

— 为控制弃土场的水土流失，通过工程措施、植物措施与预防保护措施来实施有效的控制。工程措施包括：弃土场“先挡后弃”，弃土堆放前在弃土场周围坡脚设砖砌挡坎，弃土结束后，对弃土顶面进行土地平整，为恢复创造条件；弃土结束顶面平整后，在弃土顶面及周围修筑挡水土埂，保持水土。植物措施包括：在弃土场顶面采取乔、草结合的方式，种植当地优势物种。预防保护措施包括：弃土过程中，将清基表土与其他弃土分开堆放，表土集中堆于弃土场一角，用于弃后回铺。

— 为减少施工过程特别是场平阶段对厂区生态的影响，应尽量保留原有地表表土，在厂区绿化过程中优先采用原有表土，栽培地方特有物种，搭配对粉尘有较好抑制效果的乔木和灌木。

— 进行水土保持监测，掌握水土流失情况，评价工程的建设对水土流失的实际影响，了解水土保持工程所起的作用，优化水体保持措施。

（4）放射源及化学物品管理

— 施工期间主要用γ射线进行无损探伤检验，管理措施如下：

1）聘请有相应辐射安全许可的专业检测公司开展；

2）根据环境保护部颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》进行管理；

3）放射源存放在厂区内专用源库中，并设专人看管和安保监控；

4）使用放射源的作业区范围内设置警示区和警戒线，防止有人误入控制区；

5）探伤操作人员佩戴个人剂量计和报警器，监控工作过程中个人所受辐射剂量。现场配备巡检仪，监控放射性工作场所的剂量水平。

核电厂建设施工阶段，将涉及多种化学物质的使用。在施工时，严格执行制定的化学物品管理使用规定，对化学物品的贮存和使用量严格控制，产生的危险废物由相关资质单位处理或由供应商回收处理。

（5）固体废弃物管理

建设单位将制定严格的施工环境管理规定，对不同类别的施工垃圾和生活垃圾按分类进行处理。施工垃圾中不可回收利用的无毒无害废弃物运至建设单位指定的临时废弃物堆放场，可回收利用废弃物应尽量回收再利用；有毒有害废弃物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）设置专门的危废贮存仓库，定期交由有资质单位处理或者由供应商回收进行处理。通过采取上述措施，使核电厂施工产生的固体废弃物尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

5.3.2.1 常规控制措施

本项目在施工期间产生的悬浮泥沙、含油废水以及取排水等海工项目可能会对附近海洋环境产生影响。为减少施工期间的海洋环境影响，建议拟采取的措施主要有：

— 疏浚挖泥过程尽量做到精确定位，减少作业中不必要的超深、越宽疏浚量。泥浆在运输途中严格检查泥舱泥门的密封性，发现有泄漏污染物的现象，立即采取措施封堵；

— 对于岸边堆放的土方及建筑材料，需加强场地管理，增加防护措施，以防止由于外界因素进入水体；

— 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物，船舶含油废水经油水分离器处理后排海，未安装油水分离器的小型船舶，自行将含油废水收集贮存后带至岸上处置；陆上隔油池定期清理，废油脂交由相关资质单位回收；

— 厂区雨污分流，禁止生活污水乱排或未经处理直接排放，加强对污水站的维护管理，定期监测出水口水质，确保污水站运行稳定，污水回用；

— 场地冲洗、混凝土搅拌等生产废水经沉淀池处理后，主要回用于场地洒水抑尘和绿化。

5.3.2.2 针对水产种质资源保护区控制措施

山东招远核电项目海工工程位于辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护

区莱州湾保护区的实验区内，因此海工工程施工时应严格遵守《水产种质资源保护区管理暂行办法》（2016 年修正本）中的相关规定，在海工工程设计、工程施工时，严格遵守有关设计和相关规定，优先考虑保护区重要水产种质资源、维护生物多样性、保持生态平衡、实现渔业资源可持续利用，完善环保设施，采取积极措施，尽量减少对海洋环境质量的影响，如遇突发性事故，造成悬浮泥沙外泄或溢油事故，应及时报告保护区管理部门，并采取积极的措施，将对渔业损失的污染影响程度降低到最小。

5.3.3 施工期环境监测

核电厂的施工包括陆域工程和海域工程的建设，这些工程的建设会造成厂址附近局部陆域及海域环境质量受到影响。为掌握核电厂建设期间对陆域及海域环境造成影响的程度，检验核电厂施工期间采取的减缓环境影响措施的实施效果，促使施工单位采用更合理的工艺以最大限度降低工程建设对周边环境的不利影响，建设单位应委托相关资质单位分别开展山东招远核电厂施工期间的陆域及海域环境监测工作，从施工期开始后定期进行环境动态监测，跟踪区域环境质量变化，及时反馈建设方。相关监测技术要求参照《核电厂施工期环境监测技术规范》(DB37/T 3547-2019)执行。

5.3.3.1 陆域环境监测方案

陆域环境监测内容包括环境空气、污水站出水和噪声三部分，并考虑固体废物跟踪调查。

a、环境空气监测：

- 土建施工阶段：主要监测土地平整、主厂房区（核岛、常规岛）、配套设施区、厂前区（包括办公区、生活区）等构筑物施工过程产生的扬尘及场区内各种作业车辆产生的尾气等。根据施工场界内废气排放源及施工活动状况设置监测点位，应在施工场界外上风向布设 1 个参照点、下风向布设 2～3 个监控点。正常施工状态下每季度至少开展 1 次监测，应选取污染物排放浓度值（量）较大时段开展监测；非正常施工状态，应及时实施加密监测。
- 设备安装与调试阶段：主要监测常规岛汽轮机组、核岛反应堆、反应堆冷却剂系统（RCP）、循环水系统（CRF）及各种控制单元设备安装与调试过程中，施工场区内各种施工车辆产生的尾气。监测点位设置与土建施工阶段一致。
- 施工场界周边环境质量监测:应对施工场界及环境敏感目标开展环境空气质

量监测。在施工场区下风向且距离施工场界最近的环境敏感目标设置环境空气监测点位。施工场界环境空气质量监测点位设置参考土建施工阶段无组织排放监测布点执行。

对于道路及取排水管线工程（包括各站房）的施工场界外也进行监测，监测布点在道路及取排水管线工程施工场界下风向且距离最近的环境敏感目标。

具体监测项目及布点要求见表 5.3-1~表 5.3-3。

b、水环境监测：

土建施工阶段：主要监测临时生活区及办公区餐厅、浴室、冲厕等产生的生活污水。根据废水产生、处理及排放情况，应在生活污水排水口或污水处理设施出口（回用水池）设置监测点位。

设备安装与调试阶段：主要监测施工场区内地面及设备冲洗废水、反应堆冷却剂系统（RCP）和循环水系统（CRF）调试外排废水及临时生活区及办公区餐厅、浴室、冲厕等产生的生活污水。监测点位设置与土建施工阶段一致。

对于取排水管线的施工期间地表水也进行监测，地表水监测布点在施工穿越施工穿越的界河内，监测地表水水质；地下水监测布点布设在管线附近的地下水井，地下水监测项目主要为水位及水质，具体监测内容可参考《地下水环境监测技术规范》HJ164-2020 以及《地下水质量标准》GB/T 14848-2017 中的常规项目。

具体监测项目及布点要求见表 5.3-1~表 5.3-3。

c、噪声监测：

主要监测施工场区内各种施工车辆、施工设备运行产生的工业噪声。根据施工场区内噪声源分布情况设置监测点位，应连续测量 20 分钟并记录等效声级 Leq 和最大声级 Lmax，累积百分声级 L10、L50、L90 及标准偏差等相关参数。

同时，根据噪声源分布、运行及源强情况，在距离场界最近环境敏感目标处设置声环境质量监测点位，测量 20 分钟并记录等效声级 Leq 和最大声级 Lmax，累积百分声级 L10、L50、L90 及标准偏差等相关参数。

对于道路及取排水管线工程的施工也进行监测，监测布点在道路及取排水管线工程施工区周边的村庄。监测项目为等效连续 A 声级（LeqA），每次分昼间和夜间监测。

对于道路及取排水管线的施工也进行监测，监测布点在道路及取排水管线施工区周边的村庄。监测项目为等效连续 A 声级（LeqA），每次分昼间和夜间监测。

土建施工阶段具体监测因子、频次及监测时段见表 5.3-1；设备安装与调试阶段具体监测因子、频次及监测时段见表 5.3-2；施工场界周边大气环境质量监测因子、频次及监测时段见表 5.3-3。

d、固体废物（含危险废物）调查

固体废物主要调查一般工业固体废物（废包装袋、废砂石等）和危险废物（废机油、废化学品、废润滑油等）产生量、综合利用量、处置量、贮存量、倾倒丢弃量、处置方式及危险废物处理单位资质、暂存场所建设、危废转移手续等，有必要时可对固体废物最终处置去向开展跟踪调查。暂存场所建设应符合 GB 18597、GB 18599 标准要求。每半年至少开展 1 次固体废物调查工作。

5.3.3.2 海域环境监测方案

海域环境监测工作应于施工期开始后实施，尽量兼顾海工施工的高峰期，并在海域施工完毕后进行一次后监测。监测内容应包括水质、沉积物及海洋生物等。

监测站位布设应重点考虑山东招远核电厂一期工程海工施工区附近海域，海域工程附近布点应较密，远区可稍稀疏，并兼顾水产养殖区等敏感目标。根据同类厂址核电站海域监测范围，监测范围可以设定在海工施工区以外 15km 内，其中 5km 范围内应为重点监测区域，特别是取排水口等重点海工工程附近，应作重点监测。

监测频次为每年枯水期、丰水期至少开展 1 次近岸海域海水水质、海洋生态及海洋沉积物监测与调查工作，并结合可获取的有效性监测数据对近岸海域环境质量变化情况进行综合分析评价。

表 5.3-1 土建施工阶段监测因子、频次及监测时段

类别	来源	监测因子	监测时段	监测频次	监测点位
废气	无组织组织排放	场界：颗粒物	每季度至少监测 1 次	4 次/天 不少于 2 天	施工场界外
		取（弃）土（石）场：颗粒物[注 1]		4 次/天 不少于 2 天	取（弃）土（石）场界
废水	生活污水	pH、COD、BOD_5、氨氮、悬浮物、总氮、总磷、动植物油、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群数、总余氯、流量	每季度至少监测 1 次	4 次/天 不少于 2 天	处理设施出口（回用水池）
噪声	—	等效连续 A 声级	每季度至少监测 1 次	昼间、夜间各 1 次不少于 2 天	施工场界外

注 1：封场后可停止监测。

表 5.3-2 设备安装与调试阶段监测因子、频次及监测时段

类别	来源	监测因子	监测时段	监测频次	监测点位
废气	无组织组织排放	场界：氮氧化物、非甲烷总烃	每季度至少监测 1 次	4 次/天 不少于 2 天	施工场界外
废水	生活污水	pH、COD、BOD_5、氨氮、悬浮物、总氮、总磷、动植物油、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群数、总余氯、流量	每季度至少监测 1 次	4 次/天 不少于 2 天	处理设施出口（回用水池）
	生产废水	pH、COD、BOD_5、氨氮、悬浮物、总氮、总磷、动植物油、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群数、总余氯、流量	每季度至少监测 1 次	4 次/天 不少于 2 天	处理设施出口（回用水池）
噪声	—	等效连续 A 声级	每季度至少监测 1 次	昼间、夜间各 1 次 不少于 2 天	施工场界外

表 5.3-3 施工场界周边环境质量监测因子、频次及监测时段

环境目标	监测因子	监测时段	监测频次	监测点位
环境空气质量监测	二氧化硫、氮氧化物、PM_{10}、$PM_{2.5}$	每季度至少监测 1 次	4 次/天 不少于 2 天	施工场界及周边村庄。
地表水环境质量监测	PH、COD、BOD5、氨氮、悬浮物、总氮、总磷、石油类	每季度至少监测1 次	1 次/天 不少于2 天	管道在界河入河口上游100m 布设1 个对照面，下游500~1000m 布设1~2 个控制断面。
地下水环境质量监测	水位以及GB/T 14848 中规定的常规项目	每季度至少监测 1 次	1次/天 不少于2天	施工场界周边及取排水管线周边地下水井。
声环境质量监测	等效连续 A 声级	每季度至少监测 1 次	1 次/天 不少于 2 天	施工场地最近的环境敏感目标

第六章　核电厂运行的环境影响

6.1　散热系统的环境影响

6.2　正常运行的辐射影响

6.3　其它环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

6.1.1.1 冷却方式比选论证

6.1.1.2 海域取排水方案比选论证

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

6.1.4 散热系统对声环境的影响

6.1.5 散热系统对大气环境的影响

6.1.5.1 雾羽和荫屏

6.1.5.2 飘滴和沉降

6.1.5.3 盐份沉积

6.1.5.4 下雾与结冰

6.1.6 参考资料

6.1 散热系统的环境影响

山东招远核电厂整厂规划建设 6 台华龙一号核电机组，一期工程拟建设 2 台华龙一号核电机组，冷却塔采用“一机一塔”方案，每台核电机组常规岛冷却水系统配一座逆流式自然通风海水冷却塔，冷却水源的取、排水口均位于位于莱州湾招远市行政管辖海域。其中，单台机组夏季冷却水排水量为 1.61m^3/s，冷却水温升为 3.03℃；单台机组冬季冷却水排水量为 0.98m^3/s，冷却水温升为 14.80℃。

6.1.1 散热系统方案

6.1.1.1 冷却方式比选论证

山东招远核电厂一期工程采用华龙一号技术融合路线，建设单位对直流冷却方式和二次循环冷却方式进行比选，比选时按照整厂 6 台机组整体规划设计进行方案比选。主厂区厂坪标高约 100m(1985 国家高程)来进行直流和二次循环冷却方式的技术经济比较。

根据本项目厂址海域范围内的水文条件，当采用直流供水系统时，单台机组的循环水、重要厂用水和辅机冷却水等机组冷却水量约为 55m^3/s。直流供水考虑取水温升后，年平均水温 15℃，机组出力约 1220MW。

山东招远核电厂址距离渤海莱州湾海岸直线距离约 9km，采用直流供水方案，初步设想有如下两种方案：

方案一：（自流+中途提升）方案

取水：从海域-7.0m（1985 国家高程）等深线取水，每台机组通过一条 Φ5.5m 的隧洞自流引水至中途 40m 平台泵房前池，泵房前池底标高约-20m（1985 国家高程），泵房内设提升泵提升至厂区汽轮机厂房，每台机组配置 10 台提升泵，提升泵参数为 Q=6m^3/s，H=130m，N=10000kW；每台泵配置一台宽 3.5m 侧面进水的旋转滤网。海域取水隧洞长度 3km，陆域取水隧洞长度 6km。泵房加压后每台机组通过 2 条 DN4000，长度 5.5km 的埋地压力取水管道输送至厂区汽轮机厂房。

排水：厂区至 40m 平台段随地形标高排至 40m 平台盾构井，每台机按照 2 根 DN3000 排水钢管考虑，每根长度按 5.5km。40m 平台至海域考虑隧洞排水，按照每台机组设 1 条 Φ4.5m 排水隧洞排至海域-7.0m（1985 国家高程）等深线处。海域排水隧

洞长度 5km，陆域排水隧洞长度 6km。

方案二：厂外两级提升方案

取水：从海域-7.0m（1985 国家高程）等深线取水，每台机组通过一条 Φ5.5m 的隧洞自流引水至海边取水泵房前池，海域取水隧洞长度 3km；经取水泵房提升后每台机组通过 2 条 DN4000 埋地压力取水管道至中途加压泵房，中途加压泵房加压后通过 2 条 DN4000 埋地压力取水管道输送至汽轮机厂房。埋地压力取水管道随地形标高，覆土厚度按 2m 考虑，陆域取水管道长度 14.2km。每台机组配置一座取水泵房和一座中途提升泵房，每座泵房配置 12 台取水泵，取水泵参数为 Q=6m^3/s，H=60m，N=4800kW；中途提升泵参数为 Q=6m^3/s，H=80m，N=6400kW。

排水：海域按照每台机组设 1 条 Φ4.5m 排水隧洞考虑，海域排水隧洞长度 5km，岸边设混合井；陆域按重力流随地形标高排至岸边混合井，6 台机按照 12 根 DN3000 排水钢管考虑，每根长度按 14.2km。

根据本项目厂址条件，当采用海水二次循环供水冷却时，按一机一塔考虑，推荐的冷却倍率暂取 46 倍，循环水量 41.2m^3/s，辅机冷却水量约为 2m^3/s，合计 43.2m^3/s，温升约 11.83℃。单机年平均补水量为 2.14m^3/s；单机年平均排水量为 1.44m^3/s。在年平均出塔水温 21℃情况下，机组出力约 1200MW。

取水口设置在-6.0m 等深线海域，离岸距离约 1.9km；排水口位于-6.0m 等深线附近，离岸距离约 1.5km。陆域部分取排水管线长度约 14.20km（从厂内排水集合井到岸边）。

山东招远核电厂冷却塔使用“一机一塔”方案，每台核电机组常规岛冷却水系统配一座逆流式自然通风冷却塔。

山东招远核电厂冷却塔使用“一机一塔”方案，每台核电机组常规岛冷却水系统配一座逆流式自然通风冷却塔。冷却塔循环冷却水为海水，取水盐度约为 28.2‰。根据本项目总体布置，自然通风冷却塔靠近西侧厂界。

从经济上比较，二次循环方案经济性最好。

本项目若采用直流冷却方案，估算冷却倍率 60 倍，循环水量 55m^3/s，6 台机组总的循环水量约 330m^3/s，温升约 9℃，排水热负荷约为 12300MW。初步估算，山东招远核电厂 6 台机组直流冷却方式下，海域的 4℃和 1℃温升范围将高达约 5.6km^2 和 40km^2。若采用二次循环冷却方案，根据南京水利科学研究院温排数模研究成果，冬

季潮流条件下核电 6 台机组全部运行产生的 4℃温升包络面积约为直流冷却方式下温排水面积的 3%。从环境影响角度来看，二次循环方案环境影响相对更小。

综合经济和环境影响比较，山东招远核电厂拟采用二次循环冷却方案。

6.1.1.2 海域取排水方案比选论证

（1）排水方案比选

本项目所处莱州湾海域潮流动力总体较弱，近岸浅排方案非常不利于温排水的扩散，初步考虑采用离岸远排、深排方案。为便于温排水方案比选，考虑三个排水点，每个排水点对应一个排水方案。

- 排水方案 1：位于-6.0m 等深线附近，距界河入海口混合区外边缘约 300m，离岸约 1.5km。
- 排水方案 2：位于-7.0m 等深线附近，距界河入海口混合区外边缘约 1240m，离岸约 2.5km。
- 排水方案 3：位于-10.0m 等深线附近，离岸约 5.5km。

根据本项目海域工程可行性研究报告，本项目工程海域水沙环境良好，正常和大风天下的含沙量均较低，泥沙因素不是制约核电厂取排水工程的关键性因素。在温排水对周边环境影响方面，排水方案 1 在冬夏季潮流下的最大温升包络线面积最小；在工程量方面，排水方案 1 的单管长度 1700m，小于排水方案 2 的 2700m 和排水方案 3 的 5670m。

综合上述三个排水方案在环境影响和工程量的比较，现阶段推荐排水方案 1，即排水口位于-6.0m 等深线附近，距界河入海口混合区外边缘约 300m，离岸约 1.5km，位于莱州湾招远市行政管辖海域。

基于排水方案 1 所在位置，排水方案在施工工艺上又分为直线型顶管方案、直线型 HDPE+顶管方案和灯泡型盾构方案。HDPE 管方案需要在海床上进行基槽开挖，对海域扰动大，不符合渤海海域环境保护要求。直线型顶管方案相比灯泡型盾构方案有着更低的造价和更快的施工进度，因此，在现阶段排水施工方案推荐直线型顶管方案。

（2）取水方案比选

取水方案可分为明取和暗取两种方式，现阶段初步考虑暗取方案（方案 1）、明渠取水方案（方案 2）和纳潮取水方案（方案 3）。

- 暗取方案：根据不同取水口海床标高和取水头部又分为四个方案，综合经济

性和施工难度，推荐“-6.0m 等深线+钢结构头部”的暗取方案。

— 明渠取水：明渠长度约 1.2km，取水口处海床标高-5.0m 左右，拟设在界河入海口西北约 1.7km 处。

— 纳潮取水：根据不同取水口标高又分为三个方案，综合考虑工程量等因素，推荐“-3.0m 等深线处”的纳潮取水方案。

三个取水方案从温排水影响、泥沙冲淤、海洋环境和陆域规划符合性等技术方面和经济方面进行比选分析。

经过温排水数模和泥沙数模的分析，三个方案在温排水影响和泥沙冲淤的影响方面均较小；海洋环境符合性方面，明渠取水方案需要占用一段自然岸线，明渠取水方案和纳潮取水方案均对航道有不利影响；陆域规划符合性方面，暗取及明渠取水方案占地面积较小，对滨海新区规划影响较小，而纳潮取水方案占地面积较大，对滨海新区规划影响大。通过上述技术方面的比选，暗取方案最优。

在经济方面，暗取方案最优。

综合技术和经济两方面的考虑，本阶段取水方案推荐暗取方案，即取水头部设置在-6.0m 等深线海域，位于莱州湾招远市行政管辖海域，离岸距离约 1.9km。

基于取水方案 1 所在位置，取水方案在施工工艺上又分为直线型盾构方案、直线型沉管+顶管方案和灯泡线型盾构方案。直线型沉管+顶管方案在施工难度及风险上相对盾构方案更高，而灯泡型盾构方案对海域影响最小，相比直线型盾构方案工程总造价更低，盾构施工受海况影响最小，因此，在现阶段取水施工方案推荐灯泡型盾构方案。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

根据本项目泥沙数值模拟计算报告，基于本项目推荐的取排水方案，专题单位采用二维泥沙数学模型对 2 台机组运行工况下的水流和泥沙淤积进行模拟计算。图 6.1-1 为工程海域大潮典型时刻（涨急、落急）流场图。结果分析表明：

本项目取、排水工程位于莱州湾龙口港附近，工程海域陆域入湾水量沙量均不大，海域波流动力弱，水体含沙量低，潮流输沙量也很小。所在海域岸线较为复杂，北侧

龙口港附近有屹坶岛，附近东北侧有龙口人工岛工程，西南侧又有招远港区的环抱式港池码头。近岸水流流态较为复杂，近岸水流基本贴岸线涨落，为适应曲折岸线，其方向多变，不同水域的流速大小差别较大；龙口港航道和电厂取排水口均位于掩护区内，水流较弱，涨落潮时极易形成回流区。而屹坶岛及龙口人工岛外端凸出位置流速较大。屹坶岛外端突出位置最大张落潮流速可达 1.0m/s 左右。屹坶岛和人工岛外缘涨落潮水流则变得较为平顺。工程区处于人工岛掩护区内，流速较小，基本在 0.3m/s 以内。

现阶段推荐采用的暗取、暗排方案并不能很大范围的改变周围流场，工程附近含沙量常态条件下仍保持在 0.01-0.05kg/m^3 左右，不会对海域泥沙冲淤产生明显的影响。

综上，电厂散热系统对海域的流场影响及泥沙冲淤的影响是有限的。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为分析电厂温排水对厂址附近海域的温升影响，南京水利科学研究院开展了厂址附近海域温排水输移扩散数值模拟专题。由于山东招远核电厂和裕龙岛炼化一体化项目排水口均位于莱州湾海域，莱州湾海域受到两者温排水共同的影响，因此专题报告中考虑了裕龙岛炼化一体化项目一期工程正常运行时的情况。本节将根据该专题成果进行描述。

（1）模拟方法

采用 MIKE3 FM 软件的温盐模块开展本项目三维温排水研究。

（2）水文条件

计算水文条件包括数学模型验证计算所需的实测水文条件和温排水影响预测计算所需的典型水文条件。

利用原型观测水文资料作为水流数学模型验证的水文条件，根据天津水运工程勘察设计院针对所在海域进行的夏、冬季全潮水文原型测验，选取夏冬两季大、中、小潮进行模型验证，实测水文条件如下：

- 夏季大潮：2017年6月25日～26日；
- 夏季中潮：2017年6月21日～22日；
- 夏季小潮：2017年6月18日～19日；
- 冬季大潮：2016年12月16日～17日；
- 冬季中潮：2016年12月11日～12日；

— 冬季小潮：2016年12月10日～11日。

温排水影响预测计算采用2016年12月份实测潮位过程作为冬季半月潮水文条件，采用2017年6月份实测潮位过程作为夏季半月潮水文条件。

（4）计算区域

本项目所在莱州湾近岸地形变化较为复杂，浅滩较大，天文潮受海底地形影响而变形较为严重，海域流场受莱州浅滩影响较大。根据莱州湾潮汐特性及岸线的特点，兼顾厂址附近海洋站点的设置情况，模型西侧边界选取在黄河口海洋站，东边界选取在蓬莱海洋站，外海边界在-25m等深线附近。整个计算区域东西长约为178km，南北宽约为140km。

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。整个模型沿水深方向非均匀地分为 5 层，网格总数为 145325。

（5）模型验证

结合 2016 年冬、2017 年夏两季水文原型观测资料，对潮流数学模型进行了验证计算，本报告给出夏、冬两季大潮和小潮典型时刻的潮位、流速流向的验证结果。

图 6.1-1 给出了夏、冬季大潮和小潮的潮位（屺坶岛站、招远港站和三山岛站）验证计算结果，图 6.1-2 和图 6.1-3 给出了 V01、V03、V04、V07 和 V10 测点冬、夏季大潮和小潮的流速和流向验证计算结果。潮位验证结果显示，高、低潮潮位最大误差 7cm，高低潮潮时最大 20min，均小于规范要求的±10cm 和±0.5h 的标准，表明计算得到的潮波运动与实际潮波吻合良好。流速（向）验证结果显示，各点的流速验证均较好，最大流速及其历时均较为一致，除转流及个别时刻外，流向的误差小于 15°。

综上所述，建立的三维潮流数学模型可以较好地反映招远核电工程附近海域的潮流变化情况。

（6）温升分布预测

（i）取水口温升

根据厂址附近海域温排水数值模拟结果，表 6.1-1 给出了本项目 2 台机组正常运行期间夏、冬两季半月潮条件下的取水口最大温升和平均温升。

取水温升计算结果表明：在推荐的取排水方案下，山东招远核电厂取水口夏季半月潮下的最大取水温升为 0.04℃，平均取水温升为 0.01℃；冬季半月潮下的最大取水

温升为0.99℃，平均取水温升为0.62℃。

（ii）温升等值线包络面积

根据《海水水质标准》（GB3097-1997），I类和II类海水水质标准中对于水温的规定为“人为造成的海水温升夏季不超过当时当地的1℃，冬季不超过2℃”；对于III类海水水质标准中对于水温的规定为“人为造成的海水温升不超过当时当地的4℃”。故需要重点关注夏季1℃温升包络面积、冬季2℃温升包络面积以及4℃温升包络面积。

本项目2台机组半月潮条件下最大温升包络线投影面积为：

— 夏季半月潮

- 基本没有4℃温升包络面积；
- 3℃温升包络面积小于0.01km^2；
- 2℃温升包络面积小于0.01km^2；
- 1℃温升包络面积为0.02km^2。

— 冬季半月潮

- 4℃温升包络面积为0.02km^2；
- 3℃温升包络面积为0.11km^2；
- 2℃温升包络面积为0.66km^2。

山东招远核电厂一期工程2台机组正常运行时夏、冬两季半月潮的温升最大包络面积见表6.1-2，温升最大包络线分布见图6.1-4。

（7）近岸海域环境功能区相符性评价

根据《山东省近岸海域环境功能区划(2016-2020年)》，山东招远核电厂一期工程附近海域的近岸海域环境功能区主要包括：“莱州-招远盐业养殖区（SD065BII）”、“招远砂质海岸海洋特别保护区（SD067AII）”、“招远旅游娱乐区（SD068BII）”、“界河入海口混合区（SD069H）”、“龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）”等。招远核电厂址拟建取排水口位于龙口湾工业与城镇建设区，该区域属于三类环境功能区，执行海水水质III类水质标准。根据《海水水质标准》（GB3097-1997），III类海水水质标准中对于水温的规定为“人为造成的海水温升不超过当时当地的4℃”。

结合已开展温排水模拟结果，本项目2台机组温升最大包络区域与本工程近岸海域环境功能区划的相对位置见图6.1-5，由图可知：

本项目2台机组运行时的夏季全潮1℃、冬季全潮2℃最大温升包络线及全潮4℃最

大温升包络线均位于三类功能区内，4℃温升区不满足海水水质III类标准。因此，该取排水方案下的温升尚不完全满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求，目前建设单位正在申请调整相关范围内近岸海域环境功能区划。

（8）海洋生态红线相符性评价

本项目取排水口周围海域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，最近处位于排水口西南侧约4.2km。

本项目2台机组运行时夏季1℃和冬季2℃温升包络线未进入莱州湾中国对虾渔业海域限制区，预计不会对排水口附近的海洋生态红线区产生影响，满足海洋生态红线区的环境保护要求。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

山东招远核电厂一期工程取排水系统主要包括取水构筑物、拦污栅、旋转滤网、取水泵房、厂外取水管道、海水预处理站、自然通风冷却塔集水池、厂内排水混合井、厂外排水管道和排水口等部分，取排水系统各个部分对海洋生物可能产生的影响主要通过机械因素、热因素和化学因素实现。在所有这些影响因素中，最主要的是排水系统的热影响、以及取水系统卷载、卷塞的影响。取排水系统加氯的化学因素影响见本报告 6.3 节。

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

由于本项目采用二次循环方式，单台机组的年均取水量仅为 2.14m^3/s，2 台机组的年均取水量为 4.28m^3/s，按核电厂机组年运行小时数 7000 小时计，则全年取水量为 1.08×10^8 m^3。根据调查结果，评价区域内鱼卵的平均密度 1.383 粒/m^3，评价区域内仔稚鱼的平均密度为 0.205 尾/m^3，2 台机组循环冷却水评价取水量约为 4.28m^3/s，鱼卵和仔稚鱼出现的天数按 365 天计算，则计算机械卷载对鱼卵和仔稚鱼造成的损失为，鱼卵 1.49×10^8 粒，仔稚鱼 2.21×10^7 尾。

通过以上分析，本项目年取水量较小，同时，工程将采取一定措施尽可能的降低取水口的取水流速，并且在取水口周围设置合适的防护网，因此不会对水生生物产生明显的卷载、卷塞影响。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

（1）对海洋生物的影响

本项目采用二次循环冷却方式，单台机组夏季冷却水排水量为1.61m^3/s，冷却水温升为3.03℃；单台机组冬季冷却水排水量为0.98m^3/s，冷却水温升为14.80℃。再经过长约14.2km的排水管线输送，最终进入水体，其温升也会有一定的降低，且排水量很小。

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论证报告》，夏季高温期间，温升2℃以上虾、蟹类早期幼体会受到损害甚至死亡，温升大于 3℃会对某些鱼类的危害比较明显，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。在春、秋和冬季期间，温排水温升小于3℃，温升区对该海域内的鱼类、虾类、蟹类、底栖生物不会有明显影响。本项目2台机组运行时，夏季半月潮水文条件下2.0℃温升最大包络面积不超过0.01km^2，冬季半月潮水文条件下3.0℃温升最大包络面积仅为0.11km^2。因此，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。

（2）对养殖区的影响

根据调查结果，最近的养殖区域位于排水口西南侧约4.5km处，远离本项目2台机组运行时夏季1℃和冬季2℃温升包络线，且取排水口所处海域为招远市滩涂养殖水域规划的禁止养殖区，预计温排水对养殖的影响是有限的。

（3）对水域自然保护区的影响

本项目取排水口周围海域的自然保护区主要有招远砂质黄金海岸海洋特别保护区、招远砂质海岸海洋特别保护区和水产种质资源保护区莱州湾保护区。

— 招远砂质黄金海岸海洋特别保护区：本项目拟建排水口距离招远砂质黄金海岸国家级海洋公园适度利用区约2.5km，距离生态与资源恢复区约5.5km，距离重点保护区约7km。

— 招远砂质海岸海洋特别保护区：本项目拟建排水口距离招远砂质海岸海洋特别保护区约7km。

— 水产种质资源保护区莱州湾保护区：该保护区总面积为7124km^2，其中核心区面积1710km^2，实验区面积为5414km^2，本项目取排水区域位于莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区内。

本项目2台机组运行时夏季1℃和冬季2℃温升包络线未进入招远砂质黄金海岸海洋特别保护区和招远砂质海岸海洋特别保护区，且泥沙数模显示，目前取排水方案不

会很大范围改变周围流场，不会对海域泥沙冲淤产生明显的影响，预计对两个砂质海洋特别保护区不会产生影响。

根据《中广核山东招远核电项目一期工程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论证报告》,在核电运行期间，卷吸效应会对鱼卵、仔稚鱼等缺少游泳能力的幼体造成损伤，而具有游泳能力的成鱼、幼鱼可以感知并回避卷载效应。卷载效应不会对底栖性的虾、蟹、贝类等成、幼体造成明显伤害。2台机组同时运行时，温排水仅会对小面积的海洋生物产生温升影响。

在实施了渔业资源与渔业生态环境修复的前提下，本项目对辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区的影响是可以接受的。

6.1.4 散热系统对声环境的影响

山东招远核电厂采用一机一塔配置，一期工程共设置 2 台大型自然通风冷却塔。本项目将大型通风冷却塔置于厂区靠近西侧边界的位置，由于大型自然通风冷却塔体积大、热量排放大等特点，因此该设备为本项目中对厂界噪声贡献较大的声源。结合本项目冷却塔初步设计资料及国内现有运行核电厂的各厂房主要设备噪声类比数据，本项目大型自然通风冷却塔及其他高噪声源的预估噪声源强见下表 6.1-3。

大型自然通风冷却塔噪声源主要是水滴下落时冲击水面产生的连续性落水噪声，即水滴在在冷却塔上主要有三个声音扩散面：上部排风口、下部进风口和塔体本身，其中，下开口（进风口）是落水噪声最主要的扩散面。发生过程为高处的冷却水在重力作用下将势能转化为动能，当下落到集水池与水面撞击时，其中一部分动能便转化为声能进行传播。同时，水滴撞击集水池水面所产生气泡的体积脉动，也会辐射比较尖锐的噪声。淋水噪声声强随着淋水量、淋水密度以及水滴质量、水力高度的增大而增大，并与塔内风速有关，因为向上的气流使水滴的下落速度减小。噪声频谱表现为中高频特性，并且随着集水池水深的增加，向低频方向移动。水池、淋水构架板、梁柱等各个表面上产生的冲击噪声。

根据《环境影响评价技术导则声环境》（HJ2.4-2021）：任何形状的声源，只要声波波长远远大于声源几何尺寸，该声源可视为点声源。考虑到本项目自然通风冷却塔声源（淋水面积）面积大，约 16800m^2，将其直接简化为点声源处理是不合适的。冷却塔落水噪声随距离的衰减特性符合半球面波在传播过程中随能量分布扩大而衰减的规律，声源为内置的一片圆形进风口，腔体内声波通过进风口向外传播，所以可将环

形进风口作为面声源。面源声波的衰减并不立即按通常声源随距离快速衰减，而是有它自己的衰减规律。在由近及远的过程中分别按照“面声源”至“线声源”最后至“点声源”的模式衰减。参考 HJ2.4-2021 中面声源预测模式：

当 $r \leqslant a/\pi$ 时，衰减值接近为 0dB，距离变化，声压级几乎无变化；

当 $a/\pi < r < D$ 时，按线声源考虑，$L_1-L_2=10\lg(r_2/r_1)$，距离每增加一倍声能衰减 3dB；

当 $r \geq D$ 时，按点声源考虑，$L_1-L_2=20\lg(r_2/r_1)$，距离每增加一倍声能衰减 6dB。

其中： r—预测点距离声源的直线距离，m；

L_1—起始点噪声源强，dB(A)，本项目大型自然通风冷却塔设计噪声源强为塔体外 1m，高度 1.5m 处的噪声 77dB(A)；

L_2—预测点噪声源强，dB(A)；

a—自然通风冷却塔进风口高度，m；

D—视冷却塔为“点声源”的起始位置，m。

根据相关文献[1]，视冷却塔为“点声源”的起始位置 D 可用下式估算：

$$D=A^{1/2}/4$$

其中：A—冷却塔集水池面积，m^2。

同时，在预测自然通风冷却塔噪声影响时，除噪声距离衰减外，还考虑了空气吸收引起的附加衰减。

除大型自然通风冷却塔外，根据本项目初步设计资料，本项目每台机组还配置2组机械通风冷却塔，每组由12个机械通风冷却塔组成（按6台×2行布置），由于机械通风冷却塔位于室外且噪声源强较大（单个机械通风冷却塔设计噪声源强为1m外88dB(A)），结合本项目总图布置，机械通风冷却塔组（BCW）布置于靠近厂区中间位置，考虑到每个机械通风冷却塔尺寸相对较小（长7米，宽7米），故按照点声源距离衰减公式预测其对厂界及周边环境的噪声贡献值。同时，由于机械通风冷却塔高度相对较低，故预测时还考虑了空气吸收以及地面效应引起的附加衰减。

同时，核电厂内的噪声源主要还有核岛厂房群和汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备，如各种泵、风机、管道、阀门等。虽然核电厂噪声源较多，但由于核电厂占地面积较大，占地约150~250hm^2，核岛及常规岛厂房因安全和冗余度考虑主要位于厂区中部位置，也采用HJ2.4-2021中的点声源几何发散衰减公式进行预测。

在预测厂界及周边敏感点噪声值时，将上述所有噪声源对预测点的噪声贡献值进

行叠加计算，根据 HJ2.4-2021 中噪声源强叠加公式如下：

$$L = 10\lg\left[\sum_{i=1}^{n} 10^{Li/10}\right]$$

式中：L—为 n 个噪声源的合成声压级，dB(A)；

Li—为第 i 个噪声源至预测点处的声压级，dB(A)；

n—噪声源个数。

综上，采用上述源强及预测模式，本项目 2 台机组正常运行时西侧厂界最大噪声贡献值为 62.5dB(A)，南侧厂界最大噪声贡献值为 51.5dB(A)，北侧及东侧厂界噪声均小于 45dB(A)。对于厂界周边村庄居民点，其噪声预测值均小于 45dB(A)。

根据预测结果，本项目两台机组正常运行时在厂界引起的噪声在昼间能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的 3 类标准 65dB(A)，在夜间不能满足 GB12348-2008 中的 3 类标准 55dB(A)。其周边村庄敏感目标噪声值能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准(昼间 55dB(A))、夜间 45 dB(A))。

同时，由预测噪声结果可知，西侧厂界噪声超标主要是由于两台大型自然通风海水冷却塔造成，对于机械通风冷却塔及其他厂房设备，其对厂界噪声的贡献值均小于 45dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准(昼间 55dB(A))、夜间 45 dB(A))。

根据上述噪声预测分析结果，本项目的大型自然通风海水冷却塔为西侧厂界噪声超标的主要噪声源，建设单位需采取设计优化措施降低噪声影响。根据国内外常用冷却塔噪声治理措施，自然通风冷却塔可主要采用塔内噪声源头治理和塔外传播途径治理的方式，塔内治理方法包括选用低噪声风机、泵等设备、提高设备部件加工和安装精度、在落水池上方增加填料厚度或铺设聚胺脂多孔泡沫塑料、加装进排风口消声器等措施来减少塔内声源的强度；塔外可采用声屏障和绿化相结合的方式，在厂界设置声屏障加绿化，声屏障主要设置在靠近冷却塔的西侧厂界，绿化及声屏障的设置需考虑冷却塔进风口高度；另外，在厂址规划中注重利用自然或人工堆砌山体、高大建筑等地形来阻隔噪声传播。根据相关文献分析结果[2-3]，采用加装消声导流片法的降噪效果可达 20dB(A)以上，采用声屏障降噪效果可达 15~20dB(A)，预计本项目采取可靠的降噪措施后，正常运行期间的噪声影响可满足相应标准。

综上，根据上述降噪措施初步分析，采用合理可行的降噪措施后可使运行期间的噪声影响满足相应标准，建设单位在本项目详细设计阶段将进一步开展冷却塔降噪设

计工作。

6.1.5 散热系统对大气环境的影响

山东招远核电厂一期工程冷却塔运行对大气环境的影响，采用美国 NRC（核管会）推荐的 SACTI 程序进行评价。

1990 年，美国 Argonne 国家实验室环境影响研究中心的 R. A. Carhart 和 Illinois 大学物理系的 A. J. Policastro，在 Lünen, Chalk Point, Paradise 电厂的 39 组单冷却塔实测数据和 Neurath, Amos 电厂 26 组多冷却塔实测数据的基础上，发展了“第二代”冷却塔运行环境影响的计算模式，也称为 SACTI 模式。在 1999 年制定的核电厂环境标准审查大纲（NUREG-1555 Environmental Standard Review Plan[5]）中，推荐该冷却塔环境影响模式。SACTI 是冷却塔环境影响预测领域权威的模式，符合《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》（NB/T20307-2014）。采用 SACTI 模型模拟冷却塔产生的盐沉积、降水、下雾、荫屏影响范围和程度。该程序在美国核电厂环境影响评价中被广泛采用，如用于位于 Mississippi 河边的美国 Grand Gulf（GGNS）核电厂，和位于 Anna 湖边的美国 North Anna 核电厂的冷却塔环境影响评价。

模型计算采用的气象数据为厂址气象观测系统 2021 年 7 月~2022 年 6 月一整年逐时气象观测数据（风向、风速、温度、相对湿度、大气稳定度）。

根据 SACTI 模式的说明，漂滴的粒径谱是一个重要的参数。由于漂滴粒径谱测量工作非常困难，同时其与气象条件和冷却塔运行工况都密切相关，本项目采用美国 Chalk Point 电厂实测滴谱资料表明，自然通风冷却塔的飘滴直径大约在 10～2000μm 范围，主要集中在 10～70μm 直径范围内，约占总质量的 56%。表 6.1-4 给出了自然通风冷却塔的飘滴的粒径分布。

预测冷却塔的物理影响时以 2 座冷却塔的几何中心为环境影响评价中心。

6.1.5.1 雾羽和荫屏

电厂湿式冷却塔内在水、气交换的过程中产生大量蒸汽，蒸汽排出后与周围空气混合，其中一部分可能冷凝形成白色的羽状雾气，即称“雾羽”。雾羽中的雾滴的粒径大约在 4~30μm 之间，由于粒径小，重量轻，可以在自然风的吹送下达到一定距离，并在一定范围内影响太阳辐射，形成大面积阴影，即称“荫屏”，从而减弱到达地面的太阳辐射的能量。

图 6.1-6 给出了冷却塔雾羽在各个方位上的长度频率分布，表 6.1-5 和图 6.1-7 给出了全年中雾羽造成冷却塔周围地面“荫屏”小时数，表 6.1-6 和图 6.1-8 给出了冷却塔周围各距离上和区域内全年太阳辐射累积损失量及其分布。

冬季，荫屏时间最大值为 108h，出现在 NE 方位 600m 处。太阳能损失百分比最大值为 7.5%，出现在 NE 方位 600m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 3.6%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.8%。

春季，荫屏时间最大值为 60h，出现在 NE 方位 200m 处。太阳能损失百分比最大值为 4.0%，出现在 NE 方位 200m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 0.8%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 0.5%。

夏季，荫屏时间最大值为 74h，出现在 W 方位 400m 处。太阳能损失百分比最大值为 4.1%，出现在 NW 方位 200m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.7%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 0.6%。

秋季，荫屏时间最大值为 52h，出现在 NW 方位 1000m 处。太阳能损失百分比最大值为 3.4%，出现在 NNW 方位 600m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 3.0%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.5%。

全年，荫屏时间最大值为 183h，出现在 NE 方位 600m 处。太阳能损失百分比最大值为 3.1%，出现在 NE 和 NNW 方位 200m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.7%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 0.7%。

太阳辐射量的自然年际波动范围约为 1%~10%。本项目 2 台机组正常运行时冷却塔雾羽引起的荫屏主要集中在厂址周围有限的范围内，荫屏引起太阳辐射能量损失最多处为太阳辐射量的 7.5%，该值在太阳辐射量的自然年际波动范围内。

由计算结果可知，本项目雾羽荫屏造成厂址周围各季节太阳能损失最大不超过 7.5%（冬季）、4.0%（春季）、4.1%（夏季），3.4%（秋季），均小于太阳能的年际变化，厂址半径 1km 范围外各季节太阳能损失最大不超过 1.7%，预计不会对农业生产产生明显影响。同时，厂址半径 5km 范围内没有旅游景点，本项目雾羽荫屏造成厂址半径 5km 范围外各季节太阳能损失最大不超过 0.2%，对旅游景点的影响很小。

6.1.5.2 飘滴和沉降

核电厂循环冷却水在冷却塔内溅落过程中，产生大量的细小水滴，被上升气流顶托带出塔外，形成飘滴。飘滴不但损失了循环水，而且对局地环境造成一定的影响。

飘滴的环境影响和气象条件密切相关，环境气温高或湿度低，小粒径飘滴容易蒸发消失，对环境影响明显减少；在温度低或湿度大时，则影响加强。

表 6.1-7 和图 6.1-9 给出了本项目 2 台机组正常运行，冷却塔引起附近局地范围内的水沉积量的计算预测结果。

从图表中可以看出，冷却塔水沉积主要分布于 NNW 和 S 方位，即全年和各季主导风向的下风向。全年和各季水沉积的最大值出现在冷却塔中心于 NNW 和 S 方位 1300m~1500m 处，冬季为 91kg/(ha·月)，春季为 120kg/(ha·月)，夏季为 140kg/(ha·月)，秋季为 94kg/(ha·月)，年平均为 110kg/(ha·月)，换算成降水量，110kg/(ha·月)的年平均水沉积量相当于增加约 0.13mm/年的降水量。

厂址地区年平均降水量超过 600mm，冷却塔飘滴引起的降水量比自然降水量低 3 个数量级，因此，冷却塔运行导致的水沉积不会对周围环境造成明显影响。

6.1.5.3 盐份沉积

电厂冷却塔的循环冷却水一般包含有各类杂质，包括各类可溶固体、悬浮物及其它化合物。这些物质会随飘滴降落在冷却塔周边区域，在地面上产生相应的沉积。

表 6.1-8 和图 6.1-10 给出了本项目附近地面盐沉积量的计算预测结果。

从图表中可以看出，冷却塔盐沉积主要分布于 NNW 和 S 方位，即全年和各季主导风向的下风向。全年和各季盐沉积的最大值均出现在冷却塔中心 NNW 方位 1400m~1500m 处，冬季为 4.53kg/(ha·月)，春季为 7.77kg/(ha·月)，夏季为 8.35kg/(ha·月)，秋季为 4.99kg/(ha·月)，年平均为 6.3kg/(ha·月)。NNW 方位 400m~4100m 范围和 S 方位 900m~3100m 范围内年平均盐沉积均高于 1kg/(ha·月)。

美国核管委 NUREG-1555 5.3.3.2 节中对盐沉积的接受准则如下：

当冷却塔盐沉积大于 10~20kg/(ha·月)时，多数植物的叶片将有可见的损伤。损伤效果受到降水频率、湿度、盐的种类、植物敏度的影响。根据盐沉积的数量级，对盐沉积影响的评价准则如下：

- 盐沉积在数 kg/(ha·月)（第一数量级），盐沉积影响小，没有必要采取缓解措施。
- 盐沉积在数十 kg/(ha·月)（第二数量级），盐沉积有负面影响，但可以通过设计和运行的优化得到减轻，审评者应咨询环境主管，验证设计变更的可实现性，并且通过利益-代价分析的结论是有益的。

- 盐沉积在数百 kg/(ha·月)（第三数量级），盐沉积有负面影响，如果不能通过措施缓解则应改变设计或者重新选址。

我国《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》（NB/T20307-2014）8.3.2 节给出了盐沉积的参考指标如下：

- 盐沉积量为 1~2kg/(ha·月)一般不会对植物造成损坏；
- 在植物生长期的任意一个月盐沉积量达到或超过 10kg/(ha·月)可能导致很多种类植物叶片损坏；
- 盐沉积量超过 200kg/(ha·年)认为会对植物造成严重损坏，宜采取防范措施。

从计算结果来看，山东招远核电厂 2 台机组正常运行，冷却塔造成的盐沉积大于 2kg/(ha·月)小于 10kg/(ha·月)。

根据厂址半径 10km 范围的陆域生态现状调查结果，盐沉降的中、高浓度分布区不存在国家级或省级保护植物、珍稀濒危植物。丘陵地区的优势乔木为黑松、刺槐，灌木优势种为酸枣、荆条，草本优势种多为禾本科植物。平原地区野生草本优势种为禾本科植物，多为农田杂草。农田区域主要农作物为玉米（玉米收获后种植小麦）、花生、红薯等。果园面积较小，主要果树有苹果、桃，以及少量的板栗、枣等。

为分析海水冷却塔盐份沉积对当地农作物及特征植物可能的影响，建设单位委托专题单位开展了本项目冷却塔形成的盐雾漂滴对植物生长繁殖影响、盐沉降后土壤盐碱离子累积过程与累积程度的研究专题。专题单位通过室内、室外实验研究了玉米（早白糯 60）、小麦（烟农 21 号）、菠菜（世纪绿 9088）、落花生（花育 22 号）、苍耳、刺槐、荆条、山桃、酸枣、桃、苹果等代表性植物受盐沉积的影响。实验的盐沉积量采用阶梯浓度，并设置对照组，盐沉积浓度最大达到 30kg/(ha·月)，实验未发现盐雾粒径和盐沉积量对受试植物整体的生长有明显影响，未发现盐沉积量对受试植物的株高、株均干重和各生理指标有明显影响。根据降水对土壤盐碱离子累积的影响实验结果，海水冷却塔盐雾飘滴产生的盐碱离子沉降使土壤盐碱离子含量异常增高的可能性很小。

同时，专题单位还对有类似冷却塔设备的华能山东发电有限公司八角发电厂、神华寿光发电厂、天津北疆电厂、浙江国华宁海发电厂、浙能台州第二发电厂周边植物生长进行现场调研，调研结果表明，除自然的病虫害外，植物叶片、花朵、果实外观均正常，未发现周边的植物生长受到明显盐沉积的影响，也未发现上述各电厂海水冷却塔周边土壤有盐碱化的趋势。

6.1.5.4 下雾与结冰

国外相关研究表明，自然通风冷却塔不会造成严重下雾和结冰情况。Broehl[6]和Zeller[7]对美国多个发电厂的自然通风冷却塔环境影响的实际调查中均未发现雾羽触地的情况，Hosler[8]对宾夕法尼亚的基石电厂的研究发现，两年中仅出现一次冷却塔雾羽触地的情况。根据本项目冷却塔的预测结果，雾羽出塔后100%存在抬升现象，冷却塔雾羽不会接触地面，即不会产生下雾和结冰现象。

6.1.6 参考资料

[1]冷却塔的落水噪声及其防治措施，倪季良,工业用水与废水，2003.

[2] 自然通风冷却塔降噪方案选择，吴绍忠、谢平佳，2007 年全国环境声学学术讨论会论文汇编.

[3] 特大型双曲线自然通风冷却塔噪声治理方案及效果，黄平、王震洲等，电力环境保护，第 21 卷 第 2 期.

[4] 《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》（NB/T20307-2014）.

[5] USNRC, NUREG-1555, Standard Review Plans for Environmental Reviews for Nuclear Power Plants: Environmental Standard Review Plan for New Site/Plant Applications, June 2.

[6] Broehl, K. J., ”Field investigations of Environmental Effects of Cooling Towers for Large Steam Electric Plants,” Portland General Electric Company, 1968.

[7] Zeller, R. W., et al, “Report on Trip to Seven Thermal Power Plants,” Pollution Control Council, Pacific Northwestern Area, 1971.

[8] Hosler, C. L., “Wet Cooling Tower Plume Behavior,” Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.

表 6.1-1　山东招远核电厂一期工程 2 台机组正常运行的取水口温升

单位：℃

潮型	招远核电取水口	
	最大值	平均值
夏季半月潮	0.04	0.01
冬季半月潮	0.99	0.62

表 6.1-2　山东招远核电厂一期工程 2 台机组正常运行的温升最大包络面积

单位：km^2

	垂向位置	温升（℃）			
		1	2	3	4
夏季半月潮	表层	0.02	＜0.01	＜0.01	/
	中层	0.02	＜0.01	＜0.01	/
	底层	0.02	＜0.01	＜0.01	/
	投影	0.02	＜0.01	＜0.01	/
冬季半月潮	表层	/	0.64	0.11	0.02
	中层	/	0.56	0.09	0.02
	底层	/	0.50	0.07	0.02
	投影	/	0.66	0.11	0.02

注：三维数学模型沿水深方向共分为 5 层，其中表层选取第 5 层，中层选取第 3 层，底层选取第 1 层。

表 6.1-3　山东招远核电厂一期工程主要噪声源源强

单元	噪声源	源强 dB（A）	备注
大型自然通风冷却塔	淋水噪声	77	
机械通风冷却塔	风机、电机等噪声	88	
反应堆厂房	风机、泵等设备噪声	75	经厂房加装隔声、消声措施后的噪声
汽轮发电机厂房	风机、泵等设备噪声	80	
主变压器厂房	设备噪声	70	
开关站	变压器和线路噪声	70	
空压机厂房	进排气噪声、机体噪声	75	

表 6.1-4　自然通风冷却塔飘滴的粒径分布

飘滴直径范围（μm）	质量百分比	飘滴直径范围（μm）	质量百分比
10-30	13.8	350-400	0.9
30-50	28.8	400-450	0.7
50-70	13.4	450-500	0.6
70-90	8.9	500-600	1.0
90-110	6.2	600-700	1.0
110-130	4.2	700-800	0.9
130-150	3.4	800-900	0.8
150-180	3.8	900-1000	0.7
180-210	3.0	1000-1100	0.6
210-240	2.3	1100-1200	0.4
240-270	1.7	1200-1300	0.1
270-300	1.3	1300-1400	0.1
300-350	1.3		

*取自美国 Chalk Point 电厂实测数据

表 6.1-5　全年冷却塔雾羽荫屏时间

单位：h

下风向距离(m)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	平均
200	75	63	73	71	84	121	166	172	152	156	180	142	96	89	75	76	111.9
400	65	57	64	102	168	156	141	108	147	158	149	128	138	82	79	65	112.9
600	58	55	69	131	151	157	146	138	97	107	183	126	103	82	72	57	108.2
800	41	44	70	128	145	147	176	125	84	81	150	131	98	71	61	50	100.1
1000	27	34	66	116.4	102.4	133	158	113	71	52	95	115	74.5	60	52	38	81.7
2000	19	17.4	36	69.3	93.7	117.5	82.5	57	25	21.6	22.6	70.5	42.2	40.9	17.9	19	47
3000	8	12.4	18.8	41.2	78.6	59.5	60.6	23	9.2	8.2	7.4	41.2	22.6	22.3	6.4	10	26.8
4000	0	3.2	11.7	29.5	49	40	55.4	5	1	1	4.2	26.4	16.2	13.9	3.7	2	16.4
5000	0	0	7.3	27	29.2	36	13.6	0	0	0	1.2	17.9	14.5	10.1	1.7	0.9	10
6000	0	0	4.1	19.6	21.7	15.9	5.2	0	0	0	0	11.6	14.1	7.7	0.9	0	6.3
7000	0	0	0.9	17.6	17.5	8.5	2.6	0	0	0	0	9	8.6	4.3	0.9	0	4.4
8000	0	0	1.7	11.7	12.8	1.9	1.3	0	0	0	0	5.3	4.6	5.2	0.9	0	2.8

表 6.1-6　全年冷却塔雾羽荫屏太阳能损失百分比

单位：%

方位 下风向距离(m)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	平均
200	1.3	1.1	1.3	1.2	1.4	2.1	2.9	3.1	2.7	2.8	3.1	2.3	1.6	1.5	1.3	1.3	1.9
400	1.2	1	1	1.5	2	1.9	2	1.7	2.1	2.2	2	1.7	1.7	1.1	1.2	1.1	1.6
600	1	0.9	1	1.5	1.3	1.5	1.8	2	1.3	1.3	2	1.4	1.1	1	1	0.9	1.3
800	0.7	0.7	0.9	1.3	1.1	1.2	1.9	1.8	1.1	0.9	1.5	1.3	0.8	0.7	0.8	0.7	1.1
1000	0.4	0.5	0.7	1	0.7	0.9	1.7	1.6	0.9	0.6	1	1	0.6	0.5	0.5	0.5	0.8
2000	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	0.3	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3
3000	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	0.1
4000	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0.1
5000	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
7000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-7　全年平均地面沉积水量分布

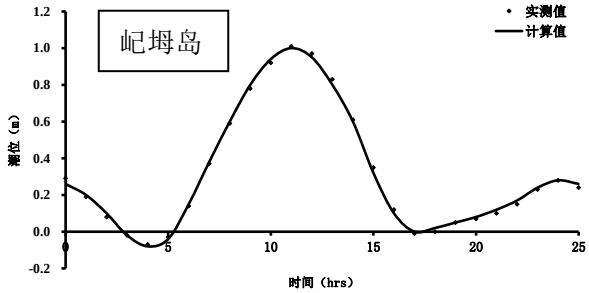
单位：kg/(ha·月)

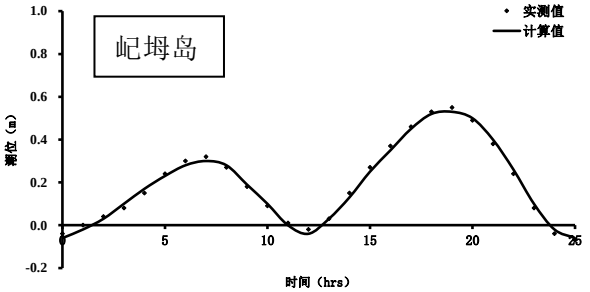
方位 下风向距离(m)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	平均
100	12.0	9.0	4.7	2.5	1.5	2.1	13.0	18.0	6.9	5.4	3.9	4.2	5.0	5.4	5.4	6.6	6.6
200	12.0	9.0	4.7	2.5	1.5	2.1	13.0	18.0	6.9	5.4	3.9	4.2	5.0	5.4	5.4	6.6	6.6
400	12.0	10.0	5.5	2.8	1.9	2.7	14.0	21.0	9.0	6.7	4.2	4.6	5.2	5.4	5.6	6.7	7.3
600	14.0	12.0	8.1	5.3	4.5	5.7	18.0	26.0	10.0	8.7	6.2	8.7	14.0	9.6	7.7	9.4	10.0
800	18.0	14.0	8.6	6.1	4.8	4.6	20.0	27.0	11.0	8.9	6.8	9.8	14.0	12.0	8.7	11.0	12.0
1000	39.0	31.0	18.0	11.0	5.7	9.4	46.0	67.0	24.0	17.0	13.0	19.0	21.0	23.0	14.0	19.0	24.0
1500	54.0	48.0	20.0	9.2	3.3	6.3	76.0	100.0	25.0	21.0	17.0	13.0	14.0	18.0	22.0	26.0	30.0
2000	29.0	23.0	9.3	5.8	1.9	3.6	39.0	50.0	13.0	9.7	7.9	7.0	6.7	10.0	10.0	13.0	15.0
2500	27.0	22.0	7.3	4.0	1.2	2.6	29.0	36.0	9.9	7.7	5.9	4.3	4.2	6.2	7.6	11.0	12.0
3000	19.0	16.0	5.5	3.4	1.0	2.2	21.0	27.0	7.1	5.4	4.3	3.4	2.9	5.0	5.9	7.7	8.5
4000	11.0	9.6	3.6	2.4	0.7	1.4	13.0	17.0	4.9	3.3	2.6	2.2	2.1	3.4	3.2	4.6	5.3
5000	8.8	8.1	3.3	2.1	0.7	1.2	11.0	15.0	4.8	3.0	2.2	1.9	1.9	2.7	2.3	3.5	4.5
6000	9.7	8.8	3.6	2.3	0.7	1.3	10.0	15.0	5.0	3.3	2.4	2.0	2.0	2.9	2.5	3.6	4.7
7000	10.0	9.8	3.7	2.4	0.7	1.5	11.0	16.0	5.0	3.6	2.4	2.0	1.9	3.0	2.4	3.9	4.9
8000	10.0	9.9	3.6	2.4	0.7	1.5	10.0	14.0	4.4	3.5	2.4	2.0	1.9	2.9	2.4	3.8	4.8
9000	10.0	10.0	3.4	2.3	0.6	1.5	9.4	13.0	3.7	3.4	2.3	1.9	1.8	2.7	2.4	3.8	4.5
10000	10.0	9.5	3.1	2.3	0.6	1.5	8.8	12.0	3.7	3.3	2.1	1.9	1.7	2.7	2.1	3.6	4.3

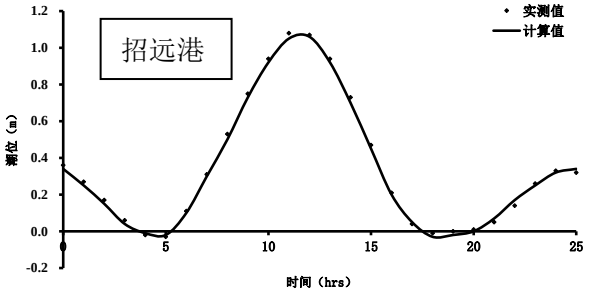
表 6.1-8　全年平均地面盐沉积量分布

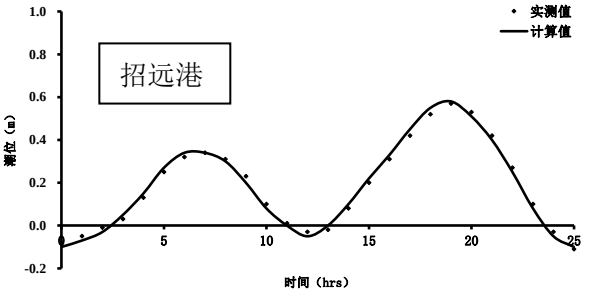
单位：kg/(ha·月)

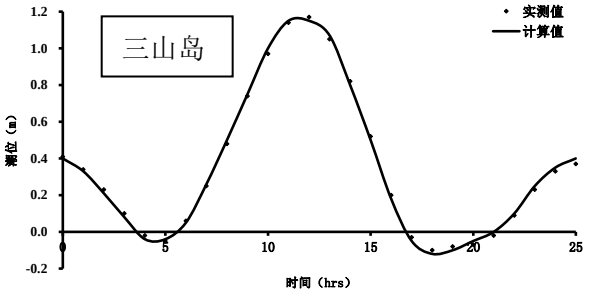
方位 下风向距离(m)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	平均
100	0.55	0.42	0.23	0.12	0.07	0.10	0.61	0.87	0.33	0.26	0.19	0.21	0.24	0.26	0.26	0.32	0.31
200	0.55	0.42	0.23	0.12	0.07	0.10	0.61	0.87	0.33	0.26	0.19	0.21	0.24	0.26	0.26	0.32	0.31
400	0.58	0.50	0.28	0.14	0.10	0.14	0.70	1.06	0.48	0.35	0.21	0.23	0.26	0.26	0.28	0.33	0.37
600	0.80	0.76	0.58	0.38	0.37	0.46	1.13	1.70	0.70	0.62	0.42	0.60	0.97	0.60	0.48	0.60	0.70
800	0.96	0.78	0.57	0.40	0.36	0.36	1.16	1.56	0.71	0.57	0.43	0.67	1.00	0.78	0.52	0.66	0.72
1000	2.10	1.58	1.03	0.58	0.38	0.55	2.50	3.61	1.36	0.97	0.76	1.17	1.38	1.31	0.82	1.08	1.32
1500	2.94	2.58	1.16	0.52	0.24	0.39	4.22	6.09	1.47	1.23	1.03	0.88	0.96	1.12	1.26	1.50	1.72
2000	1.67	1.32	0.60	0.33	0.14	0.22	2.31	3.14	0.87	0.63	0.52	0.52	0.53	0.66	0.64	0.80	0.93
2500	1.52	1.17	0.47	0.22	0.08	0.15	1.73	2.29	0.68	0.50	0.40	0.31	0.31	0.39	0.52	0.67	0.71
3000	1.10	0.88	0.35	0.19	0.07	0.13	1.28	1.76	0.49	0.36	0.30	0.26	0.24	0.33	0.41	0.47	0.54
4000	0.66	0.54	0.22	0.13	0.05	0.08	0.76	1.05	0.31	0.23	0.18	0.17	0.16	0.25	0.26	0.31	0.33
5000	0.43	0.38	0.16	0.09	0.03	0.06	0.54	0.75	0.22	0.15	0.12	0.10	0.11	0.15	0.15	0.20	0.23
6000	0.41	0.34	0.14	0.08	0.03	0.05	0.42	0.59	0.19	0.14	0.10	0.09	0.09	0.12	0.12	0.17	0.19
7000	0.37	0.32	0.12	0.08	0.02	0.05	0.38	0.53	0.16	0.12	0.09	0.07	0.07	0.10	0.10	0.15	0.17
8000	0.32	0.29	0.11	0.07	0.02	0.05	0.33	0.45	0.13	0.11	0.08	0.07	0.07	0.09	0.09	0.13	0.15
9000	0.29	0.26	0.09	0.06	0.02	0.04	0.28	0.36	0.10	0.09	0.07	0.06	0.05	0.08	0.08	0.12	0.13
10000	0.25	0.21	0.08	0.05	0.02	0.04	0.24	0.31	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.07	0.06	0.10	0.11

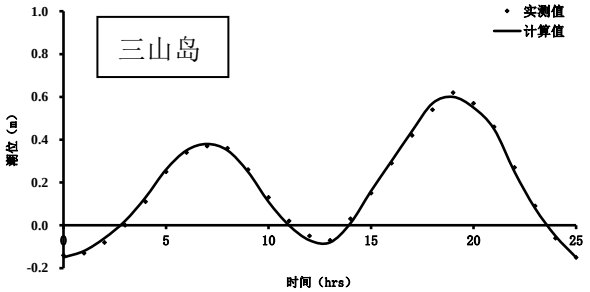






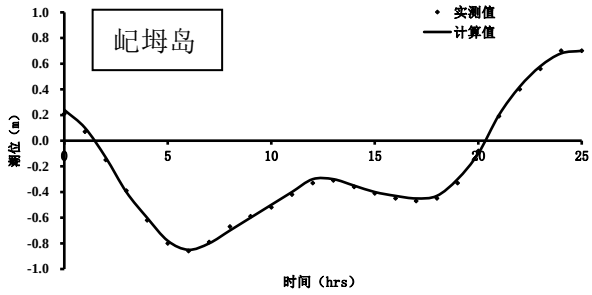


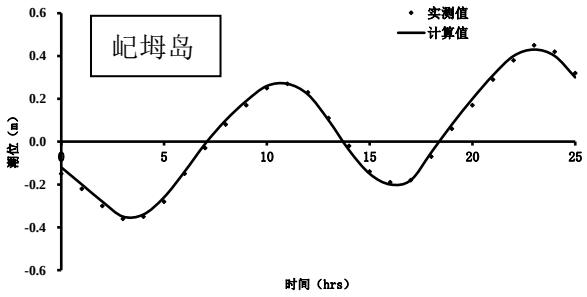


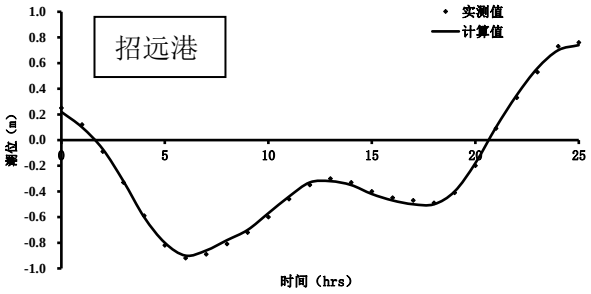


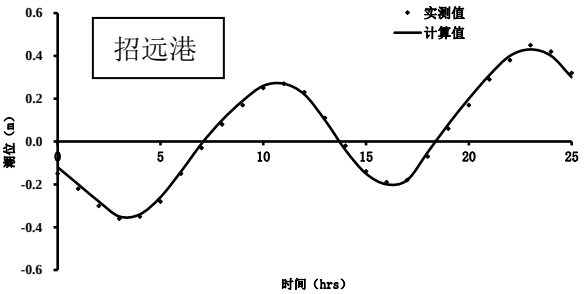
夏季大潮　　夏季小潮

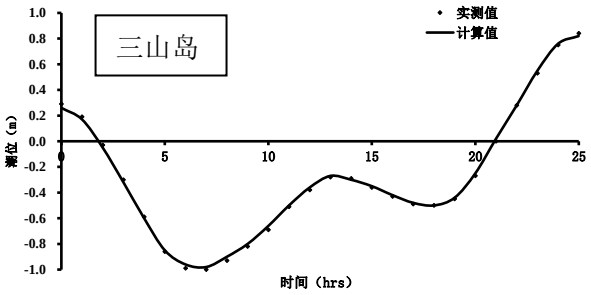
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域潮位验证		
图 6.1-1（1/2）	版次：	A

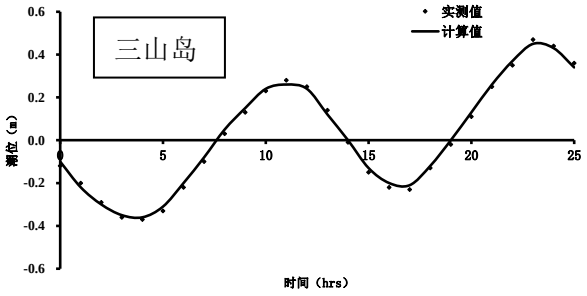






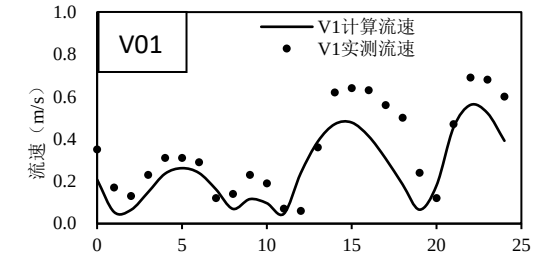


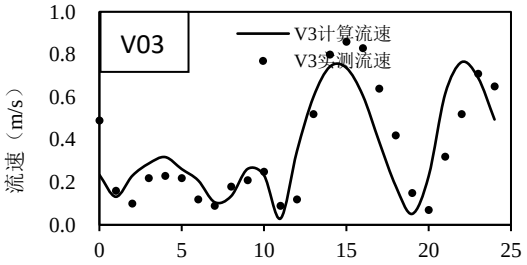


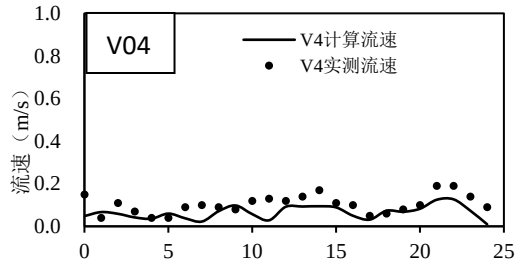


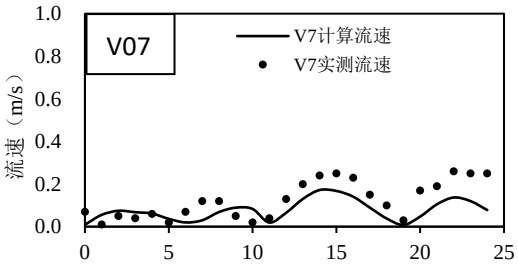
冬季大潮　　冬季小潮

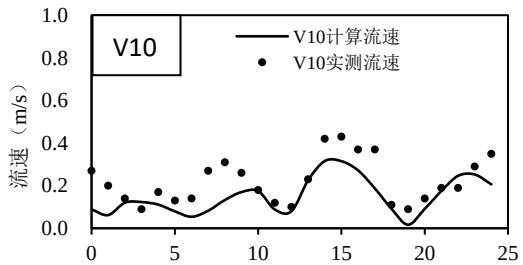
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域潮位验证		
图 6.1-1（2/2）	版次：	A



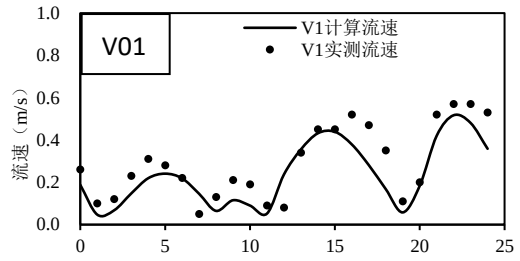


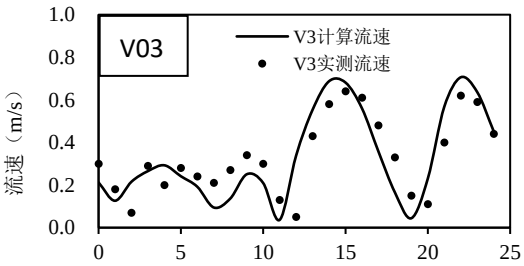


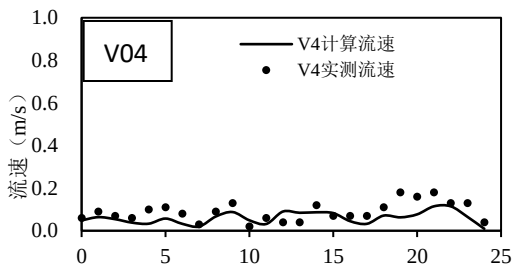


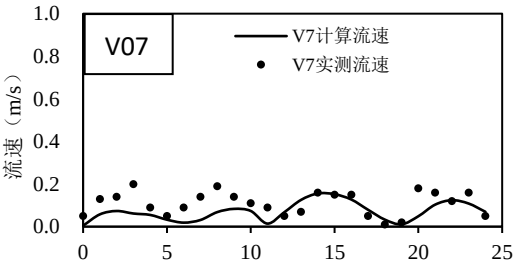


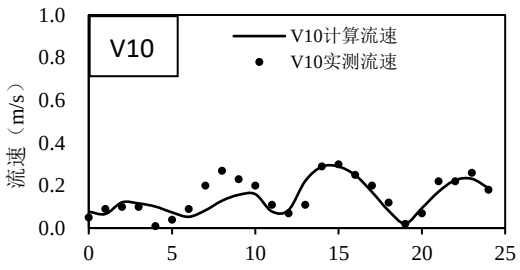
夏季大潮（表层）





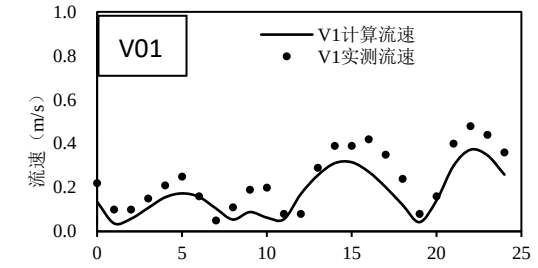


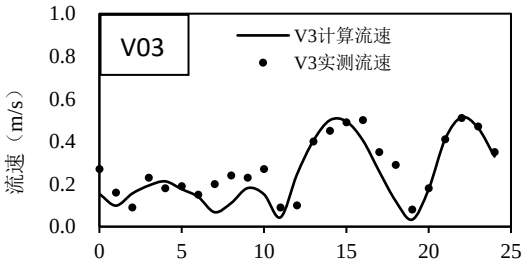


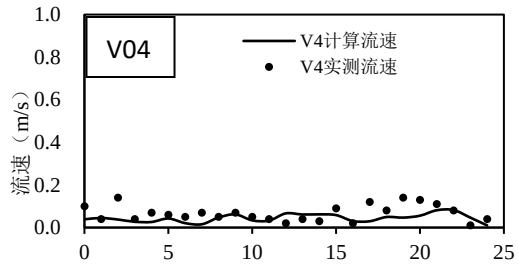


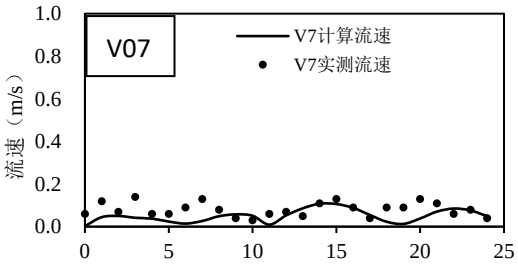
夏季大潮（中层）

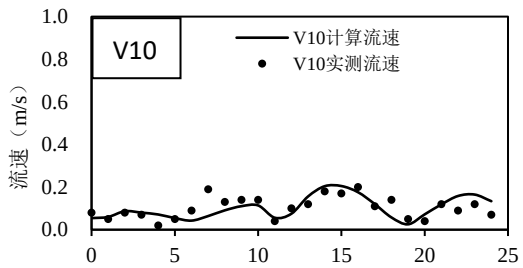
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流速验证		
图 6.1-2（1/6）	版次：	A



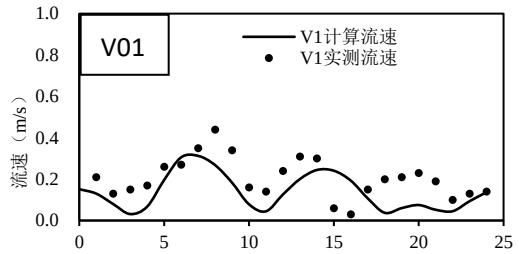


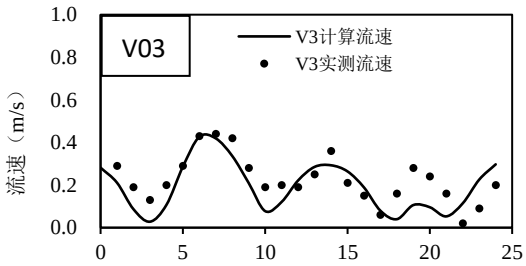


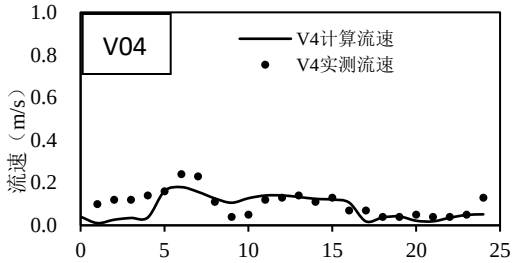


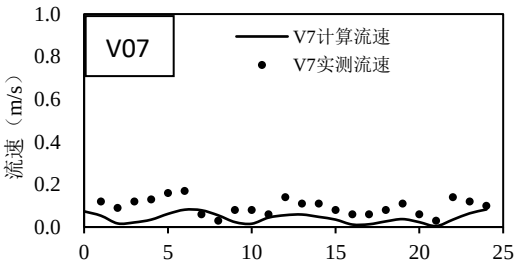


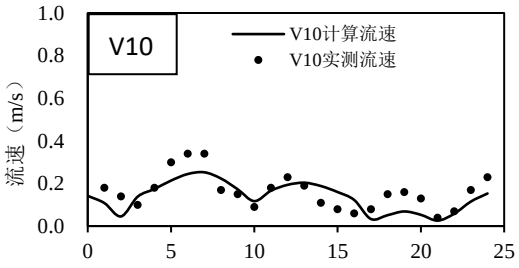
夏季大潮（底层）





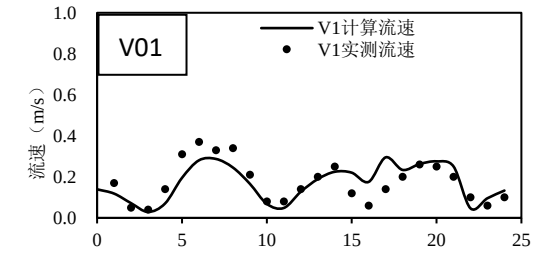


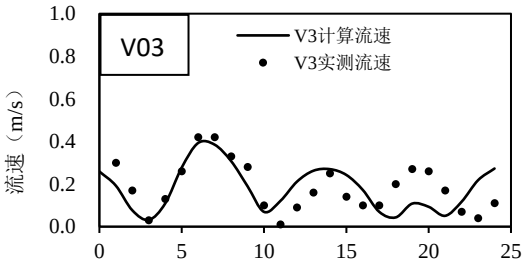


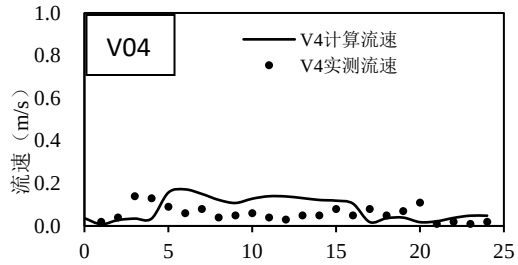


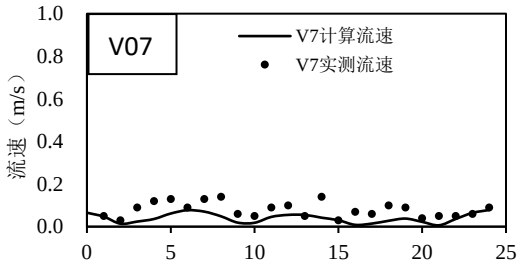
夏季小潮（表层）

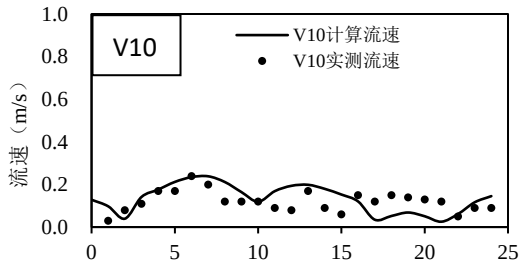
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流速验证		
图 6.1-2（2/6）	版次：	A



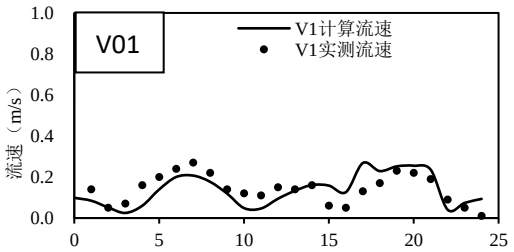


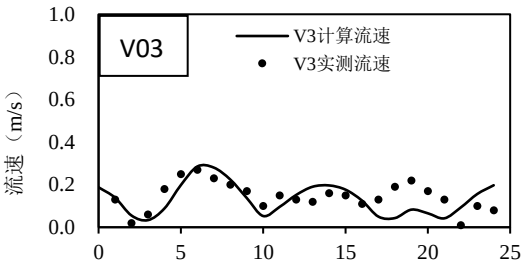


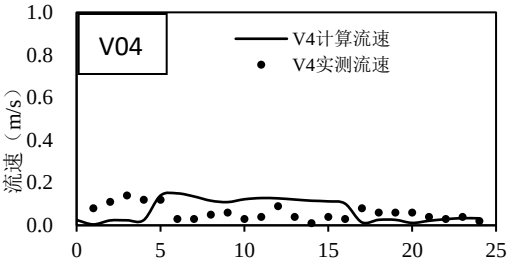


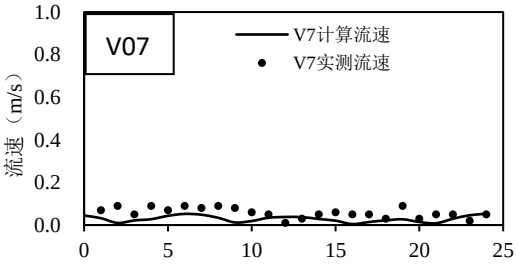


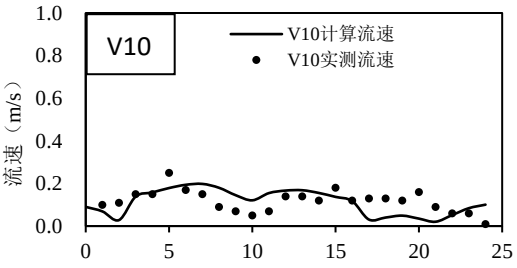
夏季小潮（中层）





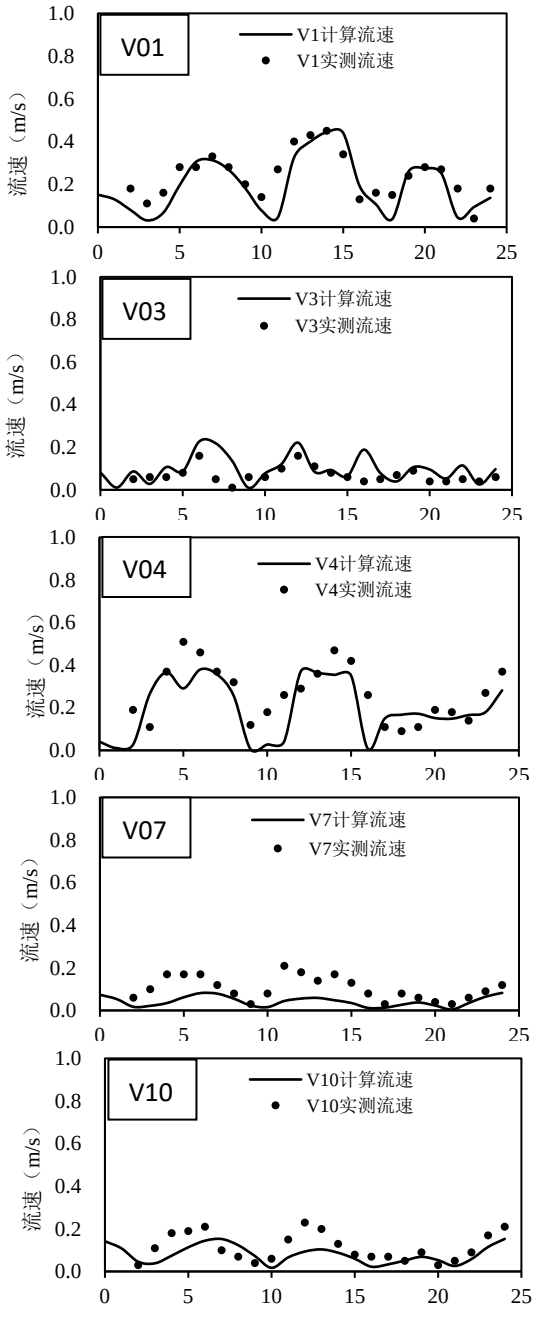




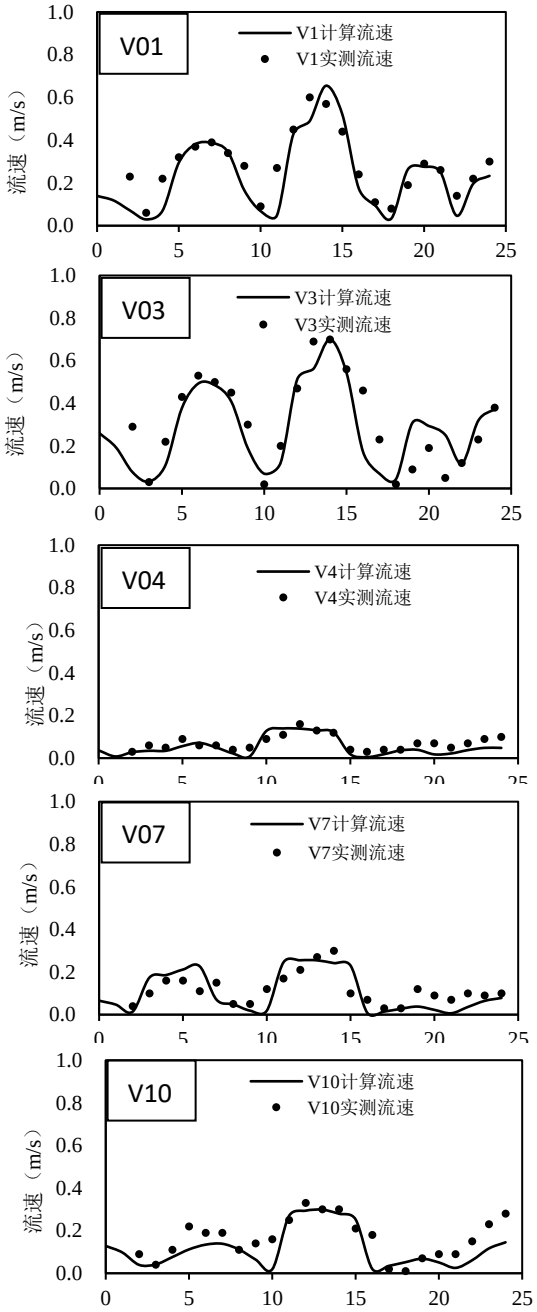


夏季小潮（底层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流速验证		
图 6.1-2（3/6）	版次：	A

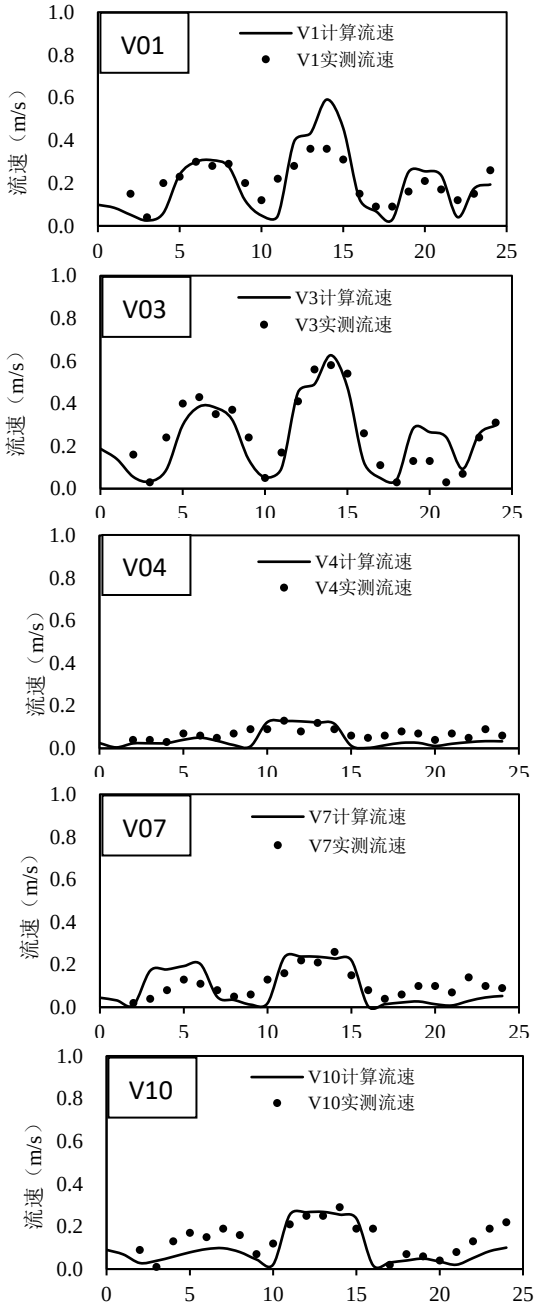


冬季大潮（表层）

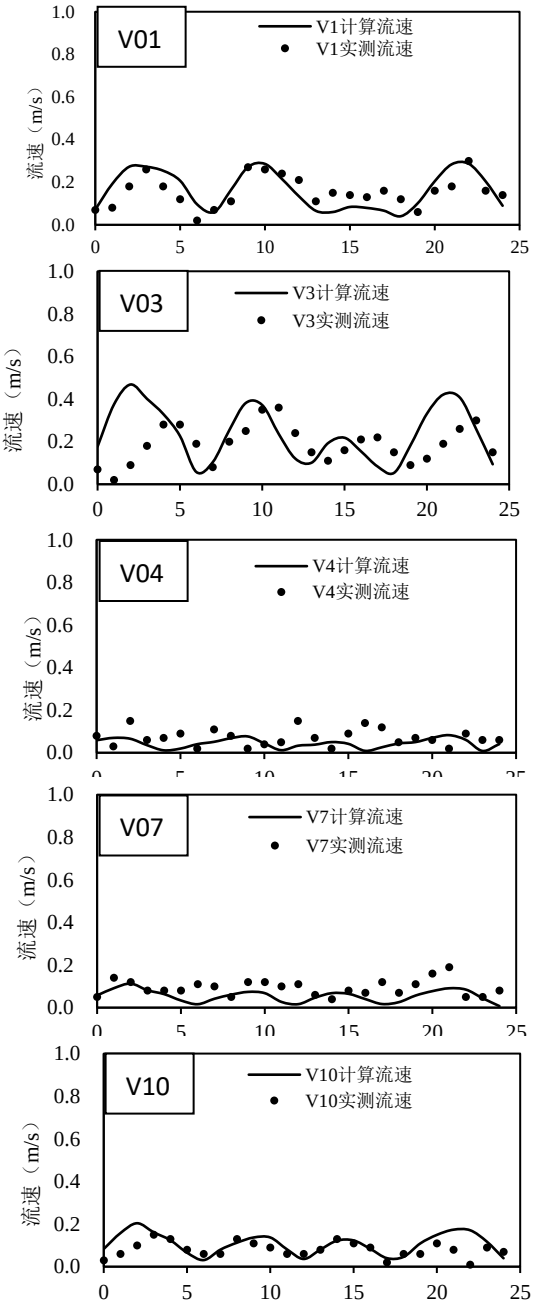


冬季大潮（中层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流速验证		
图 6.1-2（4/6）	版次：	A

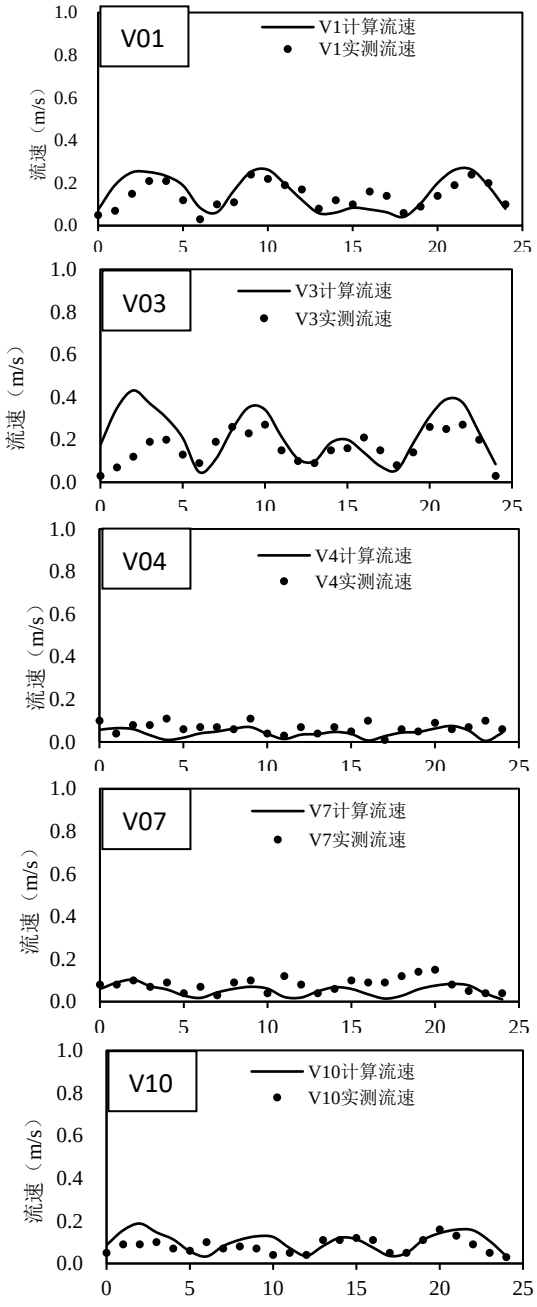


冬季大潮（底层）

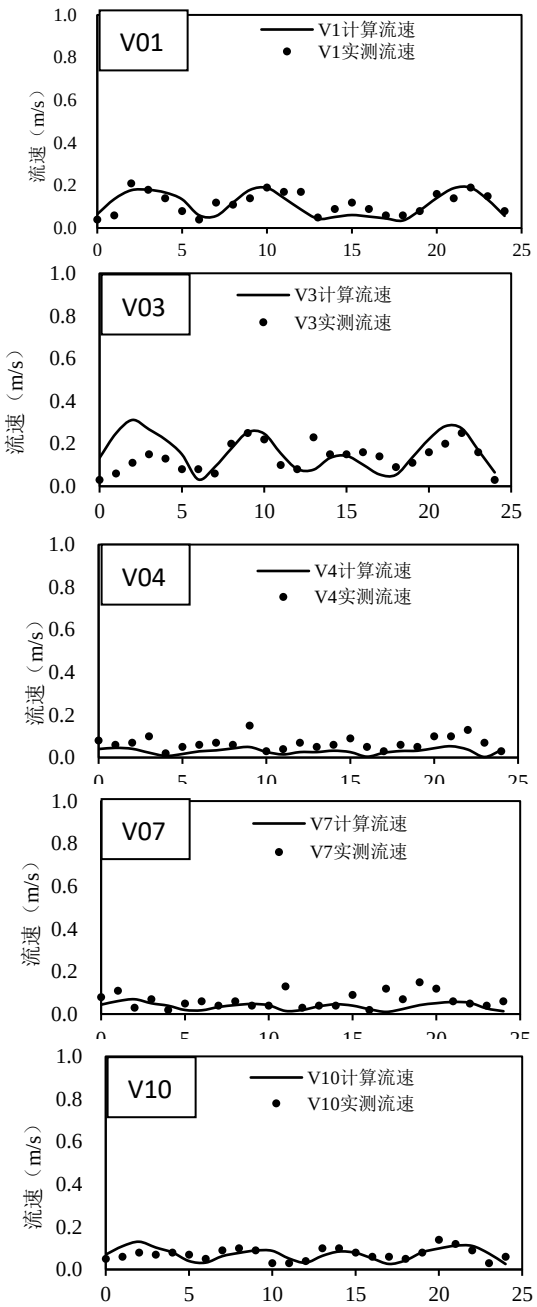


冬季小潮（表层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流速验证		
图 6.1-2（5/6）	版次：	A

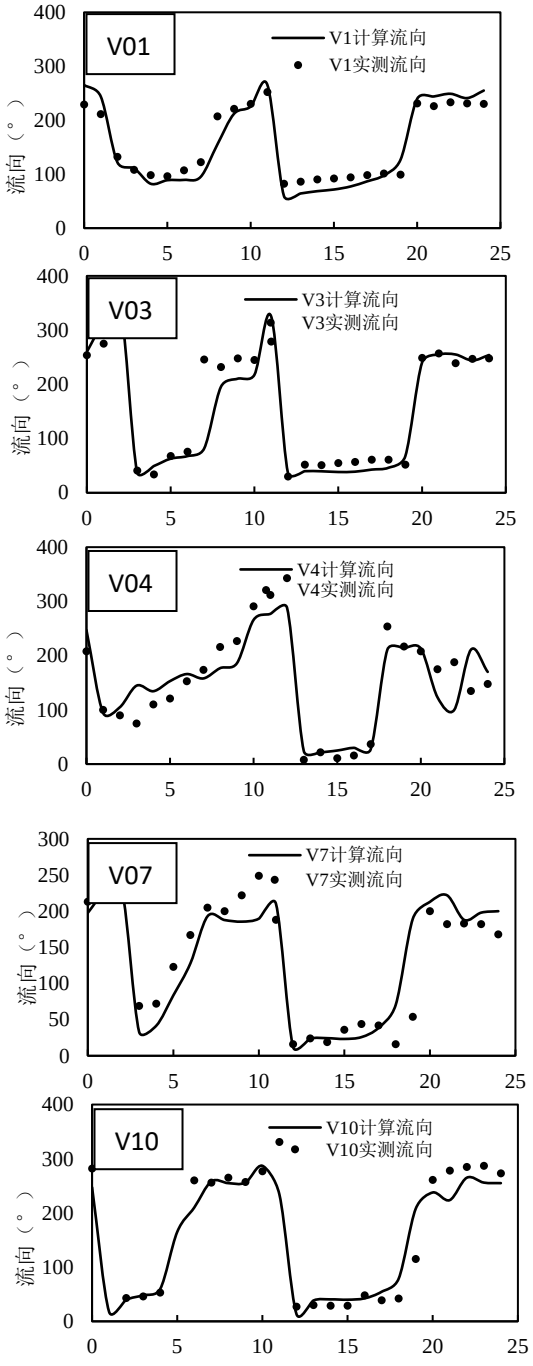


冬季小潮（中层）

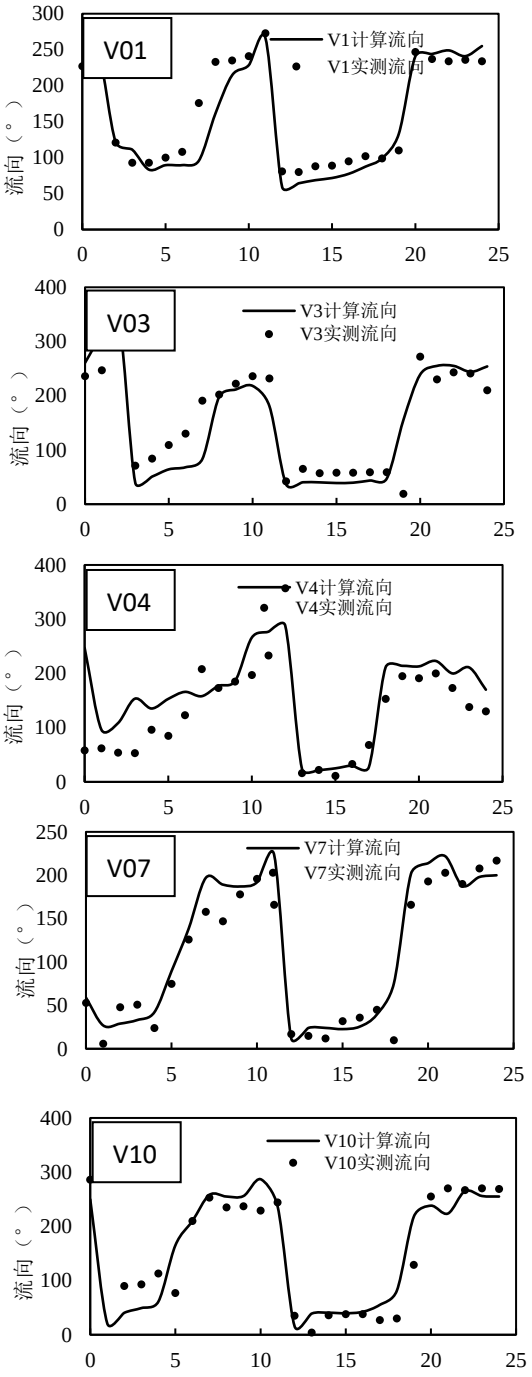


冬季小潮（底层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流速验证		
图 6.1-2（6/6）	版次：	A

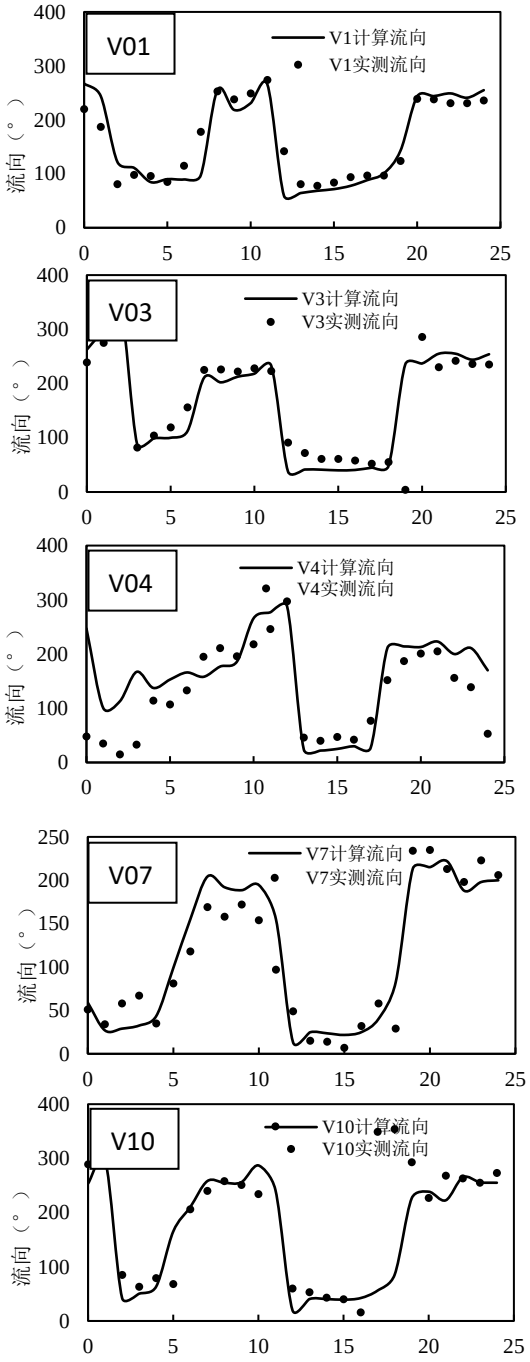


夏季大潮（表层）

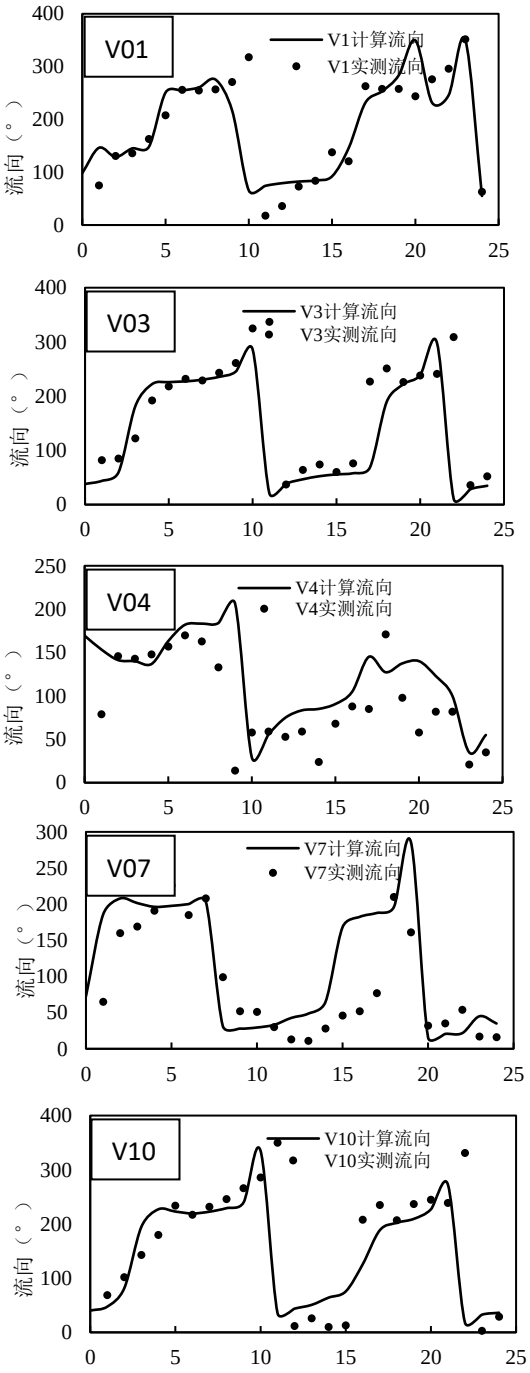


夏季大潮（中层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流向验证		
图 6.1-3（1/6）	版次：	A

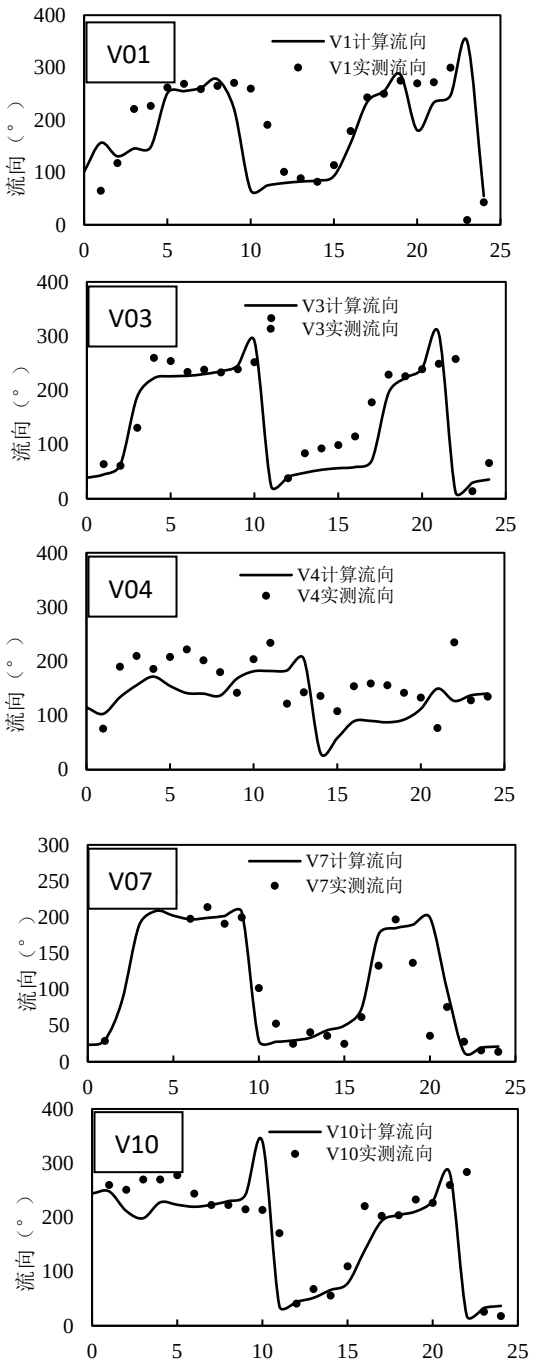


夏季大潮（底层）

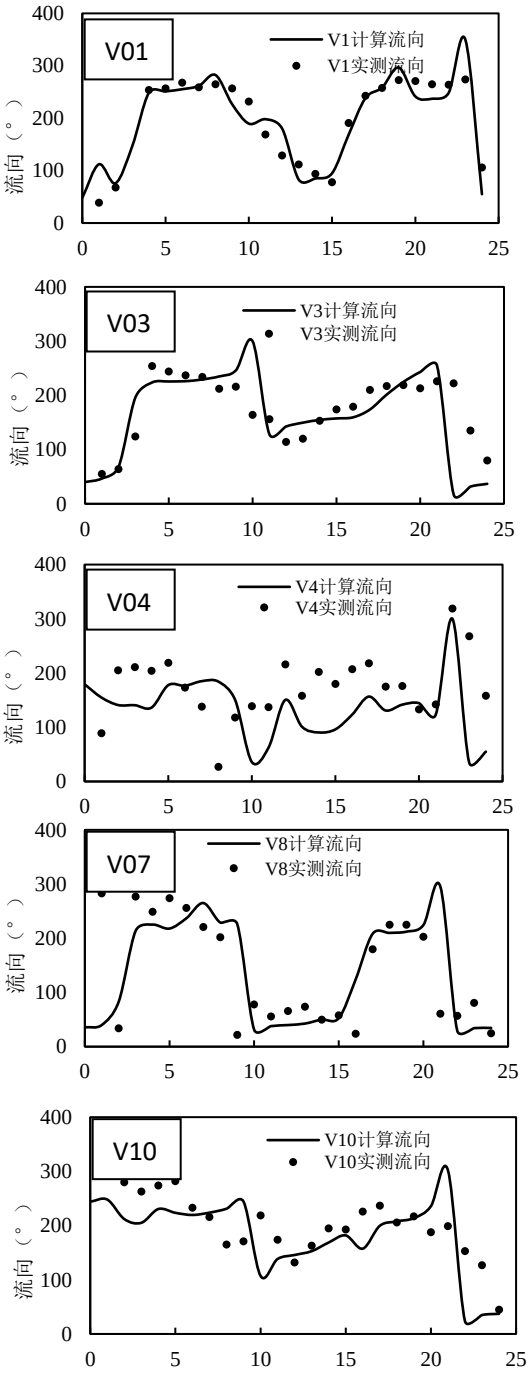


夏季小潮（表层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流向验证		
图 6.1-3（2/6）	版次：	A

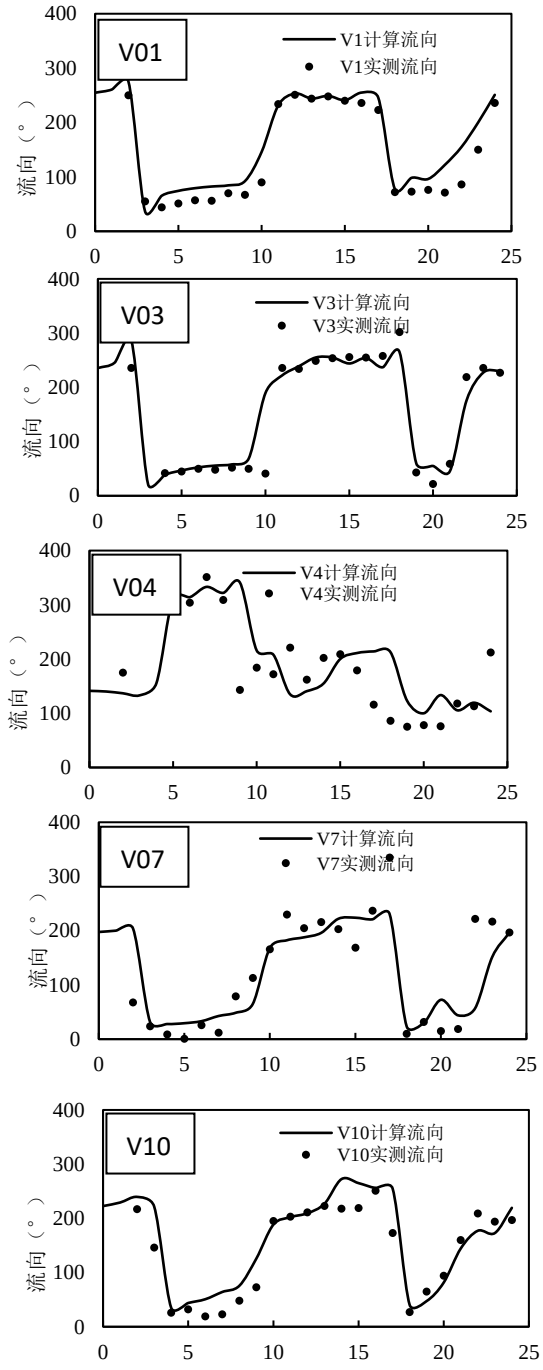


夏季小潮（中层）

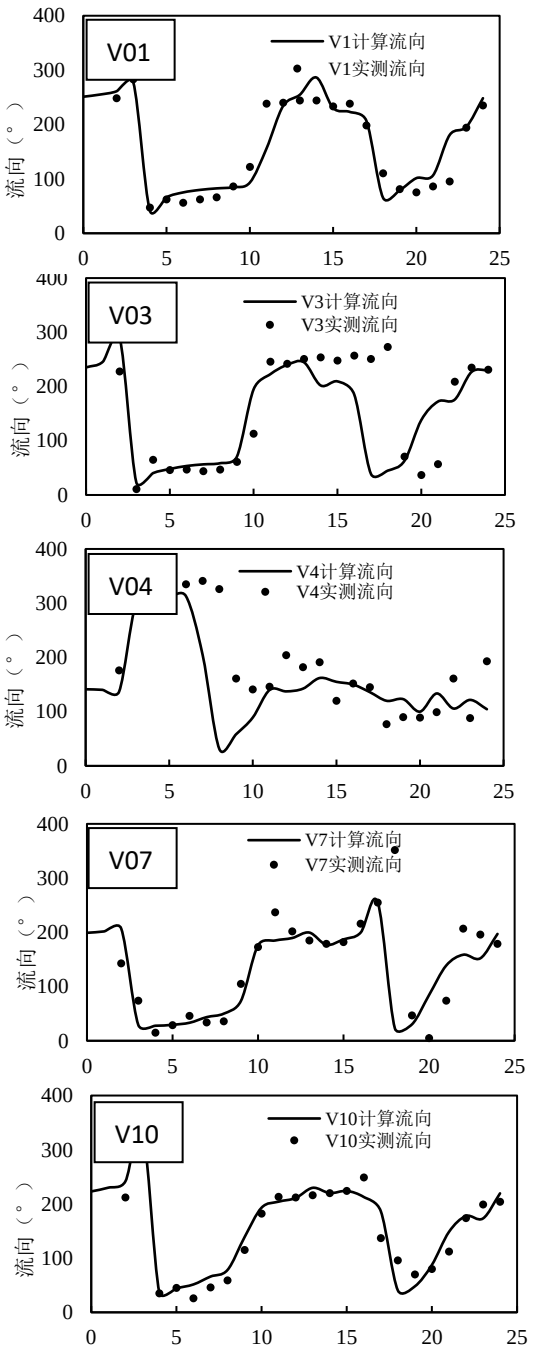


夏季小潮（底层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流向验证		
图 6.1-3（3/6）	版次：	A

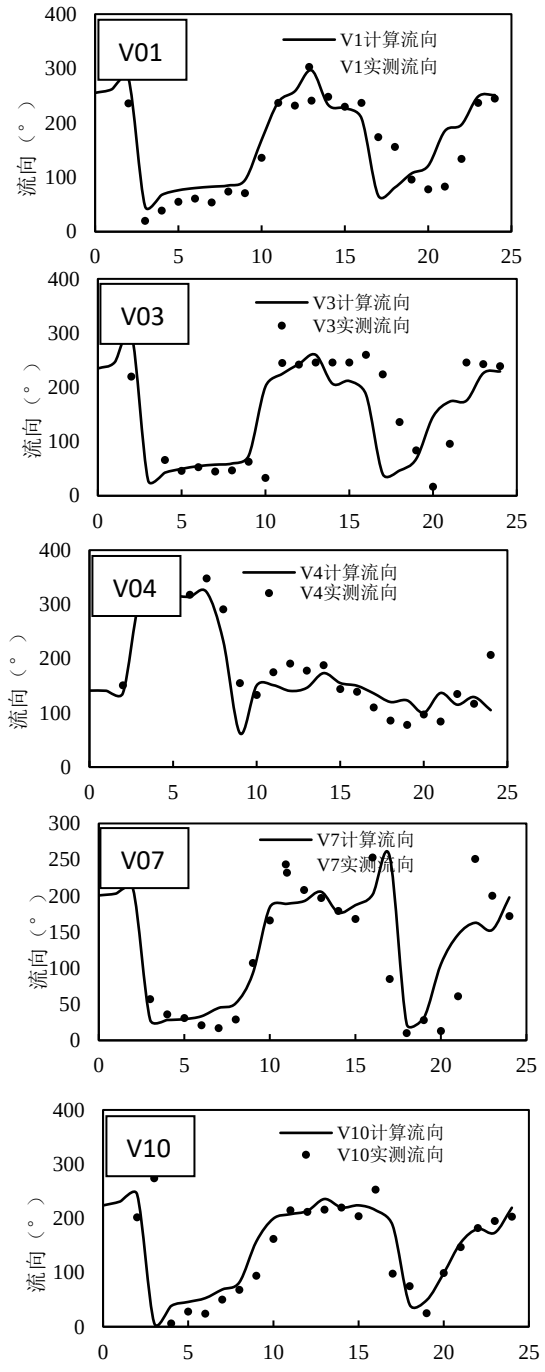


冬季大潮（表层）

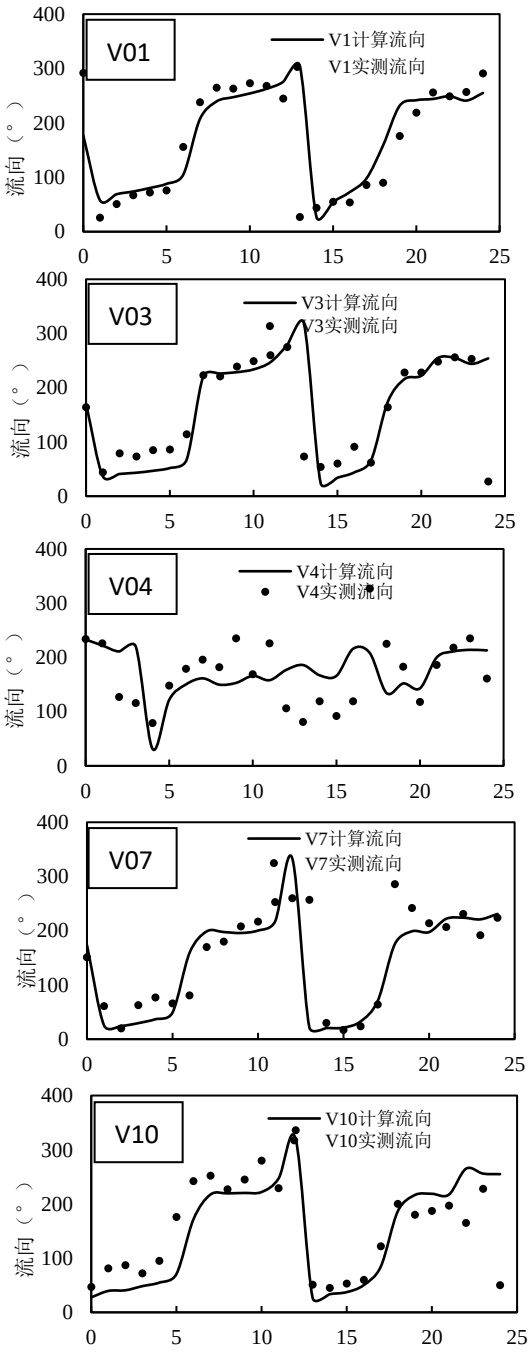


冬季大潮（中层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流向验证		
图 6.1-3（4/6）	版次：	A

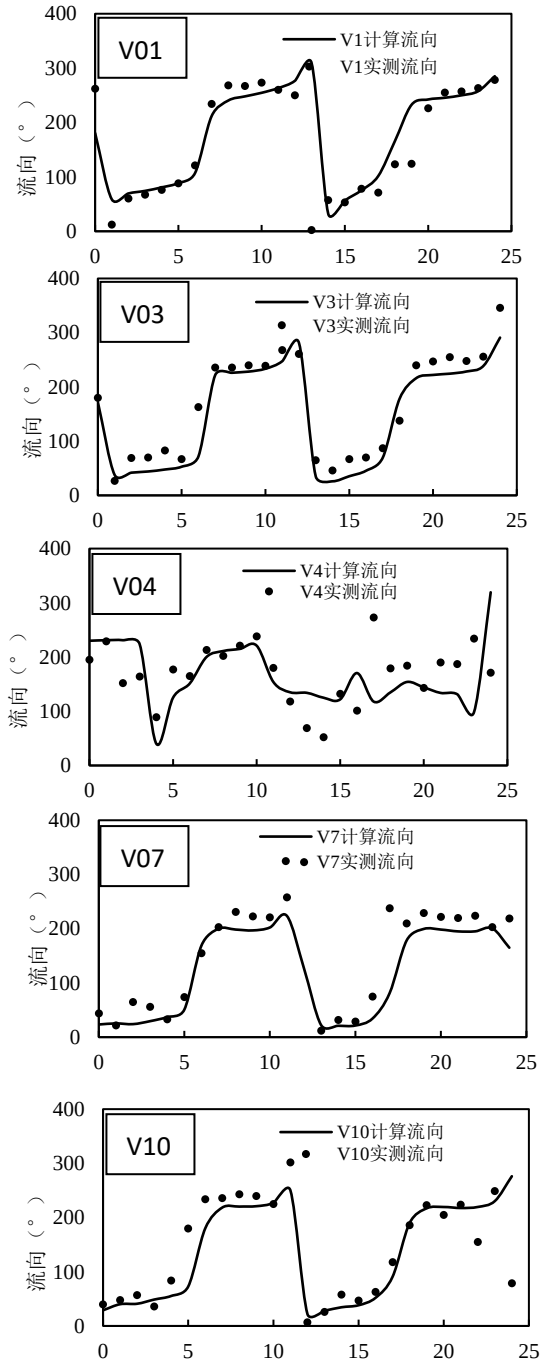


冬季大潮（底层）

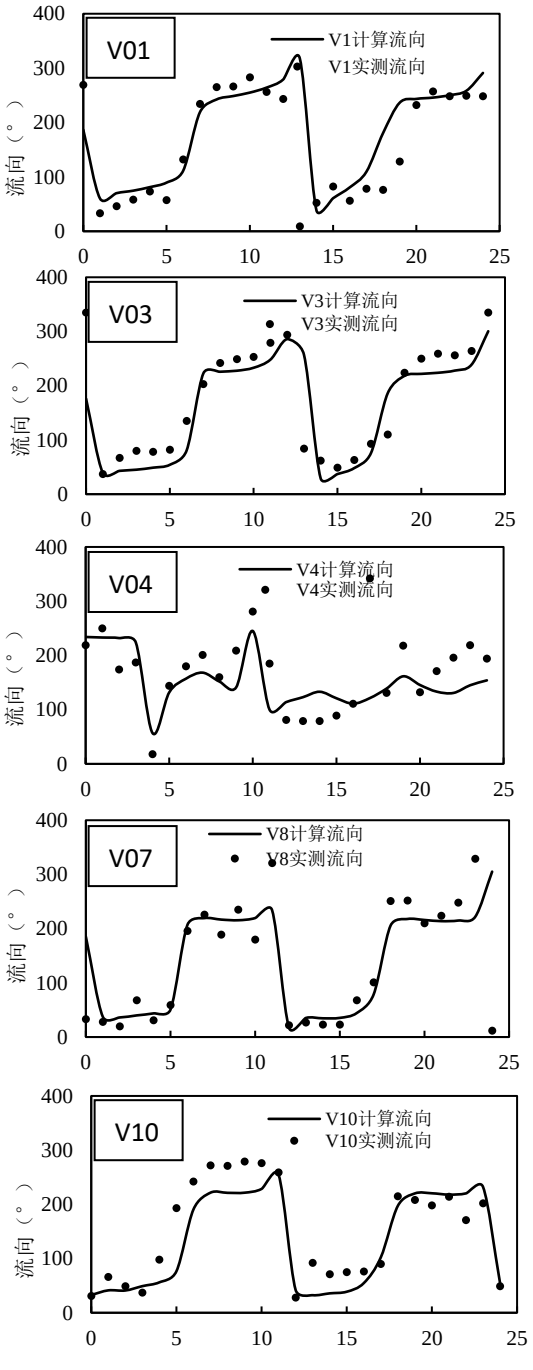


冬季小潮（表层）

环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流向验证		
图 6.1-3（5/6）	版次：	A

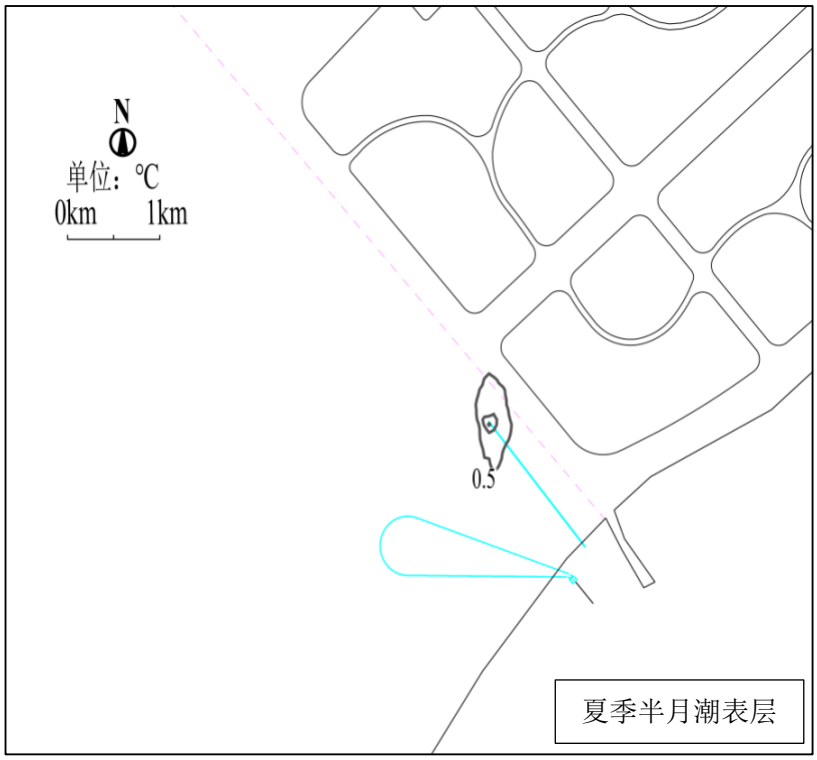


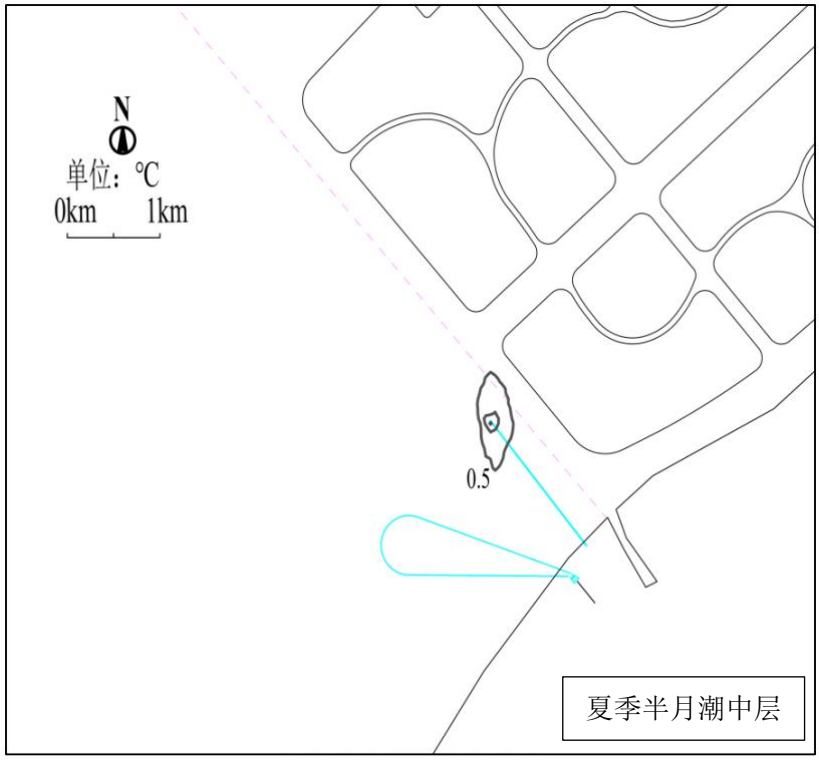
冬季小潮（中层）



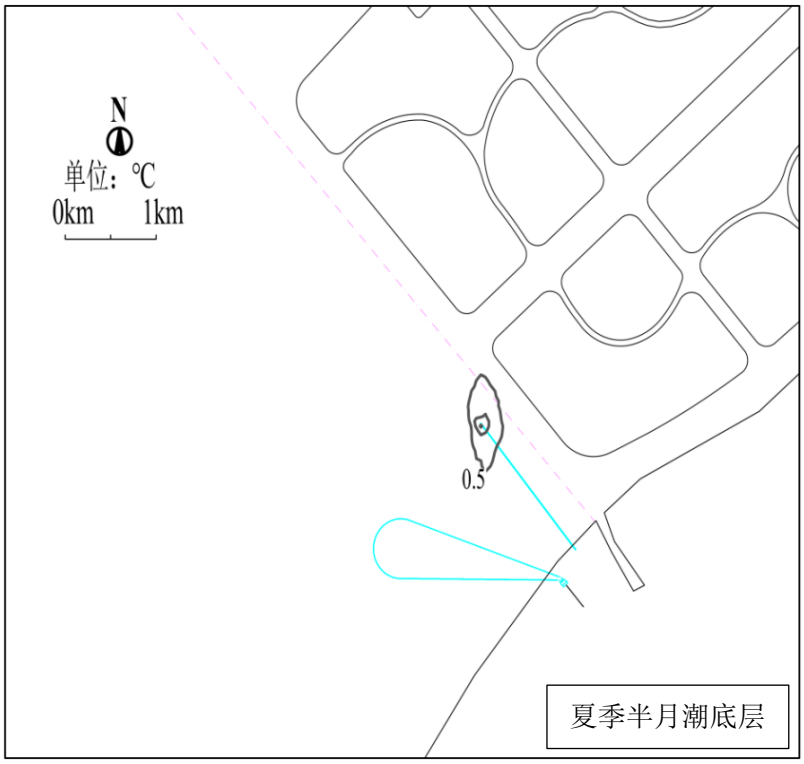
冬季小潮（底层）

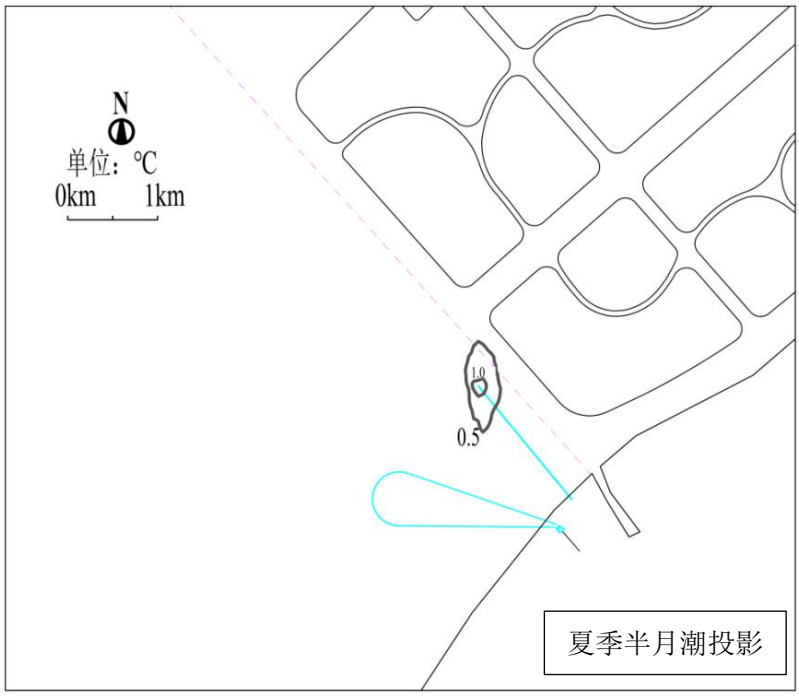
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域流向验证		
图 6.1-3（6/6）	版次：	A



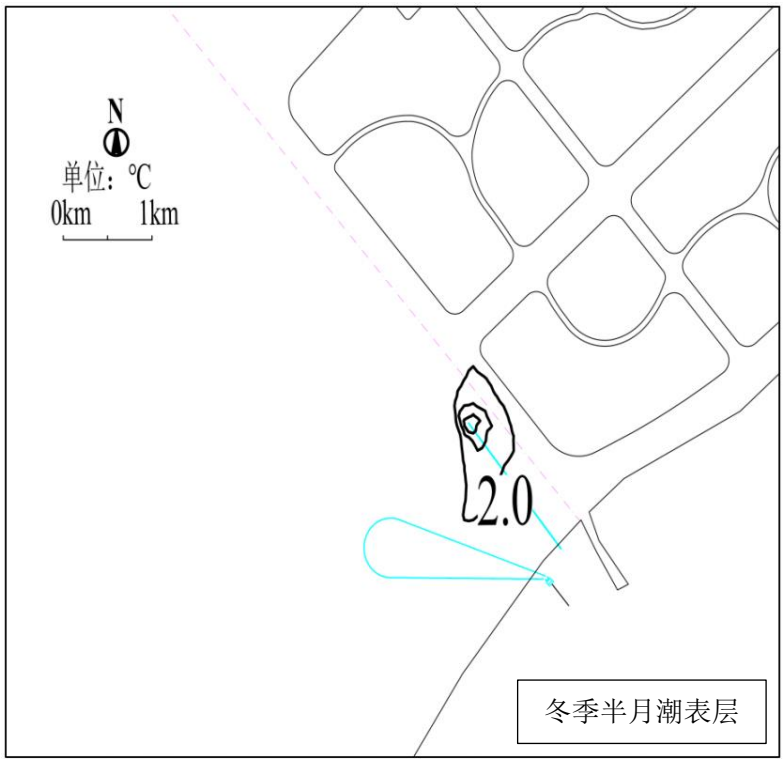


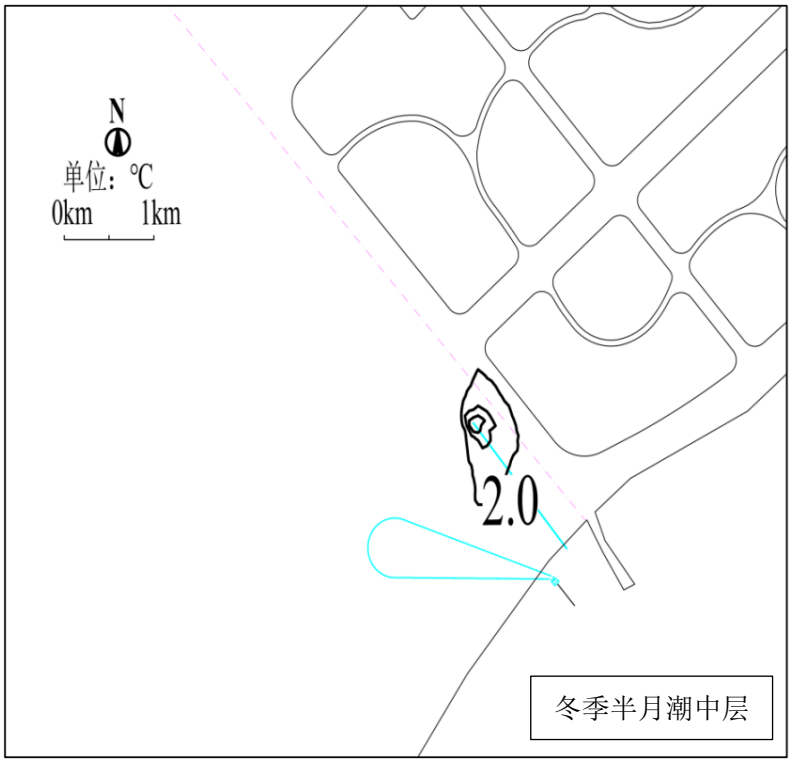
环境影响报告书（选址阶段）		
温升包络线分布图		
图 6.1-4（1/4）	版次：	A



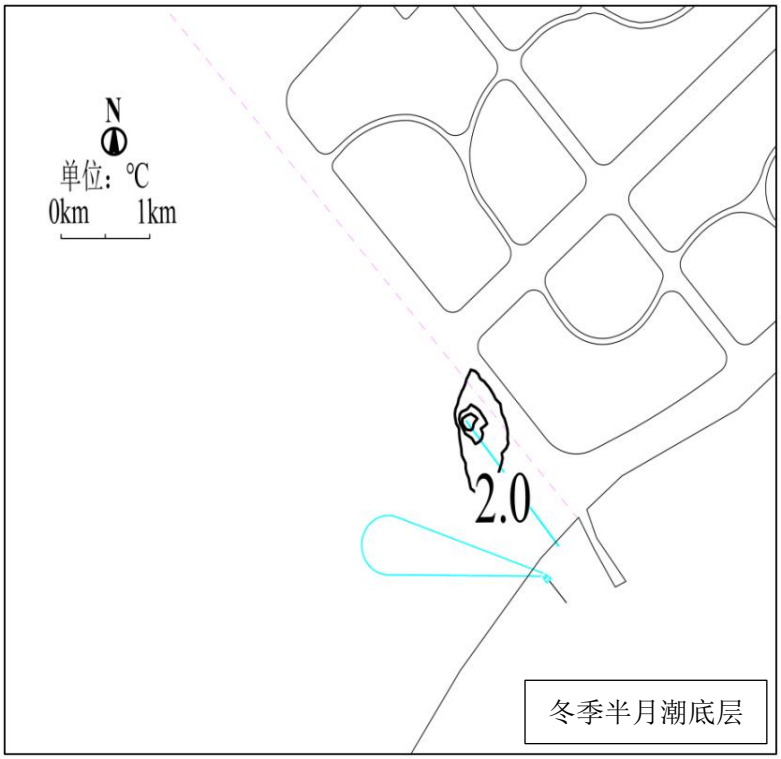


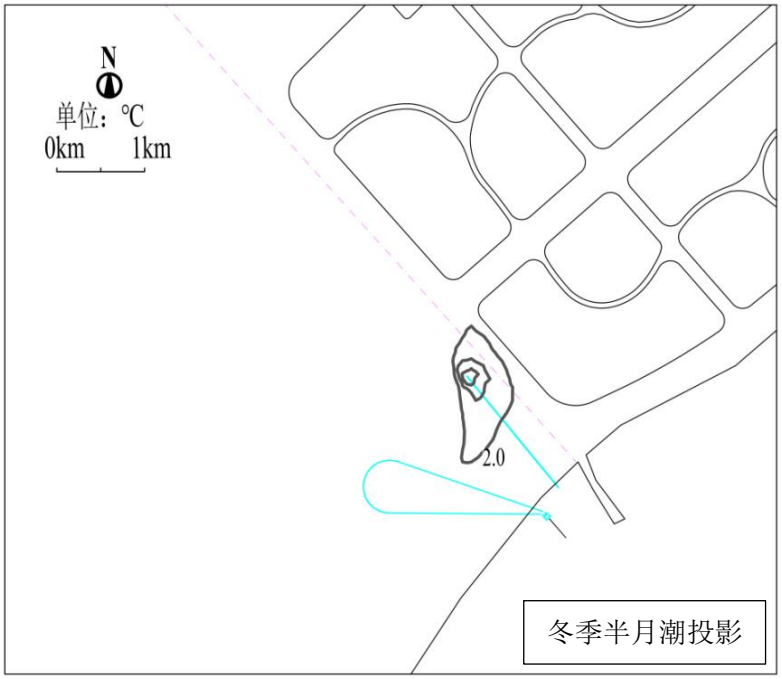
环境影响报告书（选址阶段）		
温升包络线分布图		
图 6.1-4（2/4）	版次：	A



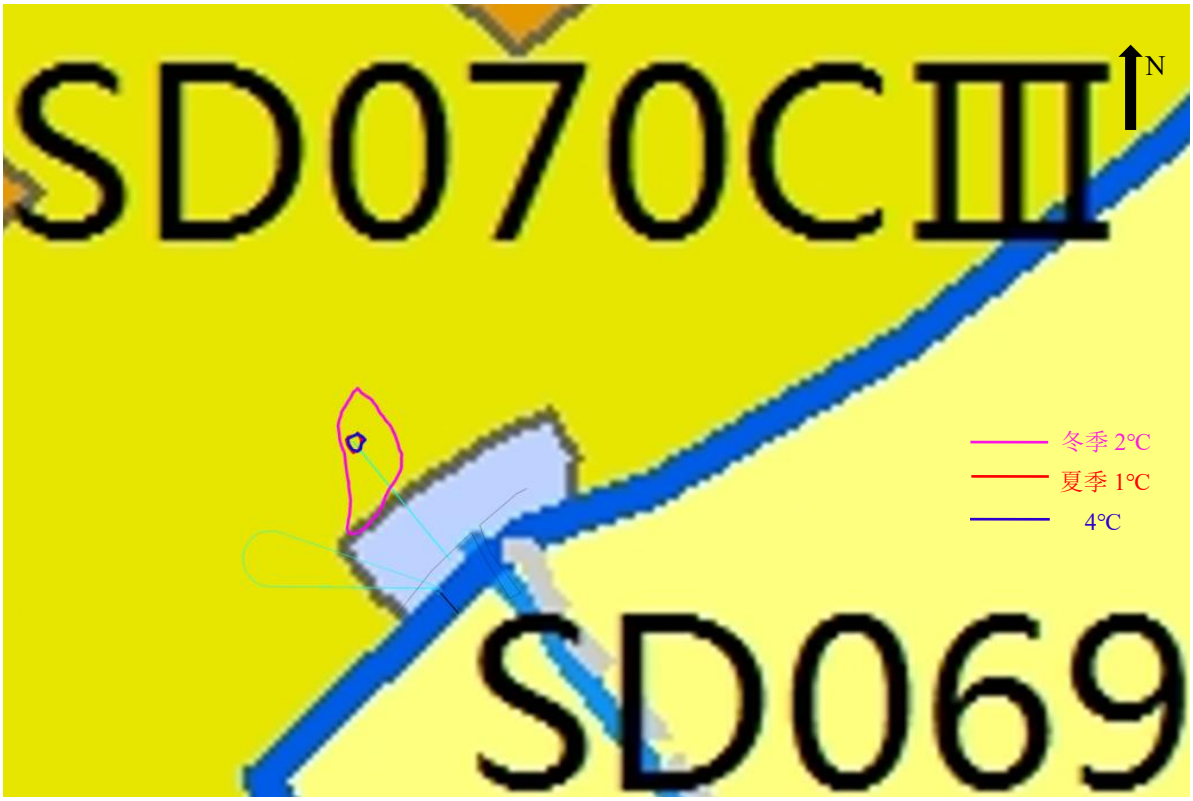


环境影响报告书（选址阶段）		
温升包络线分布图		
图 6.1-4（3/4）	版次：	A

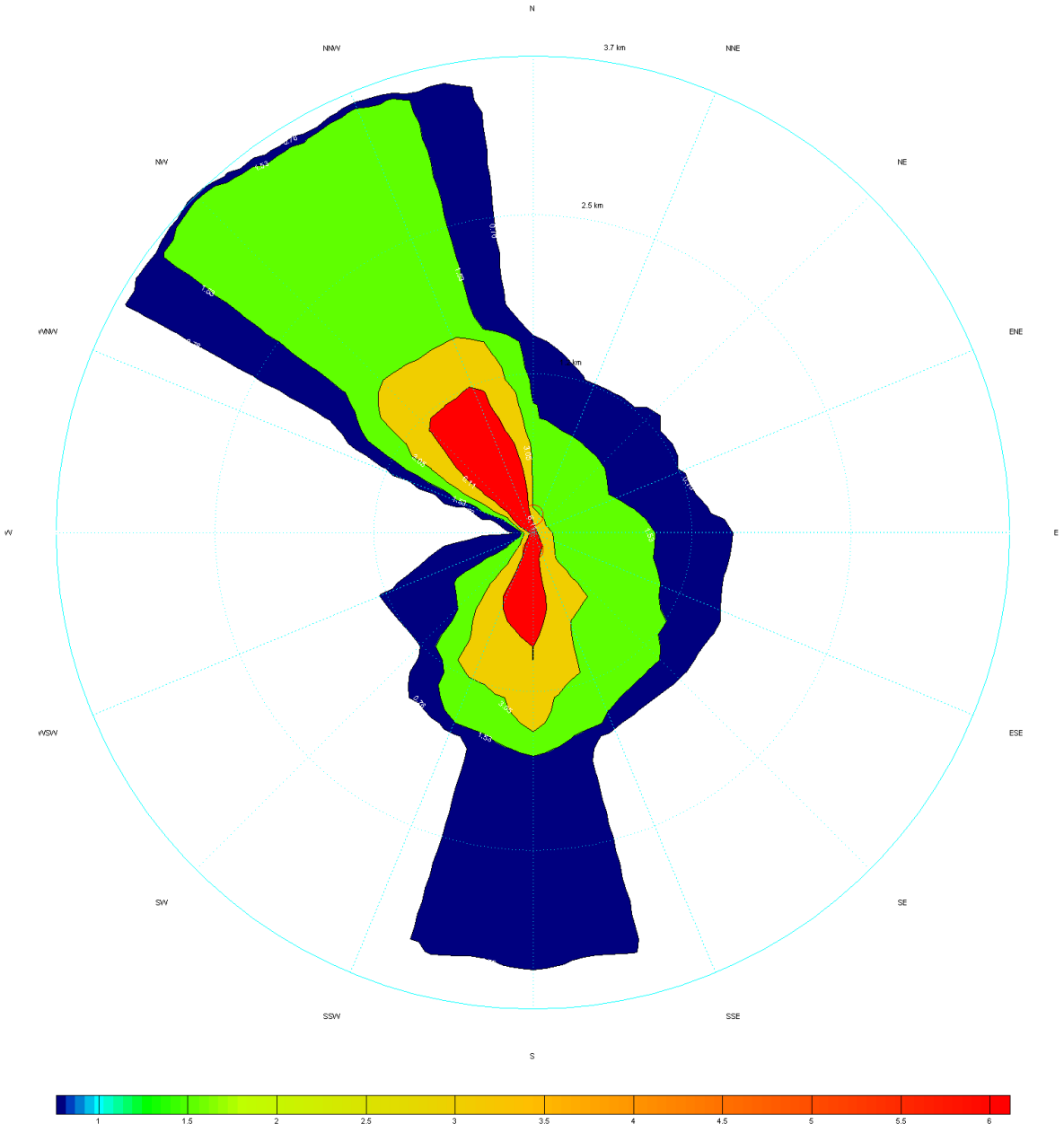




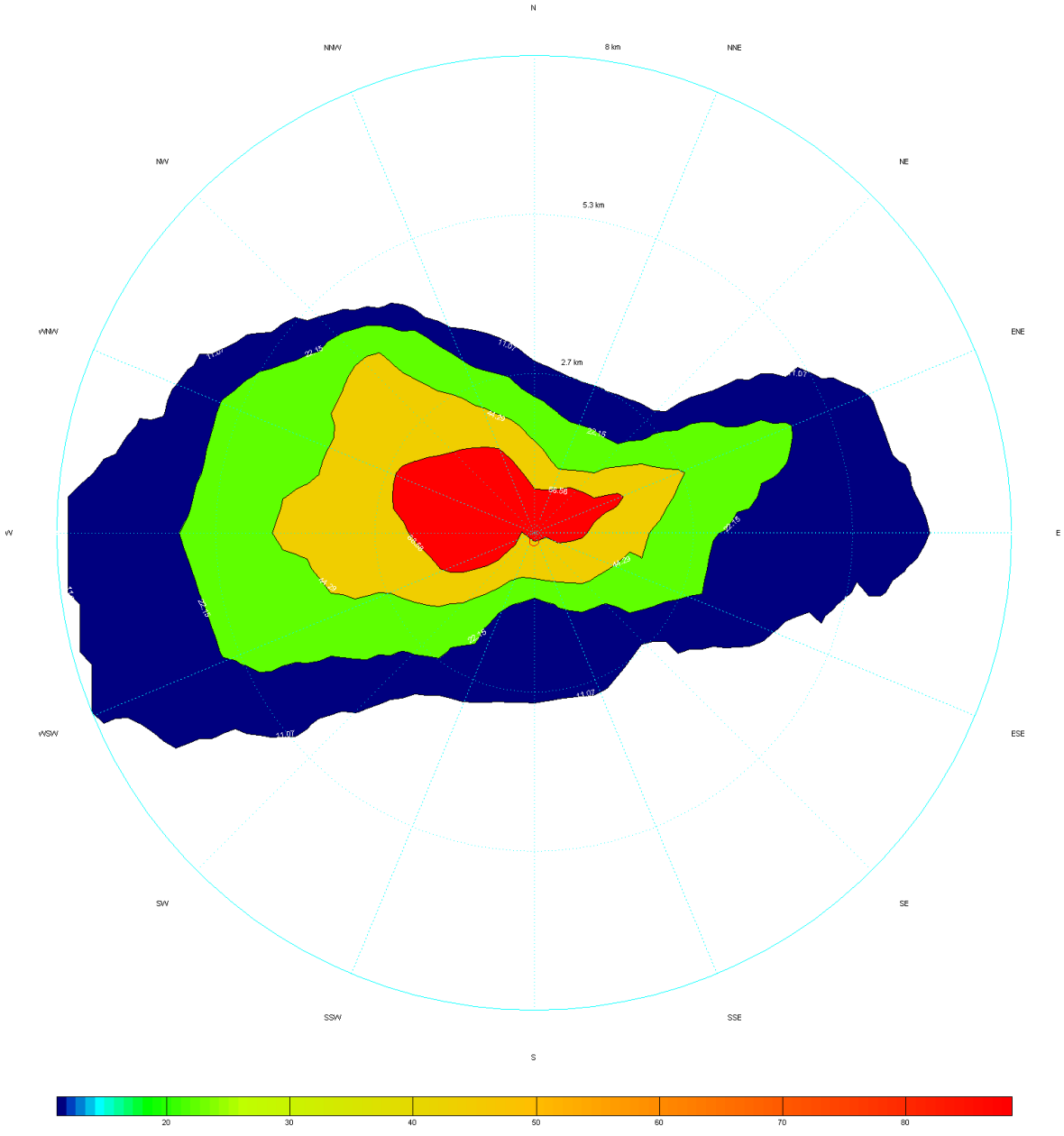
环境影响报告书（选址阶段）		
温升包络线分布图		
图 6.1-4（4/4）	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
温升最大包络区域与近岸海域环境功能区划的相对位置示意图		
图 6.1-5	版次：	A

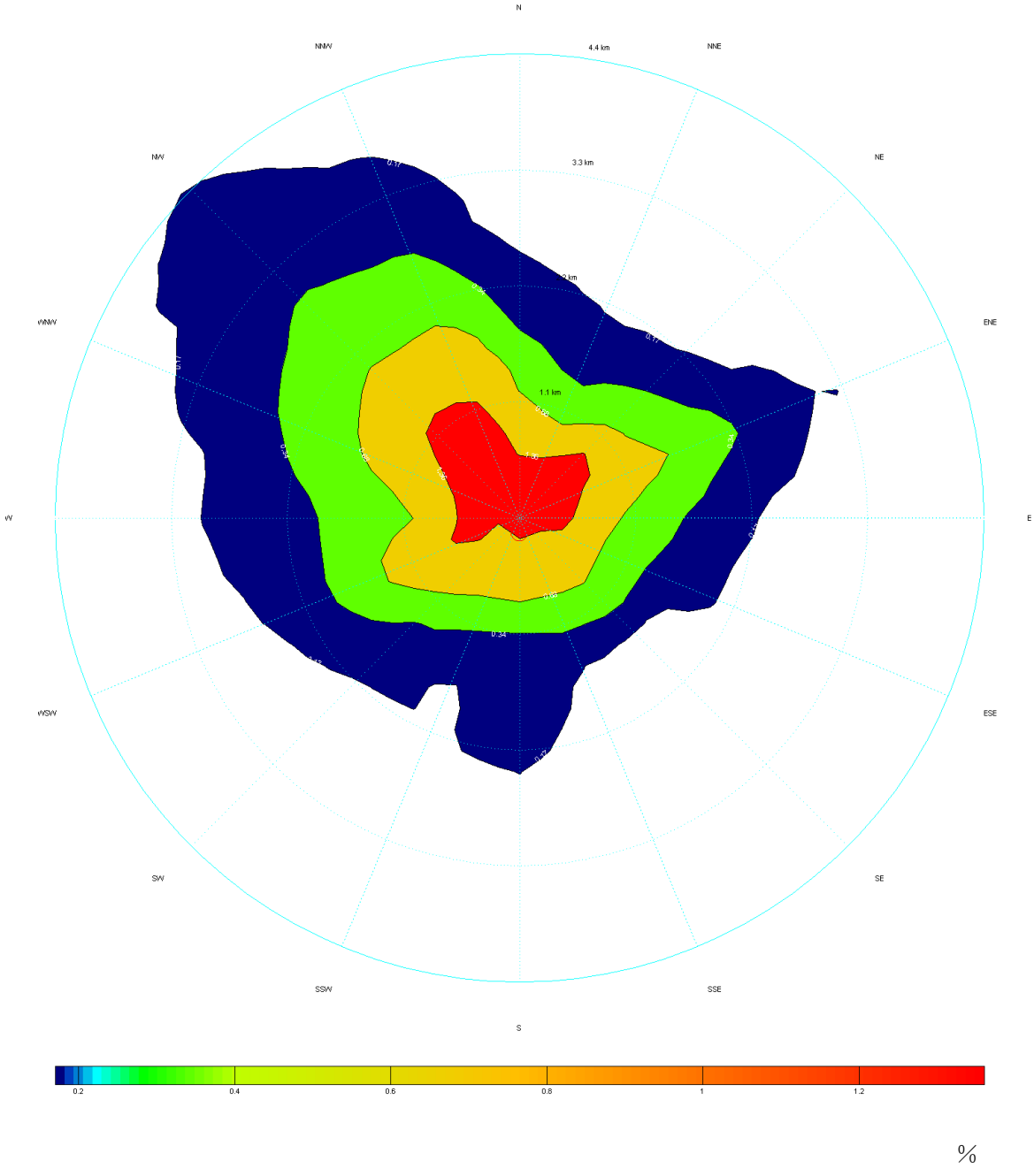


环境影响报告书（选址阶段）		
雾羽的长度频率分布(全年平均)		
图 6.1-6	版次：	A

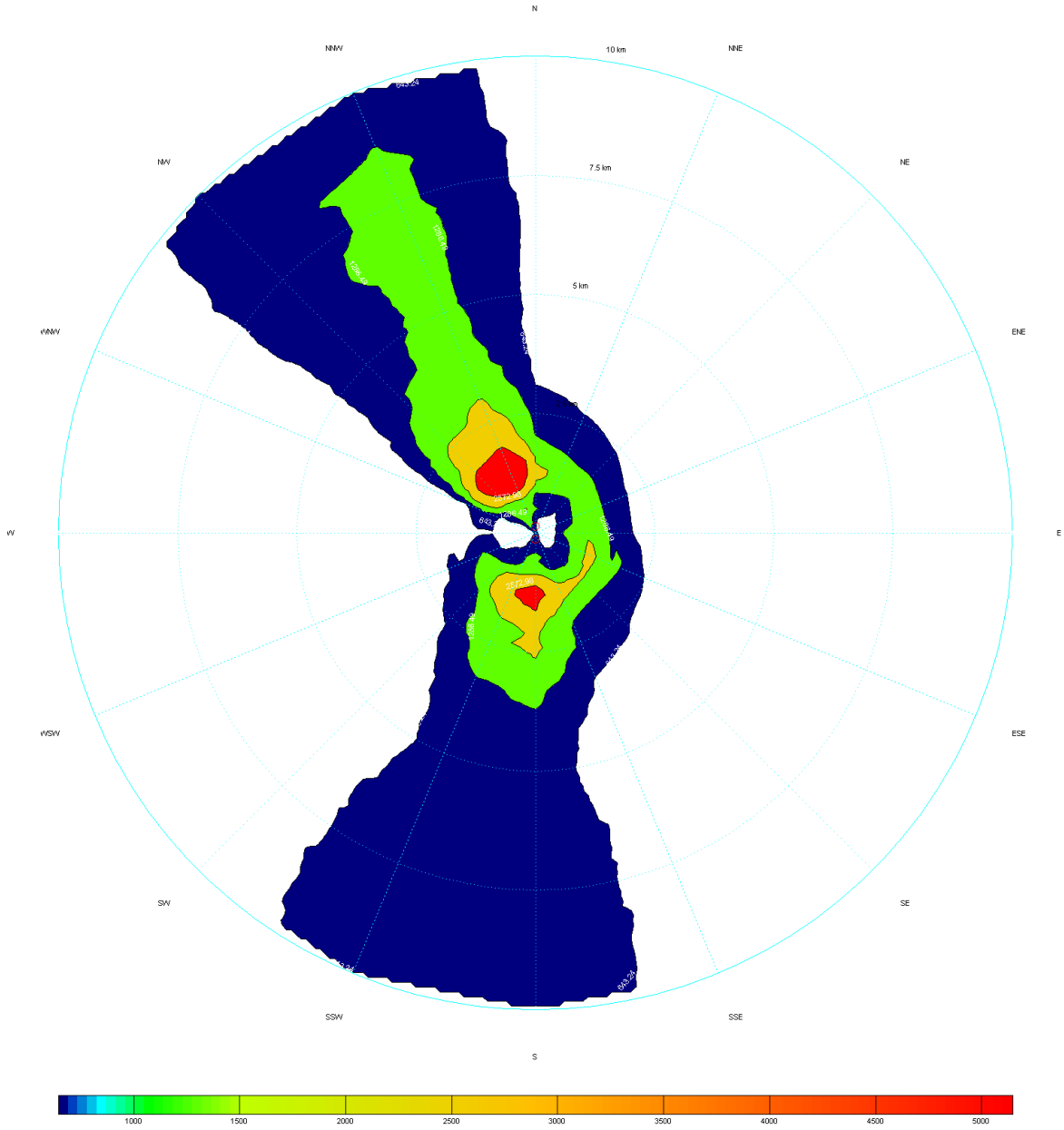


h

环境影响报告书（选址阶段）		
荫屏小时数 (全年累计)		
图 6.1-7	版次：	A

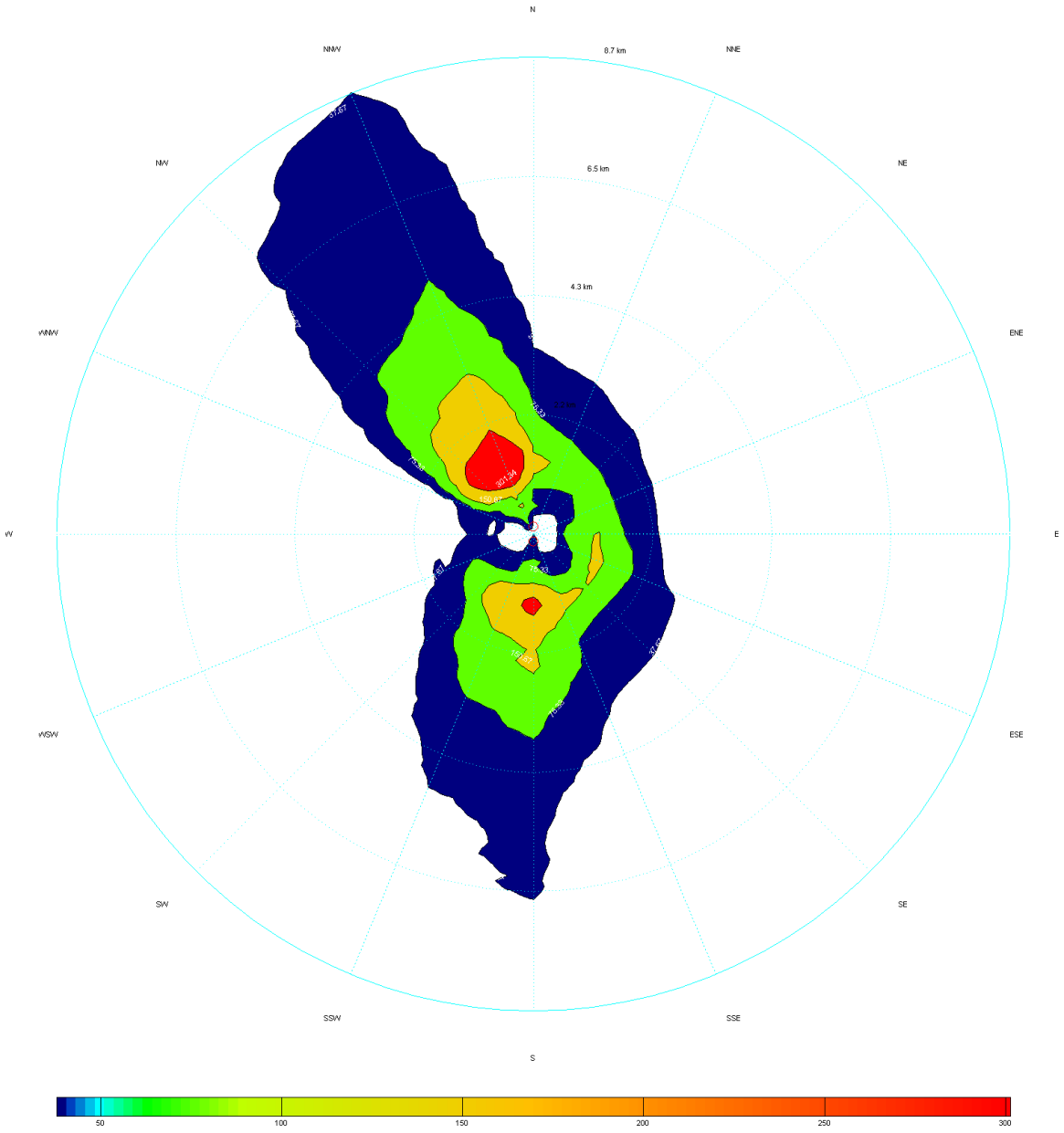


环境影响报告书（选址阶段）		
太阳辐射损失百分比		
图 6.1-8	版次：	A



kg/(ha·月)

环境影响报告书（选址阶段）		
地面沉积水量分布（全年平均）		
图 6.1-9	版次：	A



kg/(ha·月)

环境影响报告书（选址阶段）		
盐沉积分布（全年平均）		
图 6.1-10	版次：	A

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

6.2.2.2 液态途径

6.2.2.3 其他途径

6.2.3 计算模式和参数

6.2.4 大气弥散和水体稀释

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众最大个人剂量

6.2.7 非人类生物辐射影响

6.2.7.1 非人类生物的分类

6.2.7.2 参数选取

6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 辐射影响评价

6.2.10 参考资料

6.2 正常运行的辐射影响

山东招远核电厂一期工程拟建设六台华龙一号核电机组，本期工程建设两台华龙一号核电机组。本节根据山东招远核电厂一期工程两台机组正常运行状态下的放射性流出物排放源项，以及厂址周围的环境特征、公众的食物消费和生活习惯，对核电厂正常运行状态下放射性流出物对公众和环境造成的辐射影响进行计算和评价。

6.2.1 流出物排放源项

山东招远核电厂一期工程运行状态下，放射性流出物以气载和液态形态向环境释放，分别在大气环境和受纳水体中迁移扩散。

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）要求核动力厂必须按每堆实施放射性流出物的年排放总量控制，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值，6.4 款规定了对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在单堆排放控制值的 4 倍以内。从表可以看出，山招远核电厂一期工程放射性流出物中单堆机组各类放射性核素的年排放量，均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的排放量控制要求。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对核动力厂放射性流出物排放除规定了总量控制要求外，对于滨海厂址，还要求槽式排放口处的放射性流出物中除氚和 C-14 外其它放射性核素的浓度不超过 1000Bq/L。根据本工程预期和设计工况下各类放射性废液排放浓度，放射性废液排放浓度满足其槽式排放出口处的放射性流出物中除 ^{3}H 和 ^{14}C 外其它放射性核素浓度不超过本项目控制值 1000Bq/L 的要求。本报告第四章 4.6 节给出了本工程预期和设计工况下各类放射性废液排放浓度，放射性废液排放浓度满足其槽式排放出口处的放射性流出物中除 ^{3}H 和 ^{14}C 外其它放射性核素浓度不超过本项目控制值 900Bq/L 的要求。

气载放射性流出物中的 ^{14}C 在环境介质中的转移过程具有特殊机理，有别于核电厂排放的其它各类气载放射性核素，通常认为，只有以二氧化碳形式存在的 ^{14}C 才能通过光合作用被植物吸收，并以食物的摄入形式进入食物链，对摄入者造成内照射影响。根据 IAEA 421 号技术报告，欧洲和美国的压水堆核电站以二氧化碳形态向环境排放的 ^{14}C 占 ^{14}C 总排放量的 5~25%，根据此研究结论，本节在评估气载 ^{14}C 的排放所造成的环境辐射影响时，假定以二氧化碳形态排放的 ^{14}C 占总排放量的 25%。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

气载放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

—空气浸没外照射；

—地面沉积物外照射；

—吸入空气内照射；

—食入陆生食品内照射。

公众食入陆生食品包括蔬菜、粮食、水果等作物产品，以及肉类、奶类等动物产品。图6.2-1给出了气载放射性流出物对公众造成辐射的途径。

6.2.2.2 液态途径

液态放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

— 水体浸没外照射；

— 水上活动外照射；

— 岸边沉积物外照射；

— 食入海产品内照射。

公众食入海产品包括鱼类、甲壳类、软体类、藻类产品，图6.2-2给出了液态放射性流出物对公众造成辐射的途径。

6.2.2.3 其它途径

保守考虑本工程正常运行期间陆域排放管线发生极少量的跑冒滴漏造成的放射性物质释放，采用《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）中地下水溶质运移模型计算，经分析，这种途径对管线附近的居民饮用水井核素总β放射性浓度最大贡献值为2.14E-04Bq/L，远低于《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）规定的指导值1Bq/L；保守考虑周边居民全年均饮用管线附近井水，对公众造成的年总剂量最大值为1.13E-07Sv/a，小于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中对公众中任何个人造成的有效剂量约束值0.25mSv。

其余不存在可能达到或超过上述途径的个人有效剂量10%的其它照射途径。

6.2.3 计算模式和参数

山东招远核电厂一期工程运行状态下，计算气载和液态放射性流出物通过各照射途径对公众造成的剂量。相关的计算参数如下：

（1） 大气弥散

根据核安全导则HAD101/02推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用厂址气象塔2021年7月~2022年6月一整年10m和80m高度两层逐时观测气象数据的风向、风速和温度，以及地面气象站的逐时雨量等气象数据，计算厂址区域的长期大气弥散因子和地面沉积因子。

山东招远核电厂一期工程气载放射性流出物的排放烟囱高度为70m，排放高度低于邻近建筑物高度的2倍，假定为混合排放方式。大气弥散计算过程中还考虑了气载放射性流出物的雨水冲洗、重力沉降、以及核素衰变等因素造成的烟羽损耗和地面沉积。

表6.2-2给出了长期大气弥散计算部分参数。扩散参数采用本报告2.4节的推荐值。

（2） 水体稀释

山东招远核电厂一期工程属滨海厂址，运行状态下，其产生的液态放射性流出物将随电厂的循环水一同排入海域，并在潮流的作用下向周围海域稀释扩散。放射性核素在水体中的稀释扩散采用液态流出物数值模拟计算成果数据，核素在水体和沉积物中的迁移采用国际原子能机构IAEA 19号安全报告推荐的计算模型和参数。

（3） 环境参数

采用环境调查分析得出厂址周围用于剂量计算中考虑的部分放射性物质传递介质参数（如介质含水率、食物从获取到消费的时间间隔等），采用IAEA 19号安全报告中元素在食物链中转移的特征参数及气态途径辐射剂量计算的相关参数。

采用IAEA 19号安全报告中液态照射途径辐射剂量计算参数及海鱼类、软体类、甲壳类以及藻类四类海产品可食部分的生物浓集因子和海水中悬浮物对元素的吸附分配K_d因子。海鱼类和甲壳类海洋生物的浓集因子采用IAEA 19号安全报告的推荐值，而对于IAEA 19号安全报告中未推荐的软体类和藻类生物浓集因子采用IAEA 57号安全报告的推荐值。

（4） 剂量转换因子

惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子以及其它各类放射性核素的吸入和食入内照射剂量转换因子取自《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），除

惰性气体外其它核素的空气浸没以及地面沉积外照射剂量转换因子取自IAEA 19号安全报告，水体浸没外照射剂量转换因子取自美国联邦导则12号报告。

（5） 婴儿食入母乳内照射剂量

参考ICRP 95号出版物中的婴儿食入母乳后受到内照射剂量计算模式及母体吸入和摄入放射性核素后，婴儿通过食入母乳而转移至婴儿体内的份额及对婴儿内照射的有效剂量转换因子。

（6） 食物消费和生活习惯

厂址半径80km范围内各子区陆上环境介质（如粮食、蔬菜等）的面积、产量，公众的食物消费量以及生活习惯因子采用相关区域统计及现场调查数据。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

表 6.2-1、表 6.2-2 和表 6.2-3 分别列出了厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的长期大气弥散因子（^{3}H、^{14}C、^{85}Kr、^{60}Co、^{131}I）、长期地面干沉积因子（^{60}Co、^{131}I）和长期地面湿沉积因子（^{60}Co、^{131}I）。

根据山东招远核电厂一期工程两台机组液态流出物数值模拟计算成果报告，表 6.2-4 给出了液态放射性排放受纳水体各海域相对浓度。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

根据以上参数和模式，表 6.2-5 列出了山东招远核电厂一期工程厂址半径 80km 范围内各子区部分放射性核素的环境空气浓度（^{3}H、^{14}C、^{85}Kr、^{60}Co、^{131}I）。环境空气中放射性年平均浓度最大值位于 NNW 方位 0~1km 子区，核素 ^{3}H、^{14}C、^{85}Kr、^{60}Co、^{131}I 在该子区的年平均浓度分布为 $5.05\times10^{-1}Bq/m^3$、$1.13\times10^{-2}Bq/m^3$、$1.80Bq/m^3$、$9.80\times10^{-8}Bq/m^3$、$5.78\times10^{-5}Bq/m^3$。

表 6.2-6 给出了山东招远核电厂一期工程排水口周围不同半径海域水体中的各放射性核素的年平均浓度和排水口 0~1km 海域的排放峰值浓度。受纳水体中放射性浓度最大值位于排放口 0~1km 海域，核素 ^{3}H、^{14}C 在该海域海水中的年平均浓度分别为 $1.58\times10^{1}Bq/L$、6.52×10^{-3} Bq/L。

山东招远核电厂一期工程单台机组废液设计年排放量约为$17500m^3$，两台机组TER排放速率为$20m^3/h$，结合考虑废液与循环水混合以及废液入海后海域的稀释作用并取

取水浓度回归因子2.55E-03，表6.2-6同时给出了电厂排放口附近0~1km海域排放时的峰值浓度。

《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定了海水中部分放射性核素的浓度限值，其中与本项目液态放射性流出物排放相关的有 ^{60}Co、^{90}Sr、^{106}Ru、^{134}Cs 和 ^{137}Cs 五个核素，其水质指标限值分别为 0.03Bq/L、4.0Bq/L、0.2Bq/L、0.6Bq/L 和 0.7Bq/L。由表可以看出，五个核素在排放口 0~1km 海域峰值浓度分别为 4.28×10^{-4}Bq/L、6.47×10^{-7}Bq/L、3.87×10^{-7}Bq/L、9.18×10^{-4}Bq/L 和 1.35×10^{-3}Bq/L，均能满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

6.2.6 公众最大个人剂量

本报告计算公众剂量时，不考虑山东招远核电厂计划拆迁的居民点。

（1）公众（成人）个人剂量

表 6.2-7 和表 6.2-8 分别给出山东招远核电厂一期工程气载和液态放射性流出物排放通过各种途径对厂址半径 80km 评价区内各子区一般公众个人（成人）造成的有效剂量，表 6.2-9 给出了各子区公众个人（成人）受到的总有效剂量。

中广核山东招远核电厂一期工程正常运行状态下，放射性流出物对于一般公众（成人）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 S 方位 1~2km 子区。造成的最大年有效剂量为 9.97×10^{-7}Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 9.03×10^{-7}Sv，通过液态途径造成的年有效剂量为 9.35×10^{-8}Sv。

W 方位 3~5km 子区一般公众（成人）个人通过气液态途径造成的年有效剂量为 1.10×10^{-7}Sv，通过其他途径计算得出的造成的 W 方位 5km 北洼子村年有效剂量为 1.13×10^{-7}Sv。因此，所有途径造成的北洼子村公众年有效剂量为 2.23×10^{-7}Sv，小于上述厂址 S 方位 1~2km 子区公众的有效剂量。

（2）公众（青少年）个人剂量

表 6.2-10 给出了山东招远核电厂一期工程放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区青少年组公众个人造成的年有效剂量。

本项目运行状态下，放射性流出物对青少年组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 S 方位 1~2km 子区，对该子区的青少年组公众个人造成的年有效剂量为 1.03×10^{-6}Sv。

（3）公众（儿童）个人剂量

表6.2-11给出了山东招远核电厂一期工程放射性流出物对厂址半径80km评价区内各子区儿童组公众个人造成的年有效剂量。

本项目运行状态下，放射性流出物对儿童组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 S 方位 1~2km 子区，对该子区的儿童年组公众个人造成的年有效剂量为1.07×10^{-6}Sv。

（4）公众（婴儿）个人剂量

表 6.2-12 给出本项目放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区婴儿组公众个人造成的年有效剂量。

本项目运行状态下，放射性流出物对婴儿组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 S 方位 1~2km 子区，对该子区的婴儿年组公众个人造成的年有效剂量为6.91×10^{-7}Sv。

（5）最大受照年龄组

对上述各年龄组公众的个人剂量结果进行比较分析发现，本项目运行状态下，放射性流出物对厂址 S 方位 1~2km 子区内各年龄组公众个人造成的有效剂量均大于其它各子区同年龄组公众个人的受照剂量，而对该子区各年龄组公众个人而言，核电厂的放射性流出物造成青少年组公众年有效剂量大于成人组公众剂量，成人组公众年受照有效剂量大于儿童组公众剂量，儿童组公众的年受照有效剂量大于婴儿组公众剂量。

因此，本项目运行状态下，就一般公众的受照剂量而言，厂址 S 方位 1~2km 子区内的青少年组公众个人受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为该子区的最大受照年龄组，受到的年有效剂量为 1.03×10^{-6}Sv。

（6）集体剂量

根据厂址评价范围内的居民年龄构成和各子区的预期人口分布，表 6.2-13 给出了本项目放射性流出物排放对厂址半径 80km 范围内各子区的年集体有效剂量贡献，评价区内公众集体年有效剂量为 0.411 人•Sv，其中各核素通过气态、液态途径所造成的厂址评价区内公众总的集体年有效剂量分别为 0.187 人•Sv 和 0.224 人•Sv 。

6.2.7 非人类生物辐射影响

非人类生物生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性核素以及核设施排放的气液态放射性流出物，由于生物种类的庞大和生存环境的广阔，目前国际上普

遍使用一系列特征生物的概念，包括参考生物，参考动植物，代表物种，特征物种和受体等，对生物进行辐射影响评价。

国际放射防护委员会（ICRP）于 2008 年发布的第 108 号报告中提出了参考动植物（RAP）的概念，并将其定义为“参考动植物是一个假想的实体，具有特定动物或植物类别的假想的基本生物特征，用于描述不同科类生物分类上的共性，具有明确的解剖学、生理学和生命历史的属性，可用于将该种生物体的暴露与辐射剂量，以及剂量与产生效应相联系起来。”根据一系列的选择准则，ICRP 报告推荐了 16 种用于辐射影响评价的参考动植物。

欧盟在 2004-2007 年间开展的 ERICA 项目中选取参考生物的方式与 ICRP 报告稍有不同，它不根据分类学、解剖学、生理学以及生活史等特征选取特定物种，而是基于不同的环境特征中的典型生物类别。

ERICA 项目中采用的一系列水生和陆生生物在不同生境中的剂量学模型也为 ICRP 所采用，在辐射剂量率计算方法上，两者也都采用了 Ulanovsky 等人运用 Monte-Carlo 方法计算不同体形尺寸生物体对 α、β、γ 辐射的吸收比例，再结合各核素的辐射能量得出各种核素对于不同生物体辐射的剂量转换因子。

6.2.7.1 非人类生物的分类

ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生作为参考生物，其中海洋生态系统的参考生物包括底栖鱼类、鸟类、甲壳类、大型藻类、哺乳动物、双壳软体类、浮游鱼类、浮游植物、多毛纲蠕虫、爬行动物、海葵珊瑚、导管植物和浮游动物 13 类。陆生生态系统的参考生物包括两栖动物、环节动物、腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类。

根据厂址周边海域的生态调查结果，海洋参考生物选取底栖鱼类、甲壳类、藻类、软体类、浮游鱼类、浮游植物和浮游动物进行评价。

6.2.7.2 参数选取

（1）悬浮物分配因子（Kd）

水生生态（核电周围海域）中悬浮物分配因子 Kd 值取自 IAEA 422 号报告。

（2）浓集因子（Bp）

参考 ERICA 程序和 IAEA 422 号报告的海洋参考生物的浓集因子。

参考 ERICA 程序和 IAEA 479 号报告的陆生参考生物的浓集因子。

（3）放射性核素对生物的辐射剂量转换因子

按 ERICA 程序给出的不同辐射类型权重值。

ERICA 程序对陆生生态系统生物依据生物的生活习性将照射类型分为空气浸没外照射、土表沉积外照射、土中浸没外照射和内照射途径，其中惰性气体 Kr 和 Xe 采用 EA R&D128 出版物中的数据。

（4）各生物居留因子

根据各生物的生物习性并参考 ERICA 程序分别给出了海洋生态系统和陆生生态系统各生物的居留因子。

6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

（1） 水生生物辐射影响

表 6.2-14 给出了厂址周围海域所涉及的七类海洋生物受到招远核电厂一期工程液态流出物的剂量率。

由表可以看出，山东招远核电厂一期工程正常运行状态情况下，厂址周围海域生物受到的附加剂量率值最大的为软体类，为 2.57×10^{-2}μGy/h。各类海洋生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值，对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

（2） 陆生生物辐射影响

表 6.2-15 给出了厂址周围陆域所涉及的 13 类陆生生物受到山东招远核电厂一期工程气态流出物通过各种途径造成的剂量率。

由表可以看出，招远核电厂一期工程正常运行状态情况下，厂址周围陆域生物受到的附加剂量率值最大的为乔木，为 2.70×10^{-3}μGy/h。各类陆域生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值，对核电厂周围陆域中的生物总体上影响很小。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

对山东招远核电厂一期工程放射性流出物排放造成的辐射影响进行“三关键”分析时，根据一般公众的辐射剂量分析结果，需重点考虑 S 方位 1.8km 沟子村成人和青

少年、N 方位 2.5km 马格庄成人和青少年。本工程液态排放口离厂址较远，因此同时考虑排放口海域附近的居民，即 WNW 方位约 9.0km 东良村农民和养殖渔民、W 方位约 10km 湖汪村农民和养殖渔民，渔民的养殖海域距离排放口 4.5km 以上。上述人群相关生活习性和食谱消费情况见本报告 2.2 节。

表 6.2-16 给出了上述子区各人群通过各种途径受核电厂放射性流出物排放造成的辐射剂量值。从表可以看出，山东招远核电厂一期工程两台机组运行状态下，放射性流出物排放对厂址 S 方位 1.8km 沟子村青少年造成的年有效剂量为为 4.21×10^{-7}Sv/a ，为最大的可能关键人群组，该剂量值远小于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中规定的 0.25mSv/a 的剂量约束值。

表 6.2-17 给出了山东招远核电厂一期工程运行状态下，放射性流出物通过各种途径对可能关键人群组个人（S 方位 1.8km 沟子村青少年）造成的辐射剂量贡献。从表可以看出：

— 山东招远核电厂一期工程运行状态下，核电厂放射性流出物排放对关键人群组个人造成的有效剂量为 4.21×10^{-7}Sv/a。其中通过气态途径造成的剂量贡献为 3.69×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 87.70%；通过液态途径造成的剂量贡献为 5.18×10^{-8}Sv/a，占个人总有效剂量的 12.30%。比较发现，气态途径对关键人群组个人造成的剂量贡献大于液态途径。

— 可能的关键照射途径为食入陆生食品内照射，对关键人群组个人造成的有效剂量为 3.42×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 81.18%。其它重要照射途径为食入海产品内照射，对关键人群组个人造成的有效剂量分别为 5.10×10^{-8}Sv/a，占个人总有效剂量的 12.13%。

— 可能的关键核素为 ^{14}C，对关键人群组个人造成的有效剂量为 3.48×10^{-7}Sv，占个人总有效剂量的 82.66%；其它重要核素为 ^{3}H、^{137}Cs，对关键人群组个人造成的有效剂量分别为 3.90×10^{-8}Sv/a 和 6.53×10^{-9}Sv/a，分别占个人总有效剂量的 9.26%和 1.55%。

表 6.2-18 给出了公众辐射剂量“三关键”分析结果。

6.2.9 管线运行期间可能的环境影响

正常运行期间，保守考虑陆域排放管线发生极少量的跑冒滴漏造成的放射性物质向周围地下水渗漏，采用连续点源二维扩散模型进行预测。放射性核素在随地下水的迁移过程中，随着时间的推移，各核素浓度最终会达到一个稳定的数值，且随着预测地点距离的增加，各核素浓度逐渐减小。根据预测结果，管线附近水井的H-3浓度最大，为8.32Bq/L，其次为C-14浓度为3.85E-03Bq/L，保守考虑周边居民全年均饮用管线附近井水，对公众造成的年总剂量最大为1.13E-07Sv/a。对管线附近的居民饮用水井核素总β放射性浓度最大贡献值为2.14E-04Bq/L，远低于《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）规定的总β指导值1Bq/L。

我国标准没有给出饮用水中各放射性核素的浓度限值要求。国际上相关标准如下：

WHO对饮用水中放射性核素的要求，标准中规定人类1年内摄入的饮用水所致的剂量应低于0.1mSv，并给出饮用水中单一放射性核素的指导水平，其中H-3浓度水平的指导值为10000Bq/L，C-14浓度水平的指导值为100Bq/L；如饮用水中含有多种放射性核素，应进行加权计算，当计算结果小于1时，证明放射性水平满足饮用水标准。

根据预测结果，管线附近生活水井处各核素浓度均远小于WHO给出的浓度指导水平，对公众造成的年总剂量远小于0.1mSv，可满足WHO饮用水标准要求。

综上，预计管线运行期间接头处少量渗漏对周围地下水环境的辐射影响较小

6.2.10 辐射影响评价

山东招远核电厂一期工程各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准GB6249-2011相应的控制要求。核电厂实际运行过程中，除氚和C-14外其它液态放射性核素的排放浓度可以满足1000Bq/L的浓度控制要求。

（1）公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）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。本工程两台机组运行状态下向环境释放的放射性物质对公众中任何个人（成人）造成的有效剂量约束值为 0.08mSv/a。

本项目两台机组运行状态下，放射性流出物排放造成的最大有效剂量为1.03×10^{-6}Sv/a，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（0.25mSv/a）的 0.41%，占本工程有

效剂量约束值（0.08mSv/a）的 1.29%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，山东招远核电厂一期工程运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键人群组为位于厂址 S 方位 1.8km 的沟子村青少年，需要关注的照射途径包括：食入陆生食品内照射和食入海产品内照射，需要关注的放射性核素包括：^{14}C、^{3}H 和 ^{137}Cs 等。

（2）非人类物种辐射影响评价

山东招远核电厂一期工程运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为 $2.57\times10^{-2}\mu Gy/h$，气载放射性流出物对厂址周围陆域生物造成的辐射剂量率最大为 $2.70\times10^{-3}\mu Gy/h$，均远低于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值，因此，可以认为中广核山东招远核电厂一期工程运行状态下，放射性流出物排放不会对厂址周边非人类生物在种群上造成明显的损伤。

山东招远核电厂一期工程运行状态下，就放射性流出物的排放控制和公众所受剂量而言，三废处理系统的预期处理效果可以满足国家标准的相应要求。而就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对海洋生物的辐射影响有限，是可以接受的。

6.2.11 参考资料

[1] IAEA Safety Reports Series No.19，Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment，2001.

[2] 中华人民共和国国家标准—电离辐射防护与辐射源安全基本标准，2003年4月1日实施.

[3] 核电厂放射性释放环境影响计算机程序系统——CEIRA，苏州热工研究院有限公司，1992年.

[4] 放射生态学转移参数手册，原子能出版社，李建国、商照荣等.

[5] 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.

[6] UNSCEAR. 1996. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1996 Report to the General Assembly, Fifty-first Session, Supplement No. 46 (A/51/46), Annex: “Effects of Radiation on the Environment”, United Nations Sales No. E96.IX.3 (1996).

表 6.2-1（1/3）　厂址长期大气弥散因子（^{3}H、^{14}C、^{85}Kr）

单位：s/m^3

距离(km) / 方位	0 ~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.43E-06	5.41E-07	2.69E-07	1.47E-07	6.69E-08	2.85E-08	1.51E-08	9.92E-09	7.20E-09	5.63E-09	4.57E-09	3.86E-09
NNE	2.77E-07	1.14E-07	6.47E-08	4.06E-08	2.17E-08	1.06E-08	6.02E-09	4.08E-09	3.01E-09	2.39E-09	1.98E-09	1.69E-09
NE	1.64E-07	7.16E-08	4.18E-08	2.65E-08	1.47E-08	7.70E-09	4.64E-09	3.25E-09	2.44E-09	1.97E-09	1.65E-09	1.41E-09
ENE	1.26E-07	5.76E-08	3.31E-08	2.05E-08	1.14E-08	6.06E-09	3.70E-09	2.61E-09	1.97E-09	1.60E-09	1.34E-09	1.16E-09
E	1.31E-07	6.69E-08	3.62E-08	2.03E-08	1.01E-08	5.07E-09	3.06E-09	2.16E-09	1.63E-09	1.32E-09	1.12E-09	9.67E-10
ESE	1.63E-07	7.44E-08	4.09E-08	2.34E-08	1.14E-08	5.40E-09	3.12E-09	2.15E-09	1.59E-09	1.28E-09	1.07E-09	9.23E-10
SE	2.82E-07	1.19E-07	6.21E-08	3.48E-08	1.66E-08	7.69E-09	4.39E-09	3.01E-09	2.23E-09	1.78E-09	1.48E-09	1.28E-09
SSE	2.99E-07	1.27E-07	6.87E-08	3.95E-08	1.91E-08	8.74E-09	4.88E-09	3.30E-09	2.41E-09	1.91E-09	1.59E-09	1.36E-09
S	7.75E-07	3.17E-07	1.66E-07	9.31E-08	4.29E-08	1.84E-08	9.80E-09	6.44E-09	4.62E-09	3.62E-09	2.97E-09	2.54E-09
SSW	5.90E-07	2.50E-07	1.41E-07	8.29E-08	3.99E-08	1.74E-08	9.31E-09	6.11E-09	4.35E-09	3.40E-09	2.80E-09	2.40E-09
SW	1.50E-07	7.51E-08	5.04E-08	3.42E-08	1.92E-08	9.61E-09	5.56E-09	3.80E-09	2.78E-09	2.21E-09	1.85E-09	1.60E-09
WSW	4.85E-08	2.61E-08	1.98E-08	1.54E-08	1.01E-08	5.80E-09	3.59E-09	2.51E-09	1.88E-09	1.53E-09	1.30E-09	1.12E-09
W	1.84E-08	1.10E-08	8.17E-09	6.17E-09	4.45E-09	2.97E-09	2.04E-09	1.52E-09	1.19E-09	9.86E-10	8.39E-10	7.29E-10
WNW	4.54E-08	2.16E-08	1.43E-08	9.78E-09	5.89E-09	3.31E-09	2.08E-09	1.48E-09	1.12E-09	9.17E-10	7.75E-10	6.71E-10
NW	1.07E-07	5.17E-08	3.38E-08	2.28E-08	1.33E-08	7.15E-09	4.36E-09	3.05E-09	2.29E-09	1.85E-09	1.56E-09	1.34E-09
NNW	1.60E-06	6.43E-07	3.38E-07	1.91E-07	8.92E-08	3.83E-08	2.03E-08	1.33E-08	9.58E-09	7.45E-09	6.06E-09	5.15E-09

表 6.2-1（2/3）　厂址长期大气弥散因子（^{60}Co）

单位：s/m^3

距离（km） 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.42E-06	5.31E-07	2.61E-07	1.41E-07	6.30E-08	2.60E-08	1.32E-08	8.35E-09	5.83E-09	4.40E-09	3.44E-09	2.82E-09
NNE	2.73E-07	1.11E-07	6.23E-08	3.87E-08	2.03E-08	9.57E-09	5.23E-09	3.40E-09	2.39E-09	1.82E-09	1.44E-09	1.18E-09
NE	1.61E-07	6.97E-08	4.03E-08	2.53E-08	1.39E-08	7.05E-09	4.08E-09	2.74E-09	1.96E-09	1.51E-09	1.21E-09	1.00E-09
ENE	1.25E-07	5.67E-08	3.23E-08	1.99E-08	1.09E-08	5.66E-09	3.34E-09	2.28E-09	1.66E-09	1.30E-09	1.05E-09	8.80E-10
E	1.29E-07	6.60E-08	3.54E-08	1.97E-08	9.66E-09	4.76E-09	2.79E-09	1.91E-09	1.40E-09	1.10E-09	9.06E-10	7.63E-10
ESE	1.62E-07	7.35E-08	4.02E-08	2.29E-08	1.10E-08	5.14E-09	2.89E-09	1.93E-09	1.39E-09	1.08E-09	8.79E-10	7.38E-10
SE	2.80E-07	1.18E-07	6.12E-08	3.41E-08	1.61E-08	7.33E-09	4.05E-09	2.67E-09	1.90E-09	1.46E-09	1.17E-09	9.71E-10
SSE	2.96E-07	1.25E-07	6.69E-08	3.81E-08	1.82E-08	8.09E-09	4.36E-09	2.84E-09	2.00E-09	1.53E-09	1.23E-09	1.02E-09
S	7.68E-07	3.12E-07	1.63E-07	9.03E-08	4.11E-08	1.72E-08	8.86E-09	5.63E-09	3.90E-09	2.95E-09	2.34E-09	1.94E-09
SSW	5.85E-07	2.47E-07	1.38E-07	8.05E-08	3.81E-08	1.62E-08	8.34E-09	5.29E-09	3.63E-09	2.73E-09	2.17E-09	1.80E-09
SW	1.48E-07	7.35E-08	4.88E-08	3.27E-08	1.80E-08	8.72E-09	4.85E-09	3.18E-09	2.22E-09	1.69E-09	1.36E-09	1.13E-09
WSW	4.70E-08	2.50E-08	1.88E-08	1.45E-08	9.33E-09	5.15E-09	3.03E-09	2.00E-09	1.42E-09	1.09E-09	8.75E-10	7.18E-10
W	1.78E-08	1.05E-08	7.78E-09	5.85E-09	4.19E-09	2.74E-09	1.79E-09	1.24E-09	9.09E-10	6.97E-10	5.52E-10	4.46E-10
WNW	4.41E-08	2.07E-08	1.36E-08	9.24E-09	5.48E-09	3.00E-09	1.80E-09	1.21E-09	8.72E-10	6.75E-10	5.42E-10	4.46E-10
NW	1.04E-07	4.99E-08	3.23E-08	2.16E-08	1.24E-08	6.47E-09	3.78E-09	2.53E-09	1.81E-09	1.39E-09	1.12E-09	9.24E-10
NNW	1.59E-06	6.35E-07	3.32E-07	1.87E-07	8.62E-08	3.62E-08	1.85E-08	1.18E-08	8.20E-09	6.18E-09	4.87E-09	4.03E-09

表 6.2-1（3/3）　厂址长期大气弥散因子（^{131}I）

单位：s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.25E-06	4.18E-07	1.85E-07	9.13E-08	3.58E-08	1.17E-08	4.30E-09	2.04E-09	1.14E-09	7.23E-10	5.00E-10	3.76E-10
NNE	2.32E-07	8.44E-08	4.47E-08	2.69E-08	1.30E-08	4.76E-09	1.75E-09	8.00E-10	4.27E-10	2.67E-10	1.86E-10	1.40E-10
NE	1.34E-07	5.36E-08	2.98E-08	1.84E-08	9.49E-09	3.88E-09	1.56E-09	7.48E-10	4.13E-10	2.64E-10	1.87E-10	1.43E-10
ENE	1.11E-07	4.73E-08	2.60E-08	1.55E-08	7.93E-09	3.36E-09	1.45E-09	7.46E-10	4.42E-10	2.98E-10	2.21E-10	1.75E-10
E	1.16E-07	5.77E-08	2.98E-08	1.59E-08	7.22E-09	2.97E-09	1.37E-09	7.90E-10	5.29E-10	3.96E-10	3.16E-10	2.63E-10
ESE	1.50E-07	6.49E-08	3.41E-08	1.86E-08	8.25E-09	3.17E-09	1.36E-09	7.29E-10	4.55E-10	3.24E-10	2.50E-10	2.03E-10
SE	2.59E-07	1.03E-07	5.12E-08	2.72E-08	1.18E-08	4.38E-09	1.80E-09	9.55E-10	5.92E-10	4.17E-10	3.18E-10	2.57E-10
SSE	2.65E-07	1.05E-07	5.35E-08	2.92E-08	1.27E-08	4.58E-09	1.83E-09	9.47E-10	5.71E-10	3.96E-10	2.99E-10	2.40E-10
S	6.98E-07	2.64E-07	1.30E-07	6.87E-08	2.83E-08	9.56E-09	3.65E-09	1.83E-09	1.07E-09	7.25E-10	5.36E-10	4.23E-10
SSW	5.43E-07	2.17E-07	1.17E-07	6.59E-08	2.84E-08	9.71E-09	3.65E-09	1.79E-09	1.01E-09	6.57E-10	4.75E-10	3.67E-10
SW	1.33E-07	6.35E-08	4.18E-08	2.74E-08	1.37E-08	5.10E-09	1.89E-09	8.67E-10	4.55E-10	2.83E-10	2.00E-10	1.52E-10
WSW	4.05E-08	2.08E-08	1.59E-08	1.21E-08	7.05E-09	2.80E-09	9.76E-10	4.01E-10	1.93E-10	1.13E-10	7.65E-11	5.64E-11
W	1.36E-08	8.10E-09	6.13E-09	4.63E-09	3.12E-09	1.43E-09	5.02E-10	1.94E-10	9.10E-11	5.23E-11	3.50E-11	2.58E-11
WNW	3.64E-08	1.60E-08	1.04E-08	6.90E-09	3.81E-09	1.59E-09	5.91E-10	2.49E-10	1.21E-10	6.97E-11	4.61E-11	3.33E-11
NW	9.15E-08	4.19E-08	2.68E-08	1.76E-08	9.39E-09	3.82E-09	1.47E-09	6.62E-10	3.44E-10	2.10E-10	1.46E-10	1.10E-10
NNW	1.48E-06	5.52E-07	2.75E-07	1.48E-07	6.27E-08	2.17E-08	8.46E-09	4.24E-09	2.42E-09	1.55E-09	1.09E-09	8.19E-10

表 6.2-2（1/2）　厂址长期地面干沉积因子（^{60}Co）

单位：$1/m^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	2.83E-09	1.06E-09	5.22E-10	2.82E-10	1.26E-10	5.20E-11	2.64E-11	1.67E-11	1.17E-11	8.80E-12	6.89E-12	5.64E-12
NNE	5.46E-10	2.21E-10	1.25E-10	7.74E-11	4.07E-11	1.91E-11	1.05E-11	6.79E-12	4.78E-12	3.63E-12	2.89E-12	2.36E-12
NE	3.22E-10	1.39E-10	8.06E-11	5.06E-11	2.77E-11	1.41E-11	8.16E-12	5.47E-12	3.93E-12	3.02E-12	2.43E-12	2.00E-12
ENE	2.50E-10	1.13E-10	6.47E-11	3.99E-11	2.18E-11	1.13E-11	6.69E-12	4.55E-12	3.32E-12	2.59E-12	2.11E-12	1.76E-12
E	2.59E-10	1.32E-10	7.09E-11	3.95E-11	1.93E-11	9.52E-12	5.58E-12	3.82E-12	2.81E-12	2.21E-12	1.81E-12	1.53E-12
ESE	3.24E-10	1.47E-10	8.04E-11	4.58E-11	2.21E-11	1.03E-11	5.78E-12	3.87E-12	2.78E-12	2.16E-12	1.76E-12	1.48E-12
SE	5.61E-10	2.35E-10	1.22E-10	6.82E-11	3.23E-11	1.47E-11	8.09E-12	5.34E-12	3.80E-12	2.92E-12	2.34E-12	1.94E-12
SSE	5.91E-10	2.50E-10	1.34E-10	7.63E-11	3.63E-11	1.62E-11	8.72E-12	5.69E-12	4.01E-12	3.07E-12	2.46E-12	2.05E-12
S	1.54E-09	6.24E-10	3.25E-10	1.81E-10	8.21E-11	3.44E-11	1.77E-11	1.13E-11	7.79E-12	5.90E-12	4.68E-12	3.88E-12
SSW	1.17E-09	4.93E-10	2.75E-10	1.61E-10	7.62E-11	3.24E-11	1.67E-11	1.06E-11	7.25E-12	5.46E-12	4.35E-12	3.61E-12
SW	2.97E-10	1.47E-10	9.77E-11	6.55E-11	3.60E-11	1.74E-11	9.69E-12	6.36E-12	4.44E-12	3.39E-12	2.72E-12	2.25E-12
WSW	9.40E-11	5.00E-11	3.76E-11	2.89E-11	1.87E-11	1.03E-11	6.06E-12	4.01E-12	2.84E-12	2.18E-12	1.75E-12	1.44E-12
W	3.55E-11	2.10E-11	1.56E-11	1.17E-11	8.39E-12	5.47E-12	3.58E-12	2.49E-12	1.82E-12	1.39E-12	1.10E-12	8.92E-13
WNW	8.82E-11	4.13E-11	2.73E-11	1.85E-11	1.10E-11	5.99E-12	3.60E-12	2.43E-12	1.74E-12	1.35E-12	1.08E-12	8.93E-13
NW	2.08E-10	9.98E-11	6.46E-11	4.31E-11	2.48E-11	1.29E-11	7.55E-12	5.06E-12	3.62E-12	2.78E-12	2.24E-12	1.85E-12
NNW	3.19E-09	1.27E-09	6.64E-10	3.74E-10	1.72E-10	7.23E-11	3.71E-11	2.36E-11	1.64E-11	1.24E-11	9.75E-12	8.06E-12

表 6.2-2（2/2）　厂址长期地面干沉积因子（^{131}I）

单位：$1/m^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	4.00E-08	1.34E-08	5.92E-09	2.92E-09	1.15E-09	3.74E-10	1.37E-10	6.54E-11	3.63E-11	2.31E-11	1.60E-11	1.20E-11
NNE	7.41E-09	2.70E-09	1.43E-09	8.62E-10	4.16E-10	1.52E-10	5.61E-11	2.56E-11	1.37E-11	8.53E-12	5.94E-12	4.47E-12
NE	4.30E-09	1.72E-09	9.55E-10	5.89E-10	3.04E-10	1.24E-10	5.00E-11	2.40E-11	1.32E-11	8.43E-12	5.99E-12	4.58E-12
ENE	3.54E-09	1.51E-09	8.31E-10	4.98E-10	2.54E-10	1.07E-10	4.64E-11	2.39E-11	1.41E-11	9.54E-12	7.09E-12	5.60E-12
E	3.73E-09	1.85E-09	9.54E-10	5.10E-10	2.31E-10	9.50E-11	4.38E-11	2.53E-11	1.69E-11	1.27E-11	1.01E-11	8.42E-12
ESE	4.79E-09	2.08E-09	1.09E-09	5.96E-10	2.64E-10	1.02E-10	4.34E-11	2.33E-11	1.45E-11	1.04E-11	7.99E-12	6.51E-12
SE	8.30E-09	3.30E-09	1.64E-09	8.71E-10	3.78E-10	1.40E-10	5.77E-11	3.06E-11	1.89E-11	1.33E-11	1.02E-11	8.21E-12
SSE	8.47E-09	3.36E-09	1.71E-09	9.35E-10	4.06E-10	1.47E-10	5.87E-11	3.03E-11	1.83E-11	1.27E-11	9.58E-12	7.68E-12
S	2.24E-08	8.45E-09	4.17E-09	2.20E-09	9.06E-10	3.06E-10	1.17E-10	5.87E-11	3.44E-11	2.32E-11	1.72E-11	1.35E-11
SSW	1.74E-08	6.94E-09	3.75E-09	2.11E-09	9.10E-10	3.11E-10	1.17E-10	5.73E-11	3.22E-11	2.10E-11	1.52E-11	1.18E-11
SW	4.27E-09	2.03E-09	1.34E-09	8.75E-10	4.37E-10	1.63E-10	6.06E-11	2.77E-11	1.46E-11	9.06E-12	6.41E-12	4.86E-12
WSW	1.30E-09	6.67E-10	5.09E-10	3.88E-10	2.26E-10	8.97E-11	3.12E-11	1.28E-11	6.18E-12	3.62E-12	2.45E-12	1.80E-12
W	4.35E-10	2.59E-10	1.96E-10	1.48E-10	9.97E-11	4.58E-11	1.61E-11	6.21E-12	2.91E-12	1.67E-12	1.12E-12	8.26E-13
WNW	1.16E-09	5.11E-10	3.33E-10	2.21E-10	1.22E-10	5.08E-11	1.89E-11	7.96E-12	3.86E-12	2.23E-12	1.47E-12	1.07E-12
NW	2.93E-09	1.34E-09	8.56E-10	5.62E-10	3.00E-10	1.22E-10	4.69E-11	2.12E-11	1.10E-11	6.71E-12	4.68E-12	3.51E-12
NNW	4.72E-08	1.77E-08	8.79E-09	4.73E-09	2.01E-09	6.95E-10	2.71E-10	1.36E-10	7.74E-11	4.97E-11	3.48E-11	2.62E-11

表 6.2-3（1/2）　厂址长期地面湿沉积因子（^{60}Co）

单位：$1/m^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	6.66E-10	3.33E-10	2.00E-10	1.25E-10	6.66E-11	3.33E-11	2.00E-11	1.43E-11	1.11E-11	9.08E-12	7.68E-12	6.66E-12
NNE	4.39E-10	2.20E-10	1.32E-10	8.24E-11	4.39E-11	2.20E-11	1.32E-11	9.41E-12	7.32E-12	5.99E-12	5.07E-12	4.39E-12
NE	1.93E-10	9.64E-11	5.78E-11	3.62E-11	1.93E-11	9.64E-12	5.78E-12	4.13E-12	3.21E-12	2.63E-12	2.22E-12	1.93E-12
ENE	1.43E-10	7.13E-11	4.28E-11	2.67E-11	1.43E-11	7.13E-12	4.28E-12	3.06E-12	2.38E-12	1.95E-12	1.65E-12	1.43E-12
E	1.11E-10	5.53E-11	3.32E-11	2.08E-11	1.11E-11	5.53E-12	3.32E-12	2.37E-12	1.84E-12	1.51E-12	1.28E-12	1.11E-12
ESE	1.23E-10	6.13E-11	3.68E-11	2.30E-11	1.23E-11	6.13E-12	3.68E-12	2.63E-12	2.04E-12	1.67E-12	1.42E-12	1.23E-12
SE	3.16E-11	1.58E-11	9.48E-12	5.93E-12	3.16E-12	1.58E-12	9.48E-13	6.77E-13	5.27E-13	4.31E-13	3.65E-13	3.16E-13
SSE	3.08E-10	1.54E-10	9.24E-11	5.78E-11	3.08E-11	1.54E-11	9.24E-12	6.60E-12	5.14E-12	4.20E-12	3.56E-12	3.08E-12
S	8.13E-10	4.07E-10	2.44E-10	1.52E-10	8.13E-11	4.07E-11	2.44E-11	1.74E-11	1.36E-11	1.11E-11	9.38E-12	8.13E-12
SSW	1.27E-09	6.35E-10	3.81E-10	2.38E-10	1.27E-10	6.35E-11	3.81E-11	2.72E-11	2.12E-11	1.73E-11	1.46E-11	1.27E-11
SW	2.10E-09	1.05E-09	6.31E-10	3.94E-10	2.10E-10	1.05E-10	6.31E-11	4.50E-11	3.50E-11	2.87E-11	2.43E-11	2.10E-11
WSW	1.61E-09	8.05E-10	4.83E-10	3.02E-10	1.61E-10	8.05E-11	4.83E-11	3.45E-11	2.68E-11	2.19E-11	1.86E-11	1.61E-11
W	1.58E-10	7.92E-11	4.75E-11	2.97E-11	1.58E-11	7.92E-12	4.75E-12	3.39E-12	2.64E-12	2.16E-12	1.83E-12	1.58E-12
WNW	3.98E-10	1.99E-10	1.20E-10	7.47E-11	3.98E-11	1.99E-11	1.20E-11	8.54E-12	6.64E-12	5.43E-12	4.60E-12	3.98E-12
NW	6.95E-10	3.47E-10	2.08E-10	1.30E-10	6.95E-11	3.47E-11	2.08E-11	1.49E-11	1.16E-11	9.47E-12	8.02E-12	6.95E-12
NNW	1.05E-09	5.23E-10	3.14E-10	1.96E-10	1.05E-10	5.23E-11	3.14E-11	2.24E-11	1.74E-11	1.43E-11	1.21E-11	1.05E-11

表 6.2-3（2/2）　厂址长期地面湿沉积因子（^{131}I）

单位：$1/m^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	4.58E-10	2.29E-10	1.37E-10	8.58E-11	4.58E-11	2.29E-11	1.37E-11	9.80E-12	7.63E-12	6.24E-12	5.28E-12	4.58E-12
NNE	3.02E-10	1.51E-10	9.06E-11	5.66E-11	3.02E-11	1.51E-11	9.06E-12	6.47E-12	5.03E-12	4.12E-12	3.48E-12	3.02E-12
NE	1.33E-10	6.63E-11	3.98E-11	2.49E-11	1.33E-11	6.63E-12	3.98E-12	2.84E-12	2.21E-12	1.81E-12	1.53E-12	1.33E-12
ENE	9.81E-11	4.90E-11	2.94E-11	1.84E-11	9.81E-12	4.90E-12	2.94E-12	2.10E-12	1.63E-12	1.34E-12	1.13E-12	9.81E-13
E	7.61E-11	3.80E-11	2.28E-11	1.43E-11	7.61E-12	3.80E-12	2.28E-12	1.63E-12	1.27E-12	1.04E-12	8.78E-13	7.61E-13
ESE	8.43E-11	4.22E-11	2.53E-11	1.58E-11	8.43E-12	4.22E-12	2.53E-12	1.81E-12	1.41E-12	1.15E-12	9.73E-13	8.43E-13
SE	2.17E-11	1.09E-11	6.52E-12	4.08E-12	2.17E-12	1.09E-12	6.52E-13	4.66E-13	3.62E-13	2.96E-13	2.51E-13	2.17E-13
SSE	2.12E-10	1.06E-10	6.35E-11	3.97E-11	2.12E-11	1.06E-11	6.35E-12	4.54E-12	3.53E-12	2.89E-12	2.44E-12	2.12E-12
S	5.59E-10	2.79E-10	1.68E-10	1.05E-10	5.59E-11	2.79E-11	1.68E-11	1.20E-11	9.32E-12	7.62E-12	6.45E-12	5.59E-12
SSW	8.73E-10	4.36E-10	2.62E-10	1.64E-10	8.73E-11	4.36E-11	2.62E-11	1.87E-11	1.45E-11	1.19E-11	1.01E-11	8.73E-12
SW	1.44E-09	7.22E-10	4.33E-10	2.71E-10	1.44E-10	7.22E-11	4.33E-11	3.10E-11	2.41E-11	1.97E-11	1.67E-11	1.44E-11
WSW	1.11E-09	5.53E-10	3.32E-10	2.07E-10	1.11E-10	5.53E-11	3.32E-11	2.37E-11	1.84E-11	1.51E-11	1.28E-11	1.11E-11
W	1.09E-10	5.44E-11	3.27E-11	2.04E-11	1.09E-11	5.44E-12	3.27E-12	2.33E-12	1.81E-12	1.48E-12	1.26E-12	1.09E-12
WNW	2.74E-10	1.37E-10	8.22E-11	5.13E-11	2.74E-11	1.37E-11	8.22E-12	5.87E-12	4.56E-12	3.73E-12	3.16E-12	2.74E-12
NW	4.78E-10	2.39E-10	1.43E-10	8.96E-11	4.78E-11	2.39E-11	1.43E-11	1.02E-11	7.96E-12	6.51E-12	5.51E-12	4.78E-12
NNW	7.19E-10	3.60E-10	2.16E-10	1.35E-10	7.19E-11	3.60E-11	2.16E-11	1.54E-11	1.20E-11	9.81E-12	8.30E-12	7.19E-12

表 6.2-4　受纳水体各海域放射性相对浓度

海　域	放 射 性 核 素 半 衰 期				
	8 天	70 天	250 天	5 年	不衰变
0～1km	1.25E-02	1.50E-02	1.55E-02	1.60E-02	1.60E-02
1～2km	3.00E-03	4.50E-03	5.00E-03	5.50E-03	5.50E-03
2～5km	2.00E-03	4.00E-03	4.50E-03	5.00E-03	5.00E-03
5～10km	1.00E-03	3.00E-03	3.50E-03	3.50E-03	4.00E-03
10～20km	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03

表 6.2-5（1/5）　气载放射性排放造成环境空气核素浓度（^{3}H）

单位：Bq/m^3

距离(km) 方位	0 ~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	4.51E-01	1.71E-01	8.49E-02	4.64E-02	2.11E-02	9.00E-03	4.77E-03	3.13E-03	2.27E-03	1.78E-03	1.44E-03	1.22E-03
NNE	8.75E-02	3.60E-02	2.04E-02	1.28E-02	6.85E-03	3.35E-03	1.90E-03	1.29E-03	9.50E-04	7.55E-04	6.25E-04	5.34E-04
NE	5.18E-02	2.26E-02	1.32E-02	8.37E-03	4.64E-03	2.43E-03	1.46E-03	1.03E-03	7.70E-04	6.22E-04	5.21E-04	4.45E-04
ENE	3.98E-02	1.82E-02	1.05E-02	6.47E-03	3.60E-03	1.91E-03	1.17E-03	8.24E-04	6.22E-04	5.05E-04	4.23E-04	3.66E-04
E	4.14E-02	2.11E-02	1.14E-02	6.41E-03	3.19E-03	1.60E-03	9.66E-04	6.82E-04	5.15E-04	4.17E-04	3.54E-04	3.05E-04
ESE	5.15E-02	2.35E-02	1.29E-02	7.39E-03	3.60E-03	1.70E-03	9.85E-04	6.79E-04	5.02E-04	4.04E-04	3.38E-04	2.91E-04
SE	8.90E-02	3.76E-02	1.96E-02	1.10E-02	5.24E-03	2.43E-03	1.39E-03	9.50E-04	7.04E-04	5.62E-04	4.67E-04	4.04E-04
SSE	9.44E-02	4.01E-02	2.17E-02	1.25E-02	6.03E-03	2.76E-03	1.54E-03	1.04E-03	7.61E-04	6.03E-04	5.02E-04	4.29E-04
S	2.45E-01	1.00E-01	5.24E-02	2.94E-02	1.35E-02	5.81E-03	3.09E-03	2.03E-03	1.46E-03	1.14E-03	9.38E-04	8.02E-04
SSW	1.86E-01	7.89E-02	4.45E-02	2.62E-02	1.26E-02	5.49E-03	2.94E-03	1.93E-03	1.37E-03	1.07E-03	8.84E-04	7.58E-04
SW	4.74E-02	2.37E-02	1.59E-02	1.08E-02	6.06E-03	3.03E-03	1.76E-03	1.20E-03	8.78E-04	6.98E-04	5.84E-04	5.05E-04
WSW	1.53E-02	8.24E-03	6.25E-03	4.86E-03	3.19E-03	1.83E-03	1.13E-03	7.92E-04	5.94E-04	4.83E-04	4.10E-04	3.54E-04
W	5.81E-03	3.47E-03	2.58E-03	1.95E-03	1.41E-03	9.38E-04	6.44E-04	4.80E-04	3.76E-04	3.11E-04	2.65E-04	2.30E-04
WNW	1.43E-02	6.82E-03	4.51E-03	3.09E-03	1.86E-03	1.05E-03	6.57E-04	4.67E-04	3.54E-04	2.90E-04	2.45E-04	2.12E-04
NW	3.38E-02	1.63E-02	1.07E-02	7.20E-03	4.20E-03	2.26E-03	1.38E-03	9.63E-04	7.23E-04	5.84E-04	4.93E-04	4.23E-04
NNW	5.05E-01	2.03E-01	1.07E-01	6.03E-02	2.82E-02	1.21E-02	6.41E-03	4.20E-03	3.02E-03	2.35E-03	1.91E-03	1.63E-03

表 6.2-5（2/5）　气载放射性排放造成环境空气核素浓度（^{14}C）

单位：Bq/m^3

距离(km) 方位	0 ~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.01E-02	3.81E-03	1.89E-03	1.03E-03	4.71E-04	2.01E-04	1.06E-04	6.98E-05	5.07E-05	3.96E-05	3.22E-05	2.72E-05
NNE	1.95E-03	8.02E-04	4.55E-04	2.86E-04	1.53E-04	7.46E-05	4.24E-05	2.88E-05	2.12E-05	1.68E-05	1.39E-05	1.19E-05
NE	1.15E-03	5.04E-04	2.94E-04	1.86E-04	1.03E-04	5.42E-05	3.27E-05	2.29E-05	1.72E-05	1.39E-05	1.16E-05	9.99E-06
ENE	8.87E-04	4.05E-04	2.33E-04	1.44E-04	8.02E-05	4.26E-05	2.60E-05	1.84E-05	1.39E-05	1.13E-05	9.43E-06	8.16E-06
E	9.22E-04	4.71E-04	2.55E-04	1.43E-04	7.11E-05	3.57E-05	2.15E-05	1.52E-05	1.15E-05	9.36E-06	7.88E-06	6.81E-06
ESE	1.15E-03	5.24E-04	2.88E-04	1.65E-04	8.02E-05	3.80E-05	2.20E-05	1.51E-05	1.12E-05	9.01E-06	7.53E-06	6.50E-06
SE	1.98E-03	8.37E-04	4.37E-04	2.45E-04	1.17E-04	5.41E-05	3.09E-05	2.12E-05	1.57E-05	1.25E-05	1.04E-05	9.01E-06
SSE	2.10E-03	8.94E-04	4.83E-04	2.78E-04	1.34E-04	6.15E-05	3.43E-05	2.32E-05	1.70E-05	1.34E-05	1.12E-05	9.57E-06
S	5.45E-03	2.23E-03	1.17E-03	6.55E-04	3.02E-04	1.29E-04	6.90E-05	4.53E-05	3.25E-05	2.55E-05	2.09E-05	1.79E-05
SSW	4.15E-03	1.76E-03	9.92E-04	5.83E-04	2.81E-04	1.22E-04	6.55E-05	4.30E-05	3.06E-05	2.39E-05	1.97E-05	1.69E-05
SW	1.06E-03	5.29E-04	3.55E-04	2.41E-04	1.35E-04	6.76E-05	3.91E-05	2.67E-05	1.96E-05	1.56E-05	1.30E-05	1.13E-05
WSW	3.41E-04	1.84E-04	1.39E-04	1.08E-04	7.11E-05	4.08E-05	2.53E-05	1.77E-05	1.32E-05	1.08E-05	9.15E-06	7.88E-06
W	1.29E-04	7.74E-05	5.75E-05	4.34E-05	3.13E-05	2.09E-05	1.44E-05	1.07E-05	8.37E-06	6.94E-06	5.91E-06	5.13E-06
WNW	3.19E-04	1.52E-04	1.01E-04	6.88E-05	4.15E-05	2.33E-05	1.46E-05	1.04E-05	7.88E-06	6.45E-06	5.45E-06	4.72E-06
NW	7.53E-04	3.64E-04	2.38E-04	1.60E-04	9.36E-05	5.03E-05	3.07E-05	2.15E-05	1.61E-05	1.30E-05	1.10E-05	9.43E-06
NNW	1.13E-02	4.53E-03	2.38E-03	1.34E-03	6.28E-04	2.70E-04	1.43E-04	9.36E-05	6.74E-05	5.24E-05	4.26E-05	3.62E-05

表 6.2-5（3/5） 气载放射性排放造成环境空气核素浓度（^{85}Kr）

单位：Bq/m^3

距离(km) 方位	0 ~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.60E+00	6.07E-01	3.02E-01	1.65E-01	7.51E-02	3.20E-02	1.69E-02	1.11E-02	8.08E-03	6.32E-03	5.13E-03	4.33E-03
NNE	3.11E-01	1.28E-01	7.26E-02	4.56E-02	2.44E-02	1.19E-02	6.76E-03	4.58E-03	3.38E-03	2.68E-03	2.22E-03	1.90E-03
NE	1.84E-01	8.03E-02	4.69E-02	2.97E-02	1.65E-02	8.63E-03	5.21E-03	3.65E-03	2.74E-03	2.21E-03	1.85E-03	1.58E-03
ENE	1.41E-01	6.46E-02	3.71E-02	2.30E-02	1.28E-02	6.80E-03	4.15E-03	2.93E-03	2.21E-03	1.80E-03	1.50E-03	1.30E-03
E	1.47E-01	7.51E-02	4.06E-02	2.28E-02	1.13E-02	5.69E-03	3.43E-03	2.42E-03	1.83E-03	1.48E-03	1.26E-03	1.09E-03
ESE	1.83E-01	8.35E-02	4.59E-02	2.63E-02	1.28E-02	6.06E-03	3.50E-03	2.41E-03	1.78E-03	1.44E-03	1.20E-03	1.04E-03
SE	3.16E-01	1.34E-01	6.97E-02	3.91E-02	1.86E-02	8.63E-03	4.93E-03	3.38E-03	2.50E-03	2.00E-03	1.66E-03	1.44E-03
SSE	3.36E-01	1.43E-01	7.71E-02	4.43E-02	2.14E-02	9.81E-03	5.48E-03	3.70E-03	2.70E-03	2.14E-03	1.78E-03	1.53E-03
S	8.70E-01	3.56E-01	1.86E-01	1.04E-01	4.81E-02	2.06E-02	1.10E-02	7.23E-03	5.18E-03	4.06E-03	3.33E-03	2.85E-03
SSW	6.62E-01	2.81E-01	1.58E-01	9.30E-02	4.48E-02	1.95E-02	1.04E-02	6.86E-03	4.88E-03	3.82E-03	3.14E-03	2.69E-03
SW	1.68E-01	8.43E-02	5.66E-02	3.84E-02	2.15E-02	1.08E-02	6.24E-03	4.26E-03	3.12E-03	2.48E-03	2.08E-03	1.80E-03
WSW	5.44E-02	2.93E-02	2.22E-02	1.73E-02	1.13E-02	6.51E-03	4.03E-03	2.82E-03	2.11E-03	1.72E-03	1.46E-03	1.26E-03
W	2.06E-02	1.23E-02	9.17E-03	6.92E-03	4.99E-03	3.33E-03	2.29E-03	1.71E-03	1.34E-03	1.11E-03	9.42E-04	8.18E-04
WNW	5.09E-02	2.42E-02	1.60E-02	1.10E-02	6.61E-03	3.71E-03	2.33E-03	1.66E-03	1.26E-03	1.03E-03	8.70E-04	7.53E-04
NW	1.20E-01	5.80E-02	3.79E-02	2.56E-02	1.49E-02	8.02E-03	4.89E-03	3.42E-03	2.57E-03	2.08E-03	1.75E-03	1.50E-03
NNW	1.80E+00	7.22E-01	3.79E-01	2.14E-01	1.00E-01	4.30E-02	2.28E-02	1.49E-02	1.08E-02	8.36E-03	6.80E-03	5.78E-03

表 6.2-5（4/5） 气载放射性排放造成环境空气核素浓度（^{60}Co）

单位：Bq/m^3

距离(km) / 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	8.75E-08	3.27E-08	1.61E-08	8.69E-09	3.88E-09	1.60E-09	8.13E-10	5.15E-10	3.59E-10	2.71E-10	2.12E-10	1.74E-10
NNE	1.68E-08	6.84E-09	3.84E-09	2.38E-09	1.25E-09	5.90E-10	3.22E-10	2.10E-10	1.47E-10	1.12E-10	8.87E-11	7.27E-11
NE	9.92E-09	4.30E-09	2.48E-09	1.56E-09	8.57E-10	4.34E-10	2.51E-10	1.69E-10	1.21E-10	9.31E-11	7.46E-11	6.16E-11
ENE	7.70E-09	3.49E-09	1.99E-09	1.23E-09	6.72E-10	3.49E-10	2.06E-10	1.41E-10	1.02E-10	8.01E-11	6.47E-11	5.42E-11
E	7.95E-09	4.07E-09	2.18E-09	1.21E-09	5.95E-10	2.93E-10	1.72E-10	1.18E-10	8.63E-11	6.78E-11	5.58E-11	4.70E-11
ESE	9.98E-09	4.53E-09	2.48E-09	1.41E-09	6.78E-10	3.17E-10	1.78E-10	1.19E-10	8.57E-11	6.66E-11	5.42E-11	4.55E-11
SE	1.73E-08	7.27E-09	3.77E-09	2.10E-09	9.92E-10	4.52E-10	2.50E-10	1.65E-10	1.17E-10	9.00E-11	7.21E-11	5.98E-11
SSE	1.82E-08	7.70E-09	4.12E-09	2.35E-09	1.12E-09	4.99E-10	2.69E-10	1.75E-10	1.23E-10	9.43E-11	7.58E-11	6.29E-11
S	4.73E-08	1.92E-08	1.00E-08	5.56E-09	2.53E-09	1.06E-09	5.46E-10	3.47E-10	2.40E-10	1.82E-10	1.44E-10	1.20E-10
SSW	3.61E-08	1.52E-08	8.50E-09	4.96E-09	2.35E-09	9.98E-10	5.14E-10	3.26E-10	2.24E-10	1.68E-10	1.34E-10	1.11E-10
SW	9.12E-09	4.53E-09	3.01E-09	2.02E-09	1.11E-09	5.37E-10	2.99E-10	1.96E-10	1.37E-10	1.04E-10	8.38E-11	6.96E-11
WSW	2.90E-09	1.54E-09	1.16E-09	8.94E-10	5.75E-10	3.17E-10	1.87E-10	1.23E-10	8.75E-11	6.72E-11	5.39E-11	4.42E-11
W	1.10E-09	6.47E-10	4.79E-10	3.61E-10	2.58E-10	1.69E-10	1.10E-10	7.64E-11	5.60E-11	4.30E-11	3.40E-11	2.75E-11
WNW	2.72E-09	1.28E-09	8.38E-10	5.69E-10	3.38E-10	1.85E-10	1.11E-10	7.46E-11	5.37E-11	4.16E-11	3.34E-11	2.75E-11
NW	6.41E-09	3.08E-09	1.99E-09	1.33E-09	7.64E-10	3.99E-10	2.33E-10	1.56E-10	1.12E-10	8.57E-11	6.90E-11	5.69E-11
NNW	9.80E-08	3.91E-08	2.05E-08	1.15E-08	5.31E-09	2.23E-09	1.14E-09	7.27E-10	5.05E-10	3.81E-10	3.00E-10	2.48E-10

表 6.2-5（5/5）　气载放射性排放造成环境空气核素浓度（^{131}I）

单位：Bq/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	4.88E-05	1.63E-05	7.23E-06	3.57E-06	1.40E-06	4.57E-07	1.68E-07	7.97E-08	4.45E-08	2.82E-08	1.95E-08	1.47E-08
NNE	9.06E-06	3.30E-06	1.75E-06	1.05E-06	5.08E-07	1.86E-07	6.83E-08	3.12E-08	1.67E-08	1.04E-08	7.26E-09	5.47E-09
NE	5.23E-06	2.09E-06	1.16E-06	7.19E-07	3.71E-07	1.52E-07	6.09E-08	2.92E-08	1.61E-08	1.03E-08	7.30E-09	5.58E-09
ENE	4.34E-06	1.85E-06	1.02E-06	6.05E-07	3.10E-07	1.31E-07	5.66E-08	2.91E-08	1.73E-08	1.16E-08	8.63E-09	6.83E-09
E	4.53E-06	2.25E-06	1.16E-06	6.21E-07	2.82E-07	1.16E-07	5.35E-08	3.09E-08	2.07E-08	1.55E-08	1.23E-08	1.03E-08
ESE	5.86E-06	2.53E-06	1.33E-06	7.26E-07	3.22E-07	1.24E-07	5.31E-08	2.85E-08	1.78E-08	1.27E-08	9.76E-09	7.93E-09
SE	1.01E-05	4.02E-06	2.00E-06	1.06E-06	4.61E-07	1.71E-07	7.03E-08	3.73E-08	2.31E-08	1.63E-08	1.24E-08	1.00E-08
SSE	1.03E-05	4.10E-06	2.09E-06	1.14E-06	4.96E-07	1.79E-07	7.15E-08	3.70E-08	2.23E-08	1.55E-08	1.17E-08	9.37E-09
S	2.73E-05	1.03E-05	5.08E-06	2.68E-06	1.11E-06	3.73E-07	1.43E-07	7.15E-08	4.18E-08	2.83E-08	2.09E-08	1.65E-08
SSW	2.12E-05	8.47E-06	4.57E-06	2.57E-06	1.11E-06	3.79E-07	1.43E-07	6.99E-08	3.94E-08	2.57E-08	1.86E-08	1.43E-08
SW	5.19E-06	2.48E-06	1.63E-06	1.07E-06	5.35E-07	1.99E-07	7.38E-08	3.39E-08	1.78E-08	1.11E-08	7.81E-09	5.94E-09
WSW	1.58E-06	8.12E-07	6.21E-07	4.73E-07	2.75E-07	1.09E-07	3.81E-08	1.57E-08	7.54E-09	4.41E-09	2.99E-09	2.20E-09
W	5.31E-07	3.16E-07	2.39E-07	1.81E-07	1.22E-07	5.58E-08	1.96E-08	7.58E-09	3.55E-09	2.04E-09	1.37E-09	1.01E-09
WNW	1.42E-06	6.25E-07	4.06E-07	2.69E-07	1.49E-07	6.21E-08	2.31E-08	9.72E-09	4.73E-09	2.72E-09	1.80E-09	1.30E-09
NW	3.57E-06	1.64E-06	1.05E-06	6.87E-07	3.67E-07	1.49E-07	5.74E-08	2.59E-08	1.34E-08	8.20E-09	5.70E-09	4.30E-09
NNW	5.78E-05	2.16E-05	1.07E-05	5.78E-06	2.45E-06	8.47E-07	3.30E-07	1.66E-07	9.45E-08	6.05E-08	4.26E-08	3.20E-08

表 6.2-6（1/2）　液态放射性排放造成海域水体中的浓度（年平均）

单位：Bq/L

海域 / 核素	0～1km	1～2km	2～5km	5～10km	10～20km
^{3}H	1.58E+01	5.42E+00	4.93E+00	3.94E+00	9.86E-01
^{14}C	6.52E-03	2.24E-03	2.04E-03	1.63E-03	4.07E-04
^{51}Cr	2.08E-04	6.24E-05	5.55E-05	4.16E-05	1.39E-05
^{54}Mn	1.97E-05	6.76E-06	6.14E-06	4.30E-06	1.23E-06
^{59}Fe	3.50E-05	1.05E-05	9.33E-06	7.00E-06	2.33E-06
^{58}Co	8.12E-05	2.44E-05	2.17E-05	1.62E-05	5.42E-06
^{60}Co	8.52E-05	2.93E-05	2.66E-05	2.13E-05	5.33E-06
^{89}Sr	4.92E-06	1.48E-06	1.31E-06	9.84E-07	3.28E-07
^{90}Sr	1.09E-07	3.74E-08	3.40E-08	2.72E-08	6.80E-09
^{91}Sr	1.25E-07	3.00E-08	2.00E-08	9.99E-09	9.99E-09
^{92}Sr	1.29E-07	3.09E-08	2.06E-08	1.03E-08	1.03E-08
^{90}Y	7.70E-08	1.85E-08	1.23E-08	6.16E-09	6.16E-09
^{91}Y	1.79E-07	5.38E-08	4.78E-08	3.59E-08	1.20E-08
^{95}Zr	2.39E-07	7.18E-08	6.38E-08	4.79E-08	1.60E-08
^{95}Nb	2.26E-07	6.77E-08	6.01E-08	4.51E-08	1.50E-08
^{99}Mo	3.71E-06	8.92E-07	5.94E-07	2.97E-07	2.97E-07
^{99m}Tc	3.47E-06	8.32E-07	5.55E-07	2.77E-07	2.77E-07
^{103}Ru	2.50E-07	7.50E-08	6.67E-08	5.00E-08	1.67E-08
^{106}Ru	7.71E-08	2.65E-08	2.41E-08	1.69E-08	4.82E-09
^{106}Rh	2.18E-12	5.24E-13	3.49E-13	1.75E-13	1.75E-13
^{110m}Ag	1.34E-05	4.33E-06	3.89E-06	3.03E-06	8.65E-07
^{122}Sb	9.00E-07	2.16E-07	1.44E-07	7.20E-08	7.20E-08
^{124}Sb	5.45E-06	1.63E-06	1.45E-06	1.09E-06	3.63E-07
^{131}Te	8.34E-08	2.00E-08	1.33E-08	6.67E-09	6.67E-09
^{131m}Te	4.68E-08	1.12E-08	7.48E-09	3.74E-09	3.74E-09
^{132}Te	1.58E-06	3.80E-07	2.53E-07	1.27E-07	1.27E-07
^{134}Te	1.59E-07	3.80E-08	2.54E-08	1.27E-08	1.27E-08
^{131}I	2.09E-03	5.01E-04	3.34E-04	1.67E-04	1.67E-04
^{132}I	6.08E-05	1.46E-05	9.73E-06	4.87E-06	4.87E-06
^{133}I	3.03E-04	7.26E-05	4.84E-05	2.42E-05	2.42E-05
^{134}I	5.75E-06	1.38E-06	9.20E-07	4.60E-07	4.60E-07
^{135}I	6.80E-05	1.63E-05	1.09E-05	5.44E-06	5.44E-06
^{134}Cs	1.83E-04	6.28E-05	5.71E-05	4.00E-05	1.14E-05
^{136}Cs	6.90E-05	2.07E-05	1.84E-05	1.38E-05	4.60E-06
^{137}Cs	2.68E-04	9.21E-05	8.38E-05	6.70E-05	1.68E-05
^{138}Cs	1.70E-05	4.09E-06	2.73E-06	1.36E-06	1.36E-06
^{140}Ba	7.99E-06	2.40E-06	2.13E-06	1.60E-06	5.33E-07
^{140}La	6.93E-06	1.66E-06	1.11E-06	5.55E-07	5.55E-07
^{141}Ce	2.54E-07	7.61E-08	6.76E-08	5.07E-08	1.69E-08
^{143}Ce	8.59E-08	2.06E-08	1.37E-08	6.87E-09	6.87E-09
^{144}Ce	1.63E-07	5.62E-08	5.11E-08	3.58E-08	1.02E-08
^{143}Pr	2.72E-07	8.17E-08	7.26E-08	5.45E-08	1.82E-08
^{144}Pr	1.27E-07	3.04E-08	2.03E-08	1.01E-08	1.01E-08

表 6.2-6（2/2）　液态放射性排放造成海域水体中的浓度（峰值）

海域	排水口附近 0～1km 海域		
核素	浓度（Bq/L）	核素	浓度（Bq/L）
^{3}H	7.93E+01	^{124}Sb	2.74E-05
^{14}C	3.27E-02	^{131}Te	4.19E-07
^{51}Cr	1.04E-03	^{131m}Te	2.35E-07
^{54}Mn	9.87E-05	^{132}Te	7.95E-06
^{59}Fe	1.76E-04	^{134}Te	7.96E-07
^{58}Co	4.08E-04	^{131}I	1.05E-02
^{60}Co	4.28E-04	^{132}I	3.05E-04
^{89}Sr	2.47E-05	^{133}I	1.52E-03
^{90}Sr	5.47E-07	^{134}I	2.89E-05
^{91}Sr	6.27E-07	^{135}I	3.41E-04
^{92}Sr	6.47E-07	^{134}Cs	9.18E-04
^{90}Y	3.87E-07	^{136}Cs	3.47E-04
^{91}Y	9.01E-07	^{137}Cs	1.35E-03
^{95}Zr	1.20E-06	^{138}Cs	8.55E-05
^{95}Nb	1.13E-06	^{140}Ba	4.01E-05
^{99}Mo	1.87E-05	^{140}La	3.48E-05
^{99m}Tc	1.74E-05	^{141}Ce	1.27E-06
^{103}Ru	1.26E-06	^{143}Ce	4.31E-07
^{106}Ru	3.87E-07	^{144}Ce	8.21E-07
^{106}Rh	1.10E-11	^{143}Pr	1.37E-06
^{110m}Ag	6.73E-05	^{144}Pr	6.37E-07
^{122}Sb	4.52E-06		

表 6.2-7　气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	—	7.48E-07	4.02E-07	1.59E-07	6.27E-08	3.16E-08	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	1.10E-07	5.03E-08	2.25E-08	1.18E-08	—	—	5.69E-09	5.35E-09	—
NE	—	—	1.15E-07	—	3.39E-08	1.61E-08	9.34E-09	6.14E-09	6.27E-09	5.80E-09	5.54E-09	—
ENE	—	1.62E-07	4.11E-08	—	2.60E-08	1.26E-08	7.18E-09	4.79E-09	5.80E-09	5.53E-09	2.55E-09	2.03E-09
E	—	—	—	—	2.31E-08	1.05E-08	5.92E-09	5.48E-09	3.66E-09	2.36E-09	1.97E-09	3.11E-09
ESE	—	2.11E-07	5.21E-08	6.38E-08	2.65E-08	1.16E-08	6.13E-09	4.18E-09	3.18E-09	2.93E-09	1.88E-09	1.59E-09
SE	—	—	1.74E-07	9.50E-08	3.86E-08	1.66E-08	8.59E-09	5.80E-09	4.11E-09	3.18E-09	2.59E-09	2.19E-09
SSE	—	—	1.92E-07	1.08E-07	4.45E-08	1.85E-08	9.65E-09	6.19E-09	4.57E-09	3.49E-09	2.84E-09	2.40E-09
S	—	9.03E-07	—	2.56E-07	1.01E-07	4.08E-08	1.97E-08	1.22E-08	8.88E-09	6.72E-09	5.36E-09	4.48E-09
SSW	—	—	3.99E-07	2.30E-07	9.41E-08	3.79E-08	1.88E-08	1.25E-08	8.44E-09	6.41E-09	5.16E-09	4.31E-09
SW	—	—	—	9.69E-08	5.00E-08	2.14E-08	1.18E-08	7.73E-09	5.51E-09	4.61E-09	3.47E-09	2.95E-09
WSW	—	—	—	4.41E-08	2.57E-08	1.36E-08	7.38E-09	4.99E-09	3.60E-09	—	—	—
W	—	—	—	1.64E-08	1.08E-08	6.72E-09	—	—	—	—	—	—
WNW	—	—	3.99E-08	—	1.45E-08	7.75E-09	—	—	—	—	—	—
NW	—	—	—	6.26E-08	3.14E-08	—	—	—	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—	2.24E-07	8.48E-08	4.42E-08	—	—	—	—	—

表 6.2-8　液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	—	9.35E-08	9.35E-08	4.20E-08	1.09E-08	1.10E-08	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	9.35E-08	4.21E-08	1.12E-08	1.12E-08	—	—	5.16E-09	5.16E-09	—
NE	—	—	9.35E-08	—	4.22E-08	1.12E-08	1.10E-08	8.58E-09	1.07E-08	8.76E-09	9.36E-09	—
ENE	—	9.35E-08	—	—	4.23E-08	1.13E-08	1.13E-08	1.12E-08	5.92E-09	6.43E-09	6.69E-09	8.60E-09
E	—	—	9.38E-08	—	4.23E-08	1.13E-08	1.13E-08	5.88E-09	7.02E-09	5.25E-09	6.85E-09	9.50E-09
ESE	—	9.35E-08	—	9.35E-08	4.23E-08	1.12E-08	1.13E-08	5.16E-09	8.49E-09	8.82E-09	5.16E-09	5.16E-09
SE	—	—	9.38E-08	9.35E-08	4.24E-08	1.12E-08	1.13E-08	5.58E-09	5.16E-09	5.16E-09	5.81E-09	5.94E-09
SSE	—	—	9.38E-08	9.35E-08	4.23E-08	1.09E-08	1.13E-08	1.12E-08	6.42E-09	5.89E-09	6.46E-09	8.13E-09
S	—	9.35E-08	—	9.35E-08	4.23E-08	1.12E-08	1.13E-08	1.13E-08	5.99E-09	5.65E-09	5.56E-09	5.39E-09
SSW	—	—	9.38E-08	9.35E-08	4.23E-08	1.13E-08	1.13E-08	5.97E-09	5.85E-09	5.84E-09	6.20E-09	6.05E-09
SW	—	—	—	9.35E-08	8.14E-08	1.31E-08	6.68E-09	6.16E-09	7.53E-09	9.62E-09	7.01E-09	7.89E-09
WSW	—	—	—	9.35E-08	9.35E-08	8.11E-08	6.85E-09	8.05E-09	7.85E-09	—	—	—
W	9.35E-08	—	—	9.35E-08	9.35E-08	9.35E-08	—	—	—	—	—	—
WNW	—	—	9.38E-08	—	7.49E-08	9.35E-08	—	—	—	—	—	—
NW	—	—	—	9.35E-08	9.35E-08	—	—	—	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—	4.63E-08	1.09E-08	1.10E-08	—	—	—	—	—

表 6.2-9 气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	—	8.42E-07	4.95E-07	2.01E-07	7.36E-08	4.26E-08	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	2.03E-07	9.25E-08	3.37E-08	2.30E-08	—	—	1.08E-08	1.05E-08	—
NE	—	—	2.09E-07	—	7.60E-08	2.74E-08	2.04E-08	1.47E-08	1.70E-08	1.46E-08	1.49E-08	—
ENE	—	2.56E-07	4.35E-08	—	6.83E-08	2.39E-08	1.84E-08	1.60E-08	1.17E-08	1.20E-08	9.23E-09	1.06E-08
E	—	—	—	—	6.53E-08	2.18E-08	1.72E-08	1.14E-08	1.07E-08	7.60E-09	8.82E-09	1.26E-08
ESE	—	3.05E-07	5.45E-08	1.57E-07	6.88E-08	2.28E-08	1.74E-08	9.34E-09	1.17E-08	1.17E-08	7.04E-09	6.74E-09
SE	—	—	2.67E-07	1.88E-07	8.10E-08	2.78E-08	1.98E-08	1.14E-08	9.27E-09	8.33E-09	8.40E-09	8.12E-09
SSE	—	—	2.85E-07	2.01E-07	8.68E-08	2.94E-08	2.09E-08	1.74E-08	1.10E-08	9.37E-09	9.30E-09	1.05E-08
S	—	9.97E-07	—	3.49E-07	1.43E-07	5.20E-08	3.10E-08	2.35E-08	1.49E-08	1.24E-08	1.09E-08	9.87E-09
SSW	—	—	4.92E-07	3.23E-07	1.36E-07	4.92E-08	3.01E-08	1.84E-08	1.43E-08	1.22E-08	1.14E-08	1.04E-08
SW	—	—	—	1.90E-07	1.31E-07	3.45E-08	1.85E-08	1.39E-08	1.30E-08	1.42E-08	1.05E-08	1.08E-08
WSW	—	—	—	1.38E-07	1.19E-07	9.47E-08	1.42E-08	1.30E-08	1.15E-08	—	—	—
W	—	—	—	1.10E-07	1.04E-07	1.00E-07	—	—	—	—	—	—
WNW	—	—	1.33E-07	—	8.94E-08	1.01E-07	—	—	—	—	—	—
NW	—	—	—	1.56E-07	1.25E-07	—	—	—	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—	2.70E-07	9.58E-08	5.53E-08	—	—	—	—	—

表 6.2-10　气态和液态途径对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	—	8.72E-07	5.24E-07	2.24E-07	8.24E-08	4.88E-08	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	2.30E-07	1.07E-07	3.88E-08	2.72E-08	—	—	1.27E-08	1.23E-08	—
NE	—	—	2.36E-07	—	8.92E-08	3.19E-08	2.46E-08	1.77E-08	2.11E-08	1.79E-08	1.84E-08	—
ENE	—	2.83E-07	4.34E-08	—	8.07E-08	2.81E-08	2.23E-08	1.97E-08	1.39E-08	1.43E-08	1.14E-08	1.35E-08
E	—	—	—	—	7.75E-08	2.58E-08	2.09E-08	1.34E-08	1.31E-08	9.16E-09	1.10E-08	1.59E-08
ESE	—	3.33E-07	5.45E-08	1.84E-07	8.12E-08	2.69E-08	2.11E-08	1.10E-08	1.46E-08	1.48E-08	8.52E-09	8.20E-09
SE	—	—	2.95E-07	2.15E-07	9.42E-08	3.23E-08	2.38E-08	1.33E-08	1.09E-08	9.92E-09	1.02E-08	9.93E-09
SSE	—	—	3.13E-07	2.28E-07	1.01E-07	3.43E-08	2.49E-08	2.12E-08	1.32E-08	1.13E-08	1.14E-08	1.32E-08
S	—	1.03E-06	—	3.76E-07	1.60E-07	5.83E-08	3.58E-08	2.77E-08	1.73E-08	1.44E-08	1.29E-08	1.17E-08
SSW	—	—	5.20E-07	3.51E-07	1.53E-07	5.48E-08	3.46E-08	2.10E-08	1.65E-08	1.44E-08	1.35E-08	1.24E-08
SW	—	—	—	2.17E-07	1.54E-07	4.03E-08	2.12E-08	1.61E-08	1.57E-08	1.77E-08	1.28E-08	1.34E-08
WSW	—	—	—	1.64E-07	1.45E-07	1.17E-07	1.67E-08	1.58E-08	1.41E-08	—	—	—
W	—	—	—	1.36E-07	1.31E-07	1.27E-07	—	—	—	—	—	—
WNW	—	—	1.60E-07	—	1.11E-07	1.28E-07	—	—	—	—	—	—
NW	—	—	—	1.83E-07	1.52E-07	—	—	—	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—	3.00E-07	1.06E-07	6.26E-08	—	—	—	—	—

表 6.2-11　气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	—	7.81E-07	4.76E-07	2.02E-07	7.53E-08	4.40E-08	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	2.19E-07	9.33E-08	3.46E-08	2.39E-08	—	—	1.05E-08	1.02E-08	—
NE	—	—	2.24E-07	—	7.69E-08	2.82E-08	2.20E-08	1.55E-08	1.92E-08	1.59E-08	1.65E-08	—
ENE	—	2.65E-07	4.23E-08	—	6.86E-08	2.46E-08	1.93E-08	1.69E-08	1.17E-08	1.22E-08	9.93E-09	1.22E-08
E	—	—	—	—	6.57E-08	2.21E-08	1.80E-08	1.14E-08	1.14E-08	7.69E-09	9.65E-09	1.45E-08
ESE	—	3.10E-07	5.33E-08	1.79E-07	6.91E-08	2.35E-08	1.81E-08	9.25E-09	1.31E-08	1.33E-08	7.13E-09	6.86E-09
SE	—	—	2.76E-07	2.06E-07	8.10E-08	2.84E-08	2.05E-08	1.13E-08	9.17E-09	8.30E-09	8.71E-09	8.47E-09
SSE	—	—	2.92E-07	2.17E-07	8.70E-08	3.11E-08	2.16E-08	1.83E-08	1.15E-08	9.66E-09	9.87E-09	1.19E-08
S	—	9.20E-07	—	3.46E-07	1.42E-07	5.26E-08	3.16E-08	2.41E-08	1.50E-08	1.24E-08	1.10E-08	9.90E-09
SSW	—	—	4.73E-07	3.24E-07	1.33E-07	4.78E-08	3.00E-08	1.80E-08	1.41E-08	1.24E-08	1.17E-08	1.07E-08
SW	—	—	—	2.07E-07	1.48E-07	3.65E-08	1.82E-08	1.39E-08	1.38E-08	1.60E-08	1.12E-08	1.20E-08
WSW	—	—	—	1.61E-07	1.44E-07	1.15E-07	1.45E-08	1.41E-08	1.25E-08	—	—	—
W	—	—	—	1.37E-07	1.32E-07	1.28E-07	—	—	—	—	—	—
WNW	—	—	1.58E-07	—	1.07E-07	1.29E-07	—	—	—	—	—	—
NW	—	—	—	1.77E-07	1.51E-07	—	—	—	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—	2.74E-07	9.80E-08	5.67E-08	—	—	—	—	—

表 6.2-12　气态和液态途径对各子区公众个人（婴儿）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	—	5.78E-07	3.40E-07	1.53E-07	5.44E-08	3.25E-08	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	1.42E-07	7.66E-08	2.74E-08	1.98E-08	—	—	1.36E-08	1.33E-08	—
NE	—	—	1.46E-07	—	6.51E-08	2.31E-08	1.81E-08	1.52E-08	1.55E-08	1.45E-08	1.44E-08	—
ENE	—	1.79E-07	7.40E-08	—	5.96E-08	2.08E-08	1.69E-08	1.53E-08	1.38E-08	1.37E-08	1.24E-08	1.26E-08
E	—	—	—	—	5.76E-08	1.94E-08	1.61E-08	1.39E-08	1.31E-08	1.19E-08	1.21E-08	1.33E-08
ESE	—	2.14E-07	8.52E-08	1.11E-07	6.02E-08	2.01E-08	1.63E-08	1.31E-08	1.33E-08	1.32E-08	1.16E-08	1.15E-08
SE	—	—	1.87E-07	1.33E-07	6.89E-08	2.35E-08	1.79E-08	1.43E-08	1.30E-08	1.24E-08	1.22E-08	1.20E-08
SSE	—	—	1.99E-07	1.41E-07	7.29E-08	2.47E-08	1.86E-08	1.62E-08	1.36E-08	1.28E-08	1.25E-08	1.27E-08
S	—	6.91E-07	—	2.41E-07	1.13E-07	3.98E-08	2.53E-08	2.01E-08	1.61E-08	1.46E-08	1.38E-08	1.32E-08
SSW	—	—	3.41E-07	2.24E-07	1.08E-07	3.83E-08	2.47E-08	1.85E-08	1.59E-08	1.45E-08	1.38E-08	1.33E-08
SW	—	—	—	1.33E-07	9.53E-08	2.82E-08	1.84E-08	1.55E-08	1.44E-08	1.44E-08	1.30E-08	1.29E-08
WSW	—	—	—	9.74E-08	8.50E-08	7.01E-08	1.55E-08	1.43E-08	1.33E-08	—	—	—
W	—	—	—	7.89E-08	7.50E-08	7.21E-08	—	—	—	—	—	—
WNW	—	—	9.49E-08	—	6.80E-08	7.28E-08	—	—	—	—	—	—
NW	—	—	—	1.10E-07	8.94E-08	—	—	—	—	—	—	—
NNW	—	—	—	—	2.01E-07	7.09E-08	4.13E-08	—	—	—	—	—

表 6.2-13　气态和液态途径造成各子区公众集体有效剂量

单位：人·Sv/a

距离(km) / 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合　计
N	—	—	1.95E-03	3.03E-03	2.61E-03	3.03E-02	6.02E-04	—	—	—	—	—	3.85E-02
NNE	—	—	—	6.22E-04	2.33E-03	6.18E-03	1.90E-03	—	—	8.37E-05	1.60E-04	—	1.13E-02
NE	—	—	1.05E-03	—	1.50E-03	4.16E-03	1.97E-02	6.18E-03	4.25E-03	9.70E-03	3.90E-04	—	4.69E-02
ENE	—	7.17E-04	3.45E-04	—	1.06E-03	1.00E-03	4.08E-03	1.02E-03	5.37E-03	1.73E-03	3.58E-03	1.12E-03	2.00E-02
E	—	—	—	—	8.60E-04	8.43E-04	2.25E-03	1.15E-03	1.73E-03	1.93E-03	3.39E-03	1.39E-02	2.60E-02
ESE	—	1.29E-03	2.25E-04	1.50E-03	5.82E-04	8.17E-04	3.39E-03	1.21E-03	1.05E-02	1.53E-03	1.17E-03	9.99E-05	2.23E-02
SE	—	—	6.85E-04	1.63E-03	2.32E-03	3.44E-03	4.37E-04	1.05E-03	2.31E-03	8.77E-04	5.61E-03	3.69E-03	2.20E-02
SSE	—	—	6.42E-04	9.77E-04	3.34E-03	1.85E-02	1.81E-03	2.55E-03	3.02E-03	3.44E-03	5.22E-03	3.07E-02	7.01E-02
S	—	2.32E-03	—	4.48E-03	6.79E-03	3.51E-03	4.61E-03	5.68E-03	1.34E-03	4.59E-03	3.36E-03	6.88E-03	4.36E-02
SSW	—	—	2.62E-03	2.37E-03	3.09E-03	3.79E-03	1.19E-03	3.60E-03	4.74E-04	4.69E-03	3.23E-03	1.85E-03	2.69E-02
SW	—	—	—	8.38E-04	3.86E-03	2.19E-03	5.15E-03	2.47E-03	3.79E-03	1.48E-02	4.91E-03	7.74E-03	4.58E-02
WSW	—	—	—	8.47E-04	1.16E-03	6.11E-03	2.35E-03	3.93E-03	3.08E-06	—	—	—	1.44E-02
W	—	—	—	8.11E-04	2.47E-03	4.27E-03	—	—	—	—	—	—	7.55E-03
WNW	—	—	5.84E-04	—	2.99E-03	3.92E-05	—	—	—	—	—	—	3.61E-03
NW	—	—	—	5.82E-04	5.25E-03	—	—	—	—	—	—	—	5.83E-03
NNW	—	—	—	—	4.91E-03	9.20E-04	3.55E-04	—	—	—	—	—	6.18E-03
合　计	—	4.33E-03	8.10E-03	1.77E-02	4.51E-02	8.61E-02	4.78E-02	2.88E-02	3.28E-02	4.34E-02	3.10E-02	6.59E-02	4.11E-01

表 6.2-14　海洋生物受到的剂量率

单位：μGy/h

生物	内照射剂量率	外照射剂量率	总剂量率
底栖鱼类	3.86E-03	5.72E-06	3.87E-03
甲壳类	1.61E-02	5.59E-06	1.61E-02
藻类	9.40E-03	6.45E-06	9.40E-03
软体类	2.57E-02	6.10E-06	2.57E-02
浮游鱼类	4.02E-03	6.08E-06	4.02E-03
浮游植物	5.47E-03	7.95E-06	5.48E-03
浮游动物	2.26E-02	7.12E-06	2.26E-02

表 6.2-15　陆生生物受到的剂量率

单位：μGy/h

生物	空气外照射	土表外照射	土中外照射	内照射	总剂量率
两栖动物	9.25E-04	3.31E-04	—	1.06E-03	2.31E-03
环节动物	—	—	3.37E-06	7.64E-04	7.68E-04
腐食节肢动物	—	—	3.41E-06	7.65E-04	7.68E-04
鸟类	7.28E-04	3.29E-04	—	1.07E-03	2.13E-03
飞行类昆虫	1.17E-03	3.41E-04	—	7.24E-04	2.24E-03
草本植物	1.12E-03	3.28E-04	—	9.13E-04	2.36E-03
苔藓植物	1.37E-03	3.38E-04	—	9.14E-04	2.62E-03
大型哺乳动物	3.81E-04	1.65E-04	—	1.08E-03	1.62E-03
小型掘洞哺乳动物	—	—	3.17E-06	1.07E-03	1.08E-03
腹足纲软体动物	1.07E-03	3.41E-04	—	7.65E-04	2.18E-03
爬行动物	—	—	3.04E-06	1.07E-03	1.08E-03
灌木植物	1.38E-03	3.14E-04	—	9.13E-04	2.61E-03
乔木	1.38E-03	2.64E-04	—	1.06E-03	2.70E-03

表 6.2-16　厂址附近各人群受照辐射剂量比较

单位：Sv/a

人群来源 / 照射途径		S 1.8km 沟子村农民	S 1.8km 沟子村青少年	N 2.5km 马格庄农民	N 2.5km 马格庄青少年	WNW 9.0km 东良村农民	WNW 9.0km 东良村渔民	W 10.1km 湖汪村农民	W 10.1km 湖汪村渔民
气态	空气浸没外照射	7.46E-09	7.46E-09	6.00E-09	6.00E-09	9.64E-11	9.64E-11	6.92E-11	6.92E-11
	地面沉积外照射	4.82E-09	4.82E-09	3.38E-09	3.38E-09	2.35E-10	2.35E-10	1.12E-10	1.12E-10
	吸入空气内照射	1.18E-08	1.51E-08	1.00E-08	1.28E-08	2.20E-10	2.20E-10	1.66E-10	1.66E-10
	陆生食品内照射	3.40E-07	3.42E-07	2.87E-07	2.89E-07	6.51E-09	5.49E-09	4.68E-09	3.97E-09
气态途径剂量合计		3.64E-07	3.69E-07	3.07E-07	3.11E-07	7.06E-09	6.04E-09	5.03E-09	4.32E-09
液态	岸边沉积外照射	9.73E-10	7.36E-10	9.73E-10	7.36E-10	9.73E-10	1.10E-08	9.73E-10	1.10E-08
	水上活动外照射	2.78E-14	2.33E-14	2.78E-14	2.33E-14	2.78E-14	3.51E-12	2.78E-14	3.51E-12
	水产品食入内照射	4.74E-08	5.10E-08	4.74E-08	5.10E-08	4.74E-08	1.19E-07	4.74E-08	1.19E-07
液态途径剂量合计		4.84E-08	5.18E-08	4.84E-08	5.18E-08	4.84E-08	1.30E-07	4.84E-08	1.30E-07
总剂量		4.12E-07	**4.21E-07**	3.55E-07	3.63E-07	5.55E-08	1.36E-07	5.34E-08	1.34E-07

表 6.2-17（1/2） 放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量（Sv/a）

（S 1.8km，沟子村青少年）

序号	核素	空气浸没外照射		地面沉积物外照射		吸入内照射		食入陆生食品内照射		岸边沉积物外照射		水上活动外照射		食入海产品内照射		气态和液态途径	
		剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数
1	^{3}H	—	—	—	—	1.51E-08	3.59	2.25E-08	5.34	—	—	—	—	1.51E-09	0.36	3.90E-08	9.26
2	^{14}C	—	—	—	—	—	—	3.15E-07	74.82	1.77E-14	0.00	5.86E-22	0.00	3.36E-08	7.98	3.48E-07	82.66
3	^{85}Kr	3.84E-11	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.84E-11	0.01
4	^{85m}Kr	1.15E-10	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.15E-10	0.03
5	^{87}Kr	7.17E-10	0.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.17E-10	0.17
6	^{88}Kr	3.44E-09	0.82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.44E-09	0.82
7	^{133}Xe	4.30E-10	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.30E-10	0.10
8	^{133m}Xe	1.09E-11	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.09E-11	0.00
9	^{135}Xe	1.52E-09	0.36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.52E-09	0.36
10	^{138}Xe	1.19E-09	0.28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.19E-09	0.28
11	^{51}Cr	5.21E-16	0.00	1.22E-13	0.00	7.78E-15	0.00	2.62E-14	0.00	1.06E-12	0.00	6.09E-16	0.00	1.89E-10	0.04	1.90E-10	0.05
12	^{54}Mn	1.44E-15	0.00	3.70E-12	0.00	2.98E-14	0.00	1.84E-12	0.00	5.41E-11	0.01	1.40E-15	0.00	4.92E-10	0.12	5.52E-10	0.13
13	^{59}Fe	2.09E-15	0.00	7.25E-13	0.00	6.78E-14	0.00	3.23E-13	0.00	7.16E-12	0.00	2.72E-15	0.00	2.68E-09	0.64	2.69E-09	0.64
14	^{58}Co	1.32E-14	0.00	7.69E-12	0.00	2.37E-13	0.00	2.16E-12	0.00	5.07E-11	0.01	5.81E-15	0.00	5.05E-10	0.12	5.66E-10	0.13
15	^{60}Co	1.24E-14	0.00	1.83E-10	0.04	5.22E-13	0.00	7.20E-11	0.02	6.14E-10	0.15	2.75E-15	0.00	4.63E-09	1.10	5.50E-09	1.31
16	^{89}Sr	4.03E-19	0.00	1.30E-15	0.00	2.94E-15	0.00	2.48E-14	0.00	3.75E-16	0.00	7.99E-20	0.00	3.94E-14	0.00	6.88E-14	0.00
17	^{90}Sr	8.47E-21	0.00	1.26E-14	0.00	1.56E-15	0.00	2.28E-12	0.00	7.73E-17	0.00	4.82E-24	0.00	1.07E-14	0.00	2.31E-12	0.00
18	^{91}Sr	7.90E-16	0.00	2.56E-15	0.00	5.63E-15	0.00	4.74E-17	0.00	4.33E-19	0.00	6.07E-19	0.00	2.15E-17	0.00	9.04E-15	0.00
19	^{92}Sr	3.58E-15	0.00	3.09E-15	0.00	7.71E-15	0.00	2.67E-19	0.00	4.06E-19	0.00	2.13E-18	0.00	3.25E-19	0.00	1.44E-14	0.00
20	^{90}Y	1.82E-21	0.00	2.71E-19	0.00	2.04E-18	0.00	5.22E-19	0.00	2.02E-17	0.00	1.24E-21	0.00	2.59E-14	0.00	2.59E-14	0.00
21	^{91}Y	1.96E-20	0.00	5.68E-17	0.00	1.21E-16	0.00	4.18E-16	0.00	4.38E-15	0.00	2.70E-20	0.00	4.29E-13	0.00	4.34E-13	0.00
22	^{95}Zr	5.37E-18	0.00	6.03E-15	0.00	3.71E-16	0.00	8.16E-16	0.00	1.53E-13	0.00	6.89E-18	0.00	6.98E-13	0.00	8.59E-13	0.00
23	^{95}Nb	1.19E-18	0.00	3.45E-16	0.00	2.45E-17	0.00	4.69E-17	0.00	1.85E-14	0.00	3.35E-18	0.00	6.52E-14	0.00	8.41E-14	0.00
24	^{99}Mo	8.64E-16	0.00	2.26E-14	0.00	3.63E-14	0.00	3.39E-15	0.00	2.72E-15	0.00	8.01E-18	0.00	7.49E-14	0.00	1.41E-13	0.00
25	^{99m}Tc	1.55E-17	0.00	3.30E-17	0.00	3.11E-17	0.00	1.03E-19	0.00	3.01E-19	0.00	6.35E-18	0.00	6.48E-15	0.00	6.57E-15	0.00
26	^{103}Ru	5.60E-18	0.00	1.88E-15	0.00	3.05E-16	0.00	6.25E-16	0.00	1.60E-16	0.00	6.97E-18	0.00	6.93E-13	0.00	6.96E-13	0.00
27	^{106}Ru	2.78E-19	0.00	1.30E-15	0.00	3.55E-16	0.00	2.74E-15	0.00	8.82E-17	0.00	4.43E-19	0.00	1.13E-12	0.00	1.13E-12	0.00

表6.2-17（2/2） 各放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量（Sv/a）

（S 1.8km，沟子村青少年）

序号	核素	空气浸没外照射		地面沉积物外照射		吸入内照射		食入陆生食品内照射		岸边沉积物外照射		水上活动外照射		食入海产品内照射		气态和液态途径	
		剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数
28	^{106}Rh	1.93E-21	0.00	2.04E-22	0.00	—	—	—	—	1.91E-28	0.00	9.73E-25	0.00	—	—	2.13E-21	0.00
29	^{110m}Ag	3.47E-15	0.00	7.03E-12	0.00	1.09E-13	0.00	7.82E-13	0.00	1.61E-12	0.00	3.56E-15	0.00	6.21E-09	1.48	6.22E-09	1.48
30	^{122}Sb	5.94E-16	0.00	1.36E-14	0.00	1.78E-14	0.00	4.18E-15	0.00	4.10E-17	0.00	8.13E-18	0.00	3.51E-13	0.00	3.87E-13	0.00
31	^{124}Sb	3.46E-15	0.00	1.66E-12	0.00	1.29E-13	0.00	5.20E-13	0.00	1.56E-13	0.00	1.46E-15	0.00	2.69E-11	0.01	2.94E-11	0.01
32	^{131}Te	1.85E-15	0.00	2.85E-16	0.00	1.68E-15	0.00	4.95E-35	0.00	1.33E-20	0.00	4.15E-19	0.00	9.93E-32	0.00	3.81E-15	0.00
33	^{131m}Te	7.53E-17	0.00	7.63E-16	0.00	6.43E-16	0.00	8.58E-17	0.00	2.25E-19	0.00	8.86E-20	0.00	1.62E-14	0.00	1.77E-14	0.00
34	^{132}Te	3.37E-17	0.00	1.09E-14	0.00	4.58E-15	0.00	1.88E-15	0.00	6.55E-17	0.00	9.21E-19	0.00	3.04E-12	0.00	3.06E-12	0.00
35	^{134}Te	5.72E-15	0.00	1.45E-15	0.00	5.74E-15	0.00	1.15E-27	0.00	9.53E-20	0.00	1.76E-18	0.00	1.96E-24	0.00	1.29E-14	0.00
36	^{131}I	8.81E-14	0.00	5.95E-11	0.01	8.00E-12	0.00	2.94E-10	0.07	5.85E-16	0.00	1.89E-15	0.00	1.11E-09	0.26	1.47E-09	0.35
37	^{132}I	4.71E-13	0.00	3.72E-12	0.00	3.23E-13	0.00	4.31E-17	0.00	6.74E-19	0.00	1.86E-16	0.00	1.69E-16	0.00	4.52E-12	0.00
38	^{133}I	2.13E-13	0.00	1.61E-11	0.00	3.03E-12	0.00	6.34E-12	0.00	3.47E-18	0.00	1.00E-16	0.00	3.45E-12	0.00	2.91E-11	0.01
39	^{134}I	4.05E-13	0.00	1.21E-12	0.00	1.08E-13	0.00	3.22E-23	0.00	1.44E-19	0.00	1.06E-16	0.00	2.17E-22	0.00	1.72E-12	0.00
40	^{135}I	3.31E-13	0.00	6.90E-12	0.00	6.70E-13	0.00	4.64E-14	0.00	1.47E-18	0.00	1.52E-16	0.00	7.55E-14	0.00	8.03E-12	0.00
41	^{134}Cs	2.11E-13	0.00	1.16E-09	0.28	1.18E-11	0.00	1.09E-09	0.26	3.88E-12	0.00	9.32E-16	0.00	3.15E-11	0.01	2.29E-09	0.54
42	^{136}Cs	1.13E-14	0.00	1.20E-12	0.00	1.38E-13	0.00	1.53E-13	0.00	9.41E-14	0.00	1.33E-15	0.00	2.73E-12	0.00	4.33E-12	0.00
43	^{137}Cs	1.23E-13	0.00	3.37E-09	0.80	2.05E-11	0.00	3.10E-09	0.74	2.79E-12	0.00	4.55E-17	0.00	3.79E-11	0.01	6.53E-09	1.55
44	^{138}Cs	1.75E-13	0.00	3.08E-14	0.00	4.01E-14	0.00	5.07E-30	0.00	5.00E-18	0.00	4.58E-17	0.00	1.21E-28	0.00	2.46E-13	0.00
45	^{140}Ba	3.10E-17	0.00	3.40E-15	0.00	9.75E-15	0.00	4.35E-15	0.00	2.77E-15	0.00	2.37E-17	0.00	1.90E-12	0.00	1.92E-12	0.00
46	^{140}La	1.12E-17	0.00	1.44E-16	0.00	6.83E-17	0.00	9.25E-18	0.00	3.33E-14	0.00	1.22E-16	0.00	4.45E-12	0.00	4.49E-12	0.00
47	^{141}Ce	8.81E-19	0.00	2.56E-16	0.00	4.12E-16	0.00	4.56E-16	0.00	6.69E-15	0.00	1.08E-18	0.00	7.10E-13	0.00	7.18E-13	0.00
48	^{143}Ce	5.70E-17	0.00	7.01E-16	0.00	2.04E-15	0.00	1.90E-16	0.00	2.46E-17	0.00	9.52E-20	0.00	1.67E-14	0.00	1.97E-14	0.00
49	^{144}Ce	1.37E-19	0.00	8.23E-16	0.00	7.64E-16	0.00	2.65E-15	0.00	2.10E-14	0.00	4.10E-20	0.00	1.36E-12	0.00	1.39E-12	0.00
50	^{143}Pr	2.39E-21	0.00	4.46E-19	0.00	1.29E-16	0.00	6.65E-17	0.00	3.71E-17	0.00	8.19E-21	0.00	8.37E-13	0.00	8.38E-13	0.00
51	^{144}Pr	3.66E-20	0.00	3.86E-21	0.00	2.14E-19	0.00	—	—	8.97E-20	0.00	4.29E-20	0.00	1.25E-40	0.00	3.87E-19	0.00
合计		7.46E-09	1.77	4.82E-09	1.15	1.51E-08	3.60	3.42E-07	81.18	7.36E-10	0.17	2.33E-14	0.00	5.10E-08	12.13	4.21E-07	100.00
		气态途径：3.69E-07 (Sv)，占总剂量的百分比：87.70								液态途径：5.18E-08 (Sv)，占总剂量的百分比：12.30							

百分数指占总剂量的百分比。

表 6.2-18　公众受照辐射剂量“三关键”计算分析结果

a）　关键人群组及其受照剂量

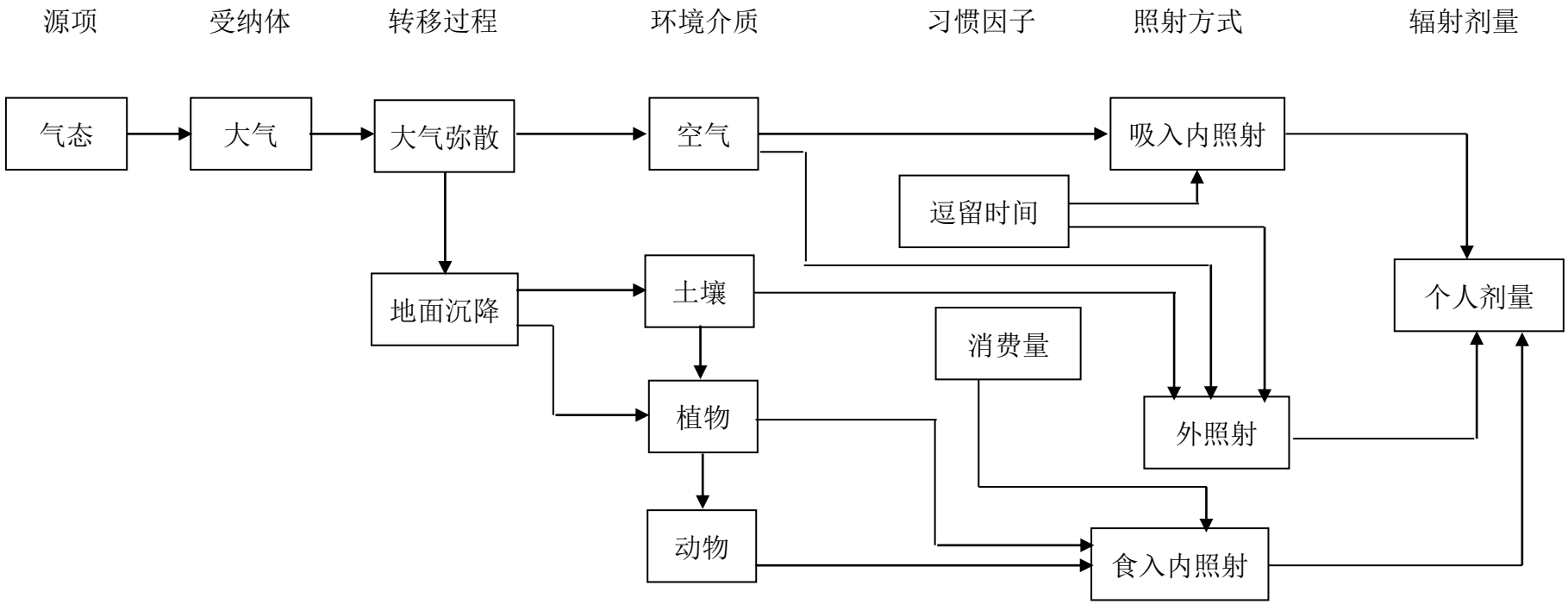
方位	距离（km）	群体	有效剂量（H_E）（Sv/a）
S	1.8	沟子村青少年	4.21E-07

b）关键照射途径和重要照射途径

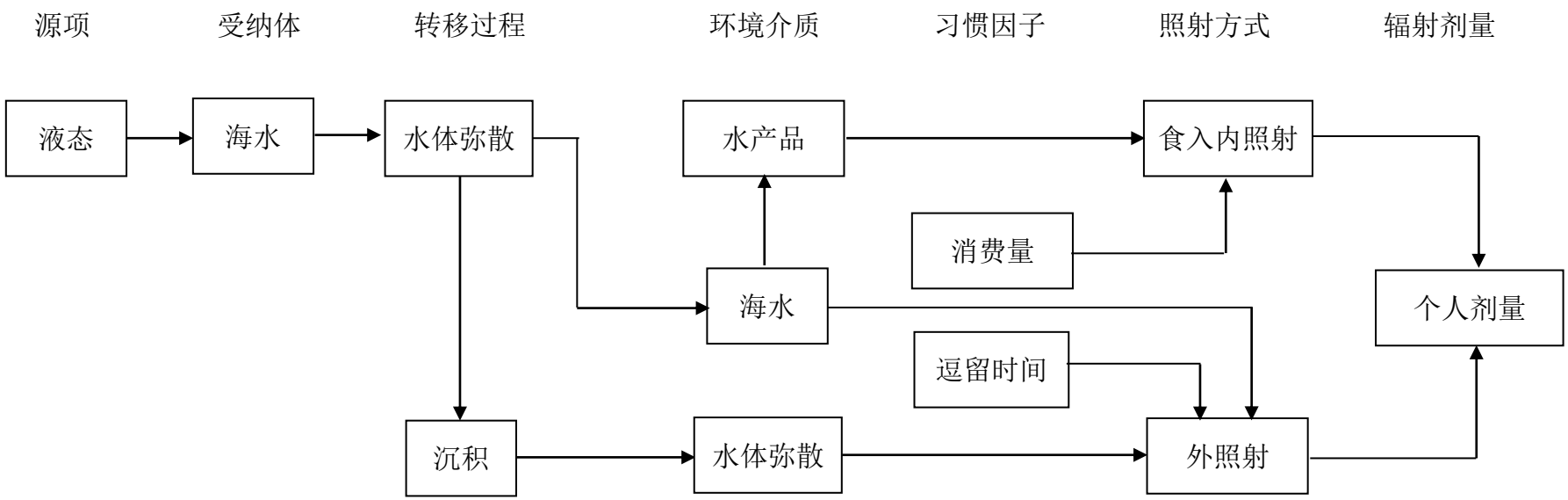
名　　称		有效剂量（Sv/a）	占 H_E 的份额（%）
关键照射途径	食入陆生食品内照射	3.42E-07	81.18
重要照射途径	食入海产品内照射	5.10E-08	12.13

c）　关键核素和重要核素

名　称		剂量贡献（Sv/a）	占 H_E 的份额（%）	主要照射途径及占 H_E 的份额（%）
关键核素	^{14}C	3.48E-07	82.66	食入陆生食品内照射：74.82
重要核素	^{3}H	3.90E-08	9.26	食入陆生食品内照射：5.34
	^{137}Cs	6.53E-09	1.55	地面沉积物外照射：0.80



环境影响报告书（选址阶段）		
气态照射途径		
图 6.2-1	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
液态照射途径		
图 6.2-2	版次：	A

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

6.3.1.2 余氯排放的环境影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水排放的环境影响

6.3.2.2 生活污水排放的环境影响

6.3.2.3 非放射性固废的环境影响

6.3.2.4 噪声的环境影响

6.3.2.5 电磁的环境影响

6.3 其它环境影响

山东招远核电厂一期工程正常运行时，环境影响除了温排水影响和辐射影响外，还包括一定的非放射性环境影响，主要包括以下几方面：

— 非放射性化学物质的影响；

— 海水连续加氯处理系统的余氯排放；

— 海水淡化浓盐水的排放；

— 污水处理系统的流出物；

— 非放射性固废，包括生活垃圾、一般工业废物和危险废物；

— 噪声和电磁辐射。

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

为了保证核电厂的正常运行，需要对电厂工艺用水进行除盐处理，通过加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学活性添加剂（如氢氧化钠、盐酸、次氯酸钠、联胺等），将淡水经絮凝、沉淀和离子交换除盐，以实现各系统用水的水质要求。除盐过程加入的化学添加剂，一部分进入固体废物。液体放射性废物的处理过程也需要加入少量的化学添加剂，其产生的废水中相应的也会含有一些化学物质。

根据本项目非放射性化学品用量，本项目运行中使用的化学物质相对较少，非放射性淡水类废水进行收集并处理后，将合格中水主要输送至生产回用，预计不会对附近海域环境造成不利影响。

对于冷却塔循环冷却水中盐度排放的影响，由于周边海水盐度约 30‰，本项目冷却塔浓缩倍率约 1.5 倍（将受纳海域本底浓度作为 1.0）。根据本项目液态流出物数模研究报告，夏季半月潮时：相对浓度 1.01 的全潮最大包络面积 4.77km²，相对浓度 1.05 的全潮最大包络面积 0.52km²，相对浓度 1.1 的全潮最大包络面积 0.08km²，相对浓度大于 1.2 时的全潮最大包络面积小于 0.01km²。冬季半月潮时：相对浓度 1.01 全潮最大包络面积 4.27km²，相对浓度 1.05 全潮最大包络面积 0.24km²，相对浓度 1.1 全潮最大包络面积 0.02km²，相对浓度大于 1.2 时的全潮最大包络面积小于 0.01km²。因此，冷却塔排放的浓盐水在相对小的范围内即被稀释至接近海水本底盐度，对周边海域盐

度不会产生明显影响。

对于海水淡化系统产生的浓盐水影响，其利用的海水本底盐度约 30‰，在经海水淡化后排出的浓盐水盐度浓缩约 2 倍，本项目海水淡化后的浓盐水与冷却塔循环冷却水混合后排入海域，由于循环冷却水相对海水淡化系统排水量大的多，两者混合后的盐度与冷却塔循环冷却水中的盐度接近，在排入海域后浓盐水在相对小的范围内即被稀释至接近海水本底盐度。因此，预计海水淡化系统产生的浓盐水对周边海域盐度不会产生明显影响。

6.3.1.2 余氯排放的环境影响

为保护核电厂冷却系统不被水中附着生物堵塞，避免因其繁殖而导致的管道断面变小和流量降低，通常在循环冷却系统取水中加入一定浓度的次氯化物。加氯处理虽然抑制了浮游生物在管道内的繁殖，但也造成电厂排放冷却水中含有一定量的余氯。

电厂运行时在线监测冷却水中的活性氯浓度，根据结果控制活性氯加入量。活性氯初始浓度通常控制在1.0mg/L左右，既可保证杀藻的有效性，也使排放水中余氯浓度不致过高。

余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯直接作用于水生生物，还包括氯可在水中与有机物形成一系列有机氯化物，对水生生物带来更大的损伤，甚至可能通过食物链对人体健康造成危害，因此需要关注余氯对受纳水体的环境影响。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（HClO 和 ClO^-），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（NH_2Cl 和 $NHCl_2$）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体化学性质、pH、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值和 NH_3 含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现，0.2mg/L 的氯可以直接杀死水中60~80%的藻类；0.1mg/L 的氯会使浮游植物光合作用下降 50%；当余氯被稀释到 0.03mg/L 以下时，水中初级生产力可完全恢复；25℃时余氯对咸水中浮游动物的 96h 半致死浓度（LC_{50}）为 0.062~0.267mg/L；鱼类受余氯影响也较大，余氯对平鲷等几种海水鱼类 48h 的 LC_{50} 为 0.18~0.19mg/L；白鲢、银蛙等 10 种鱼类对氯的回避相应浓度范围为 0.04~0.41mg/L。有研究提出由 48h 的半致死浓度乘以安全因子 0.5 可确定余氯的安全浓度。目前国内尚没有对水体中余氯浓度的标准限值。国外研究人员通过对包

括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的 120 多种水生生物的余氯毒性研究，证明当余氯浓度低于 20μg/L 时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。美国 EPA 于 2006 年发布的水质基准中，针对氯对海洋生物影响制定的避免急性损伤的基准最大浓度和慢性损伤的基准连续浓度分别为 13μg/L 和 7.5μg/L。

山东招远核电厂一期工程二次循环冷却水量较小，相较其它沿海直流循环核电厂所需添加的余氯量也较小，同时经过二次循环的风冷过程，冷却水中的余氯量更小。根据本项目设计资料，由于循环冷却水中投加了杀菌剂，运行要求控制冷却塔排水口余氯浓度为 0.2~0.5mg/L,通过长距离排水管线进一步稀释后在海水排水口处余氯浓度可控制在 0.1mg/L 以下，根据南京水利科学研究院开展的含放射性液态流出物数模计算结果（详见表 6.3-1 和图 6.3-1），山东招远核电厂 2 台机组正常运行时排放的余氯在附近海域全潮下稀释 10 倍的浓度（即相对浓度为 0.1，余氯绝对浓度值小于 10μg/L）最大包络面积为 0.04km^2（夏季）。另外，考虑到光照引起的余氯衰减以及核电厂附近海域较高的 pH 值（平均 pH>8.0）均会降低余氯毒性。

综上所述，可估计山东招远核电厂一期工程排放的余氯的影响区域仅在排水口附近有限的海域，对附近海域中海洋生物的影响很小。

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水的环境影响

山东招远核电厂一期工程的其他非放射性生产废水主要为正常运行期间产生的少量含油废水，主要来自于机油零星泄漏和对机械设备的清洗。含油废水送入非放射性含油废水处理站（BES），经过贮存、油水分离处理，分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外，废油脂按照危险废物管理要求进行处置，BES 出水排至非放工业废水处理站（BST）处理后回用。

综上，本项目运行期间生产废水经处理后回用，预计不会对周边环境造成影响。

6.3.2.2 生活污水的环境影响

山东招远核电厂一期工程主厂区内拟建一座生活污水处理站以满足全厂运行、值班人员生活污水处理的需要。生活污水处理站出水水质经深度处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准及《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化、道路清扫的水质标准，处理后的水主要

回用于厂区绿化及道路浇洒。沉淀池中的污泥经脱水浓缩制成泥饼后外运。因此，本项目运行期生活污水不会对周边环境造成不利影响。

6.3.2.3 非放射性固废的环境影响

山东招远核电厂一期工程在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，危险固废包括废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。类比已运行核电站的年固废产生量，预计山东招远核电厂工程正常运行期间的工业固废年产生总量约为80t，其中一般工业固废约为60t，危险固废约为20t。固废将纳入全厂固废收集处理系统，委托专业废弃物公司将上述废物外运处置，危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及其修改单中的相关要求，交由有资质单位处置。

同时，厂外海水预处理站在海水预处理工艺过程中会产生一定量污泥，产生的污泥会经过沉淀、加药和浓缩等处理过程，当海水的悬浮物浓度在 25mg/L~100mg/L 时，每日脱水后的污泥量一般在 25m^3~266m^3，污泥依托当地有资质单位有偿清运。

电厂运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区办公及员工生活区的垃圾,厂外海水预处理站正常运行期间也将产生一定的生活垃圾，生活垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专人上门清运。在落实固废收集和处置工作后，山东招远核电厂的非放射性固废对环境影响较小。

综上，本项目在严格按照固废处置措施进行分类处理、强化监督和管理、无固体废物外排的情况下，正常运行期间产生的固体废物对环境的影响很小。

6.3.2.4 噪声的环境影响

本项目大型自然通风海水冷却塔噪声影响已在 6.1 节描述，除大型自然通风海水冷却塔外，本项目噪声主要还来自核岛厂房群和汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备，本节主要分析核岛厂房群和汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备的噪声影响。

- 核岛厂房群的噪声主要来自五个方面：

1) 大量高温高压水泵及配套电动机在不停地高速运转；
2) 柴油发电机组在热备用状态下的高速运转；
3) 为大型空调和通风系统服务的电动鼓风机组不停运转；

4) 工艺过程的卸压释放系统的安全阀、管道和箱罐等，在执行排放或卸压功能时发出很强噪声；

5) 电气系统的部分设备也会发出很强噪声，例如：为反应堆控制棒驱动机构供电的发电机组、开式变压器、逆变器等。

➢ 汽轮发电机厂房的噪声主要来自以下四个方面：

1) 高速运转的汽轮发电机组、主给水泵、增压泵和凝结水泵等机械动力噪声；

2) 电动机、变压器等电气设备的磁场交变运动产生的电磁噪声；

3) 在甩负荷时，蒸汽排入冷凝器前减温减压器会发出较强的噪声；

4) 设备运行中其安全阀或排汽阀事故排汽时，尤其是主蒸汽管道内的蒸汽通过安全阀和卸压阀向大气排放时，会产生极强的气体动力噪声，但发生这种情况的概率非常低。

根据国内核电厂相关资料，每台泵、风机、设备的噪声源强为 85~110dB（A），在采用厂房加装隔声、消声措施后其在厂房外的噪声一般不大于 80dB（A）。由于核电厂占地面积较大，核岛及常规岛厂房因安全和冗余度考虑主要位于厂区中部位置，距离厂界有一定距离，且高噪声设备经过减振处理和厂房隔声围护。类比国内同类电厂噪声预测影响范围，核岛厂房群和汽轮机厂房设备对厂界噪声的贡献值小于 40dB（A），满足运行期间厂界噪声环境执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类功能区标准（昼间 65dB（A），夜间 55dB（A）），也满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准(昼间 55dB(A))、夜间 45dB(A))。

因此，预计本项目核岛厂房群和汽轮机厂房等主要设备噪声对厂界和敏感点的声环境影响贡献较小。

6.3.2.5 电磁的环境影响

类比红沿河核电厂 1、2 号机组，根据红沿河核电厂 2014 年期间 500kV 开关站及送电线路环境监测结果，开关站围墙外 5m 处的最大工频电场强度为 111.3V/m，最大工频磁场强度为 0.2531μT，均小于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场 4000V/m、工频磁场 100μT 的限值；500kV 送电线路工频电场最大值出现于线路正下方，为 1563V/m；工频磁场最大值同样出现于线路正下方，为 0.9630μT，均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中工频电场 4000V/m，工频磁场 100μT 的控制限值的要求。

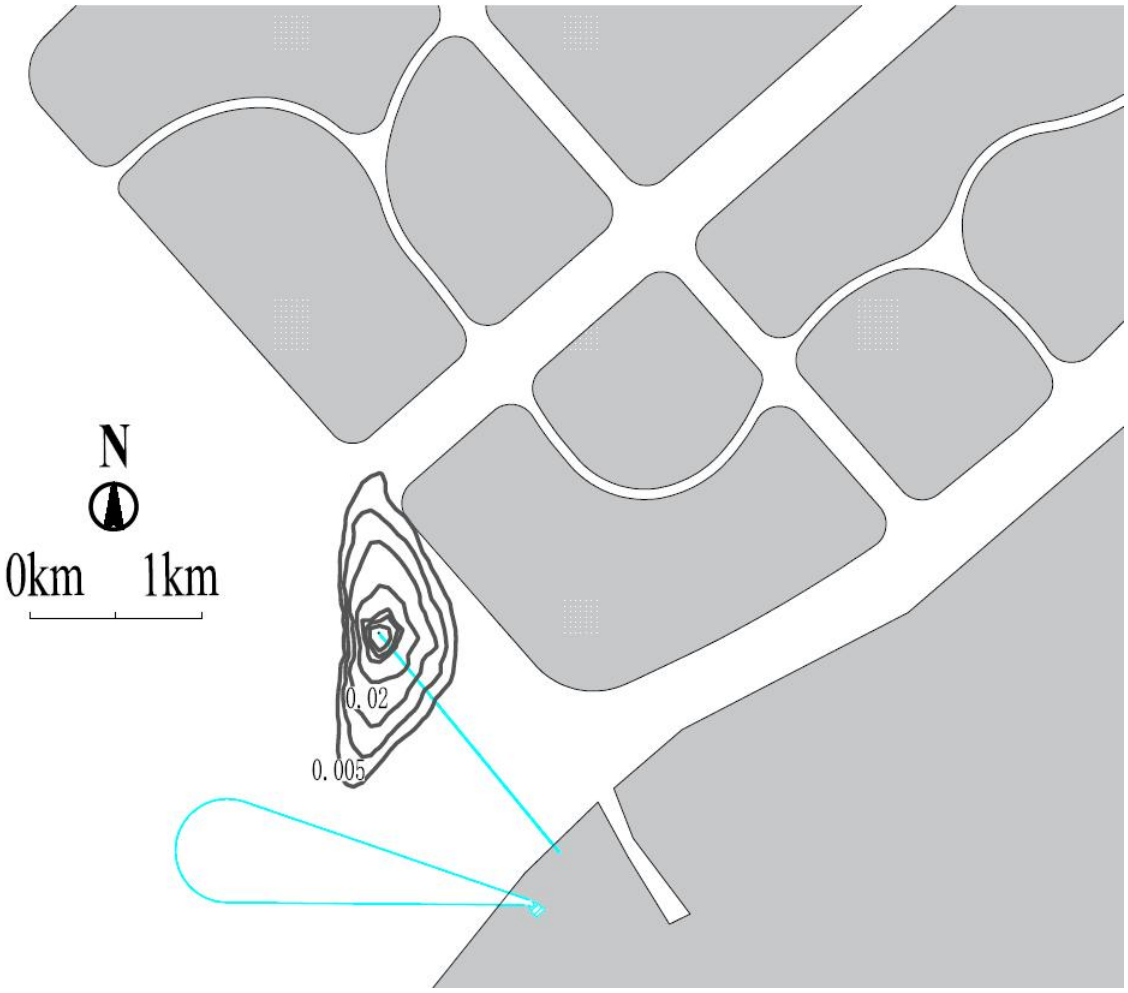
同时，类比已经运行的宁德核电厂，2014 年 5 月苏州热工研究院有限公司环境检测中心选择宁德核电厂 500kV 开关站、220kV 施工变电站、220kV 辅助变电站以及 500kV 和 220kV 送电线路进行重点布点监测，同时考虑到厂内环境敏感点的分布，选择了人员较为集中的办公区如 BX 楼、BA 楼，员工生活区，参观访问人员停留较多的观景平台进行电磁环境监测。根据监测结果，500kV 开关站周界外的工频电场强度为 28.61~82.32V/m，工频磁场强度为 0.0772~0.2791μT，500kV 送电线路正下方及附近 10m 范围内的工频电场强度为 341.16~352.30V/m，工频磁场强度为 0.2686~0.2892μT；220kV 施工变电站周界工频电场强度为 8.40~167.88V/m，工频磁场强度为 0.0289~0.2791μT；220kV 辅助变电站周界工频电场强度为 9.87~152.96V/m，工频磁场强度为 0.0093~0.2879μT；220kV 送电线路工频电场最大值出现于线路正下方，为 288.02V/m；磁感应强度最大值同样出现于线路正下方，为 0.1353μT；1 号机组变压器附近工频电场强度为 9.65V/m，工频磁场强度为 0.0103μT；厂内环境敏感点的工频电场强度为 1.88~241.12V/m，工频磁场强度为 0.0192~0.2527μT，厂外环境敏感点的工频电场强度为 41.69~249.14V/m，工频磁场强度为 0.1779 ~0.2857μT。

根据上述类比监测结果表明，山东招远核电厂一期工程 500kV 开关站及 220kV 辅助变电站正常运行时的电磁辐射能够满足相关评价标准。

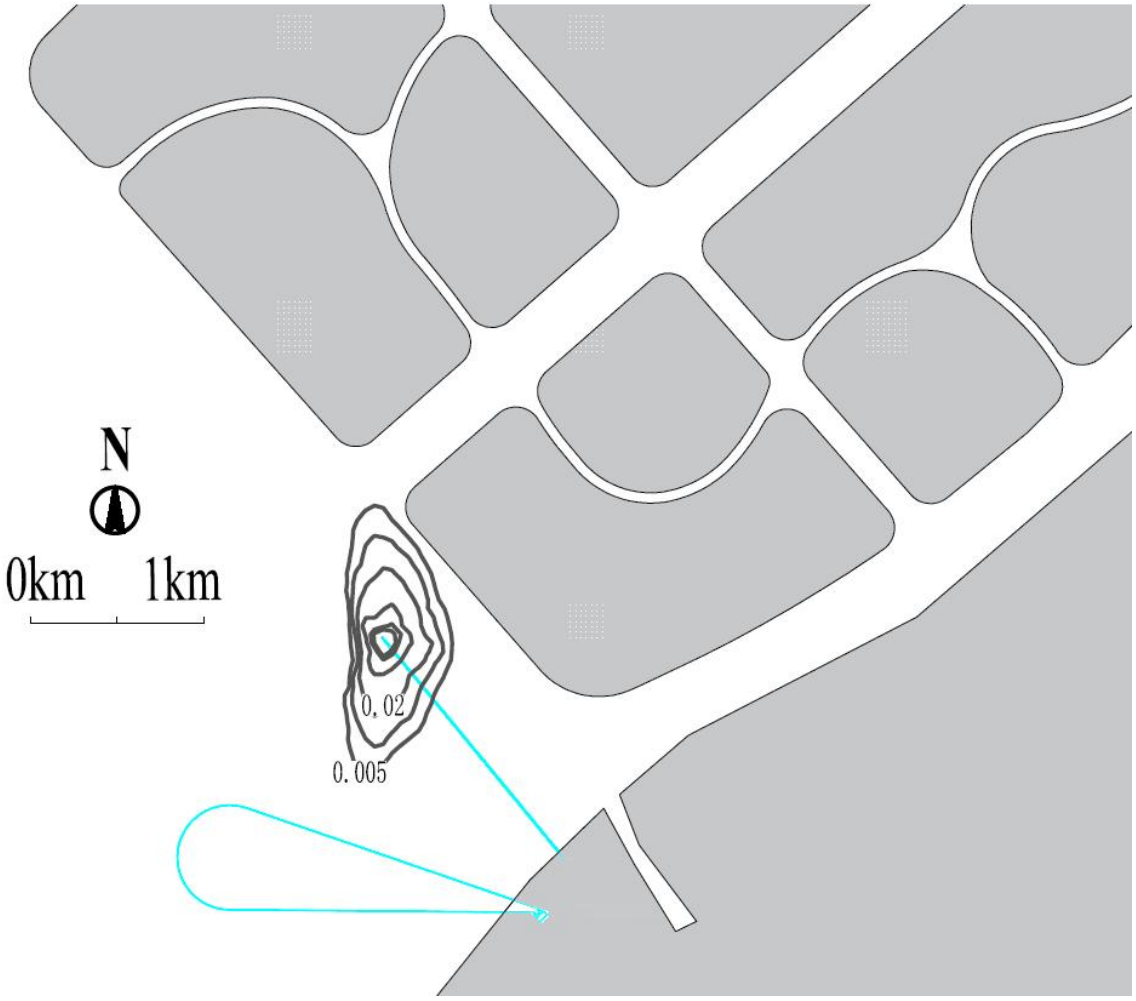
表 6.3-1　山东招远核电厂一期工程余氯全潮最大相对浓度包络线面积

单位：km^2

相对浓度	0.005	0.01	0.02	0.05	0.10	0.13	0.20	0.30	0.40	0.50
夏季半月潮	0.80	0.56	0.35	0.13	0.04	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
冬季半月潮	0.63	0.43	0.23	0.07	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01



环境影响报告书（选址阶段）		
余氯全潮最大相对浓度包络线（夏季）		
图 6.3-1（1/2）	版次：	A



环境影响报告书（选址阶段）		
余氯全潮最大相对浓度包络线（冬季）		
图 6.3-1（2/2）	版次：	A

第七章　电厂事故的环境影响和环境风险

7.1　核电厂放射性事故和后果评价

7.2　场内运输事故

7.3　其它事故

7.4　事故应急

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

7.1.1.2 事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散因子

7.1.2.2 事故剂量

7.1.3 事故后果评价

7.1.4 参考资料

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

根据我国国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定：核动力厂周围应设置非居住区和规划限制区。非居住区和规划限制区边界的确定应考虑选址假想事故的放射性后果。不要求非居住区是圆形，可以根据厂址的地形、地貌、气象、交通等具体条件确定，但非居住区边界离反应堆的距离不得小于 500m；规划限制区半径不得小于 5km。现阶段暂定山东招远核电厂一期工程非居住区边界为核电厂各机组半径 500m 范围内的包络区域，规划限制区拟定为各机组半径 5km 包络区域。

核动力厂的选址假想事故仅适用于审批厂址阶段，作为确定厂址非居住区、规划限制区边界的依据。对于水冷反应堆，该事故一般应考虑全堆芯熔化，否则应进行充分有效的论证。

在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

核电厂选址假想事故是用于厂址适宜性评价的假想事故，这种事故发生的概率（$<10^{-4}$/堆年）极小，是在核电厂寿期内极不可能发生的假想事故。对于压水堆核电厂，是指堆芯大规模熔化，导致堆芯内放射性物质向环境释放达到最严重的事故。

7.1.1.2 事故源项

a) 释放到环境的源项计算分为以下几个步骤：

1) 计算事故后释放进入安全壳大气的放射性核素。堆芯及一回路向安全壳大气的放射性释放分为三阶段：

— 一回路释放阶段：一回路冷却剂中放射性核素，假设该部分核素在事故开始0s瞬间进入内层安全壳大气中；

— 包壳释放阶段：燃料芯块和包壳间隙内的放射性核素，假设该部分核素在事故后30s瞬间进入安全壳；

— 早期压力容器内释放阶段：由于燃料融化，造成部分燃料芯块中的放射性物质向外释放，假设该部分核素在事故后0.5h瞬间进入安全壳。

2) 计算内层安全壳内放射性活度随时间的变化情况，进而计算由内层安全壳向内外层安全壳之间环廊释放的核素活度。根据环廊向安全壳外通风流量及过滤器去除效率计算环廊向安全壳外环境释放源项。

3) 计算安全壳外安注管线泄漏到环境的放射性源项及安全壳旁通泄漏的放射性源项。

b) 选址假想事故源项计算采用的相关假设和参数：

1) 裂变产物堆芯积存量和一回路冷却剂比活度；

2) 裂变产物从堆芯释放分为两个阶段：

— 包壳释放阶段：该阶段导致5%的惰性气体，5%的卤素及5%的碱性金属释放到安全壳大气中。

— 早期压力容器内释放阶段：该阶段导致95%的惰性气体，35%的卤素及25%的碱性金属释放到安全壳大气中。

考虑功率等不确定性，对堆芯核素积存量考虑+2%的不确定性。

3) 碘的化学形态

考虑进入安全壳大气中放射性碘的化学形态如下：

— 有机碘：0.15%；

— 分子碘：4.85%；

— 气溶胶碘：95%。

安全壳外管线泄漏放射性碘的化学形态如下：

— 有机碘：3%；

— 分子碘：97%。

4) 内层安全壳泄漏率

保守假定：失水事故发后 24h 内层安全壳泄漏率为 0.3%/d；24h 以后安全壳泄漏率为 0.15%/d。由内层安全壳泄漏至环廊的放射性核素，其旁通环廊直接释放到外界环境的份额保守取 10%。

安全壳泄漏率在环廊和周边厂房的分配比例为：环廊 40%；周边厂房 60%。

5) 环廊过滤器对核素的过滤效率

— 惰性气体：0.00%；

— 有机碘：99.00%；

— 分子碘：99.00%；

— 气溶胶：99.00%。

6) 环廊负压建立及通风量

假定环廊和周边厂房在事故初始时刻丧失负压环境，相应通风系统事故列投运后重新建立并维持负压，通风过滤相关考虑如下：

- 对于环廊，事故发生 10min 内泄漏至环廊内核素直接释放到外部环境；事故 10min 后负压重新建立，通风有过滤；事故 10min 以后，环廊的通风换气率为 7.56E-06S^{-1}。
- 对于周边厂房，事故发生 30min 内泄漏至厂房内核素直接释放到外部环境；事故 30min 后负压重新建立，通风有过滤；事故 30min 后，周边厂房的通风换气率为 2.35E-04S^{-1}。

7) 安全壳外安注管线泄漏量

安全壳外安注管线泄漏量为 10L/h。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散因子

事故后果计算中使用的小时大气弥散因子采用苏州热工研究院有限公司开发的改进版 CEIRA 程序系统计算。CEIRA 程序系统采用了高斯烟羽模式。

本报告采用厂址气象观测系统 2021 年 7 月至 2022 年 6 月一整年的逐时气象观测数据进行厂址事故大气弥散因子的计算。

（1） 非居住区边界和规划限制区外边界上的事故大气弥散因子

— 分方位大气弥散因子：计算得到厂址周围16个方位、99.5%概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为0~2h的事故大气弥散因子；各个方位年平均大气弥散因子为该方位按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于2h的释放时段的事故大

气弥散因子，则利用小时事故大气弥散因子与年平均事故大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

— 全厂址大气弥散因子：计算得到厂址周围各距离全厂址95%概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为0~2h的事故大气弥散因子；年平均大气弥散因子为全年按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于2h的释放时段的事故大气弥散因子，则利用小时事故大气弥散因子与年平均事故大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

非居住区边界上的事故剂量后果计算将采用 0~2h 各方位大气弥散因子和全厂址大气弥散因子之间的最大值进行计算。规划限制区外边界上的事故剂量后果计算将采用 0~30d 各时段分方位大气弥散因子和全厂址大气弥散因子之间的最大值进行计算。

表 7.1-1 给出了事故发生后 0~2h 内 500m 非居住区边界处的最大的事故大气弥散因子。表 7.1-2 给出了整个事故持续期间 30d 内 5km 距离处的事故大气弥散因子。

（2） 用于事故集体剂量计算的大气弥散因子

对于用于事故集体剂量计算的各时段的大气弥散因子，首先采用高斯扇形平均公式计算厂址半径 80km 范围内 192 个子区、99.5%概率水平下的小时大气弥散因子，作为 0~2h 的事故大气弥散因子，对于持续时间长于 2h 的释放时段的事故大气弥散因子，则利用小时事故大气弥散因子与年平均事故大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。然后根据公众个人有效剂量以及运行时期的电厂人口数据计算出厂址半径 80km 范围集体有效剂量。

表 7.1-3 给出了本项目选址假想事故期间集体剂量计算采用的小时大气弥散因子。

7.1.2.2 事故剂量

7.1.2.2.1 事故剂量估算模式

在事故释放期间，公众可能受到的辐射照射途径有：

— 烟云浸没外照射；

— 空气吸入内照射；

7.1.2.2.2 计算参数的选取

（1） 剂量转换因子

— 惰性气体

烟云浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

— 碘和碱金属

吸入内照射有效剂量转换因子主要取自国际辐射防护委员会（ICRP）71 号出版物；烟云浸没外照射剂量转换因子主要取自国际原子能机构（IAEA）19 号安全报告（2001）；

— 其它核素

烟云浸没外照射剂量转换因子主要取自美国联邦导则 12 号报告；吸入内照射有效剂量转换因子主要取自美国联邦导则 11 号报告。

（2） 干沉积速率

干沉积速率取自联邦德国辐射防护委员会第十七卷出版物：

— 对于粒子碘： $V_d=1.5\times10^{-3}m/s$；

— 对于有机碘： $V_d=1\times10^{-4}m/s$；

— 对于元素碘： $V_d=1\times10^{-2}m/s$。

（3） 呼吸率

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则RG1.183：

— 0~8h时间段： $B_r=3.5\times10^{-4}m^3/s$；

— 8~24h时间段： $B_r=1.8\times10^{-4}m^3/s$；

— 24~720h时间段： $B_r=2.3\times10^{-4}m^3/s$。

7.1.2.2.3 事故剂量计算结果

通过山东招远核电厂一期工程非居住区边界（500m）和规划限制区外边界（5km）上的事故放射性剂量计算结果得出：

— 事故后0~2h内，山东招远核电项目一期工程非居住区边界上公众个人（成人）最大有效剂量为$1.08\times10^{-1}Sv$ ；

— 事故后0~30d内，山东招远核电项目一期工程规划限制区边界上公众个人（成人）最大有效剂量为$5.00\times10^{-2}Sv$。

根据厂址半径80km范围各子区内计算得到的公众个人有效剂量以及运行时期的电厂人口数据，计算了选址假想事故持续期间内对各子区内公众可能造成的集体有效剂量。表7.1-4给出了山东招远核电项目厂址半径80km范围内各子区公众在选址假想事

故发生持续期间受到的集体有效剂量。从表中可以看出，选址假想事故发生期间30d内，厂址半径80km评价区内公众可能受到的集体有效剂量为1.06×10^4人·Sv。

7.1.3 事故后果评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011），在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

表 7.1-5 给出了事故剂量与国家标准的比较。

（1） 个人剂量

选址假想事故发生后 2h 内，非居住区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 1.08×10^{-1}Sv，占国家标准限值的 43.2%；事故持续时间 30d 内，规划限制区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 5.0×10^{-2}Sv，占国家标准限值的 20.0%。

（2） 集体剂量

选址假想事故发生持续期间 30d 内，山东招远核电项目一期工程厂址半径 80km 范围内公众群体所受到的集体有效剂量为 1.06×10^4 人•Sv，占国家标准限值的 53.0%。

因此，基于选址假想事故的辐射影响评价结果分析，以各机组半径 500m 和半径 5km 分别作为非居住区和规划限制区边界能够满足核安全相关法规的要求。

7.1.4 参考资料

[1] 美国核管理委员会（NRC），RG1.183，Alternative Radiological Source Terms For Evaluating Design Basis Accidents At Nuclear Power Reactors，2000.

[2] IAEA Safety Reports Series No. 19, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharge of Radioactive Substances to the Environment, 2001.

[3] ICRP Publication 71，Age-dependent Doses to Members Of The Public From Intake Of Radionuclides：Part 4 Inhalation Dose Coefficients，1995.

[4] 电离辐射防护与辐射源安全基本标准，（GB18871-2002）.

[5] 联邦德国辐射防护委员会（SSK），出版物第17卷.

表7.1-1　非居住区边界上的大气弥散因子（s/m^3）

方位	距离（m）	大气弥散因子（0~2h）
N	500	4.05E-04
NNE	500	3.62E-04
NE	500	3.07E-04
ENE	500	1.27E-04
E	500	1.15E-04
ESE	500	9.54E-05
SE	500	1.53E-04
SSE	500	2.88E-04
S	500	3.28E-04
SSW	500	2.66E-04
SW	500	1.76E-04
WSW	500	9.15E-05
W	500	3.96E-05
WNW	500	1.04E-04
NW	500	1.65E-04
NNW	500	3.22E-04
全厂址		2.79E-04

表 7.1-2　规划限制区外边界上的大气弥散因子（s/m³）

方位	距离（m）	0~2h	2~8h	8~24h	24~96h	96~720h
N	5000	3.01E-05	1.72E-05	1.05E-05	4.89E-06	1.63E-06
NNE	5000	2.72E-05	1.40E-05	7.72E-06	3.11E-06	8.42E-07
NE	5000	2.26E-05	1.07E-05	5.47E-06	1.96E-06	4.49E-07
ENE	5000	6.48E-06	3.36E-06	1.87E-06	7.58E-07	2.08E-07
E	5000	4.80E-06	2.54E-06	1.44E-06	6.04E-07	1.73E-07
ESE	5000	3.94E-06	2.16E-06	1.26E-06	5.50E-07	1.68E-07
SE	5000	8.22E-06	4.36E-06	2.47E-06	1.04E-06	2.97E-07
SSE	5000	2.01E-05	1.03E-05	5.61E-06	2.23E-06	5.91E-07
S	5000	2.44E-05	1.31E-05	7.48E-06	3.18E-06	9.31E-07
SSW	5000	1.76E-05	9.32E-06	5.27E-06	2.20E-06	6.26E-07
SW	5000	8.27E-06	4.35E-06	2.45E-06	1.02E-06	2.87E-07
WSW	5000	3.00E-06	1.61E-06	9.19E-07	3.91E-07	1.14E-07
W	5000	4.37E-07	2.90E-07	2.02E-07	1.15E-07	5.16E-08
WNW	5000	4.24E-06	2.22E-06	1.25E-06	5.16E-07	1.45E-07
NW	5000	8.93E-06	4.56E-06	2.50E-06	9.94E-07	2.65E-07
NNW	5000	2.38E-05	1.32E-05	7.80E-06	3.48E-06	1.09E-06
全厂址		2.46E-05	1.45E-05	9.01E-06	4.36E-06	1.53E-06

表 7.1-3(1/5)　厂址半径 80km 范围内 0~2h 内的事故大气弥散因子（s/m^3）

距离（km） 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80
N	4.05E-04	9.73E-05	5.94E-05	3.76E-05	1.99E-05	9.51E-06	5.42E-06	3.71E-06	2.80E-06	2.23E-06	1.84E-06	1.56E-06
NNE	3.62E-04	8.77E-05	5.22E-05	3.39E-05	1.80E-05	8.59E-06	4.89E-06	3.35E-06	2.52E-06	2.01E-06	1.66E-06	1.41E-06
NE	3.07E-04	7.39E-05	4.51E-05	2.82E-05	1.49E-05	7.14E-06	4.07E-06	2.79E-06	2.10E-06	1.67E-06	1.38E-06	1.17E-06
ENE	1.27E-04	2.83E-05	1.54E-05	8.51E-06	3.92E-06	1.62E-06	8.45E-07	5.43E-07	3.81E-07	2.86E-07	2.30E-07	1.90E-07
E	1.15E-04	2.38E-05	1.22E-05	6.56E-06	2.78E-06	1.06E-06	5.17E-07	3.21E-07	2.25E-07	1.69E-07	1.33E-07	1.09E-07
ESE	9.54E-05	1.96E-05	9.99E-06	5.34E-06	2.26E-06	8.58E-07	4.17E-07	2.59E-07	1.81E-07	1.36E-07	1.08E-07	8.77E-08
SE	1.53E-04	3.54E-05	1.79E-05	1.06E-05	5.13E-06	2.10E-06	1.13E-06	7.46E-07	5.47E-07	4.27E-07	3.48E-07	2.91E-07
SSE	2.88E-04	6.83E-05	4.07E-05	2.51E-05	1.33E-05	6.36E-06	3.62E-06	2.48E-06	1.87E-06	1.49E-06	1.23E-06	1.05E-06
S	3.28E-04	7.89E-05	4.81E-05	3.05E-05	1.61E-05	7.71E-06	4.39E-06	3.01E-06	2.27E-06	1.81E-06	1.49E-06	1.27E-06
SSW	2.66E-04	5.97E-05	3.62E-05	2.28E-05	1.03E-05	4.78E-06	2.56E-06	1.73E-06	1.33E-06	1.05E-06	8.66E-07	7.33E-07
SW	1.76E-04	3.74E-05	2.02E-05	1.08E-05	4.96E-06	2.09E-06	1.08E-06	7.02E-07	4.95E-07	3.83E-07	3.09E-07	2.52E-07
WSW	9.15E-05	1.60E-05	8.11E-06	4.09E-06	1.70E-06	6.10E-07	2.95E-07	1.78E-07	1.25E-07	9.35E-08	7.37E-08	6.01E-08
W	3.96E-05	4.78E-06	1.74E-06	6.82E-07	1.94E-07	4.86E-08	1.75E-08	8.93E-09	5.40E-09	3.62E-09	2.59E-09	1.94E-09
WNW	1.04E-04	2.08E-05	1.07E-05	5.74E-06	2.40E-06	8.79E-07	4.28E-07	2.63E-07	1.84E-07	1.38E-07	1.09E-07	8.89E-08
NW	1.65E-04	3.42E-05	2.13E-05	1.18E-05	5.45E-06	2.40E-06	1.31E-06	8.72E-07	6.43E-07	5.03E-07	4.10E-07	3.44E-07
NNW	3.22E-04	7.72E-05	4.70E-05	2.97E-05	1.57E-05	7.53E-06	4.29E-06	2.94E-06	2.21E-06	1.76E-06	1.46E-06	1.24E-06

表 7.1-3(2/5)　厂址半径 80km 范围内 2~8h 内的事故大气弥散因子（s/m^3）

距离（km） 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80
N	2.57E-04	5.97E-05	3.54E-05	2.18E-05	1.12E-05	5.18E-06	2.90E-06	1.97E-06	1.47E-06	1.16E-06	9.59E-07	8.11E-07
NNE	2.08E-04	4.82E-05	2.80E-05	1.77E-05	9.07E-06	4.22E-06	2.36E-06	1.61E-06	1.20E-06	9.52E-07	7.84E-07	6.64E-07
NE	1.63E-04	3.73E-05	2.21E-05	1.35E-05	6.92E-06	3.22E-06	1.80E-06	1.22E-06	9.14E-07	7.24E-07	5.97E-07	5.05E-07
ENE	7.11E-05	1.53E-05	8.12E-06	4.44E-06	2.01E-06	8.20E-07	4.24E-07	2.72E-07	1.91E-07	1.44E-07	1.15E-07	9.54E-08
E	6.48E-05	1.30E-05	6.58E-06	3.49E-06	1.46E-06	5.54E-07	2.70E-07	1.68E-07	1.17E-07	8.84E-08	6.97E-08	5.69E-08
ESE	5.49E-05	1.10E-05	5.54E-06	2.93E-06	1.23E-06	4.64E-07	2.25E-07	1.40E-07	9.81E-08	7.38E-08	5.82E-08	4.76E-08
SE	8.80E-05	1.96E-05	9.82E-06	5.67E-06	2.68E-06	1.08E-06	5.72E-07	3.76E-07	2.74E-07	2.13E-07	1.73E-07	1.45E-07
SSE	1.63E-04	3.73E-05	2.16E-05	1.30E-05	6.63E-06	3.07E-06	1.71E-06	1.16E-06	8.66E-07	6.85E-07	5.64E-07	4.77E-07
S	1.97E-04	4.57E-05	2.70E-05	1.65E-05	8.43E-06	3.89E-06	2.17E-06	1.47E-06	1.09E-06	8.66E-07	7.12E-07	6.02E-07
SSW	1.55E-04	3.40E-05	1.99E-05	1.22E-05	5.38E-06	2.43E-06	1.28E-06	8.58E-07	6.49E-07	5.11E-07	4.19E-07	3.53E-07
SW	9.76E-05	2.03E-05	1.08E-05	5.71E-06	2.58E-06	1.07E-06	5.52E-07	3.56E-07	2.51E-07	1.94E-07	1.56E-07	1.27E-07
WSW	4.96E-05	8.68E-06	4.36E-06	2.19E-06	9.07E-07	3.27E-07	1.58E-07	9.60E-08	6.71E-08	5.05E-08	3.98E-08	3.25E-08
W	2.30E-05	2.90E-06	1.09E-06	4.45E-07	1.33E-07	3.54E-08	1.33E-08	6.98E-09	4.32E-09	2.94E-09	2.14E-09	1.63E-09
WNW	5.63E-05	1.11E-05	5.67E-06	3.01E-06	1.26E-06	4.63E-07	2.26E-07	1.39E-07	9.77E-08	7.36E-08	5.81E-08	4.75E-08
NW	8.99E-05	1.82E-05	1.10E-05	6.03E-06	2.76E-06	1.19E-06	6.44E-07	4.26E-07	3.12E-07	2.44E-07	1.99E-07	1.66E-07
NNW	2.00E-04	4.63E-05	2.73E-05	1.67E-05	8.53E-06	3.94E-06	2.19E-06	1.48E-06	1.11E-06	8.75E-07	7.20E-07	6.09E-07

表 7.1-3(3/5)　厂址半径 80km 范围内 8~24h 内的事故大气弥散因子（s/m^3）

距离（km） 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80
N	1.72E-04	3.86E-05	2.23E-05	1.34E-05	6.67E-06	3.01E-06	1.66E-06	1.12E-06	8.28E-07	6.53E-07	5.35E-07	4.52E-07
NNE	1.26E-04	2.82E-05	1.60E-05	9.86E-06	4.93E-06	2.24E-06	1.23E-06	8.32E-07	6.19E-07	4.88E-07	4.01E-07	3.38E-07
NE	9.21E-05	2.03E-05	1.17E-05	6.99E-06	3.48E-06	1.58E-06	8.70E-07	5.86E-07	4.35E-07	3.43E-07	2.82E-07	2.38E-07
ENE	4.24E-05	8.79E-06	4.60E-06	2.48E-06	1.10E-06	4.46E-07	2.29E-07	1.46E-07	1.03E-07	7.76E-08	6.22E-08	5.14E-08
E	3.89E-05	7.61E-06	3.78E-06	1.98E-06	8.23E-07	3.10E-07	1.51E-07	9.37E-08	6.57E-08	4.95E-08	3.91E-08	3.19E-08
ESE	3.35E-05	6.57E-06	3.27E-06	1.72E-06	7.13E-07	2.68E-07	1.30E-07	8.08E-08	5.66E-08	4.26E-08	3.37E-08	2.75E-08
SE	5.36E-05	1.15E-05	5.73E-06	3.25E-06	1.50E-06	5.97E-07	3.12E-07	2.04E-07	1.48E-07	1.15E-07	9.30E-08	7.76E-08
SSE	9.83E-05	2.18E-05	1.22E-05	7.19E-06	3.55E-06	1.60E-06	8.75E-07	5.87E-07	4.35E-07	3.42E-07	2.81E-07	2.37E-07
S	1.25E-04	2.81E-05	1.61E-05	9.59E-06	4.73E-06	2.11E-06	1.15E-06	7.72E-07	5.72E-07	4.49E-07	3.68E-07	3.09E-07
SSW	9.60E-05	2.05E-05	1.17E-05	6.93E-06	3.02E-06	1.32E-06	6.91E-07	4.58E-07	3.43E-07	2.68E-07	2.19E-07	1.84E-07
SW	5.76E-05	1.17E-05	6.16E-06	3.24E-06	1.44E-06	5.90E-07	3.02E-07	1.94E-07	1.37E-07	1.05E-07	8.48E-08	6.93E-08
WSW	2.87E-05	5.03E-06	2.50E-06	1.26E-06	5.18E-07	1.87E-07	9.06E-08	5.52E-08	3.87E-08	2.91E-08	2.30E-08	1.88E-08
W	1.42E-05	1.85E-06	7.25E-07	3.04E-07	9.54E-08	2.66E-08	1.04E-08	5.61E-09	3.54E-09	2.45E-09	1.80E-09	1.39E-09
WNW	3.26E-05	6.32E-06	3.21E-06	1.70E-06	7.05E-07	2.61E-07	1.28E-07	7.90E-08	5.55E-08	4.19E-08	3.32E-08	2.71E-08
NW	5.24E-05	1.04E-05	6.11E-06	3.32E-06	1.50E-06	6.39E-07	3.41E-07	2.24E-07	1.64E-07	1.28E-07	1.04E-07	8.67E-08
NNW	1.30E-04	2.94E-05	1.68E-05	1.00E-05	4.93E-06	2.21E-06	1.21E-06	8.06E-07	5.97E-07	4.69E-07	3.84E-07	3.23E-07

表 7.1-3(4/5)　厂址半径 80km 范围内 24~96h 内的事故大气弥散因子（s/m3）

距离（km） 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80
N	9.25E-05	1.98E-05	1.10E-05	6.35E-06	3.02E-06	1.31E-06	7.05E-07	4.67E-07	3.44E-07	2.69E-07	2.19E-07	1.84E-07
NNE	5.91E-05	1.24E-05	6.82E-06	4.03E-06	1.93E-06	8.45E-07	4.56E-07	3.03E-07	2.24E-07	1.75E-07	1.43E-07	1.20E-07
NE	3.85E-05	7.98E-06	4.42E-06	2.54E-06	1.21E-06	5.29E-07	2.85E-07	1.89E-07	1.39E-07	1.09E-07	8.92E-08	7.50E-08
ENE	1.91E-05	3.77E-06	1.92E-06	1.02E-06	4.42E-07	1.75E-07	8.88E-08	5.66E-08	3.99E-08	3.02E-08	2.41E-08	2.00E-08
E	1.77E-05	3.33E-06	1.62E-06	8.35E-07	3.41E-07	1.27E-07	6.18E-08	3.84E-08	2.70E-08	2.04E-08	1.61E-08	1.32E-08
ESE	1.57E-05	2.99E-06	1.46E-06	7.54E-07	3.09E-07	1.15E-07	5.60E-08	3.48E-08	2.44E-08	1.84E-08	1.45E-08	1.19E-08
SE	2.51E-05	5.13E-06	2.51E-06	1.38E-06	6.14E-07	2.40E-07	1.24E-07	7.98E-08	5.76E-08	4.45E-08	3.58E-08	2.98E-08
SSE	4.53E-05	9.52E-06	5.14E-06	2.91E-06	1.37E-06	5.87E-07	3.13E-07	2.07E-07	1.52E-07	1.18E-07	9.62E-08	8.07E-08
S	6.19E-05	1.33E-05	7.28E-06	4.16E-06	1.94E-06	8.29E-07	4.39E-07	2.89E-07	2.11E-07	1.64E-07	1.33E-07	1.12E-07
SSW	4.60E-05	9.48E-06	5.15E-06	2.93E-06	1.25E-06	5.23E-07	2.68E-07	1.75E-07	1.29E-07	1.00E-07	8.10E-08	6.76E-08
SW	2.57E-05	5.08E-06	2.61E-06	1.36E-06	5.91E-07	2.36E-07	1.20E-07	7.65E-08	5.40E-08	4.15E-08	3.33E-08	2.73E-08
WSW	1.24E-05	2.18E-06	1.07E-06	5.37E-07	2.19E-07	7.96E-08	3.86E-08	2.37E-08	1.66E-08	1.25E-08	9.90E-09	8.11E-09
W	6.73E-06	9.33E-07	3.85E-07	1.70E-07	5.70E-08	1.72E-08	7.13E-09	4.00E-09	2.61E-09	1.85E-09	1.39E-09	1.09E-09
WNW	1.40E-05	2.67E-06	1.34E-06	7.02E-07	2.91E-07	1.09E-07	5.32E-08	3.31E-08	2.34E-08	1.77E-08	1.40E-08	1.15E-08
NW	2.29E-05	4.41E-06	2.48E-06	1.33E-06	5.89E-07	2.45E-07	1.29E-07	8.41E-08	6.11E-08	4.74E-08	3.84E-08	3.20E-08
NNW	6.76E-05	1.46E-05	7.96E-06	4.55E-06	2.13E-06	9.08E-07	4.81E-07	3.16E-07	2.31E-07	1.80E-07	1.46E-07	1.22E-07

表 7.1-3(5/5)　厂址半径 80km 范围内 96~720h 内的事故大气弥散因子（s/m^3）

距离（km） 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80
N	3.80E-05	7.57E-06	3.96E-06	2.17E-06	9.71E-07	3.98E-07	2.06E-07	1.34E-07	9.71E-08	7.51E-08	6.07E-08	5.06E-08
NNE	1.98E-05	3.82E-06	2.00E-06	1.12E-06	5.04E-07	2.09E-07	1.09E-07	7.13E-08	5.19E-08	4.03E-08	3.27E-08	2.73E-08
NE	1.10E-05	2.09E-06	1.09E-06	5.97E-07	2.67E-07	1.10E-07	5.74E-08	3.74E-08	2.72E-08	2.11E-08	1.71E-08	1.43E-08
ENE	6.12E-06	1.12E-06	5.49E-07	2.83E-07	1.19E-07	4.57E-08	2.28E-08	1.45E-08	1.02E-08	7.77E-09	6.21E-09	5.13E-09
E	5.76E-06	1.02E-06	4.80E-07	2.41E-07	9.63E-08	3.55E-08	1.72E-08	1.07E-08	7.52E-09	5.68E-09	4.50E-09	3.70E-09
ESE	5.29E-06	9.62E-07	4.59E-07	2.32E-07	9.34E-08	3.45E-08	1.67E-08	1.04E-08	7.28E-09	5.50E-09	4.36E-09	3.57E-09
SE	8.44E-06	1.60E-06	7.67E-07	4.03E-07	1.71E-07	6.50E-08	3.26E-08	2.08E-08	1.48E-08	1.14E-08	9.11E-09	7.54E-09
SSE	1.49E-05	2.90E-06	1.48E-06	7.92E-07	3.47E-07	1.40E-07	7.16E-08	4.62E-08	3.33E-08	2.57E-08	2.07E-08	1.72E-08
S	2.27E-05	4.57E-06	2.33E-06	1.25E-06	5.44E-07	2.16E-07	1.10E-07	7.03E-08	5.04E-08	3.87E-08	3.11E-08	2.58E-08
SSW	1.60E-05	3.13E-06	1.59E-06	8.51E-07	3.51E-07	1.38E-07	6.87E-08	4.38E-08	3.16E-08	2.42E-08	1.94E-08	1.61E-08
SW	8.04E-06	1.52E-06	7.57E-07	3.89E-07	1.64E-07	6.36E-08	3.17E-08	2.01E-08	1.42E-08	1.09E-08	8.69E-09	7.14E-09
WSW	3.72E-06	6.55E-07	3.15E-07	1.58E-07	6.38E-08	2.33E-08	1.13E-08	7.00E-09	4.93E-09	3.73E-09	2.96E-09	2.42E-09
W	2.32E-06	3.49E-07	1.55E-07	7.35E-08	2.72E-08	9.18E-09	4.15E-09	2.47E-09	1.68E-09	1.23E-09	9.56E-10	7.69E-10
WNW	4.20E-06	7.72E-07	3.81E-07	1.98E-07	8.18E-08	3.08E-08	1.52E-08	9.51E-09	6.73E-09	5.12E-09	4.07E-09	3.35E-09
NW	6.95E-06	1.28E-06	6.77E-07	3.58E-07	1.54E-07	6.19E-08	3.18E-08	2.05E-08	1.48E-08	1.14E-08	9.21E-09	7.66E-09
NNW	2.64E-05	5.35E-06	2.73E-06	1.47E-06	6.38E-07	2.54E-07	1.29E-07	8.26E-08	5.93E-08	4.55E-08	3.65E-08	3.03E-08

表 7.1-4　整个事故期间厂址半径 80km 范围内公众受到的集体有效剂量

单位：人·Sv

距离（km） 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0.00E+00	0.00E+00	7.02E+01	1.07E+02	1.04E+02	1.46E+03	2.67E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.77E+03
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.40E+01	1.34E+02	4.39E+02	1.06E+02	0.00E+00	0.00E+00	3.61E+00	5.82E+00	0.00E+00	7.22E+02
NE	0.00E+00	0.00E+00	6.48E+01	0.00E+00	7.13E+01	2.48E+02	8.38E+02	2.38E+02	1.06E+02	2.21E+02	7.11E+00	0.00E+00	1.79E+03
ENE	0.00E+00	2.89E+01	3.48E+01	0.00E+00	1.85E+01	1.98E+01	5.23E+01	9.44E+00	4.65E+01	1.11E+01	2.23E+01	5.10E+00	2.49E+02
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.18E+01	1.29E+01	2.07E+01	9.48E+00	1.04E+01	1.16E+01	1.41E+01	3.48E+01	1.26E+02
ESE	0.00E+00	3.42E+01	1.37E+01	1.86E+01	6.75E+00	1.06E+01	2.74E+01	1.03E+01	5.11E+01	5.58E+00	5.20E+00	3.75E-01	1.84E+02
SE	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+01	3.20E+01	4.72E+01	8.02E+01	7.23E+00	1.83E+01	3.49E+01	1.11E+01	5.68E+01	3.19E+01	3.37E+02
SSE	0.00E+00	0.00E+00	3.23E+01	3.91E+01	1.47E+02	1.05E+03	7.75E+01	8.58E+01	1.12E+02	1.14E+02	1.42E+02	6.26E+02	2.43E+03
S	0.00E+00	8.68E+01	0.00E+00	1.49E+02	2.54E+02	1.59E+02	1.84E+02	1.96E+02	5.15E+01	1.62E+02	1.07E+02	2.01E+02	1.55E+03
SSW	0.00E+00	0.00E+00	7.69E+01	6.03E+01	7.80E+01	1.15E+02	2.97E+01	9.30E+01	1.14E+01	1.00E+02	5.95E+01	3.09E+01	6.55E+02
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.62E+01	4.65E+01	4.04E+01	8.85E+01	3.50E+01	3.94E+01	1.09E+02	3.79E+01	4.72E+01	4.60E+02
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.57E+00	5.44E+00	1.29E+01	1.57E+01	1.71E+01	1.05E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.97E+01
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E+00	3.23E+00	1.78E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.01E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	1.53E+01	0.00E+00	2.49E+01	1.06E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.03E+01
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.35E+01	6.60E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.95E+01
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+02	2.42E+01	8.63E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+02
合计	0.00E+00	1.50E+02	3.26E+02	4.81E+02	1.12E+03	3.67E+03	1.48E+03	7.12E+02	4.63E+02	7.49E+02	4.58E+02	9.77E+02	1.06E+04

表 7.1-5　事故公众个人剂量和集体剂量与国家标准的比较

项　目	剂量结果	GB6249-2011 事故剂量限值	占限值比例
事故后任意 2 小时内非居住区边界（500m）个人受照的最大有效剂量（Sv）	1.08×10^{-1}	0.25	43.2%
整个事故持续期间内规划限制区边界（5km）个人受照的最大有效剂量（Sv）	5.00×10^{-2}	0.25	20.0%
整个事故持续期间内厂址半径 80km 范围内公众个人受照的集体有效剂量（人.Sv）	1.06×10^{4}	2×10^{4}	53.0%

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 固体废物运输事故

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

新燃料运输货包的设计和制造应同时满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）、IAEA《放射性物质安全运输条例》（IAEA NO TS-R-1）和《放射性物品道路运输管理规定》（2011-1-1）的要求。

国内其它核电厂燃料运输的经验表明，在严格遵循国家标准的技术规范下运输燃料组件时，组件的抗震和密封性能可确保不对环境产生任何有害的影响。

新燃料运输容器设计时充分考虑了可能的事故工况，即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件也不会产生临界反应，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。加上新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。

总体而言，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康，可达到安全可靠。

7.2.2 乏燃料运输事故

乏燃料的厂内运输由辅助厂房吊车、燃料抓取机、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料装入运输容器的操作以及容器的清洗、检查在装料池和清洗池内进行。装料池和清洗池为两个毗邻的水池，均位于辅助厂房内乏燃料存储水池旁侧。它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与乏燃料存储水池连成整体结构。其中装料池与存储水池相通，并由水闸门隔开。

乏燃料组件通常存储在乏燃料存储水池中，直到裂变产物的活性降低到允许运输的程度。然后，将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。在转运的过程中，燃料组件活性区顶部须一直保持至少 3m 的屏蔽水层。

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料运输必须遵循《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）、《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）、《放射性物质安全运输货包泄漏检验》（GB/T17230-1998）、《乏燃料运输容器技术条件》（EJ/T565-1991）、《核级容器制造质量保证》（EJ/T619-1991）和《放射性物质安全运输条例》等准则。应证实容器在承受正常运输条件下和运输中事故条件下的种种试验后，仍能保持符合密封性能与屏蔽性能的要求。

除了运输容器本身具有高的安全性外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.2.3 固体废物运输事故

放射性固体废物在废物暂存库（BQT）暂存后，将按照国家要求运往放射性废物处置场。放射性固体废物的厂外运输和处置应保证运输人员和公众接受的辐照控制在可合理做到的尽可能低的水平，厂外运输采用公路运输，符合《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）和《放射性物品道路运输管理规定》（2011）的要求，以防范运输过程中的环境风险。

7.3 其它事故

7.3.1 建设期间其它事故环境影响分析

7.3.2 运行期间其它事故环境影响分析

7.3 其它事故

7.3.1 建设期间其它事故环境影响分析

核电厂施工建设期间的环境风险主要包括厂平及负挖期间炸药的储存和运输风险、化学品存储和使用风险、山坡开采以及施工营地环境卫生问题导致施工人员的健康风险。

核电厂施工阶段需采用炸药对厂址处岩体进行爆破处理，如炸药储存和运输不当，则可能对施工人员安全及环境安全造成较大风险。核电厂爆破所用炸药集中存放于场外仓库，对炸药入库、出库、运输等过程设专人管理，每次使用前均需向公安部门申报，严格控制炸药使用量。施工过程中，在场地各主要出入口设置警示牌，告知爆破时间，每次爆破前须提前疏散周围施工人员，确保爆炸区无人员车辆后方可实施爆炸作业，将炸药对人员及环境可能产生的风险降至最低。

核电厂可能需要采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理，以避免设备及管道的盐雾锈蚀和表面氧化。这些化学物质和缓蚀剂主要包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等，如保存管理不当，可能造成泄漏风险，对地表土壤及植被生态造成破坏。由于核电厂设备和管道等均在厂内定点存放，并考虑防水防雨等不利影响，因此需后续处理过程较少，化学物质使用量不大。该部分危险废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）可以得到安全妥善贮存，产生的废物由生产厂商回收处理。在施工阶段，由于化学品泄漏造成的环境风险较小。

核电厂施工周期较长，施工人数众多，施工期间大量人员涌入电厂区域及附近进行施工和居住，如环境卫生管理不到位，特别在夏季，容易使爆发流行性传染病的机会大大增加，一旦发生疫情，将对整个施工区内的人员健康造成极大威胁。核电厂施工阶段人员居住于厂区以外的各个村庄，所产生的生活垃圾由所居住村庄处理。在电厂施工期间，将积极做好施工营地及施工场所的卫生管理，做到垃圾日产日清，提供安全的饮食和饮用水，不会对人员的健康产生风险。若发现人员出现疫情特征，及时送往附近医院治疗，减少疫情大规模扩散的几率，保障施工人员的健康。

7.3.2 运行期间其它事故环境影响分析

7.3.2.1 危险化学品环境风险分析

本节主要依据《建设项目环境风险评价导则》（HJ169-2018）相关要求进行环境风险分析与评价。

7.3.2.1.1 环境风险识别

核电厂在运行中将使用一些毒性物质和易燃物质（如柴油）等，这些物质在运输、使用、储存过程中均存在一定的事故风险隐患。根据本项目设计情况并参考同类在运电厂，山东招远核电厂一期工程运行期间使用的化学物质主要用于：

- 反应堆冷却剂（加注硼酸及 LiOH）；
- 化学容积控制系统；
- 除盐水处理系统；
- 中央冷冻水系统；
- 循环水处理系统；
- 常规岛化学药剂注入系统；
- 防火系统和应急柴油机。

7.3.2.1.2 环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价导则》（HJ169-2018）附录 B.1 给出的突发环境事件风险物质及临界量，筛选出环境风险及存量较大危险化学品，根据本项目化学品使用情况并参考同类电站化学品储存情况，根据危险物质数量与临界量比重计算，本项目各危险物质最大储存量与临界量的比值之和 Q 为 25.83（10≤Q<100）。

根据 HJ169-2018，本项目行业及生产工艺为 M4，可得危险物质及工艺系统危险性（P）的分级为 P4。依据附录 D 的环境敏感程度（E）分级，厂址周边 5km 范围居住人口大于 1 万人小于 5 万人，故大气环境敏感程度分级为 E2。同时，本项目不位于地表水和地下水环境敏感区。根据 HJ169-2018 表 2 内容可将本项目环境风险潜势划分为 II 级，对应的环境风险评价等级为三级，需定性分析说明环境风险影响后果。

根据危险物质数量与临界量比重计算分析结果，本项目盐酸（31%）和氨水（26%）贡献值相对较大，由于氨水挥发性大于稀盐酸（31%），故本报告重点考虑氨水（26%）泄漏事故的影响，为分析氨水（26%）泄漏事故后环境风险影响，采用 HJ169-2018 中推荐的用于轻质气体风险预测模型 AFTOX 和不利气象条件，在不考虑建筑物阻隔和沿途损耗的前提下，预测凝结水精处理间（BMP）氨水储罐发生严重泄漏事故后果，

假设单个氨水储罐破裂后氨水瞬间铺满围堰，在保守条件下采用《危险化学品释放期间核电站控制室可居留性评估》（RG1.78）中氨气限值（210mg/m^3）作为评价标准，根据模型预测结果，泄漏后的挥发出的氨气达到 RG1.78 规定限值的距离小于凝结水精处理间(BMP)至主控室距离，因此氨水泄漏不会影响主控室可居留性。同时，由于氨水储罐周围设有围堰、并配备泄漏应急处理设备，地面为混凝土防渗地面，泄漏后不会污染周边地表水或地下水，因此，氨水储罐泄漏的环境风险较小。对于其他危险化学品，由于其储量及危险性相对氨水更小，且基本储存在室内，在做好相关防护措施后，其他各危险化学品对于外界环境的风险很小。

7.3.2.2 危险化学品管控措施

山东招远核电厂一期工程将参考国内在运核电厂的经验反馈，制定严格的危险化学品管控程序，明确电厂各部门在危险化学品安全管理中的职责，以切实降低电厂危险化学品在运输、装卸、贮存以及使用中可能的环境风险，具体包括：

1) 危险化学品运输和装卸
   - 进入厂区的新增危险化学品需由相关部门技术审定；
   - 运送进出厂区危险化学品应由交通部门认可的专业运输公司提供服务，危险化学品的运输工具应符合《汽车运输危险货物规则》中运输车辆的常规要求，并配备相应的应急设施；
   - 危险化学品运输和装卸的人员需进行相关安全知识专项技能培训并授权；
   - 运输和装卸时，针对不同的危险化学品采取不同的安全措施和劳动保护措施。
2) 危险化学品储存管理
   - 一般情况下，危险化学品需要储存在专用仓库内保管。如确因工作需要储存在现场时，须经过审批，办理储存手续，并落实好许可证上的要求；
   - 储存仓库必须符合安全、消防要求；安全设施必须完好；必须制定健全的库房安全管理制度，定期检查安全状况，建立相关检查记录；
   - 危险化学品必须根据《危险货物品名表》进行分类、分项存放；仓库管理单位必须建立安全操作、发放和回收制度，确保包装完好、标签清楚，配备相应的安全技术说明书供用户查阅；危险化学品仓库的管理人员、搬运人员必须经过专项安全培训和授权才能上岗工作；

- 厂房管理方需对所辖范围内储存的危险化学品进行定期检查，督促存放人落实相关管理措施，保证存放的危险化学品不威胁厂房的安全。

3) 危险化学品使用管理

- 使用危险化学品或在相关系统上操作、取样、检修的工作人员，必须经过培训授权，了解相关化学品的特性及应急防护措施；
- 领取危险化学品时，以满足当天工作需要为准，限量领取；
- 对于易燃品的使用必须采取防火措施，远离热源和火源，防止发生火灾；
- 使用时，应根据危险化学品的种类、特性及工作情况采取相应隔离、清扫、通风、检测、防火、防爆、防毒等安全措施，并使用相应的安全防护用具。

4) 火灾防范

山东招远核电厂一期工程设计上将从建筑结构防火、电厂结构布局、电缆设计、走线、隔离、可燃物控制等方面考虑火灾防范。火灾的预防可以分为电厂设计上采取的措施和电厂运行管理上采取的措施。整个电厂的防火设计符合《核电厂防火》（HAD102/11）等相关法规标准的要求，并且严格实施有关火灾危险作业的管理措施和管理规程，以使火灾发生的可能性减至最小。

5) 氢爆防范

- 对与氢气相关的设备，严格遵照有关标准设计、制造、施工以及保证质量；
- 用氮气冲入储槽或有关的上部空间，以防止空气漏入，限制水中的氧浓度来防止空气与氢气形成混合爆炸物；
- 放射性气体废物系统废气保护床、延迟床设有氮气管，用于工作前设备的扫气和检修前的清扫；
- 安全壳内设置有氢气浓度监测系统，在设计基准事故后，由两台安全相关的非能动氢气复合器消除安全壳内的氢气，防止达到可燃下限。严重事故后，分布在安全壳内的点火器将引发氢气的燃烧，以保证安全壳的完整性。

6) 腐蚀性事故防范

为防止人员直接与氨、联氨接触，采用机械化设施输送这些物质，在加药泵出口均装有安全释放阀，一旦超压，排出溶液可返回溶液箱或者废水池处理。此外，还增加了通风装置，将有害的气体排到室外。

为防止浓酸、浓碱造成的人员伤害，设计中将采取下列措施：

- 选择的设备、部件均对酸碱具有耐腐蚀性；
- 浓酸、浓碱的输送采用机械化设备；
- 剂量泵出口装有安全释放阀；
- 所有的储罐，剂量箱均有液位报警连锁装置；
- 在酸碱储存区域装有安全淋浴装置和洗眼器；
- 酸碱储存中的浓酸与空气不直接接触。

综上可知，本项目对于各危险物质的管理均设置了可靠的工程措施以及安全管理措施，在严格落实相关措施后，本项目的环境风险较小。

7.3.2.3 取排水管线事故环境影响分析

本项目现阶段采用的液态流出物排放方案为：采用混合排放方案排放放射性液态流出物，即 TER、SEL 产生的放射性液态流出物在贮存槽中经贮存、取样监测达到排放标准后先排至厂区集合井，厂区集合井与海上排放口高差约 80m，排水管道路径约 14.2km，在厂区集合井与冷却塔循环冷却水混合经 DN1600 陆域排水管线(一用一备)最终排入大海，结合管道布置情况设置疏水点，设置泄漏监测点及检修井。

在核电厂排水管线运行过程中，假设排水管线发生极端的剪切断裂事故，管线完全破裂后放射性液态流出物会进入周边环境，短时间内地下水中的 H-3 最大浓度可接近管线中的 H-3 浓度 4.42E+03Bq/L。同时，所有核素浓度均小于 WHO 给出的浓度指导水平，且占 WHO 相应核素浓度指导水平比例的总和为 0.474，小于 1，可以满足 WHO 饮用水标准要求。

在极端剪切断裂事故条件下，假设长时间泄漏，并保守考虑泄漏的核素不再被稀释，将造成地下水的总 β 放射性浓度贡献值为 1.13E-01Bq/L ，低于《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）规定的指导值 1Bq/L。此外，保守考虑周边居民全年均饮用地下水，所致的年公众剂量为 6.02E-05Sv/a，该公众剂量能满足 WHO 标准中规定人类 1 年内摄入的饮用水所致的剂量应低于 0.1mSv 的要求。

7.3.2.3.3 对地表水体的影响

本项目排水管线穿越的唯一地表水体为界河，界河主要作为厂矿企业、农业灌溉及非饮用生活用水，常年水质较差，为V~IV类水体。根据前文分析评价结果，本项目管线中只含有极少量的化学物质，预计本项目排水管线对界河环境影响较小，但考虑到界河与周边的水力联系，还是需要做好环境风险防护措施。

7.3.2.3.3 管线防护措施与建议

在本项目排放管线详细设计阶段，管线应选用可靠的材料和涂层，严格按照相关规范安装及验收管道，尽可能减少管道日常情况下的渗漏量。为了防止事故情况下对于周边地下水造成影响，建议采取以下环境风险防护措施：

- 在距离管线较近的村庄附近设置监测井，实时监测 H-3、C-14 等核素浓度，发现异常情况及时响应；
- 考虑在管线靠近生活用水井的路段设置一定距离的防渗层及在上游设置紧急截断阀，减小可能的泄漏对于周边生活用水井的影响；
- 在穿越界河的上游设置截断阀；在穿越界河的管道外设置防渗层；在界河周边设施监测井。若发生管道事故泄漏后，及时关闭阀门，避免大量放射性液态流出物流入界河，对周边环境造成影响。

在管道日常运行过程中，建设单位还需采取加强管道巡检，定期保养维护管道，制定管道事故应急预案等管理措施保证管道运行安全，避免对公众造成影响。

7.4 事故应急

7.4.1 执行应急计划的初步可行性

7.4.1.1 核电事故应急对策

7.4.1.2 核电厂应急环境特征

7.4 事故应急

针对核电厂运行期间的放射性与非放射性环境风险，本项目将从机组设计和运行管理等两方面加以风险防范，具体包括，从设计上考虑对于华龙一号事故包括严重事故的防范缓解措施、电厂运行时可能发生的非放射性事故风险防范措施，以及针对放射性物质运输的风险防范措施，和针对电厂所使用的危险品在厂内运输、装卸、贮存与使用的环境风险所采取的管理措施。

同时，鉴于核事故应急在核电厂选址、建设、装料及运行等各阶段均需着重考虑，而对于核电厂而言，建设期间与运行期间的非放射性环境风险相对较小，因此，本项目的应急措施主要是对于核事故应急的相关考虑。

7.4.1 执行应急计划的初步可行性

国务院颁布的《核电厂核事故应急管理条例》指出：“有关部门在进行核电厂选址和设计工作时，应当考虑核事故应急工作的要求”。在选址阶段，核安全法规《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）也要求：考虑到公众的潜在辐射后果和执行应急计划的能力，以及可能妨碍执行应急计划的任何外部事件的影响，必须在推荐厂址的周围建立外围地带。在核电厂开始建造前，必须确定在核电厂运行前外围地带不存在妨碍制定应急计划的根本问题。

国际原子能机构（IAEA）第 55 号安全丛书指出：如果核设施的推荐厂址在制定和执行应急计划方面出现了难以克服的特殊困难，则可以成为不选择该厂址的充分理由。在厂址选择时应考虑下述与厂址有关的重要因素：

— 区域人口密度和分布；

— 厂址距1万人以上的乡镇和10万人以上的城镇的距离；

— 难以撤离或隐蔽的特殊人群；

— 特殊的地形特征，例如岛屿、山地地形、河流等；

— 当地运输和交通网络特征；

— 可能存在潜在危险的工业设施；

— 对于可能的放射性核素释放敏感的农业活动；

— 可能同时发生的外部事件，灾难性外部事件或可预见的自然现象。

7.4.1.1 核事故应急对策

核电厂运行失误或事故导致核事故应急状态的可能性极小，但仍不能完全排除。因此在核电厂选址阶段就应考虑妨碍或影响执行应急计划的因素。

为了减少事故时公众的辐射影响，根据核安全导则《核动力厂营运单位的应急准备》（HAD002/01）和《地方政府对核动力厂的应急准备》（HAD002/02）的要求，事故应急应包括：隐蔽、简单的呼吸道和体表防护、服用稳定性碘、撤离；避迁、控制食品和水、控制通道、地区去污和人员去污等措施。

为了快速有效地处理核事故发生后的各种问题，最大限度减少事故影响，在事故时便于执行上述应急措施，本项目运营单位将与地方政府保持密切联系，积极协助地方政府成立必要的核应急组织，以利于针对本项目建立切实可行的场外应急计划，并设立相应的核应急监测机构。

7.4.1.2 核电厂应急环境特征

（1）应急区域

核事故应急照射有两个基本途径：

— 烟羽照射，包括空气浸没外照射和烟云吸入内照射；

— 食入内照射，包括摄入受污染的食品和水等。

对于这两个基本途径，核电厂周围将建立两个应急计划区：

— 烟羽应急计划区；

— 食入应急计划区。

根据《核电厂应急计划与准备准则——应急计划区的划分》（GB/T17680.1–2008），对于压水堆核电厂，烟羽应急计划区在符合安全准则的前提下，一般应在以反应堆为中心、半径 7km~10km 的范围内确定，烟羽应急计划区内区（即应做好采取应急撤离等紧急防护措施准备的区域）一般应在反应堆为中心、半径 3km~5km 的范围内确定；食入应急计划区在应急计划阶段根据应急计划与准备的事故辐射后果综合考虑。

（2）人口分布

厂址半径 5km 范围内涉及招远市张星镇以及龙口市的北马镇、黄山馆镇的部分区域，截至 2019 年底总人口为 29391 人，共 43 个居民点，平均人口密度为 374 人/km^2。

厂址半径 5~10km 范围内最近的千人以上居民点为 SW 方位 5.4km 处的地北头王家村，有人口 1193 人；最大的集中居民点为位于厂址 NW 方位约 7.7km 处的黄山馆

镇区，共有人口 9644 人，其次为厂址 W 方位约 10km 的辛庄镇区，有人口 3549 人。厂址半径 10km 范围内无万人以上城镇，距离最近的万人以上城镇为厂址 SSE 方位约 14~15km 处的招远市梦芝街道各社区，共有城镇人口 13712 人。

规划的辛庄滨海新区产业基地（厂址 NW 方位约 10km），依托其区位优势承接裕龙石化产业园区带来点的产业外溢和人口集聚，积极发展化工下游消费工业。同时考虑到辛庄具备产业、空间协同发展点的优势，未来重点引导工业集中向辛庄布局。根据招远市发改局提供的各乡镇城镇人口规模规划，辛庄镇（即规划的滨海新区）到 2050 年规划城镇人口规模为 8 万人。因此，根据目前资料预计未来厂址半径 10km 范围内不会有 10 万人以上人口中心，后续再进一步关注招远市滨海新区发展情况。

厂址 NW 方位 10~15km 处正在建设裕龙岛炼化一体化项目，该项目建设期施工人员可达上万名，待施工完成后项目正常运营会有数千名工作人员，会带动该区域流动人口增长。《关于裕龙岛炼化一体化项目（一期）环境影响报告书的批复》（环审〔2020〕117 号）指出：石化产业园区 5 公里范围内不得规划新增居住、商业、旅游等功能，通过相关国土空间规划调整，逐步疏解项目周边人口。因此，预计裕龙石化产业园周边不会出现人口聚集区。

厂址半径 10km 范围内没有监狱，需要关注的特殊人群主要分布在学校、医院和养老院场所。

厂址半径 10km 范围内卫生院有张星镇宋家卫生院、招远市张星中心卫生院、龙口市心理康复医院、龙口市黄山馆镇卫生院，等级均为一级，其中最大的为龙口市心理康复医院，有床位数 250 张、工作人员 72 人，其他各院床位为 20~50 多张。

厂址半径 10km 范围内敬老院有招远市张星镇敬老院（W/4.5km）、招远市滨海老年公寓(W/10km)、龙口市黄山馆敬老院（WNW/7km）、龙港街道敬老院（NNW/10km），其中规模较大为张星镇敬老院和辛庄镇滨海老年公寓，均有床位 140 张，入住人员近 100 人。

厂址半径 10km 范围内共有中小学、幼儿园 24 所，分布在招远市张星镇、辛庄镇、金岭镇、龙口市北马镇、黄山馆镇，最大的学校为招远市张星镇张星学校，为九年一贯制学校，现有教师人数 124 人，学生人数 1378 人，位于张东村（厂址 S 方位约 4.6km）；其次为张星镇宋家学校，现有教师人数 105 人，学生人数 839 人，位于年头宋家村（厂址 SE 方位约 4.5km）。

同时，由于厂址半径 10~15km 范围内涉及的龙港街道为龙口市重点发展的区域之一，近年来经济发展较快因而流入人口较多，因此，在厂址外围地带建立应急计划区时，还应充分考虑人口机械增长的可能影响。

（3）经济形态

厂址半径 15km 范围内的区域属村镇地区，工业企业主要分布在各镇区周围，截止 2020 年，共有规模以上企业 65 家，主导产业包括黄金生产及加工、海水养殖、电子产品制造、化工机械、石材加工、粉丝及食品产业等。

厂址所在招远市全市有耕地 4.49 万公顷，形成粮油、果业、蔬菜等优势产业，先后获得“中国粉丝之都”、“中国红富士苹果之乡”、“全国农业标准化示范县”、“国家出口农产品质量安全示范区”、“全省高效特色农业示范县”等称号。此外，招远市是红富士苹果在中国的发源地和最大的生产基地，被誉为“全国红富士苹果第一市”，并被列为全国首批高效农业示范区。厂址半径 10km 范围内区域农业生产基地有 15 个，分别生产黄瓜、番茄、辣椒、茄子、白菜、苹果、火龙果和葡萄等。

厂址半径 5km 范围内有规模以上工业企业 11 家，主要为食品加工行业、制造业，无危险品制造及加工企业。

（4）一般潜在危险源

目前，本项目厂址附近现有的固定危险源主要为公路沿线小型民用加油站、液化气站、另外还有少量的小规模涉及危险品储存的企业和矿企的炸药储存库等。此外，距厂址最近的天然气管道为龙口南山中油天然气管道，该管道位于厂址东北侧穿过，部分线路位于整厂规划用地内，该线路最近距离本项目 1 号反应堆约 1.1km，距离 2 号反应堆约 0.9km，南山天然气管线建设单位已同意开展该管线的迁移工作，后续将根据该天然气管线迁移选线技术论证后，将南山天然气管线迁移至招远核电项目安全距离之外。

同时，根据本项目初步安全分析报告，厂址附近现有其他固定危险源不会对厂址安全产生影响；附近道路发生车辆爆炸最大可信事故对招远核电厂址也不会造成安全影响。

（5）大型石化基地

厂址 NW~NNW 方位约 10~15km 处裕龙岛正在建设裕龙岛炼化一体化项目，裕龙石化产业园规划面积 44.29km^2，拥有优良的港口条件，有建设世界级石化产业基地的

港口运输条件。根据裕龙石化产业园规划：近期（2019~2025）：规划 2000 万吨/年炼化一体化项目（近期）；中远期（2026~2035）：规划新增 2000 万吨/年炼化一体化项目，依托炼化一体化化工产品进一步向下延伸产业链发展高端石化及新材料产业。

根据《中广核山东招远核电厂工程与裕龙岛炼化一体化项目相容性影响分析专题报告》，本项目与裕龙岛炼化一体化项目总体上是具备良好的相容条件的，后续双方需严格落实相关安全控制、应急措施，实现两项目相互促进共同发展。建议山东招远核电厂后续建设、运营过程中加强与裕龙岛炼化一体化项目运营单位以及地方发改、公安、应急、环保等部门的沟通合作，持续关注裕龙岛炼化一体化项目建设的进展，与相关单位建立应急联动体系，加强环境监测、信息通报、应急演练、风险防范等方面合作，若裕龙岛炼化一体化项目后续建设规模发生重大变化，还需针对相关潜在危险源制定相关应急预案及加强防护措施。同时，建议本项目对于海边取水泵房等设施采用无人值守模式，并在设计时充分考虑取水设施的防火、防冲击性能，主要设备宜地下布置，并尽可能远离裕龙岛炼化一体化项目。本项目建设单位在采取相关措施后，实施应急方案不存在难以克服的困难。

综上，就本项目厂址外围地带的经济、工业、农业以及生态和环境特征而言，实施核事故应急方案不存在难以克服的困难，后续需重点关注规划的滨海新城及裕龙岛炼化一体化项目的建设及发展情况。

（6）交通现状特征

厂址所在招远市公路网总规模达到 2349.4 公里，初步形成了以 G18 荣成-乌海、G228 丹东-东兴、S19 龙口-青岛、G206 威海-汕头、S306 海阳-莱州、S304 烟台-招远（原 S608 龙口连接线）、S213 龙口-青岛、G517 长岛-莱西为支撑，农村公路为补充的公路网体系。厂址周边村镇距离干线道路较近，村镇通过县乡道可与外围省道、国道和高速连接。

厂址半径 5km 范围内的干线公路为：

— G18（荣乌高速）：从厂址西侧穿过，最近处距离厂址西北侧约 1km，该公路路基宽 24.5m，为一级公路，四车道，设计时速 120km/h；

— S304 烟台-招远（原 S608 龙口连接线）：从厂址东侧穿过，最近处距离厂址东侧约 1km，该公路为二级公路，路面宽度 12 米；

— S19（龙青高速），从厂址东侧穿过，最近处距离厂址东侧约 2km，起点位于

新建龙口疏港路终点（威乌高速）立交，经龙口、招远、莱西，终点与沈海高速相接，路线全长约 67km。该道路为双向 4 车道高速公路，设计速度为每小时 120km；

— X044（黄水线）：从厂址西南侧穿过，最近处距离厂址约 3km，该公路为二级公路，路面宽度 18m。

厂址距离外围高速、省道较近，可快速接入周边路网，本项目规划的进厂道路从 S304 省道接引至厂前区入口，新建道路长约 0.9km，拟采用双向四车道，路面面层类型采用沥青砼，全程无隧道及桥梁。采用二级公路标准，路基 21m（初定），设计车速 60km/h。规划的应急道路自厂前区扩建端向西接地方乡道，长度约 1.9km，拟采用双向两车道，采用三级公路标准，路面宽度 7m，现有乡道宽约 6m，呈南北走向，南向接黄招公路。

综上，厂址周围具有良好的应急撤离、疏散和运输条件。

（7）通讯网络

目前，无线通讯网络已覆盖厂址区域，在电厂建设期间，有线通讯也将更加完善，不会存在应急通讯的困难。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其他监测

8.2.1 化学污染物监测

8.2.2 盐沉积监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物分析实验室

8.3.2 环境监测设施

8.4 质量保证

8.4.1 质量管理

8.4.2 质量控制

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

山东招远核电厂一期工程将建立放射性流出物监测系统，用于监测和控制核电厂流出物的排放。核电厂运行期间放射性流出物分为气载放射性流出物和液态放射性流出物，放射性流出物监测系统包括连续在线监测系统和取样分析监测系统，连续在线监测系统设置有报警装置和报警阈值，根据放射性流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中控制值的要求，当监测通道测量值超过设定阈值时，发出报警并停止排放。流出物监测同时将满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》（国核安发[2020]44 号）的要求。本节主要介绍山东招远核电厂一期工程运行期间流出物监测的初步设想。

8.1.1.1 监测目的

放射性流出物监测的目的是：

— 证明释放到环境中的气载和液态放射性物质的数量遵守国家批准的排放限值和核电厂本身规定的管理目标值；

— 为判明核电厂的运行以及放射性废物的处理工作是否正常有效提供数据和资料；

— 为应用适当的环境模式评价环境质量、估算公众所受的剂量提供源项数据和资料；

— 使公众确信核电厂的放射性排放确实受到严格的控制；

— 迅速发现和鉴别计划外排放的性质、种类及其程度，以便及时采取措施；

— 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理排放，提供有关应急响应信息。

8.1.1.2 主要原则

制定运行期间流出物监测计划的主要原则有：

— 根据核电厂流出物排放途径等特点，合理地确定监测点的位置、取样测量频度和需要监测的放射性核素。在选择监测点的位置和取样时，确保监测结果能代表实际的排放；

— 考虑到计划外释放的可能性，用于常规监测的仪表具有足够宽的量程；

— 用于关键释放点的监测仪表，必须考虑冗余度；

— 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和

估算有关的参数，如流出物流量、温湿度及气象参数等。

8.1.1.3 气载放射性流出物监测系统

山东招远核电厂一期工程采用华龙一号技术融合方案，其运行期间气载放射性流出物的总排放途径是烟囱，监测对象主要考虑惰性气体、碘、粒子、^{3}H 和 ^{14}C 等。在正常运行和事故运行工况下，核电厂气载放射性监测系统应具备对放射性气体进行在线监测和取样的功能。此外，系统还应具备在正常运行下对气溶胶、碘、空气 ^{3}H 和 ^{14}C 进行连续采样的能力及事故工况下的惰性气体连续采样能力。系统的监测点位应根据核电厂通风系统或排气系统的设计来选择。取样方法和测量周期根据流出物的排放方式、排放周期和放射性物质的特性来确定。

8.1.1.4 液态放射性流出物监测系统

本项目的液态放射性流出物将按照国家法规要求采用槽式排放，废液在向环境排放前先送往储存槽逐槽监测，符合排放标准后方可排放。

液态放射性流出物监测系统包括取样分析系统和在线连续监测系统。取样分析监测主要用于判断是否满足排放标准和进行排放量统计，核岛废液系统的取样分析项目包括 pH 值、总 γ、^{14}C、^{3}H、γ 核素和 ^{90}Sr，常规岛废液系统的取样分析项目包括 pH 值、总 γ、^{3}H 和 γ 核素（月度混合样），γ 核素分析主要包括 ^{58}Co，^{60}Co，^{54}Mn，^{110m}Ag，^{124}Sb，^{131}I，^{134}Cs，^{137}Cs，^{106}Ru 和 ^{59}Fe 等。在线连续监测系统主要用于排放时对废液进行实时监测，防止因工作人员误操作、实验室仪器故障和取样分析结果不正确，导致放射性浓度超标排放，保证核电厂周围环境安全和公众健康，在线连续监测系统包括核岛废液排出流放射性浓度在线连续监测通道和常规岛废液排出流放射性浓度在线连续监测通道。

8.1.1.5 流出物监督性监测

流出物监督性监测主要用于：

— 实现对核电厂流出物排放的实时有效监控；

— 对核电厂流出物进行独立的抽样监测，核查核电厂放射性物质排放数据，承担事故条件下的流出物应急样品分析。

流出物监督性监测包括在线监测和抽样监测，按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要求（试行）》进行建设。

8.1.2 辐射环境监测

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，核动力厂在首次装料前，营运单位必须制定环境监测大纲，并在装料后根据该大纲进行辐射环境监测。山东招远核电项目在首次装料前，将根据厂址环境特征以及运行前本底调查所取得的资料制定运行期间的环境监测方案，在首次装料后，由核电厂设立的环境辐射监测机构具体执行。

本项目运行期间的环境监测包括正常运行时的环境辐射监测和事故时的应急辐射监测。本节仅介绍山东招远核电厂一期工程运行期间环境监测的初步方案设想，详细的环境监测方案将在后续阶段的环境影响评价中给出。

8.1.2.1 监测目的

本项目运行期间的环境辐射监测主要是针对厂址周围的辐射水平和环境介质中的放射性比活度进行监测，其监测方案的制定与实施将充分参考运行前本底调查所获得的监测经验以及厂址最新的环境特征。监测目的是：

— 测定环境介质中放射性核素浓度或辐射水平的变化；

— 评价营运单位执行环境标准和运行控制限值的实施情况；

— 评价核电厂对放射性物质包容和排放控制的有效性；

— 为评价环境辐射安全和估算公众剂量提供依据；

— 鉴别由其它来源引起的污染；

— 为发现未知的照射途径和确定放射性核素在环境中的传输模型提供依据；

— 为应急监测提供预警信息。

8.1.2.2 监测范围与布点原则

本项目运行期间环境放射性监测范围和布点原则应充分参考运行前的辐射本底调查方案，监测范围为：

— 环境γ辐射水平监测：厂址半径 20km 区域；

— 其余项目监测范围：厂址半径 10km 区域；

—厂址邻近海域的放射性环境监测范围：主要设在液态流出物排放口周围海域，同时关注取水口附近海域。

环境监测布点原则主要包括：

— 关键居民组居住区域；

— 常年主导风向下风向厂区边界附近居民点以及敏感区域；

— 气载流出物年平均最大剂量点及浓度点；

— 液态流出物排放方式及受纳海域水体的水文特征；

— 陆生生物、海洋生物的生长周期、采样品种的代表性；

— 尽可能与本底调查时的监测布点一致。

8.1.2.3 监测内容

（1）环境γ辐射水平的监测

— 环境γ剂量率连续监测

设立厂区大气γ剂量率实时连续监测网络，实时、连续、自动监测正常运行时放射性烟羽在环境大气中产生的γ剂量率。监测站点布设时将考虑关键居民组的位置、厂址边界、常年主导风向下风向人口密集居民点、本底调查以及敏感地区等因素。环境γ剂量率连续监测的点位布设与监测设备应具备与应急监测相兼容的特点。

— 瞬时γ剂量率测量

参考本底调查的结果，确定γ剂量率瞬时测量点位或路线，采用便携式γ剂量率仪或监测车巡测厂区周围原野、道路以及室内环境的γ剂量率水平。

— 累积剂量测量

在厂区周围布设若干累积剂量计，定时采集并测读，得到环境大气中累积γ剂量水平。布设的点位可与连续监测和瞬时监测的点位重合，作为γ剂量率监测的一种补充。

（2）环境介质放射性监测

环境介质采样、分析和测量方法大体上与运行前的环境本底监测相同。监测的主要环境介质是大气（气溶胶、沉降灰、空气中 ^{3}H、^{14}C 等）、水（地表水、地下水、饮用水、降水）、土壤、动植物（特别是指示生物）以及若干海洋介质（包括海洋生物、海水、底泥和潮间带土）。对环境介质的监测，一般包含了取样、制样、测量、分析等过程，是核电厂常规环境监测的主要内容。核电厂在进行实际点位布设时，可根据本底调查的监测经验以及厂址周围环境变化，按照最优化原则，对点位进行调整。此外，随着核电厂运行期间环境监测数据的累积，核电厂应对本底调查时所确定的指示生物作进一步鉴别和分析，以最终确定对放射性污染具有指示意义的生物。

（3）气象观测

核电厂运行期间将进行气象观测，以提供评价短期或长期放射性释放对环境造成的影响所需的气象资料。核电厂可设立专用的气象观测站，也可与厂区环境γ剂量率连续监测系统同步设置。气象观测项目包括：厂址标高以上10m、30m、80m、100m位置的风向、风速和温度，地面处的降水、湿度、气压和太阳辐射等。当发生事故时，气象观测应能够提供实时气象参数，为应急决策提供支持。

（4）厂外液态流出物排放线路周边监测

核电厂运行期间对厂外液态流出物排放管线周边地下水进行监测，及时发现厂外液态流出物的异常排放，监测内容包括：总β、H-3和γ谱，具体监测布点方案将在后续阶段环评报告中给出。

8.1.2.4 辐射环境监督性监测

核电厂监督性监测系统作为核电厂环境保护设施的一部分，负责对核电厂的运行实施监督性监测。核电厂外围辐射环境监测系统则由监测子站和前沿站构成，负责对环境辐射水平及相关气象参数、样品中放射性物质等进行监测和采样分析，并实时传输监测数据至省级数据汇总点。此外，系统应同时具备核事故应急环境辐射监测的能力，并具备自动报警和通知功能。

监测子站和前沿站按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要求（试行）》进行建设。

8.1.3 应急监测

本项目在运行期间将制定必要的应急监测方案或实施程序，用于测量核事故时放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度，为应急决策提供数据支持。应急监测应具备以下能力：

— 用于应急监测的环境γ辐射连续监测系统应具备厂址半径5~10km范围内的连续监测的能力，以适应应急监测的要求；

— 设置必要的环境监测机构，配备应急响应时使用的测量仪表、环境监测车和取样车以及相应的取样和分析器材等，具备快速监测和响应的能力。

8.2 其他监测

8.2.1 化学污染物监测

核电厂在厂区各污水站建成后，及时委托相关资质单位对污水站出水开展定期水质监测。

8.2.2 盐沉积监测

本项目运行以后，将委托相关资质单位对冷却塔盐沉积开展定期监测，对于自然通风海水冷却塔（群），宜分别取半径为 0.5km、1km、2km、5km 和 10km 同心圆与圆心放射线交点作为采样点，各圆周上宜分别设 3 个～5 个采样点，总点数不少于 12 个，具体监测方法参照《海水冷却塔飘滴盐沉积监测方法》（征求意见稿）进行监测。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物分析实验室

本项目放射性流出物的准确排放量主要来自于流出物分析实验室的测量与分析。核电厂计划运行前建设流出物分析实验室。实验室主要负责放射性流出物样品的分析测量，包括流出物样品的制备和测量。

（1）样品制备

流出物分析的样品制备应考虑设置热准备间和冷准备间，分别用于对核岛废液贮存罐和常规岛废液贮存罐中的废液进行样品制备。

样品制备间应配置有工作台、通风柜、干燥箱、电子天平、电热板以及制备样品所需的设备。

（2）流出物测量

流出物样品通常在测量室内测量，常见的测量仪器主要包括：

－γ 谱仪，用于分析流出物样品中的 γ 放射性核素浓度；

－液闪谱仪，用于分析流出物样品中的氚和 ^{14}C 浓度；

－α-β 测量仪，用于分析流出物样品中的总 α 和总 β 浓度。

8.3.2 环境监测设施

本项目将建立相应的环境监测设施，用于满足运行期间辐射环境监测的需要。环境监测设施包括环境实验室、厂区环境辐射与气象监测系统和移动监测系统。

8.3.2.1 环境实验室

本项目将在机组运行前设立独立的环境实验室，负责核电厂的环境辐射监测，其具体的职责为：

— 负责运行期间的环境监测和事故时的应急监测；

— 评价正常运行及事故排放时的环境污染水平；

— 调查污染变化趋势，追踪测量异常排放时放射性核素的转移途径；

— 定期向有关环境保护监督管理部门和主管部门报告环境辐射监测结果。

环境监测实验室将配备必要的实验室用房，主要包括制样实验室和分析实验室以及厂区环境 γ 剂量率监测系统中央站实验室。制样实验室主要用于制备可供测量的环境样品，比如生物样品碳化、放射化学分析制样等，分析实验室主要用于环境样品的

分析测量，相关的设备主要有γ谱仪、低本底α/β计数器、低本底液闪谱仪等。

8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

本项目在机组运行前建立厂区辐射与气象监测系统，系统一般包括厂区环境γ辐射监测站、气象观测站和中央站。

（1）厂区环境γ辐射监测站

山东招远核电厂一期工程将设置厂区环境γ剂量率监测系统，对厂区环境空气中的γ剂量率进行在线、实时、连续、自动监测。系统包括若干监测站点，站点通常分布在厂址半径10km以内，站点的设置主要考虑以下因素：

— 厂址周围的环境特征，重点监测厂址附近环境敏感点（主要是人口密集区域），以用于评价敏感人群和公众所受的剂量水平；

— 设置点具有代表性，能够反映区域的污染特征，比如气载流出物大气弥散后在环境中最大浓度的位置可设置监测点；

— 考虑监测设备布置和数据传输的可行性；

— 设置必要的参考点。

（2）气象观测站

气象观测站的作用是测量、记录和发送现场风向、风速、温度和湿度等参数，用于计算和评价核电厂气态放射性物质排放对该地区环境影响的气象数据；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急措施。

（3）中央站

中央站通常设置在环境实验室内，其主要作用是负责连续采集、处理和记录气象和环境γ辐射剂量率数据，并对采集的数据进行存储、分析和发布。中央站主要包括：

－ 环境γ辐射数据采集工作站：对厂区环境γ辐射监测站进行远程管理，并提供直接监视和操作的平台，收集环境γ辐射监测站采集的γ剂量率数据；

－ 气象数据采集工作站：作为气象站的远程监测终端，负责气象数据的采集和处理。

8.3.2.3 移动监测系统

本项目在机组运行前配置环境监测车和环境监测采样车，车内配备相应的监测设备和采样设备。在核电厂运行期间环境监测车可对厂址周围环境γ剂量率进行巡测，在发生核事故时亦可用于应急监测。

8.3.2.4 地下水监测井

根据本项目现阶段监测设想，地下水监测井系统主要建在反应堆附近区域、存在放射性泄漏风险的子项和系统、放射性废液排放管线等区域，预计建设 21 个地下水监测井，陆域排放管线地下水监测井暂定 20 个，布点原则为：

— 监测井的布置需重点考虑反应堆附近区域及其他有放射性泄漏风险的子项或系统；

— 监测井应尽量布置在交通便利、取样方便的区域，以便于样品采集；

— 监测井应选在水质不受海水影响的位置；

— 监测井位置的选择应尽量避开受地表水汇流影响的区域；

— 依据地下水流场情况，在进入核电厂厂界的地下水上游和下游均应布点；

— 厂外布点根据取排水地下管线走向，在管线周边及地下水敏感区布点；

— 厂外布点应尽可能考虑作为饮用水或灌溉用水的地下水。

下阶段结合总图布置、厂区地下水流向以及陆域排水管线设计，最终确定监测点位及数量。

8.4 质量保证

8.4.1 质量管理

质量保证体系是流出物和环境监测工作管理水平的集中表现，它对组织机构、人员素质、工作环境、测试方法以及各种管理制度等可能影响监测质量的活动进行严格和有效地控制。

8.4.1.1 组织机构

适当的组织和管理机构是核电厂流出物和环境监测质量保证体系的重要组成部分，该组织机构内的人员设置及其职责应有明文规定。核电厂成立组织机构的目的在于：通过对流出物与环境监测以及排放的监督和管理，及时发现异常并采取措施，确保排放符合国家法规要求；执行有效的管理措施，减少废液产生量、排放量，减少对环境的影响；完成监测计划和执行质量保证计划，保证监测结果的可信；通过对电厂环境工作的监督与管理，确保电站各种废物处理、排放设施的可靠运行及环保机构的正常运作，达到保护环境的目的。

8.4.1.2 人员的资格与培训

监测结果准确度与工作人员的工作经验、专业知识和技术水平有关，所有参加取样、监测、数据统计和审核的人员均应按规程要求，参加相应的理论和实践培训，经授权后上岗。从事放射性环境监测的人员，应掌握辐射防护基础知识和放射性环境监测技术，熟悉有关环境保护和环境监测的法规和标准。同时，相关部门应不定期地组织测量、分析人员就放射性测量仪器、测量原理及测量方法展开探讨和研究，以提高对测量仪器的了解和样品测量、分析水平。

8.4.1.3 数据审查制度

为了检查质量保证的执行情况，确保监测结果的准确性，必须对监测数据进行有计划的检查。通过检查及时发现流出物的异常排放以及环境辐射水平和环境介质中放射性核素活度浓度的异常。检查应该由在被检查方面没有直接职务的有资格的人员来进行，检查人员应对检查结果写出书面报告，并经过对检查工作负责的管理单位复审。对存在的问题应该采取进一步的措施，包括再次核查等。

8.4.2 质量控制

为了保证流出物和环境监测工作的质量，质保工作必须从样品采集、运输、处理、

测量、分析、保存等环节，以及文件控制、量值溯源、制订质保大纲、样品比对等方面展开。

8.4.2.1 内部质量控制

（1）样品采集、运输和贮存的质量控制

样品采集、运输和贮存的质量控制的目的是保证采集具有代表性并保持放射性核素在分析前的原始浓度。为此应该准确地测量样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在±10%以内。为了确定采样的不确定度，应该定期采集平行的瞬时样品。采集的各类常规样品应妥善保存，直至得出最终分析结论。

（2）分析测量中的质量控制

样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法或经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析质量控制样品。

为了发现和确定环境实验室分析测量系统的不确定性，有必要参加本地区和国家组织的实验室之间的分析比对，对存在的系统误差应查明原因，并采取校正措施。用于分析测量装置，应对其性能定期进行检定、校准和检验，测量过程使用的标准源应定期进行标定。

（3）数据处理

每个样品从采集、预处理、分析测量到结果计算全过程中的每一步都应有清楚、详细和准确的记录。数据处理应采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对于偏离正常值的异常结果应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。监测数据的正式上报或使用，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2.2 外部质量控制

实验室外部质量控制的主要措施有：

（1）比对

为验证实验室监测设备的可靠性，确保监测数据的精确性、可比性，实验室可积极的与国内外权威机构进行实验室间比对。

（2）量值溯源

用于刻度放射性测量仪器的标准源、标准溶液或标准物质，均由权威计量部门提供，为测量的量值可溯源到国家基准提供有力的保证。

（3）测量仪器定期检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量或检定设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证所进行的检测有溯源性。

第九章 厂址筛选

9.1 选址过程

9.2 候选厂址评价与比选

9.3 推荐厂址评价

9.4 陆域取排水管线方案比选

9.1 选址过程

中广核山东核电厂规划容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，初可研阶段一期工程拟建设两台 AP1000 核电机组，现阶段拟变更为华龙一号技术融合方案。本项目的选址工作开始于 2008 年 10 月，主要工作情况简述如下：

2008 年 10 月，山东省发展和改革委员会以《关于同意中国广东核电集团有限公司在我省开展核电项目前期工作的函》（鲁发改能交函〔2008〕123 号），同意中国广东核电集团有限公司在山东省沿海开展核电选址工作。2009 年 7 月，山东省人民政府与中国广东核电集团有限公司签署了《能源战略合作框架协议》，支持中广核集团开发山东核电项目。受中国广核集团有限公司的委托，国核电力规划设计研究院自 2005 年 5 月至 2010 年 5 月，在山东省沿海地区开展核电选址工作，筛选出欧家厂址等，并编制了中广核山东核电项目初步可行性研究报告。

2014 年 7 月，受中国广核集团有限公司的委托，国核电力规划设计研究院对中广核山东核电项目初步可行性研究报告进行了修编。

2015 年 4 月 16 日至 17 日，受中广核集团有限公司的委托，电力规划设计总院在山东省烟台市主持召开了《关于中国广核集团山东核电项目初步可行性研究报告》的评审会，评审专家从厂址场地、交通运输、地震地质、水源、环境与安全方面初步分析，形成基本结论与建议，招远欧家厂址初步具备建设 6 台压水堆核电机组的条件，后续应全面开展欧家厂址安全与环境相关评价工作。

9.2　候选厂址评价与比选

9.2.1　人口分布

9.2.2　工业、交通和军事设施

9.2.3　风景名胜区和重要文物保护单位

9.2.4　外部人为事件

9.2.5　外部自然事件

9.2.6　大气弥散条件和水弥散条件

9.2.7　近岸海域环境功能区划

9.2.8　环境辐射影响

9.2.9　应急计划执行的可行性

9.2 候选厂址评价与比选

在本项目初步可行性研究阶段，山东核电项目候选厂址为招远欧家厂址和文登前岛厂址。本节的描述以《中国广核集团山东核电项目初步可行性研究报告》中的厂址比选结论为基础，候选厂址的环境数据采用初可研阶段的工作成果。

9.2.1 人口分布

招远欧家厂址：截止 2012 年底，厂址半径 80km 范围总人口数为 4839217 人，按陆域面积计算，评价区域内陆域人口密度为 370 人/km^2；厂址半径 5km 范围总人口为 30479 人，陆域平均人口密度为 388 人/ km^2。厂址半径 80km 范围内城镇人口超过万人的人口中心共有 26 个，超过 5 万人的有 10 个，超过 10 万人的有 6 个。最大的人口中心为厂址 SW 方位 52.4km 左右的烟台市莱州市区，有城镇人口 224357 人，其次为位于 NE 方位 20.6km 的龙口市区，共有城镇人口 186970 人。其中距离厂址最近的超过万人的人口中心是位于厂址 SSE 方位约 17.1km 处的招远市区，共有城镇人口 88678 人。

文登前岛厂址：截至 2012 年底，厂址半径 80km 范围总人口数为 3067665 人，按陆域面积计算，评价区域内陆域人口密度为 355 人/km^2；厂址半径 5km 范围内的人口总数为 12456 人，陆域平均人口密度为 407 人/ km^2。文登前岛厂址半径 80km 评价区范围内超过万人以上的人口中心有 18 个，其中城镇人口超 10 万的共有 4 个。距厂址最近的万人以上的人口中心为石岛管理区的斥山街道，位于厂址 E 方位约 19.5km，有城镇人口 31518 人。最大的人口中心是威海市环翠区，位于厂址 N 方位 66.1km 处，有城镇人口 196490 人，其次是威海市荣成经济开发区，位于厂址 NE 方位 42.1km 处，有城镇人口 189169 人。

按照《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）推荐的人口密度法对两个候选厂址的人口分布进行评价，各候选厂址均采用山东省 2012 年全省平均人口密度作为参比对象（616 人/km^2），招远欧家厂址环形地带评价的厂址类型为 I～II 类厂址，扇形地带评价的厂址类型为 II 类。总体上来讲，招远欧家厂址基本为 II 类厂址。

文登前岛厂址环形地带评价的厂址类型为 I～II 类厂址，扇形地带评价法评价前岛厂址为 I～II 类厂址。总体上来讲，文登前岛厂址基本为 I 类厂址。就人口分布和

人口密度分析，文登前岛厂址略优于招远欧家厂址。

9.2.2 工业、交通和军事设施

9.2.2.1 工业

招远欧家厂址半径 15km 范围内区域属乡村地区，工业企业主要分布在各镇区周围。以黄金生产及加工、轮胎制造业、电子信息产业、机械制造业以及食品加工业为主。目前厂址附近有中广核招远张星风力发电有限公司建设的风力发电场，设计总装机容量约为 49.5 兆瓦。当本项目建设时，该风力发电场将予以拆除，因此，该项目不会影响本项目的建设与运行。招远欧家厂址半径 15km 范围区域大部分属乡村地区，招远市区距其约 16km 左右，工业相对较发达，主要以黄金生产及加工、轮胎制造业、电子信息产业、机械制造业以及食品加工业为主。

文登前岛厂址所在的泽库镇拥有企业 50 多家，其中规模以上企业约 20 家，主要涉及起重设备、模具制造、纸制品加工、轻钢结构、建筑安装、冷藏加工、塑料制品、民用钢质船舶、风力发电等产业。该区域目前属于威海南海新区。在规划布局上，南海新区主要建设三大功能区，临港产业区、旅游度假区和综合商务区。整体定位上，确定为现代制造业基地和滨海度假新区。文登前岛厂址位于“临港产业区”内，厂址半径 5km 属于泽库镇所辖。厂址西南侧约 2km，南海（张家埠）新港的一期工程基本建成，二期工程正在建设，需关注南海新港的发展状况。厂址东侧有大唐风力发电项目，装机容量为 49.5MW；厂址西侧为鼎能风力发电项目，装机容量为 50MW。厂址南侧海域有水产养殖场。

就两个候选厂址附近工业现状及规划而言，招远欧家厂址略优于文登前岛厂址。

9.2.2.2 交通

— 招远欧家厂址

厂址区域交通便捷，附近有荣乌高速、G206 国道、S608、招辛快速通道和多条县道，以及乡道、村道等。大莱龙铁路从厂址西北侧约 7km 处穿过，在辛庄镇磁口村（厂址 W 方位约 11km 处）设有客货两用火车站。距厂址最近的港口为龙口港，位于厂址 WNW 方位约 20km 处。

— 文登前岛厂址

厂址区域交通便捷，现有对外交通道路为 S704、S204(初张线)和圣海路，以及县

道、乡道等。南海（张家埠）新港位于厂址西南侧约 2km 处。

从陆域交通分析，招远欧家厂址优于文登前岛厂址，从水运交通运输条件来看，文登前岛厂址略优于招远欧家厂址。总的来说，两个厂址交通条件相当。

9.2.2.3 自然保护区、文物古迹和风景旅游区

招远欧家厂址半径 15km 范围内自然保护区有 2 个，分别为：招远市罗山省级自然保护区和龙口大飘山自然保护区。招远市罗山省级自然保护区也是国家森林公园、AAAA 级旅游风景区，位于招远市欧家夼村北，招远欧家厂址 ESE 方位约 13km 处。龙口大飘山自然保护区为省级自然保护区，位于龙口市下丁家镇，厂址 ENE 方位约 12km。此外，位于龙口市卢头镇南（招远欧家厂址 NNE 方位约 13km）的南山旅游景区是国家 AAAAA 级景区。

招远欧家厂址附近没有国家级文物保护单位，有 10 处市县级文物保护单位，4 处省级文物保护单位。

文登前岛厂址半径 15km 范围内没有国家级、省级自然保护区、文物保护单位和风景旅游区。

从两候选厂址周围的自然保护区、文物古迹和风景旅游区分布来看，文登前岛厂址略优于招远欧家厂址。

9.2.2.4 外部人为事件

（1）固定危险源

两个候选厂址周围的固定危险源主要为公路沿线小型民用加油站、液化气站，对拟建核电厂安全运行不会造成潜在影响。另外，招远欧家厂址周围还有矿业企业的炸药储存库及使用炸药的矿产开采，但炸药储存库的规模均不大，炸药储存库及使用炸药的矿产开采可能的影响范围远小于危险源与厂址的距离，对拟建核电厂安全运行不会造成潜在影响。

（2）移动危险源

目前，两个候选厂址附近的主要潜在移动危险源主要为运送油料、液化气的运输车辆，根据核安全导则 HAD101/04 附录II推荐的距离/超压爆炸危险距离的公式估算，公路汽车装载油料或液化气并发生爆炸时距核电厂的安全距离均小于道路与各厂址间最近的直线距离，对拟建核电厂安全运行不会造成潜在影响。但需关注距招远欧家厂址较近的威乌高速公路上可能运输的危险化学品对厂址安全的影响。

由于海上航线距离招远欧家厂址较远，预计油船在内的满载易燃易爆危险品的船舶运输发生失事漂移对拟建核电厂的安全不会造成威胁。南海（张家埠）新港在文登前岛厂址西南侧约 2km，一期工程基本建成，二期工程正在建设，需关注其未来的发展。

（3）地下管线

招远欧家厂址附近有天然气输气干线工程，初步预计天然气管道不会影响核电厂的建设和安全运行。文登前岛厂址附近没有危险品地下管道通过。

（4）飞机坠毁

两个候选厂址距离飞机场均较远，欧家厂址距航线较近，最近约 2.1km；文登前岛厂址距离航线约 13km。根据初步评价，航线上飞机的坠毁不会对核电厂的安全造成潜在威胁。

（5）军事设施

通过与地方政府部门的了解，各候选厂址半径 30km 范围内不存在影响核电厂安全的军事设施。但文登前岛厂址区域可能为军事空域管辖区。

综上所述，从外部人为事件来看，文登前岛厂址和招远欧家厂址条件相当。

9.2.2.5 大气扩散条件

根据龙口气象站 2013 年的气象统计资料，得到招远欧家厂址地区各类稳定度所占比例为：A：0.12%；B：13.65%；C：12.03%；D：38.59%；E：15.25%；F：20.05%。全年的主导风向 SSW，所占频率为 15.45%，年平均静风频率为 1.02%。

石岛气象站 2013 年一整年气象数据统计资料分析，2013 年全年文登前岛厂址地区各类稳定度所占比例为：A：0.01%；B：8.84%；C：10.49%；D：49.25%；E：16.66%；F：14.56%。全年的主导风向为 SSW，所占频率为 15.68%,年平均静风频率为 2.23%。

就各候选厂址的大气弥散条件来说，招远欧家厂址与文登前岛厂址相当。

9.2.2.6 水弥散条件

根据招远欧家厂址附近龙口验潮站资料，厂址附近海区为不正规半日潮，平均潮差 0.83m，最大潮差 2.49m。潮流也以半日潮流为主，流速一般为 0.5～1.0m/s，该海域波浪型主要为风浪，全年平均风浪出现率占 89%，涌浪出现率只占 11%，波高小于 0.5 米的波为常见波。

根据文登前岛厂址附近石岛验潮站资料，厂址附近海域为不规则半日潮，平均潮差 1.46m，最大潮差 2.33m。根据厂址附近石岛湾核电厂水文站实测资料，夏季潮流最大流速在 11～172cm/s，冬季潮流最大流速在 6～150cm/s。附近海区以涌浪为主，出现率约 44.4%，其次为风涌混合浪，风浪比例最小。

初步判断两候选厂址水弥散条件较好，就各候选厂址的水弥散条件来说，文登前岛厂址和招远欧家厂址相当。

9.2.2.7 海洋功能区划

（1）招远欧家厂址

厂址循环水排水口位于龙口湾工业与城镇用海区，执行第三类海水水质标准。

（2）文登前岛厂址

厂址附近海域为前岛旅游休闲娱乐区，执行第三类海水水质标准。厂址的排污口拟设置于靖海湾农渔业区，执行不低于第二类海水水质标准。

从海洋功能区划方面比较，招远欧家厂址略优于文登前岛厂址。

9.2.2.8 环境辐射影响

根据初可研阶段对两候选厂址的初步可行性研究报告的审查结果可知，两个候选厂址正常运行期间和最大可信事故条件下的辐射影响，均可以满足国家标准《核电厂环境辐射防护规定》的要求，两个候选厂址均是可行的。

9.2.2.9 应急计划执行的可行性

招远欧家厂址和文登前岛厂址半径 10km 范围内没有大的学校、医院、监狱等难以撤离的人群。除此之外，各候选厂址半径 10km 范围内没有人口密集型的大规模企业，不存在妨碍在厂址外围地带建立应急计划区的环境因素。各候选厂址所在区域交通便捷，各乡镇及村都已建立通讯网络，电信、移动和联通网络都已覆盖，核电厂事故应急通讯网络完善后，完全可以满足应急通讯的需求。

总之，从厂址处的地形特征、人口分布、交通运输以及通讯网络方面考虑，各候选厂址在制订和实施应急计划方面不存在难以克服的环境困难，招远欧家厂址和文登前岛厂址相当。

9.3 推荐厂址评价

根据《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101），在评价一个厂址是否适于建造核电厂时，需考虑以下几方面因素：

1) 在某个特定厂址所在区域可能发生的外部自然事件或人为事件对核电厂的影响；
2) 可能影响所释放的放射性物质向人体转移的厂址特征及其环境特征；
3) 与实施应急措施的可能性及评价个人和群体风险所需要的有关外围地带的人口密度、分布及其他特征。

根据《中广核山东核电项目初步可行性研究报告》中对于招远欧家厂址和文登前岛厂址的研究结论：招远欧家厂址处于莱州湾，文登前岛厂址处于黄海之边。两个候选厂址在对环境的辐射影响、实施应急计划的可行性、外部人为事件、交通、大气弥散条件、水弥散条件及厂址周围的公共设施方面相当；招远欧家厂址在工业分布、规划限制区设置、海洋功能区划方面，优于文登前岛厂址；文登前岛厂址在人口分布情况、自然保护区、文物古迹和风景旅游区的分布方面略优于招远欧家厂址。综上所述，在厂址环境条件上，招远欧家厂址略优于文登前岛厂址。

通过对两个候选厂址建厂条件初步综合分析，招远欧家厂址和文登前岛厂址均没发现与建设核电厂不相适宜的问题，适宜建厂。根据厂址选择的基本原则，综合考虑厂址的建厂条件，推荐招远欧家厂址作为本项目核电厂的建设厂址，文登前岛厂址为备选厂址。

9.4 陆域取排水管线方案比选

本项目厂址距离渤海莱州湾海岸直线距离约 9km，厂址的设计标高在 85m~95m，冷却方式采用二次循环冷却方式。冷却塔由于蒸发、排放等原因水量有损耗，通过取水管线从渤海莱州湾取海水进行补充；冷却塔排水最终排往大海。

循环冷却水补水采用莱州湾的海水，经取水泵站提升后通过取水管线进入厂区海水预处理站，经预处理后经配水泵提升后送至循环水泵房，通过循环水泵加压进入凝汽器吸热后再送到冷却塔冷却，冷却后的海水通过回水沟收集至泵房前池，如此进行循环和冷却。核电厂运行时产生的冷却塔排放水、海淡浓盐水、核岛废液及常规岛废液经处理达标后通过排水管线排往大海。

根据本项目取排水方案陆域部分研究报告，将管线路径大体分为三段进行比选：

- 第一段：厂址至黄家村，有 3 条路径；
- 第二段：黄家村至界河边，有 2 条路径；
- 第三段：沿界河至入海口，1 条路径。

比选的取排水管线路径见图 9.4-1，各路径障碍物情况见表 9.4-1。

界河为龙口市与招远市行政区划分界线，本项目属于招远市项目，取排水管道沿招远市界河边进行管线布置，有利于征地拆迁和运行期间的管理。考虑到界河到海岸线都是顺界河走线，属于唯一路径。对于厂区至界河边的不同管线路径，从供水条件、征租地、工程维护管理、工程投资及环境保护等方面进行综合比较。

1）供水条件

厂区至黄家村段，路径1长度约为5km，路径2长度约为2.4km，路径3长度约为3.2km。路径1距离最长，且路线曲折，高差起伏大，局部水头损失大；路径2长度最短，只有路径1的一半，比路径3短0.8km，管线顺直，水头损失小；路径3长度比路径1短1.8km，比路径2长0.8km，管线比较顺直，管线转弯少，水头损失较小。因此，从供水条件上看，路径2优于路径1和路径3。

黄家村至界河段，路径4长度约为4km，路径5约为5km。路径4长度比路径5短1km，两条路径管线均比较顺直，水头损失差别不大。因此，从供水条件上看，路径4优于路径5。

2）征（租）地

厂区至黄家村段，路径 1 沿乡村道路铺设，沿途占用农田较少，但经过村庄线路长，

需要协调用地困难较大，但不需要另外布置临时施工道路及永久检修道路，临时、永久占地较少；路径2从农田下直接穿越而过，需要占用农田较多，且沿路径需要布置临时施工道路及永久检修；路径3沿乡村道路铺设，沿路有合适的位置布置埋管，对农田的占用和影响很小，不需要另外布置临时施工道路及永久检修道路，临时及永久占地少。因此，从移民和征（租）地条件看，路径3最优。

黄家村至界河段，路径4部分管线直接穿越农田，占用农田较多，此部分管线需要沿路径布置临时施工道路及永久检修；路径5沿乡村道路铺设，沿路有合适位置布置埋管，占用农田较少，不需要另外布置临时施工道路及永久检修道路，临时及永久占地少。因此，从移民和征（租）地条件看，路径5最优。

3）施工条件

厂区至黄家村段，路径1沿村道布置，由于路径高差起伏大，道路两侧需要临时支护位置多，管线铺设对周围环境和交通影响较大，施工难度也较大；路径2铺设占用农田，沿线施工场地平整，可利用的施工布置场地较宽阔，外界干扰因素少，路径2考虑采用顶管或盾构施工，施工方便；路径3沿村道铺设，路径高差起伏较小，沿线施工场地较平整，可以利用的施工布置场地较宽阔，管线铺设对周围环境和交通影响较小，施工难度较小。因此，从施工条件看，路径2和路径3都较优。

黄家村至界河段，路径4周围村庄少，部分管线占用农田，沿线施工场地平整，可以利用的施工布置场地较宽阔，沿道路铺设部分长度短，对周围交通影响较小，；路径5沿村道布置，路径两侧村庄较多，管道铺设对周边环境和交通影响较大，施工难度也较大。因此，从施工条件看，路径4优于路径5。

4）工程管理

厂区至黄家村段，路径 1 和路径 3 沿村道铺设，管线及附属建筑物设置在人群活动较频繁的地区，安全性存在一定隐患，人为破坏的可能性大，干扰因素较多；路径 2 沿线为农田，远离人群活动频繁区域，干扰因素少，后期运行管理方便。从工程维护管理看，路径 2 优于路径 1、路径 3。

黄家村至界河，路径4相对路径5有1/3路径沿线为农田，远离人群活动，干扰因素较少，后期运行管理相对方便。因此，从工程维护管理看，路径4优于路径5。

5）工程投资

厂区至黄家村段，从工程投资来看，路径3最优。黄家村至界河段，从工程投资来

看，路径4优于路径5。

根据现场踏勘，本项目管道主要沿道路布设，各方案均不涉及生态敏感区，也不涉及文物保护单位，故推荐的选线方案满足环境管控要求。但部分路径距离村庄较近，且管线需穿越界河，在管线施工及运行时应尽可能减少对周边居民及河流的可能影响。

根据推荐路径，本项目陆域管线长约14.20km，经过管材和管径比选，现阶取水管线段推荐整厂6台机组建设2根DN2000的涂塑钢管输水管道，排水管线推荐采用2根DN1600的涂塑钢管排水管道。管道直埋敷设，覆土厚度按2.0m考虑。

本阶段采用混合排放方案排放低放射性液态流出物，即 TER、SEL 产生的低放射性液态流出物在贮存槽中经贮存、取样监测达到排放标准后先排至厂区集合井，厂区集合井与海上排放口高差约 80m，排水管道路径约 14.2km，在厂区集合井与冷却塔循环冷却水混合后经陆域排水管线（一用一备）最终排入大海。

经综合比较，并考虑尽可能远离周边地下水井及村庄，管线最终推荐路径见图4.1-1。

表 9.4-1 取排水管线各比选路径沿途主要障碍物情况列表

区段1	参数	**路径1**	**路径2**	**路径3**
厂区至黄家村	长度（m）	5000	2400	3200
	主要障碍物1	乡村土路	-	4.5m宽水泥路
	主要障碍物2	冲沟	-	-
	主要障碍物3	G18高速公路	G18高速公路	G18高速公路
	主要障碍物4	7m宽水泥路	7m宽水泥路	7m宽水泥路
区段2	参数	**路径4**	**路径5**	
黄家村至界河	长度（m）	4000	5000	
	主要障碍物5	4.5m宽水泥路	4.5m宽水泥路	
	主要障碍物6	规划潍烟高铁	规划烟潍高铁	
	主要障碍物7	双向四车道公路	双向四车道公路	
	主要障碍物8	胶东调水工程渡槽	胶东调水工程渡槽	
区段3	参数	**路径6**		
界河至入海口	长度（m）	6000		
	主要障碍物10	在运铁路		
	主要障碍物12	省道S264		



环境影响报告书（选址阶段）		
取排水管线比选路径		
图 9.4-1	版次：	A

第十章　利益代价分析

10.1　利益分析

10.2　代价分析

10.1 利益分析

10.1.1 电厂运行带来的直接利益

10.1.2 电厂建设和运行带来的间接利益

10.1 利益分析

10.1.1 电厂运行带来的直接利益

山东招远核电厂规划建设六台百万千瓦级核电机组，一期工程建设两台华龙一号核电机组，在其整个商业运行寿期内将取得显著的经济利益，上交国家和地方的税金数以亿计，此为核电厂的直接利益。建成后的头十五年，还贷的压力较大，随着还贷期的结束，核电厂将凭其大容量、低运行成本和较高的年负荷因子，将会取得更为显著的经济效益。

我国经济持续快速发展，对能源包括煤炭、石油等的需求越来越大，加上国际油价上涨，造成能源价格和运输费用大幅提高。另外，环保要求燃煤机组须采用除尘、脱硫、脱硝等设备，不但提高了燃煤电厂的造价，还使燃煤机组的运行费用提高。燃煤超超临界机组采用高效除尘、脱硫及脱氮设备，将使工程造价增加 7~8%，厂用电率增加 1.3~1.5%。而核电机组随着设计自主化和设备国产化比例的不断提高，造价将大幅度降低，再加上低廉的运行成本，与燃煤机组相比，核电机组的上网电价将具有较强的竞争性。

评价电源的经济性还应考虑外部成本问题，即各种电源系统的建设和运行的每一环节，包括燃料的开采、精制、运输、发电、废物的处理处置、输电等，都或多或少会对自然环境和社会产生负面影响。据欧洲联盟和美国能源部联合研究的结果表明，燃煤和燃油电厂的外部成本为最高，核能发电的外部成本除风能发电以外是最低的，就燃料循环一项为例，核电厂可以把整个燃料链的成本都打到电价里，而其他发电方式还没有做到这一点，通过比较各种燃料循环的外部成本得出的结论是，燃煤和燃油发电，相关的外部成本 5 美分左右，天然气约 1 美分，核电的平均成本在 0.35 美分左右，风能是 0.15 美分。

除创造显著的经济利益外，山东招远核电厂的建设和运行也可促进当地经济发展和提高人民的生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其它市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济的增长和促进地方经济的繁荣发展有积极的意义。此外，本工程的建设还有利于实现山东省能源供应多元化，提高能源自给率，保障山东省的能源安全和实现经济可持续发展，有利于缓解山东省能源需求和节能减排所带来的双重压力，并促进山东省能源结构转型。

本项目施工期间现场施工及安装人员高峰时预计将达到上万人。因此，必须建设配套的生产服务和生活福利等方面的设施，这都将给社会带来可观的就业机会。另外，本工程引进的华龙一号技术融合方案，可在提高核电安全可靠性，降低核电造价，增强核电竞争力的同时，推动我国核电事业及相关核工业产业的发展。

10.1.2 电厂建设和运行带来的间接利益

10.1.2.1 社会效益

山东招远核电厂的建设将对缓解山东省内电力供求矛盾、优化电源结构和电网结构起到积极的作用，保障当地经济的持续稳定高速地增长。发展火电目前愈来愈受到环境保护和交通运输条件的制约，特别是二氧化碳已成为国际气候公约谈判减排的争论焦点。因此，尽快提高清洁能源在电力生产中的比重，既是我国能源、电力工业结构调整的当务之急，也是我国能源工业持续发展的长远大计。因此，尽快提高清洁能源在电力生产中的比重，既是我国能源、电力工业结构调整的当务之急，也是我国能源工业持续发展的长远大计。

核工业是综合性很强的高技术产业，代表了国家工业化程度和科学技术水平，是综合国力的重要体现。它不仅包括核电厂设计和技术服务、项目管理、土建安装、调试和运行维修、核电设备和材料制造、核燃料循环工业、核安全和环境保护、核废物处理、核科技研究支持等众多与核工业相关的专业机构和生产企业，还涉及钢铁、制造、建筑、电子等基础工业，形成了一个涉及几十个行业的庞大的产业链。通过一定数量核电厂的建设，不仅可以扩大内需，拉动经济增长，带动相关产业的发展，促进国产化能力的提高，而且能够推动我国原材料和制造业的技术创新和高科技产业化进程，改造传统工业，对综合国力的提高起到了十分重要的作用，具体分析如下：

（1） 核电建设关系到我国重大设备制造业的发展

2006 年 2 月 13 日，国务院以国发（2006）8 号文提出了关于加快振兴装备制造业的若干意见，明确了装备制造业的振兴目标和原则。其中发展大型清洁高效发电装备包括百万千瓦级核电机组等新型能源电力装备被列于 16 项关键领域重大技术装备和产品的之首。

按照我国发展核电“以我为主、中外合作、引进技术、推进国产化”的方针，针对核电设备安全等级高、质量要求高的特点，通过“八五”、“九五”科技攻关和核电设备国

产化的基础建设、技术改造，使我国核设备设计、设备制造的能力得到了很大的提高，国内已具备 300MW 一环路的压水堆核电设备设计、制造和验证的成套能力，并基本具备 600MW 核电机组设备的设计和研制能力，在此基础上，再通过一定数量百万千瓦级核电厂的建设，将进一步推动我国制造工业的提高。

我国的制造工业从整体上看，与世界上先进国家相比还存在着不小的差距，具体体现在质保体系、管理水平、质量意识、制造能力、工艺水平等方面。通过自主发展核电，可以从整体上提高水平，促进产业结构升级和人员素质的提高。

（2） 形成我国核电建设自主化的技术队伍

根据国外有关数据统计，一个核电厂的建设需要约 5000 人年的工程设计和项目管理方面的技术人员，通过我国核电厂的自主设计和自主建设，可以充分利用并发展核工业现有技术体系和人才力量，整合、组建和提升核电系统设计院、常规电力设计院和相关研究所的技术力量，锻炼和培养我国高素质的核电设计队伍和项目管理队伍，逐步建立起能够全面掌握核电建设的核心技术。

（3） 对核燃料工业和核科技发展的影响

我国核燃料已形成了军民两用，与核电相配套的工业体系，核电的发展将有效带动核燃料的产业发展。我国是世界上少数几个拥有较为完整核工业体系的国家之一，发展核电，是和平时期保持铀生产能力和核工业建设力量的手段。

（4） 对钢铁、建材、电子等基础行业的影响

由于核电厂的安全性要求高，所以对核电厂建设所需大量的钢材和建材的质量要求很高，通过一定数量核电厂的建设，有利于我国钢铁行业产品和建筑材料的结构调整，提升国际竞争力。

核电厂还需大量安全等级高的仪控设备，特别是今后全数字化仪控的应用，将进一步推动我国电子行业的发展。

山东招远核电厂将积极推进我国核电设计自主化和核电设备制造本地化，充分发挥国内设计院和工程建设单位的潜力，在提高核电机组安全可靠的同时，为我国核电事业的发展做出贡献。

在山东招远核电厂的建设和运行中，将带来可观的就业机会，并培养出一批核电厂建设组织管理人才，为我国核电的持续发展和国内其它核电厂的建设培养人才。

（5）促进当地经济、社会的发展

山东招远核电厂施工期间现场施工及安装人员预计将达到1~2万人，需要建设配套的生产服务和生活福利等设施，将给社会带来大量的就业机会，促进当地经济发展和提高人民生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其它市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济增长和社会发展有积极的意义。

综上所述，通过本工程的建设可进一步提高国内核电技术力量，包括核电设计及核电设备的国产化，同时也有助于提高核设备、仪表、建筑安装和科研等方面的技术水平。通过提高设备的国产化率，进一步缩短工期、提高质量、降低造价，促进山东省经济发展发挥积极作用。

10.1.2.2 环境效益

通过山东招远核电厂的建设，将使厂址区附近原有的山地、丘陵、坡地等通过总体规划、设计、绿化和美化，构成一个崭新的人文景观。

我国能源消费以煤炭为主，燃煤发电装机占全部电力装机总容量的74%以上，燃煤电厂排放的SO_2已成为我国大气的主要污染源之一，用大型商用核电厂代替了燃煤电厂，将大大降低燃煤电厂释放的SO_2、CO_2、NO_x等有害气体对环境的污染，缓解当地的酸雨发生。随着“3060”碳达峰、碳中和发展目标的提出，碳达峰、碳中和统筹国内国际两个大局的重大战略决策。根据全球碳项目组织分析，核电项目全生命周期单位发电量二氧化碳排放仅为12克/千瓦时（主要来自燃料开采和废弃物处理环节），在全球减缓温室气体影响中发挥了重要作用。根据美国NASA研究报告，全球核电已累计减少二氧化碳排放超过850亿吨以上。根据非政府组织Environment Progress Decarbonize的分析表明，每当人均核电消费增长1000千瓦时，能源消费的碳强度就会平均下降17.12克/千瓦时，是水电降幅的2倍以上。

山东招远核电厂一期工程2台华龙一号核电机组投产后每年可减少煤炭消耗约500万吨，减少二氧化碳排放约1270万吨，相当于植树造林3.3万公顷。通过本项目的建设可有效缓解地方碳排放压力，一方面可在不占用地方碳排放指标的同时提供优质的能源，一方面还可为周边产业发展预留尽可能多的碳排放配额，促进区域发展。

因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量，减少碳排放的一种有效措施。

综上所述，通过对本项目的利益分析，可以得出，本项目的建设符合我国产业政策，该项目的建设和运行能获得显著的社会效益、经济效益和环境效益。

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

10.2.2 间接代价

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

本项目在建设过程中将从工程设计、设备制造、建安调试、运行和维修四个方面进一步提高国产化率。机组建设投资中资本金以自有资金投入，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

本项目建成运行后，每年需要核燃料费、折旧费、摊销费、修理费、运行维护费，退役及后处理费等运行成本，此外，电厂运行期间还应缴纳税金、还贷利息，并偿还贷款本金。同时，对于运行中产生的放射性废物的处理，将根据与放射性废物处理和处置单位的合同支付相关费用，并计入运行成本。

本项目两台机组还提取了退役基金、乏燃料后处理费。

10.2.2 间接代价

10.2.2.1 社会代价

本项目的建设和运行，不仅要解决电厂职工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题，而且还会给当地带来一系列急待解决的社会问题。

— 交通运输问题

核电厂的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输；生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，将加大当地的交通运输量。

为解决电厂建设和运行期间的运输问题，核电厂采取以水运为主，陆运为辅的运输方式。在陆运方面需投入一定量的资金用于厂外公路的建设，包括新建、改造道路及修建桥梁。此外，专门开辟事故应急通道。

— 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

本项目的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，将对厂址所在区域的医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水、供热等市政工程和生活服务设施的需要将有所增加。

— 对当地社会安全、稳定的影响

本项目建设期间将不可避免地带动当地第三产业的发展，将有大量的流动人口涌入厂址周围区域，如果不加强管理可能会对当地社会的安全造成一定的负面影响，为

使当地有一个安定的生活环境和经济持续发展的社会环境，当地政府必须增加治安、社会服务等方面的投入，经过电厂业主、承包商以及当地政府的努力这种消极影响是可以避免的。

此外，厂址半径 5km 范围内规划限制区的设立，会使该区域经济发展受到一定的限制，可通过调整经济发展方式等办法来缓解设立规划限制区对区域经济的影响。

10.2.2.2 环境代价

本项目的建设将造成厂址区域生态环境的变化，主要表现在核电厂的建设将在规划区内占用大量土地，其表土和植被需要剥离，这将影响当地植物资源量和动物的生存环境。通过核电厂建设工程中有计划的绿化和植被恢复，将对受到影响的陆域生态环境进行有效的修复。核电厂建成后，当地原有的农业和林业生态环境将被更为优美的人工景观环境所替代。

本项目建成运行后，会向环境释放放射性物质。为了控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障电厂工作人员和周围居民的安全，核电厂设置了各种放射性废物净化和处理系统、剂量监测系统、屏蔽防护及应急设施等。

本项目建成运行后，若在极端条件下发生放射性泄漏事故，会有一定量的气载放射性流出物排放。气载放射性流出物对核电厂周围环境产生辐射影响，并通过污染空气浸没外照射、地面沉积放射性外照射、吸入污染空气内照射和食入污染陆生动植物产品内照射对厂址周围公众产生一定的剂量影响。根据本报告对选址假想事故的评价结果，发生选址假想事故时气载放射性流出物对周围公众产生的影响满足国家相关标准。

本项目运行产生的中、低放固体废物和乏燃料作为核废料，将均按照国家规定进行严格的处置。中、低放固体废物在废物暂存库内贮存一定时间后送往国家指定的区域中、低放固体废物处置厂进行处置。乏燃料一般经过冷却，包装后送入乏燃料暂存系统暂存，暂存达到国家有关标准要求的年限后，送往国家指定的乏燃料处置厂处置。

中、低放固体废物和乏燃料经过最终处置后，随着时间的推移，对其所采取的人工屏障的性能将逐渐失去作用，由于入渗水的作用，其中的核素将从废物体中渗出，经由地下水、地下水载带进入水循环，同时经由生物活动进入生态环境。但此过程是较缓慢的，核素的释放率是较低的。此外，处置场址主动监护结束后，公众将有可能

无意闯入，从而受到一定的外照射和内照射影响，根据相关资料，公众所受到的影响将低于目标管理值，是可接受的。

为了控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障电厂工作人员和周围居民的安全，核电厂设置了各种放射性废物净化和处理系统、剂量监测系统、屏蔽防护及应急设施等。在核电厂发生放射性泄漏事故时，营运单位将及时启动应急计划，确保核电厂对周围环境的影响尽可能降低到最小。

为达到保护环境及人身安全的目的，核电厂必须对放射性三废进行严格的治理。因此，核电厂专门设置了废液、废气和固体废物处理和贮存设施、以及放射性流出物监测、环境监测和事故应急设施，尽可能降低放射性废物对公众的照射。

— 环境监测：核电厂设置环境监测系统，对电厂运行期间的环境状况进行监测，同时为检验放射性废物处理系统是否满足要求提供对照测量，电厂环境监测设施包括：辐射监测设备、数据采集及试验仪表、气象数据采集设施和环境放射性监测设备等。

— 流出物监测：核电厂设置流出物监测系统，对电厂运行期间的气载和液态流出物进行监测，用于测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断核电厂放射性排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。

— 应急设施：核电厂除考虑正常运行情况下的环境保护和人身安全外，还考虑了在事故状态下人员的紧急疏散和医疗措施。

第十一章　结论与承诺

11.1 核电厂建设项目

11.2 环境保护设施

11.3 放射性排放

11.4 辐射环境影响评价结论

11.5 非辐射环境影响评价结论

11.6 公众参与和调查结论

11.7 承诺

11.1 核电厂建设项目

山东招远核电厂位于山东省烟台市辖招远市张星镇北侧、季山南侧的丘陵地带，厂址规划容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程建设两台华龙一号核电机组。根据国家发展核电的有关方针政策，综合考虑技术方案的安全性、成熟性及当前国内示范工程项目建设进展，本项目拟采用华龙一号技术融合方案，采用“一次规划，连续建设”模式。

本项目在设计建造过程中将充分利用中广核集团丰富的工程建设管理经验，参考我国华龙一号示范项目以及在设计、采购和建造过程中的设计改进、经验反馈以及福岛事故后的改进等，结合国内目前实际的工程技术能力开展设计，以使本工程的技术方案在安全性和经济性方面更优。

山东招远核电有限公司负责山东招远核电项目的建设和运营，委托中广核工程有限公司与深圳中广核工程设计有限公司组成的联合体作为本期工程建设的总承包商。

11.2 环境保护设施

山东招远核电厂一期工程采用华龙一号技术融合方案，根据参考电站设计资料：

（1）每台机组设置一套废气处理系统（TEG），采用滞留衰变的方式，设置复合压缩、分配、隔离、滞留等子单元进行放射性废气的处理，确保废气排放满足要求。

（2）在烟囱排放管线上设置了废气的净化和控制装置。放射性气载流出物在排入环境前，将通过高效颗粒过滤器和碘吸附器进行净化。同时，在排放管线上设置了监测通道和相关的取样通道（包括氚取样和 C-14 取样），在监测通道上将分别设置两级排放报警阈值，以保证对放射性气载流出物排放的有效控制。

（3）每台机组设置一套冷却剂贮存和处理系统（TEP）。该系统通过脱气、蒸发、除盐等净化设施，保持了反应堆冷却剂良好的去污能力。

（4）每两台机组共用一套废液处理系统（TEU）。实现了对放射性废液的分类收集和处理。TEU 采用过滤、蒸发和除盐等较为成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，以确保处理后排放的液态流出物浓度和总量满足国家有关标准的要求。

（5）核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL），各自分别设计有废液贮存罐。废液采用槽式排放的方式，经取样分析合格后才予以排放。在 TER 和 SEL 排放管线上将分别设置两级报警阈值，通过取样监测和在线监测两重控制的

方式，可以保证对核电厂核岛和常规岛所排放的液态流出物进行有效控制。

（6）采用较为成熟的水泥固化工艺和分拣压缩打包工艺对固体废物进行处理。固体废物处理系统（TES）最终形成的低、中放废物包的钢桶，采用厂内专用运输车运输，送废物暂存库暂存，废物包暂存时间不超过五年，之后运往国家指定的区域处置场进行最终处置。

（7）为了加强对核电厂运行后环境监测，将依据厂址周围的环境特征设计建成环境监测实验室、厂区辐射与气象监测系统、流出物监督性监测系统，根据相关规范开展辐射环境监测、非放环境质量监测、温排水监测、盐沉积监测等运行期环境监测，并建立有效的环境监测大纲。

（8）对于非放射性污染物，将采取一系列的环保措施，包括污水处理设施、工业固废及危险废物贮存设施等，以确保核电厂运营过程中产生的非放射性污染物规范处置，不对外环境造成影响。

总体而言，山东招远核电厂一期工程环境保护设施的设计性能可以满足环境保护的要求。

11.3 放射性排放

本项目两台机组正常运行状态下，每台机组各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准 GB6249-2011 相应控制要求。本项目两台机组的液态流出物通过相关排放管理程序，可以满足 GB6249-2011 中规定的滨海厂址的浓度控制要求。

同时，本项目两台机组正常运行下，在排放口处五个核素浓度均能满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

11.4 辐射环境影响评价结论

（1）电厂正常运行的辐射环境影响

山东招远核电厂一期工程两台机组运行状态下，放射性流出物排放造成的最大有效剂量为 1.03×10^{-6}Sv/a，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（0.25mSv/a）的 0.41%，占本工程有效剂量约束值（0.08mSv/a）的 1.29%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，山东招远核电厂一期工程运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键人群组为位于厂址 S 方位 1~2km 子区内的

青少年，需要关注的照射途径包括：食入陆生食品内照射和食入海产品内照射，需要关注的放射性核素包括：^{14}C、^{3}H 和 ^{137}Cs 等。

山东招远核电厂一期工程运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为 $2.57\times10^{-2}\mu Gy/h$，气载放射性流出物对厂址周围陆域生物造成的辐射剂量率最大为 $2.70\times10^{-3}\mu Gy/h$，均远低于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值，因此，可以认为本项目运行状态下，放射性流出物排放不会对厂址周边非人类生物在种群上造成明显的损伤。

因此，山东招远核电厂一期工程两台机组运行状态下，就放射性流出物的排放控制和公众所受剂量而言，三废处理系统的预期处理效果可以满足国家标准的相应要求。而就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对非人类生物的辐射影响有限，是可以接受的。

（2）选址假想事故的辐射环境影响

本报告按照 GB6249-2011 要求，采用保守大气弥散条件计算选址假想事故的放射性后果，评估本项目厂址设置的非居住区及规划限制区范围的可接受性，事故后果计算结果表明：

- 选址假想事故发生后 2h 内，本项目非居住区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $1.08\times10^{-1}Sv$，占国家标准限值的 43.2%；事故持续时间 30d 内，规划限制区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $5.0\times10^{-2}Sv$，占国家标准限值的 20.0%。
- 选址假想事故发生持续期间 30d 内，本项目半径 80km 范围内公众群体所受到的集体有效剂量为 1.06×10^{4} 人•Sv，占国家标准限值的 53.0%。

因此，基于选址假想事故的辐射影响评价结果分析，以本项目各机组半径 500m 和半径 5km 分别作为非居住区和规划限制区边界能够满足核安全相关法规的要求。

（3）放射性液态流出物排放管线的辐射环境影响

本项目海水取排水管线陆域部分长约 14.20km，取水管线段采用 2 根 DN2000 输水管道，排水管线采用 2 根 DN1600 排水管道（一用一备），管道直埋敷设。本项目现阶段采用低放射性液态流出物与冷却塔排放水混合排放的方案，保守考虑排水管道正常运行时发生极少量的的跑冒滴漏，这种途径可能对管线附近的居民饮用水井核素总 β 放射性浓度最大贡献值为 2.14E-04Bq/L，远低于《生活饮用水卫生标准》

（GB5749-2006）规定的指导值 1Bq/L；保守考虑周边居民全年饮用管线附近水井水，所有途径造成的年有效剂量为 1.13E-07Sv/a，小于 WHO 对饮用水中放射性核素的要求 0.1mSv。

同时，管道发生事故后可能造成放射性液态流出物流入周边地下水，造成地下水的总 β 放射性浓度最大贡献值为 1.13E-01Bq/L，低于《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）规定的指导值 1Bq/L。此外，保守考虑周边居民全年饮用地下水，可能导致的年公众剂量为 6.02E-05Sv/a，该公众剂量能满足 WHO 标准中规定人类 1 年内摄入的饮用水所致的剂量应低于 0.1mSv 的要求。建议建设单位下阶段针对排放管线开展进一步详细设计工作，采取可靠的泄漏监测、紧急截断、防渗措施、日常维护检修、安防管理、应急响应等措施，避免日常运行和事故情况下对周边地下水体造成环境影响。

（4）实施应急计划的可行性

厂址半径 5km 范围内涉及招远市张星镇以及龙口市的北马镇、黄山馆镇的部分区域，截至 2019 年底总人口为 29391 人，共 43 个居民点。厂址半径 5km 范围内没有监狱和大、中型医院，厂址半径 5km 范围内有 1 座敬老院，为招远市张星镇敬老院，有床位 140 张，入住人员近 100 人，位于厂址 W 方位约 4.5km；厂址半径 5km 范围内最大的学校为招远市张星镇张星学校，为九年一贯制学校，现有学生人数 1378 人，位于厂址 S 方位约 4.6km，其次为张星镇宋家学校，现有学生人数 839 人，位于厂址 SE 方位约 4.5km。

本项目厂址周围交通网络较为发达，半径 5km 范围内干线公路有 G18(荣乌高速)、S304、S19、X044，厂址距离 G18、S304 最近约 1km。厂区与外围交通联系便捷，厂址周围具有良好的应急撤离、疏散和运输条件。无线通讯网络已覆盖厂址区域，不会存在应急通讯的困难。

距厂址最近的天然气管道为龙口南山中油天然气管道，该管道位于厂址东北侧穿过，部分线路位于整厂规划用地内，该线路最近距离本项目 1 号反应堆约 1.1km，距离 2 号反应堆约 0.9km，南山天然气管线建设单位已同意开展该管线的迁移工作，后续将根据该天然气管线迁移选线技术论证后，将南山天然气管线迁移至招远核电项目安全距离之外。

根据本项目初步安全分析报告，厂址附近现有其他固定危险源不会对厂址安全产

生影响；附近道路发生车辆爆炸最大可信事故对招远核电厂址也不会造成安全影响。

厂址 NW 方位约 10km 的辛庄滨海新城未来作为招远市重点发展区域会有一定人口流入；厂址半径 10~15km 范围内涉及的龙港街道近年为龙口市重点发展的区域之一，流入人口较多，因此，在厂址外围地带建立应急计划区时，还应充分考虑厂址半径 10km 范围内机械人口增长的可能影响。

总体来说，本项目厂址应急撤离条件较好，厂址在实施场外事故应急计划方面没有不可克服的困难，本项目运营单位在制定应急计划时需重点关注厂址半径 5km 范围内的学校和养老院的特殊人群以及周边道路未来危险品运输情况。由于裕龙岛炼化一体化项目涉及较多重大危险源，需持续关注裕龙岛炼化一体化项目建设的进展，与相关单位建立应急联动体系。

11.5非辐射环境影响评价结论

11.5.1 散热系统对环境的影响

1）散热系统对水体的物理影响

本项目取排水量较小，海域施工量不大，本项目采用的暗取、暗排方案并不能很大范围的改变周围流场，工程附近含沙量常态条件下仍保持在 0.01-0.05kg/m^3 左右，不会对海域泥沙冲淤产生明显的影响。

本项目采用二次循环冷却方案，每台核电机组常规岛冷却水系统配一座逆流式自然通风海水冷却塔，单台机组夏季冷却水排水量为 1.61m^3/s，冷却水温升为 3.03℃；单台机组冬季冷却水排水量为 0.98m^3/s，冷却水温升为 14.80℃；根据温排水数模报告，冬季半月潮 4℃最大温升包络面积为 0.02km^2，夏季基本没有 4ºC 最大温升包络面积，说明本项目温排水对周边水体环境影响很小，但存在很小的海域面积温升与厂址近岸海域水质管理目标不相符的情况，目前建设单位正在申请调整相关范围内近岸海域环境功能区划。

2）散热系统对水生生物影响

本项目温排水影响范围很小，冷却塔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。

本项目取水量较小，单台机组的年均取水量仅为 2.14m^3/s，在采取合适的工程措施后预计对周边水生生物不会造成明显的卷吸碰撞影响。

3）散热系统对大气环境的影响

本项目两台机组正常运行时海水冷却塔雾羽引起的荫屏主要集中在厂址周围有限的范围内，荫屏引起太阳辐射能量损失最多处也仅为太阳辐射量的 7.5%，该值在太阳辐射量的自然年际波动范围内。因此，预计招远核电厂冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响。

本项目两台机组正常运行时海水冷却塔飘滴引起的降水量比自然降水量低3个数量级，因此，冷却塔运行导致的水沉积不会对周围环境造成明显影响。

本项目两台机组正常运行时海水冷却塔产生的盐沉积主要分布于全年和各季主导风向的下风向，全年和各季盐沉积的最大值均出现在冷却塔中心 NNW 方位 1400m~1500m 处，年平均为 4.53kg/(ha·月)，最大为夏季 8.35kg/(ha·月)。为分析盐沉积对植物可能的影响，根据冷却塔盐沉积对植物影响专题研究成果，盐沉积浓度最大达到 30kg/(ha·月)未发现盐雾粒径和盐沉积量对受试植物整体的生长有明显影响，未发现盐沉积量对受试植物的株高、株均干重和各生理指标有明显影响。根据降水对土壤盐碱离子累积的影响实验结果，海水冷却塔盐雾飘滴产生的盐碱离子沉降使土壤盐碱离子含量异常增高的可能性很小。同时，根据有类似冷却塔设备的电厂周边调研结果，除自然的病虫害外，植物叶片、花朵、果实外观均正常，未发现周边的植物生长受到明显盐沉积的影响，也未发现各电厂海水冷却塔周边土壤有盐碱化的趋势。

本项目两台机组正常运行时海水冷却塔产生的雾羽出塔后 100%存在抬升现象，冷却塔雾羽不会接触地面，即不会产生下雾和结冰现象。

4）散热系统对声环境影响

本项目两台机组大型自然通风海水冷却塔运行后，本项目西侧厂界最大噪声贡献值为 62.5dB(A)，南侧厂界最大噪声贡献值为 51.5dB(A)，北侧及东侧厂界噪声均小于 45dB(A)。由于本项目大型自然通风冷却塔布置于厂址西侧边界附近，本项目两台冷却塔运行时在西侧厂界造成的夜间噪声不能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的 3 类标准 55dB(A)，厂界周边村庄环境敏感点噪声可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准(昼间 55dB(A)、夜间 45 dB(A))。

建设单位在本项目冷却塔详细设计阶段需开展优化设计及降噪防治工作，根据各种降噪措施效果的初步分析，采用合理可行的降噪措施后可使运行期间的噪声影响满足相应标准。

11.5.2 非放射性污染物对环境的影响

本项目运行期间排放的有害化学物质主要是余氯。现有研究成果表明，海水中余氯浓度在 20μg/L 以下时，其毒性不会对海洋生物产生显著影响。本项目两台机组正常运行时排放余氯绝对浓度值小于 10μg/L 的最大包络面积为 0.04km^2，因此，可估计山东招远核电厂一期工程排放的余氯的影响区域仅在排水口附近有限的海域，对附近海域中海洋生物的影响很小。

本项目运行期间相关化学物质总体使用量相对较少，非放射性淡水类废水通过收集、处理后，将合格中水主要输送至冷却塔回用，预计不会对附近海域环境及海洋生物造成不利影响。

本项目产生的生活污水经处理达标后主要用于场地洒水和厂区绿化；工业固废和生活垃圾均可以妥善收集处置，不会对外界环境造成影响。

本项目海水淡化系统产生的浓盐水与冷却塔循环冷却水混合后排入海域，由于冷却塔循环冷却水相对海水淡化系统排水量大的多，两者混合后的盐度与冷却塔循环冷却水中的盐度接近，在排入海域后浓盐水在很小范围内即被稀释至接近海水本底盐度。因此，预计本项目排放的浓盐水对周边海域盐度不会产生明显影响。

11.6 公众参与和调查结论

在本阶段环境影响评价开展过程中，建设单位根据本项目厂址特点和社会环境状况，现阶段开展了一系列公众参与工作，主要包括开展核电科普宣传、公众问卷调查工作。

从目前已开展的工作成果表明，当地公众总体上支持山东招远核电厂一期工程的建设，建设单位后续将持续开展在厂址周边的公众宣传、社会公益事业，并将积极配合地方政府，力所能及支持当地就业，努力营造项目良好的周边关系环境。

11.7 承诺

山东招远核电厂一期工程的建设单位将严格按照环评报告及审管部门的要求，并借鉴国内在役及在建核电厂的良好经验，积极落实各项环保措施，做好“三同时”工作，减少电厂建设及运行对环境的影响，促进厂址与周边环境相容。同时，建设单位作出如下承诺：

（1） 建设单位将与相关部门沟通，尽快推动拟征地范围内征用基本农田、部分海域温升同水质管理目标不相符、取排水管线等配套设施建设支持性文件等问题的解决。同时，尽快落实相关部门对本项目非居住区设置及管控措施的意向性文件、规划限制区设置的意向性文件的获取工作；

（2） 针对本项目运行期大型自然通风海水冷却塔噪声在西侧厂界超标问题，建设单位将采取进一步优化设计工作，设置有效降噪措施，保证厂界噪声排放达标；

（3） 针对放射性液态流出物排放方案开展进一步详细设计工作，避免日常运行和事故情况下对周边地下水体造成环境影响；

（4） 建设单位将在项目开工前委托相关单位开展施工期海域和陆域环境监测工作，及时启动现场水土保持监测工作，以掌握核电厂施工对厂址所在区域的环境质量及水土流失情况的影响；

（5） 为保障本项目与裕龙岛炼化一体化项目的和谐发展，本项目建设单位承诺将加强与裕龙石化项目建设单位的沟通合作，持续关注裕龙岛炼化一体化项目的建设情况；

（6） 本项目建设单位将持续开展核电公众参与及科普宣传工作，实现核电发展与公众意识和谐，实现核电与地方经济融合发展。