

中广核山东招远核电厂一期工程

# 环境影响报告书

(建造阶段)

(公示稿)

山东招远核电有限公司

二〇二四年十月

中广核山东招远核电厂一期工程

# 环境影响报告书

(建造阶段)

(公示稿)

苏州热工研究院有限公司 编制

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	342hi3		
建设项目名称	中广核山东招远核电厂一期工程（建造阶段）		
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		
<b>一、建设单位情况</b>			
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		
<b>二、编制单位情况</b>			
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	913205084669547113		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
鲍昕杰	2015035320352015320501000042	BH011464	鲍昕杰
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
游春华	6.1	BH011459	游春华
徐奥迪	第3章、第8章	BH061312	徐奥迪
刘靓辉	2.5、6.1、6.2、7.4	BH036095	刘靓辉
鲍昕杰	第1章、2.1~2.6、第5章、6.3~6.4、第7~11章、附录	BH011464	鲍昕杰

陶乃贵	第4章、6.2	BH022957	陶乃贵
-----	---------	----------	-----



# 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
- 1.11 上阶段环境影响报告书批复的落实情况

## 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
- 6.4 初步退役计划

## 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 严重事故
- 7.3 场内运输事故
- 7.4 其它事故
- 7.5 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 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

## 第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

## 第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众参与和调查结论

10.7 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

### 1.11 上阶段环境影响报告书批复的落实情况

## 1.1 建设项目名称和建设性质

### 1.1.1 建设项目名称及其业主

本建设项目名称为中广核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

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，山东招远核电厂规划采用华龙一号技术融合方案建设六台百万千瓦级核电机组，其中一期工程建设两台百万千瓦级核电机组，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项目建设的总承包方。

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，实行最优化管理，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；
- 设计上综合考虑全厂六台机组的取、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，统一合理规划相关区域和设施；厂区内将建设统一的固废处理及储存设施；
- 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，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<sub>2</sub>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年远景目标纲要》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》（二〇三五年以下简称《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。

2024年7月国务院印发了《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》（简称《意见》），《意见》提出大力发展非化石能源。加快西北风电光伏、西南水电、海上风电、沿海核电等清洁能源基地建设，积极发展分布式光伏、分散式风电，因地制宜开发生物质能、地热能、海洋能等新能源，推进氢能“制储输用”全链条发展。统筹水电开发和生态保护，推进水风光一体化开发。积极安全有序发展核电，保持合理布局和平稳建设节奏。到2030年，非化石能源消费比重提高到25%左右。

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》（简称《目录（2024年本）》）（2023年12月27日国家发展改革委令第7号公布，自2024年2月1日起施行），《目录（2024年本）》由鼓励、限制和淘汰三类目录组成，鼓励类主要是对经济社会发展有重要促进作用的技术、装备及产品，本项目属于《目录（2024年本）》中的核能类别中的核电站建设与运行，为鼓励类项目。

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‘严谨细实’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”。

综上，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PM<sub>2.5</sub>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。

### 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，随着新旧动能转换综合试验区的建设，地区电力缺额将会扩大。

山东省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 2 台机组的实际投产时间根据国家相关部门批复为准。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。本项目配套建设的环境保护设施总体上将与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

## 1.6 环境影响报告书编制依据

### 1.6.1 区域发展规划

根据《山东省国土空间规划》（2021—2035 年）提出：“在确保绝对安全的前提下在胶东半岛有序发展核电”“推动自主先进核电堆型规模化发展，拓展供热、海水淡化等综合利用”“支持裕龙岛石化、烟威地区核电等重大项目建设用海”。

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”“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：“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‘审慎细实’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二〇三五年远景目标纲要》提出：“推进能源供给侧结构性改革，培育能源生产消费新业态新模式。把清洁绿色能源作为主攻方向，大力发展可再生能源、核电，加快天然气产供储销基地建设，推动清洁能源综合利用示范，增强能源自主保障能力”。

根据山东省招远市人民政府发布的《招远市清洁能源产业专项规划（2022-2032）》（2023 年 8 月）（以下简称《专项规划》），招远市将清洁能源产业定位为三大产业名片之一，以核电产业为核心，聚焦光伏、海上风电、氢能以及储能四大产业，构建“1+4+N”产业体系，为清洁能源产业发展奠定利好政策导向。《专项规划》的重点任务之一为加快发展壮大核电产业，推进招远核电一期项目的落地建设，积极谋划核电建设审批，通过核电站建设为核电产业发展奠定基础，为将招远市建设成为清洁能源基地提供重要支撑。

综上，山东招远核电厂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) 国土空间规划

根据已批复的《山东省国土空间规划（2021—2035 年）》和《烟台市国土空间总体规划（2021-2035）》，本项目取排水口区域为工矿通信用海，工矿通信用海指开展临海工业生产、海底电缆管道建设和矿产能源开发所使用的海域及无居民海岛。同时，在取排水口西侧有部分渔业用海，北侧为交通运输用海。同时，从海洋空间功能布局来看，本项目取排水口区域为海洋开发利用空间，《山东省国土空间规划（2021—2035 年）》提出：支持烟威地区核电等重大项目建设用海，科学规划海底管廊，集约划定路由区域，统筹设置集中登陆点。

综上，本项目用海总体符合所在区域国土空间规划相关要求。本项目取排水口附近的海洋功能区情况见图 1.6-1，本项目取排水口附近海洋空间功能布局图见图 1.6-2。

同时，根据国土空间规划中的“三区三线”划定成果，本项目拟占地涉及部分基本农田及一般农用地。本项目已于2023年2月获得了自然资源部用地预审意见，明确项目用地符合规定，原则同意通过用地预审，用地预审意见中包括了基本农田。同时，本项目也获得了烟台市自然资源和规划局核发的建设项目用地预审及选址意见书（用字第37060020230002号）。目前本项目已获国务院核准，建设单位正在开展正式征地文件获取工作。

本项目不占用国土空间规划中的生态保护红线，用地用海符合相关法律要求，正常运行期间对周边辐射及非辐射环境影响很小，总体符合山东省及烟台市国土空间规划相关要求。本项目附近国土空间规划中“三区三线”相关信息详见下文2.3节描述。

#### 2) 近岸海域环境功能区划

根据《山东省生态环境厅关于调整中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划的函》（鲁环函〔2023〕29号），本项目排水口位于混合区内，混合区内不设水质管控目标。

图1.6-3给出本项目附近近岸海域环境功能区划图。

#### 3) 生态保护红线

根据《山东省国土空间规划（2021—2035年）》中的生态保护红线，本项目主体工程及配套取排水管线均不占用生态保护红线区。图1.6-4给出本项目附近生态保护红线分布图。

#### 4) 国家级水产种质资源保护区

目前，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中的莱州湾保护区实验区内。建设单位委托专业机构编制了《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》（以下简称“专题报告”），农业农村部渔业渔政管理局出具了对于专题报告的意见（农渔资环便〔2022〕169号），原则同意专题报告的主要结论及渔业资源保护和补偿措施。专题报告综合评价结论为：在实施了渔业资源和渔业生态环境修复的前提下，本工程对渔业生态环境和渔业资源的影响是可以接受的。图1.6-5给出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。

#### 5) 生态环境分区管控方案

根据烟台市人民政府 2021 年发布的《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》（烟政发〔2021〕7 号）及 2023 年 4 月发布的《关于发布 2022 年“三线一单”动态更新成果的通知》（烟环委办发〔2023〕4 号），本项目厂区位于张星镇重点管控单元，取排水工程涉及张星镇重点管控单元、辛庄镇重点管控单元及海域重点管控单元。烟台市环境管控单元分类示意图见图 1.6-6。

本项目的建设及运行不触及环境质量底线，不触及资源利用上线，符合所在的重点管控单元的管控要求，也符合烟台市市级生态环境准入清单相关要求，生态环境分区管控方案具体内容及符合性分析详见下文 2.3 节描述。

### 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 日起施行）
- 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（2018 年 12 月 29 日修正）
- 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（2018 年 10 月 26 日修正）
- 中华人民共和国水污染防治法（2017 年 6 月 27 日修正）
- 中华人民共和国噪声污染防治法（自 2022 年 6 月 5 日起施行）
- 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）
- 中华人民共和国土壤污染防治法（自 2019 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国海洋环境保护法（自 2024 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国海洋倾废管理条例（自 2017 年 3 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国自然保护区条例（自 2017 年 10 月 7 日起施行）
- 建设项目环境保护管理条例（自 2017 年 10 月 1 日起施行）
- 放射性物品运输安全管理条例（自 2010 年 1 月 1 日起施行）
- 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）
  - 建设项目环境影响评价分类管理名录（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（2019 年 8 月 22 日修正）
  - 放射性物品运输安全许可管理办法（2021 年 1 月 4 日修正）
  - 核电厂核事故应急管理条例（HAF 002，2011）
  - 核动力厂厂址评价安全规定（HAF 101，2023）
  - 核动力厂设计安全规定（HAF 102，2016）
  - 放射性废物安全监督管理规定（HAF 401，1997）
  - 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）
  - 环境影响评价公众参与办法（自 2019 年 1 月 1 日起施行）
- (2) 技术标准和导则
- 电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB 18871-2002）
  - 核动力厂环境辐射防护规定（GB 6249-2011）
  - 放射性废物管理规定（GB 14500-2002）
  - 放射性物品安全运输规程（GB 11806-2019）
  - 核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分（GB/T 17680.1-2008）
  - 核设施流出物监测的一般规定（GB 11217-89）
  - 辐射环境监测技术规范（HJ 61-2021）
  - 危险化学品重大危险源辨识（GB 18218-2018）
  - 海水水质标准（GB 3097-1997）
  - 生活饮用水卫生标准（GB 5749-2022）
  - 环境空气质量标准（GB 3095-2012，2018年修订）
  - 声环境质量标准（GB 3096-2008）
  - 工业企业厂界环境噪声排放标准（GB 12348-2008）
  - 建筑施工场界环境噪声排放标准（GB 12523-2011）
  - 电磁环境控制限值（GB 8702-2014）

- 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准 (GB 18599-2020)
  - 危险废物贮存污染控制标准 (GB 18597-2023)
  - 大气污染物综合排放标准 (GB 16297-1996)
  - 建设项目环境影响评价技术导则 总纲 (HJ 2.1-2016)
  - 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 (HJ 808-2016)
  - 环境影响评价技术导则 大气环境 (HJ 2.2-2018)
  - 环境影响评价技术导则 地表水环境 (HJ 2.3-2018)
  - 环境影响评价技术导则 声环境 (HJ 2.4-2021)
  - 环境影响评价技术导则 生态影响 (HJ 19-2022)
  - 环境影响评价技术导则 输变电 (HJ 24-2020)
  - 环境影响评价技术导则 地下水环境 (HJ 610-2016)
  - 建设项目环境风险评价技术导则 (HJ 169-2018)
  - 核动力厂取排水环境影响评价指南 (试行) (HJ 1037-2019)
  - 核电厂冷却塔环境影响评价技术规范 (NB/T 20307-2014)
  - 海水冷却水排放要求 (GB/T 39361-2020)
  - 海水循环冷却水处理设计规范 (GB/T 23248-2020)
- (3) 地方性法规和标准
- 山东省环境保护条例 (2018年11月30日修正)
  - 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 (自2018年12月1日起施行)
  - 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 (自2014年5月1日起施行)
  - 山东省固体废物污染环境防治条例 (自2023年1月1日起施行)
  - 山东省核事故应急管理办法 (自2012年10月1日起施行)
  - 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)
  - 核电厂施工期环境监测技术规范 (DB 37/T 3547-2019)

#### 1.6.4 主管部门相关文件

- 生态环境部《关于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）的批复》（环审〔2023〕126号）
- 国家发展改革委《国家发展改革委关于山东招远核电站一期工程项目核准的批复》（发改能源〔2024〕1292号）
- 山东省生态环境厅《山东省生态环境厅关于调整中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划的函》（鲁环函〔2023〕29号）
- 山东省人民政府《山东省人民政府关于划定山东招远核电厂规划限制区的批复》（鲁政字〔2022〕238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）
- 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）
- 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）
- 国家核事故应急办公室《国家核事故应急办公室关于中国广核集团山东招远核电厂一期工程厂址区域核应急方案审查意见的通知》（国核应办〔2022〕21号）
- 自然资源部：关于中广核山东招远核电项目一期工程建设用地预审意见的函，2023年2月
- 自然资源部：关于中广核山东招远核电厂一期工程用海预审意见的函（自然资办函〔2022〕2554号）
- 水利部《中广核山东招远核电厂一期工程水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决〔2023〕17号）
- 烟台市自然资源和规划局，建设项目用地预审与选址意见书，用字第370600202300002号
- 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《关于山东招远核电项目用地用海纳入国土空间规划的报告》

（招政发〔2022〕18号）

- 烟台市生态环境局招远分局《关于山东招远核电有限公司招远核电项目220KV施工与辅助电源第一回路线路输电工程项目的批复》（招环报告表〔2024〕32号）

### 1.6.5 相关技术文件

山东招远核电厂一期工程已开展的与本报告相关的专题成果主要有：

- 山东招远项目陆域取排水管线及配套设施勘察设计 取排水管线泄漏监测方案报告，中国市政工程华北设计研究总院有限公司，2023年6月
- 陆域取排水管线及配套设施-取水管线/排水管线初步设计说明，中国市政工程华北设计研究总院有限公司，2023年7月
- 中广核山东招远核电厂一期工程冷却塔排放水数值模拟计算复核研究报告，南京水利科学研究院，2024年1月
- 中广核山东招远核电厂一期工程潮流泥沙数值模拟计算复核研究报告，南京水利科学研究院，2024年1月
- 中广核山东招远核电厂一期工程含放射性液态流出物数值模拟计算分析报告，南京水利科学研究院，2024年1月
- 中广核山东招远核电项目冬、夏季全潮水文测验（2021年）分析报告，天津水运工程勘察设计院，2023年1月
- 中广核山东招远核电项目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，2022年8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
- 中广核山东招远核电项目冷却塔盐沉积对植物影响研究报告，苏州热工研究院有限公司，2022年11月
- 中广核山东招远核电厂工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第2次）报告，国家海洋环境监测中心，2021年6月
- 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，中国水产科学研究院黄海水产研究所，2022年3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，2022年7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，2022年7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
  - 山东招远核电工程辐射环境本底初步调查报告，苏州热工研究院有限公司，2021年10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
  - 中广核山东招远核电项目陆域生态环境调查及评价报告，苏州热工研究院有限公司，2021年8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
  - 中广核山东招远核电厂一期工程海域使用论证报告书，青岛国海浩瀚海洋工程咨询有限公司，2022年10月
  - 中广核山东招远核电厂一期工程水土保持方案报告书，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2023年3月
  - 中广核山东招远核电厂一期工程厂址大气边界层观测报告，苏州热工研究院有限公司，2023年11月
  - 中广核山东招远核电厂一期工程厂址大气湍流特征观测报告，苏州热工研究院有限公司，2023年11月
  - 中广核山东招远核电厂工程超大型自然通风冷却塔对大气扩散影响的CFD模拟研究成果报告，中国辐射防护研究院，2023年11月
  - 中广核山东招远核电厂一期工程取排水管线水文地质勘察报告，中核勘察设计研究院有限公司，2024年8月

## 1.7 评价标准

### 1.7.1 辐射环境影响评价标准

(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。

中广核山东招远核电厂一期工程拟建设两台百万千瓦级压水堆核电机组，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： $6 \times 10^{14}$ Bq/a；
- 碘： $2 \times 10^{10}$ Bq/a；
- 粒子（半衰期 $\geq 8$ d）： $5 \times 10^{10}$ Bq/a；
- 碳 14： $7 \times 10^{11}$ Bq/a；
- 氚： $1.5 \times 10^{13}$ Bq/a。

液态放射性流出物：

- 氚： $7.5 \times 10^{13}$ Bq/a；
- 碳 14： $1.5 \times 10^{11}$ Bq/a；
- 其它核素： $5 \times 10^{10}$ Bq/a。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定：对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。本项目结合受纳水体的稀释扩散条件以及本工程的放射性流出物排放设

计，槽式排放出口的放射性流出物中除氡和碳-14 外其余核素的浓度按照 500Bq/L 控制。

### （2）事故工况下的剂量限值

按《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）7.2 款的规定，核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

- 在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；
- 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

### （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，本项目运行期间接纳水体中与核电厂释放相关的放射性核素浓度控制值为：

- $^{60}\text{Co}$ : 0.03Bq/L;
- $^{90}\text{Sr}$ : 4.0Bq/L;
- $^{106}\text{Ru}$ : 0.2Bq/L;
- $^{134}\text{Cs}$ : 0.6Bq/L;
- $^{137}\text{Cs}$ : 0.7Bq/L。

## 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

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）及其他相关标准及管控文件。

### 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

本项目排水口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°C，其它季节不超过 2°C；三、四类功能区人为造成的海水温升不超过当时当地 4°C。

根据《山东省生态环境厅关于调整中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划的函》（鲁环函〔2023〕29号），本项目排水口位于调整的混合区范围内，混合区内不设水质管控目标。

c) 声环境质量标准

厂址周边声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类声环境功能区标准，周围声环境敏感目标执行《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

本项目施工期间生活污水在满足市政污水处理站接纳要求后，通过排入市政污水管网的形式进行处理，市政污水站正式投运前产生的生活污水通过化粪池收集，定期抽排转运至当地污水处理厂进行处理，不外排。施工期间生产废水经处理后主要回用于场地洒水抑尘和绿化，不随意外排。

本项目运行期的服务区、主厂区和海水预处理站生活污水在满足市政污水处理站接纳要求后，全部接入市政污水管网。本项目运行期非放射性生产废水经非放射性工业废水处理站（BST）处理后满足山东省地方标准《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》（DB37/3416.5-2018）中的一级标准后全部回用于海水冷却塔补水。

b) 噪声排放标准

根据《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），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》（GB 12523-2011）中的相应限值，即：昼间：70dB（A）；夜间：55dB（A）；本项目运行期间厂界外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 18597-2023）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及配套工程，主体工程主要包括核岛、常规岛、辅助厂房、海水冷却塔、海工工程等；相关配套工程主要包括：1000kV主开关站、220kV施工与辅助电源、放射源库、海水取排水管线工程、进厂道路、应急道路，其中220kV施工与辅助电源变电站、1000kV主开关站以及放射源库构筑物、海水取排水管线工程、进厂道路、应急道路包含在本项目核电厂主体工程环评中。220kV施工与辅助电源线路输电工程单独开展环评。另外，待放射源入库前将根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》相关要求单独开展环评。

目前，220kV施工与辅助电源线路输电工程已获烟台市生态环境局招远分局批复（招环报告表[2024]32号），根据该批复的主要结论为：该项目符合国家产业政策，线路路径不涉及生态环境敏感区。在严格落实好环评报告中提出的各项要求及污染措施和生态保护措施的前提下，对环境的不利影响可得到控制和缓解。在该项目施工期及运营期应重点做好加强施工期环境保护管理、严格落实电磁辐射防治措施、严格落实“三同时”有关要求等重点工作。

## 1.9 环境保护措施

山东招远核电厂一期工程拟采用的环境保护措施主要包括放射性废物处理措施、非放射性污染处理措施、排放监测、环境监测、管线监测及防护等措施。相关设施主要选择现有行业内普遍采用的成熟、可靠、经济的方案，以保证环境保护措施在机组长期运行期间稳定运行和达标排放的可行性，满足环境质量与污染物排放总量控制和浓度控制的可行性，以符合国家环境保护法规的排放和管理要求。运营期间主要环境保护措施具体概述如下：

### （1）放射性废物处理措施

#### 1) 放射性废气

本工程每台机组设置一套废气处理系统（TEG），设置氢氧复合、废气压缩、废气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。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。

#### 2) 放射性废液

本工程每两台机组设置一套废液处理系统（TEU），采用过滤、蒸发、除盐和反渗透等较为成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，确保处理后排放的液态流出物活度浓度和总量满足国家有关标准的要求。

本工程每两台机组设置一套核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL），采用槽式排放的方式废液，待排放的废液经取样分析放射性活度浓度满足排放要求后，才能排放，同时在排放管线上设置 KRT 在线监测仪表，辅助监测排放管线中废液的放射性水平，并与排放管线的隔离阀进地联锁控制，当监测放射性水平超过报警阈值时，联锁关闭排放管线的隔离阀，停止排放。通过上述措施可以确保运行过程中废液的排放浓度（除氙和碳 14 外核素）不超过 500Bq/L 控制值。

#### 3) 放射性固体废物

本工程每两台机组设置一套水泥固化线，全厂设置一套分拣压缩打包线，对放射性固体废物进行处理和整备。放射性固体废物经整备后形成 400L 钢桶废物包，通过厂内专用运输车送至废物暂存库暂存，废物包暂存时间不超过五年，之后运往处置场进行最终处置。

### （2）非放射性污染处理措施

#### 1) 生活垃圾和生活污水

本项目生活垃圾实行分类收集，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。

本项目运行期服务区、主厂区和海水预处理站生活污水全部接入市政污水处理厂集中处理。

#### 2) 非放射性生产废水

本项目运行产生的非放射性工业废水统一收集到非放射性工业废水处理站（BST），通过非放射性工业废水处理系统（SWT）进行处理，处理至满足循环冷却水标准后回用于冷却塔，不外排。

#### 3) 一般工业固体废物和危险废物

本项目运行期间产生的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 18597-2023）的相关要求，交由有资质单位处置。

#### 4) 噪声排放控制措施

为保证本项目运行期间2台大型自然通风海水冷却塔噪声满足相应的排放标准要求，拟在靠近冷却塔的西侧厂界采用隔声屏障的防噪措施。结合预测结果及相关资料，预计采用隔声屏障防噪后厂界噪声能满足相应的排放标准要求。

### (3) 排放监测措施

本项目建立气态和液态放射性流出物监测系统，流出物监测系统分为连续在线监测和取样分析监测，连续在线监测系统同时设置有报警装置和报警阈值，根据流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中控制值的要求，当监测通道测量值超过报警阈值时，按照相关的报警程序处理。

本项目将建设核电厂流出物实验室，流出物实验室包括流出物测量间、热准备室、冷准备室等，承担电厂排放废水的放射性活度和排放废气的放射性浓度检测，使其按规定排放。同时为配合地方生态环境部门监督性监测工作，将在厂内单独额外建设监督性监测系统流出物实验室。

本项目非放射性工业废水处理厂房（BST）监测方案按照《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）监督要求执行，工业系统的出水管道设置流量、pH、水温、化学需氧量、氨氮、总磷以及总氮的连续监测仪表，其余系统回用指标按照定期人工取样监测执行，最终满足回用于冷却塔补水的监测指标要求。

#### （4）环境监测措施

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、厂区辐射与气象监测系统和环境监测车。其中，环境实验室承担核电厂运行期间厂区及周边的辐射环境监测及常规环境监测职能；厂区辐射与气象监测系统（KRS 系统），包括 KRS 中央站、气象站、环境监测站和环境监测车，结合厂址特征，考虑布设 17 个环境监测站（厂内 8 个，厂外 9 个）。

为有效监测本项目核岛及其周边、陆域排水管线附近地下水环境质量，及时发现可能的环境风险，拟在一期工程及陆域排水管线周围设置地下水监测井。综合考虑陆域排水管线路径规划、穿越的工程、管线周边地下水分布特征，一期工程厂区范围拟布设 6 个地下水监测井，排水管线周边拟设置 14 个地下水监测井。

同时，为配合地方生态环境部门监督性监测工作，还将建设辐射环境监督性监测系统的监测子站和前沿站。

#### （5）管线监测及防护措施

为了尽可能避免本项目运行期间取排水管线对附近环境造成影响，在设计时首先选取整体防泄漏性能最优管材，并制定合理液态流出物排放策略进行源头控制。同时，本项目针对陆域取排水管线设置了相应的泄漏监测及安全防护系统，包括采用智能声波检测系统、采用移动式泄漏监测设备、设置管道流量监测仪表、设置快速响应的电动隔离阀门、在敏感区域的管线段设置防渗层等措施。通过建立“预防为主”的泄漏防控理念，可有效降低管线泄漏的环境风险。

### 1.10 评价范围

#### （1）辐射环境

本项目辐射环境的评价范围是以 1 号机组反应堆为中心，半径 80km 范围内区域。对于含低放射性流出物的排水管线，属于线性工程，重点评价范围为管线两侧各 200m 范围，并适当延伸至地下水可能影响的环境敏感保护目标。

#### （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。线性工程水环境重点评价范围为工程边界两侧各 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。线性工程大气环境重点评价范围为工程边界两侧各 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目标处。线性工程声环境重点评价范围为工程边界两侧各 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。线性工程生态环境评价范围为工程边界两侧各 300m 范围。

#### 5) 电磁环境

本项目电磁辐射环境的评价范围为：厂区内 1000kV 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。

### 1.11 上阶段环境影响报告书批复的落实情况

山东招远核电厂一期工程选址阶段环境影响报告书已于 2023 年 11 月 19 日获得生态环境部的批复（环审〔2023〕126 号），并对本工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作提出如下要求：

- 1、严格落实相关环境保护措施和环境监测方案，加强施工期间的环境管理；
- 2、在确定核电厂中低放废物处置方案时，明确中低放废物最终去向；
- 3、积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

建设单位就上述重点工作制定了相应的工作方案，具体如下：

1、建设单位严格按照法规要求，将委托有资质单位开展施工期间的环境监测，编写台账，定期跟踪，相关工作将贯穿整个核电厂施工期间，使施工环境影响处于严格监控之中，确保相关环境保护措施和环境监测方案得到有效落实和实施；

2、本工程中低放固体废物将按照国家要求运往放射性废物处置场，建设单位将持续跟进有关处置场项目进展，及早达成送交处置相关协议，确保本工程产生的中低放

固体废物得到及时、安全处置；

3、建设单位近年来以生态核电理念指导常态化公众沟通工作，协同地方政府围绕推进“可持续发展视野下的生态核电”“清洁能源进校园”等系列科普进课堂，增进公众对核电的了解和认识。同时，建设单位把乡村振兴、周边关系、社会责任统筹在政企深融互促的共同愿景和实际行动中，常态化组织开展传统佳节周边共建活动，困难群众走访慰问活动等。

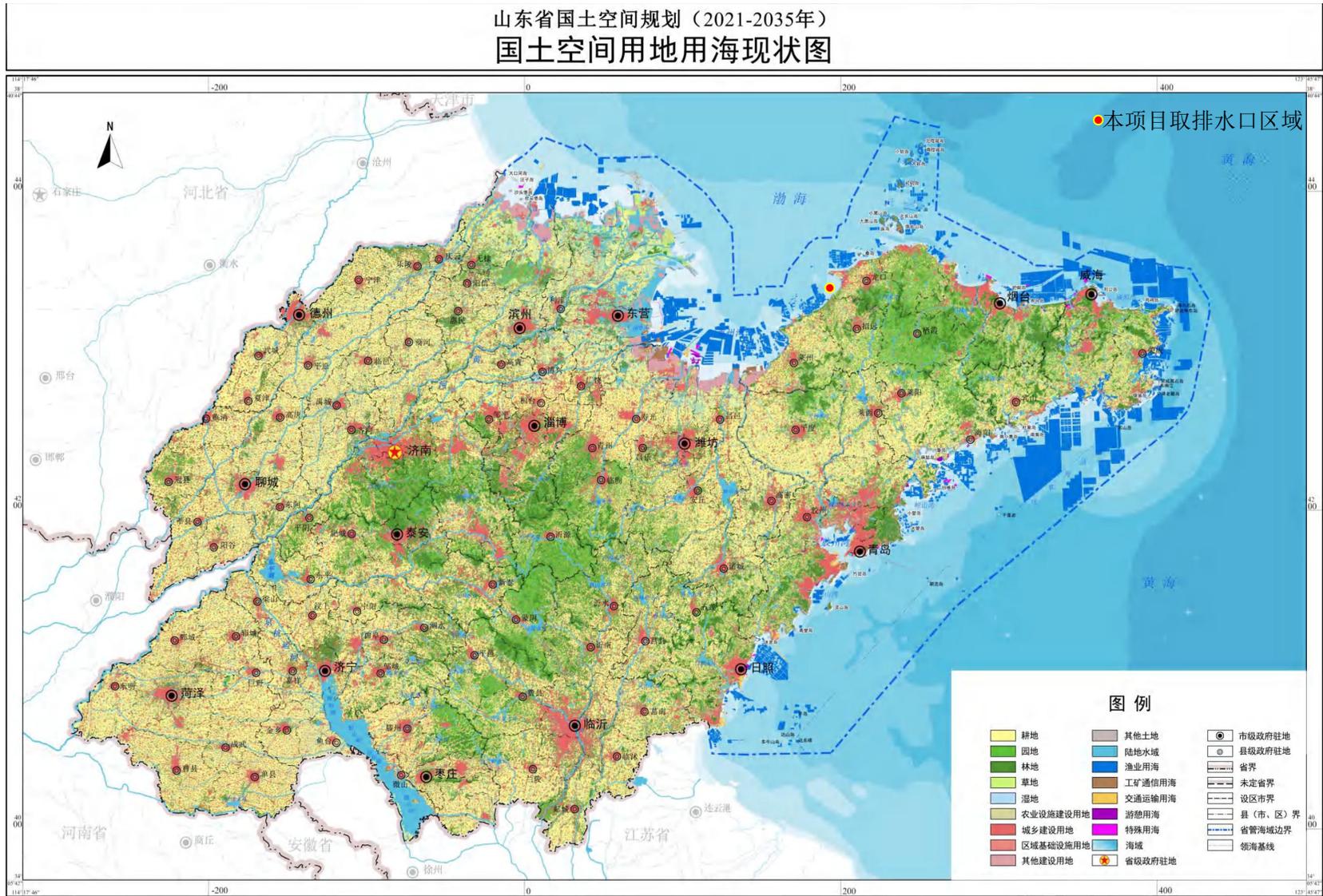
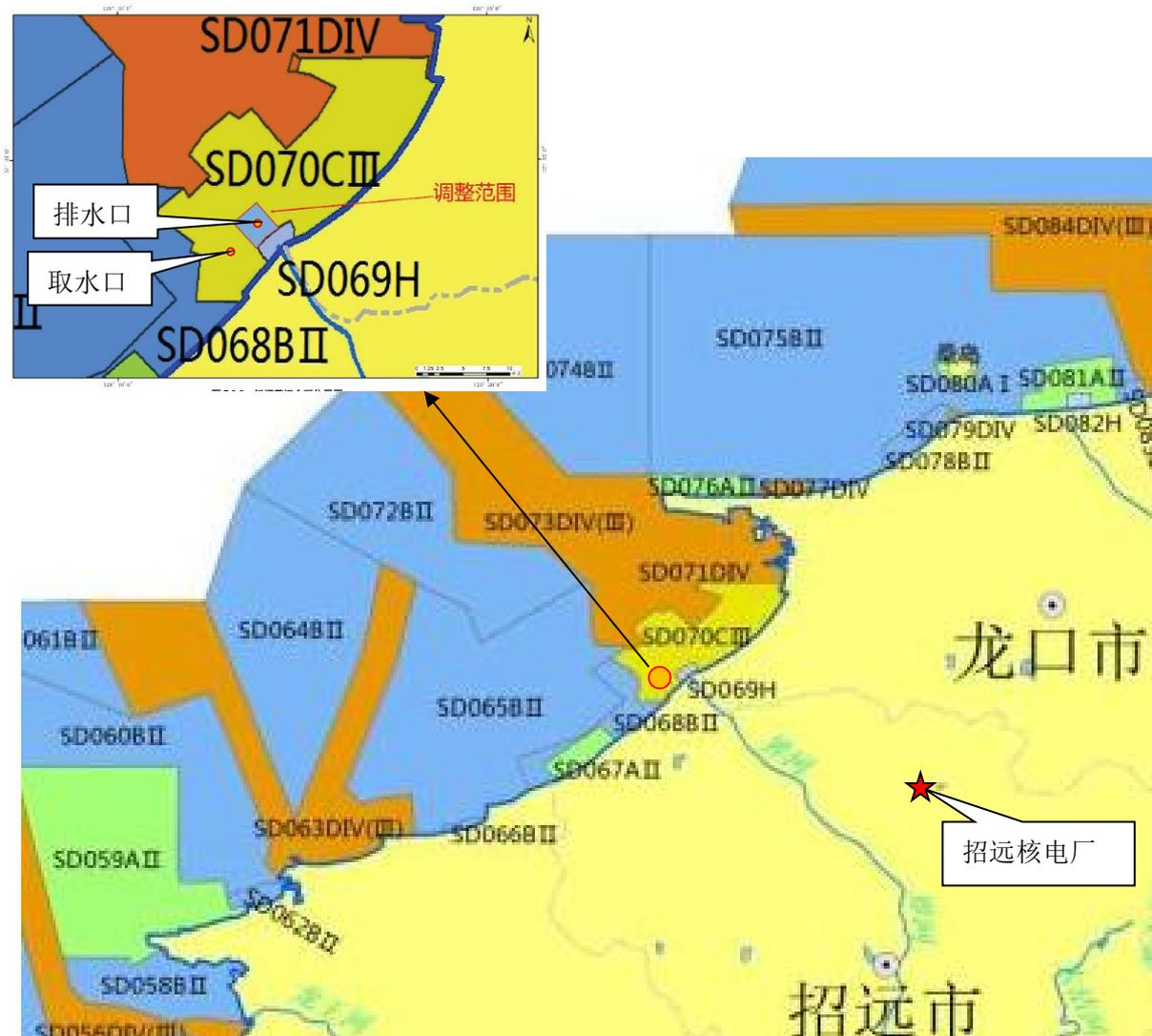


图 1.6-1 本项目取排水口附近海洋功能区图



图 1.6-2 本项目取排水口附近海洋空间功能布局图



● 规划取排水口区域

图 1.6-3 本项目附近近岸海域环境功能区划图

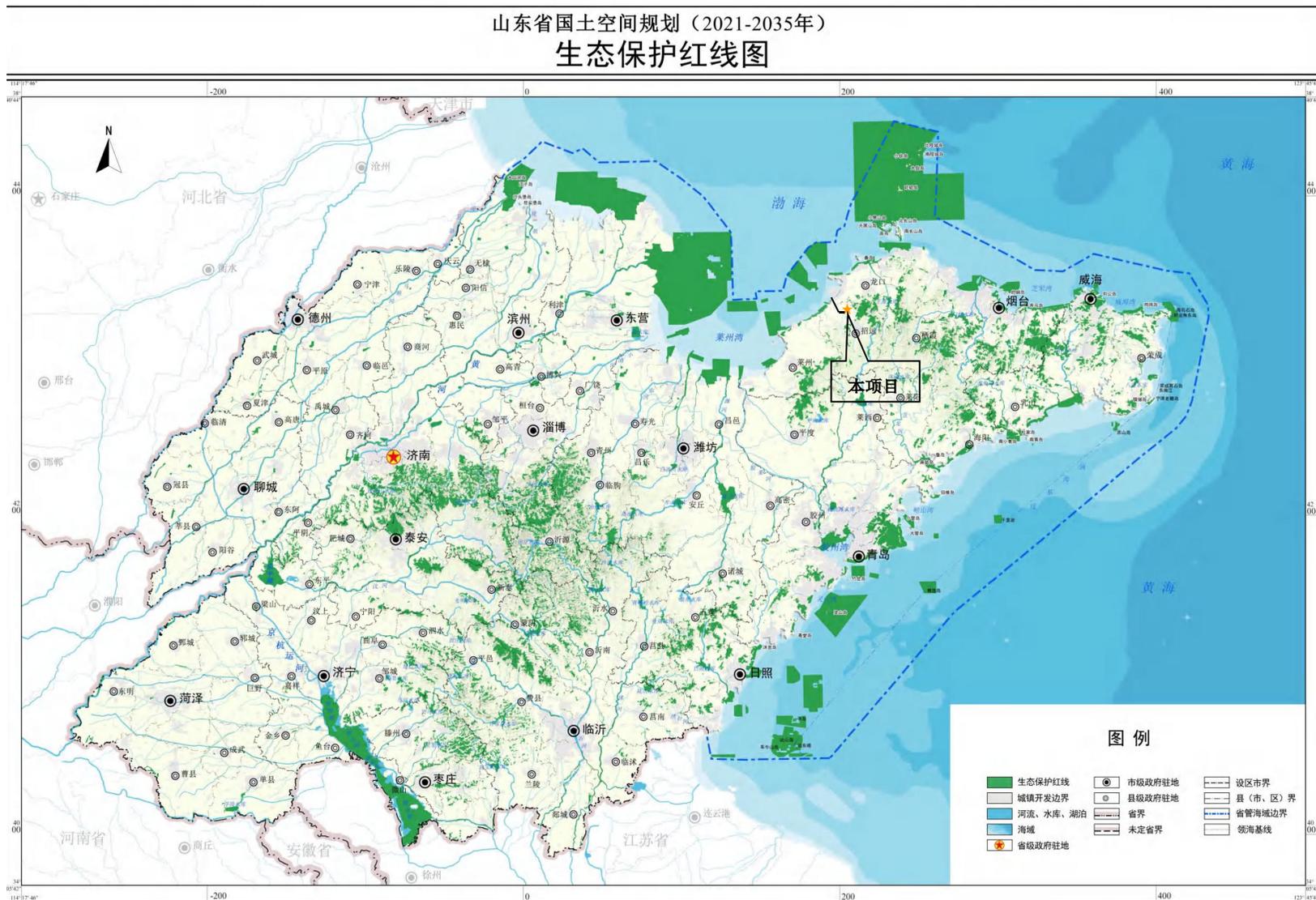


图 1.6-4 本项目附近生态保护红线分布图

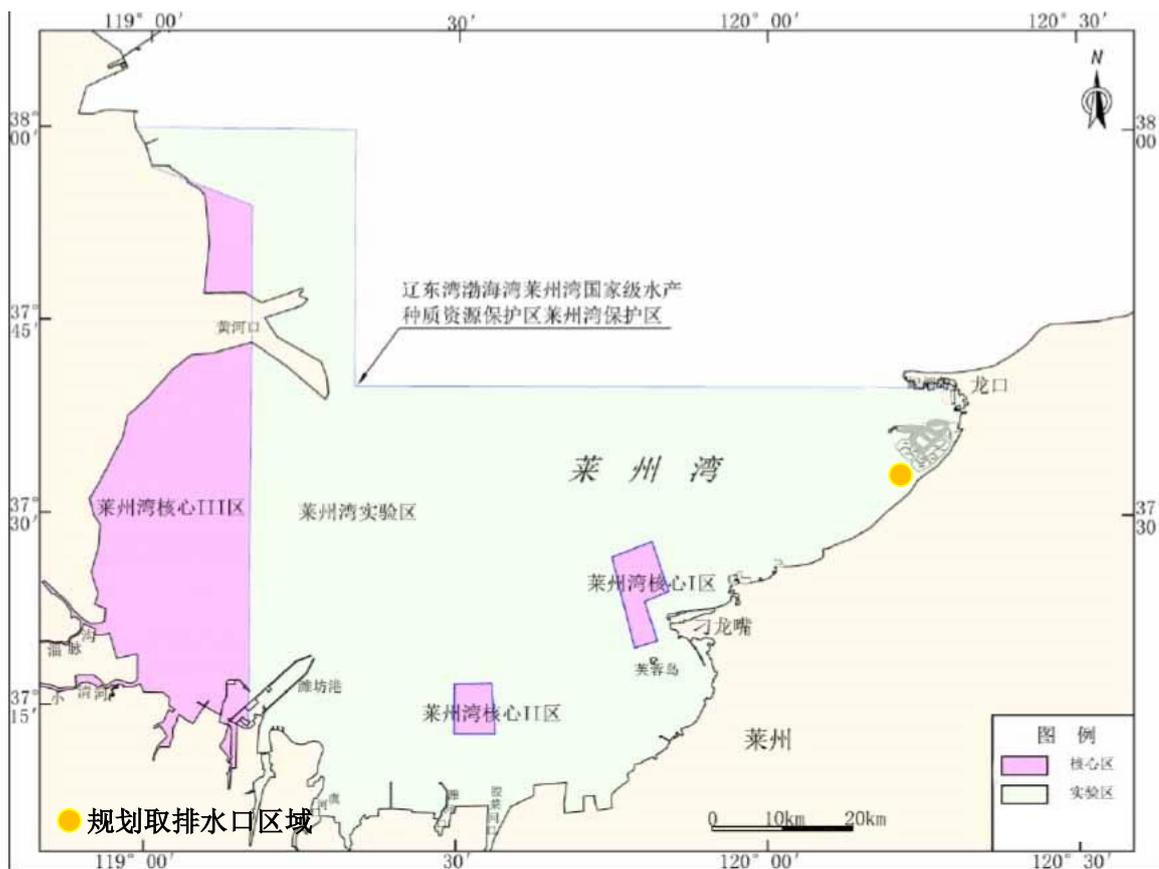


图 1.6-5 辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区莱州湾保护区示意图

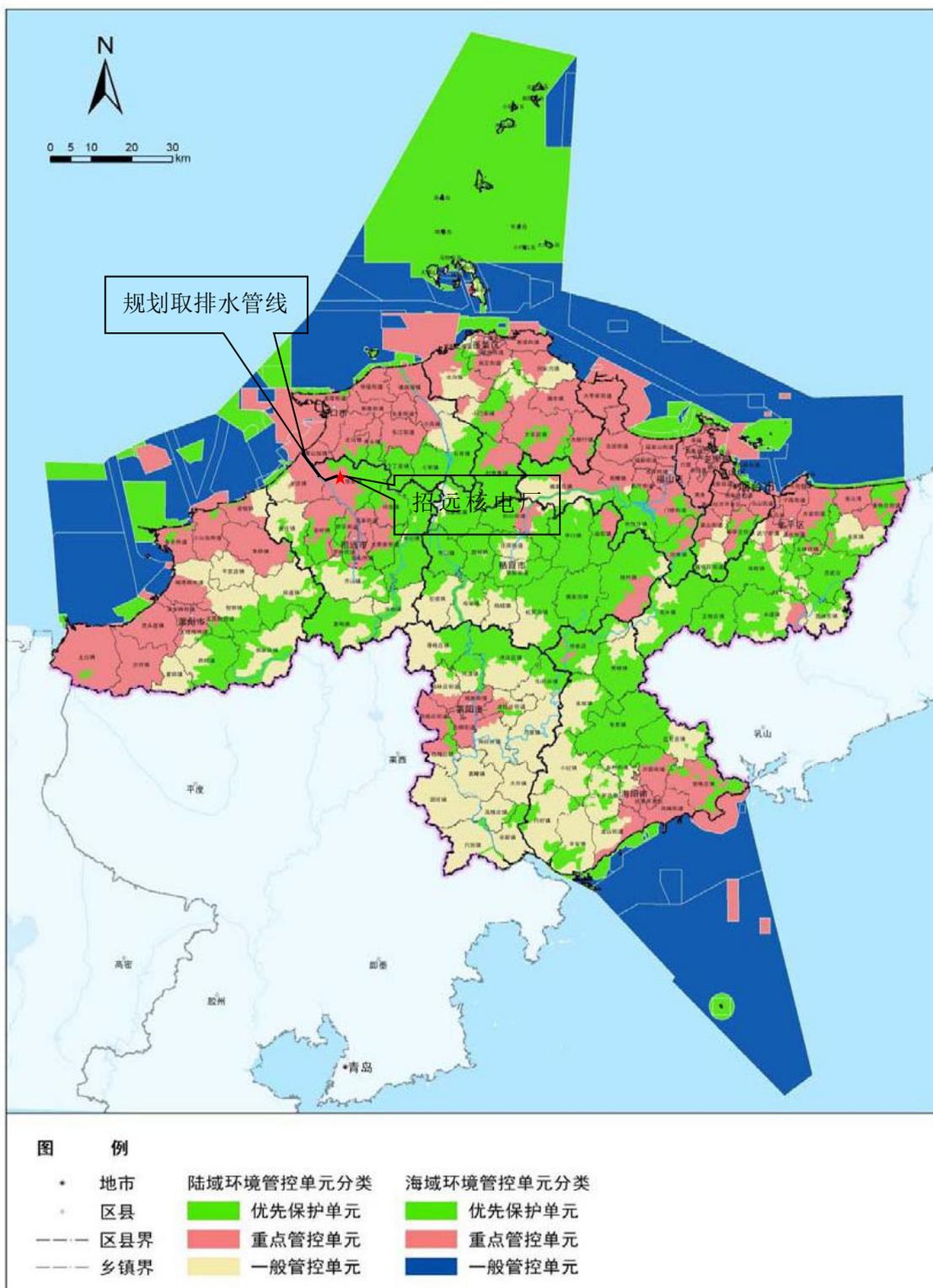


图 1.6-6 环境管控单元分类示意图

## 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

中广核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、季山东南侧的丘陵地带，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，西北距渤海岸边约 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。中广核山东招远核电厂一期工程永久用地面积为 153.65hm<sup>2</sup>。目前，本项目已获烟台市自然资源和规划局用地预审和选址意见书。

本项目申请用海总面积 21.7289hm<sup>2</sup>，主要包括建设透水构筑物、排水口、取水口、海底电缆管道、温排水用海。目前，本项目已获取自然资源部用海预审意见（自然资源办函〔2022〕2554 号）。

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。

目前，本项目拟建区域范围内主要为山地、农田。厂址非居住区范围内的虎龙斗村和附近的山前季家村正在由当地政府主导有序开展搬迁工作。

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》（GB 6249-2011）的要求，山东招远核电厂址周围还应设置半径不小于 5km 的规划限制区。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。根据《山东省人民政府关于划定山东招远核电厂规划限制区的批复》（鲁政字〔2022〕238 号），确定山东招远核电厂 6 台机组半径 5 公里（以每台机组反应堆为中心）为规划限制区。



图 2.1-1 厂址地理位置图

## 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

### 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

### 2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

## 2.2 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资料以及现场实地调查的资料（资料数据截止于 2019 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《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》（HJ 808-2016）要求，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<sup>2</sup>，低于山东省同期平均人口密度 637 人/km<sup>2</sup>，低于烟台市同期平均人口密度 475 人/km<sup>2</sup>，低于招远市同期平均人口密度 391 人/km<sup>2</sup>。

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搬迁计划，这两个村正在实施搬迁。在本项目正常运行时，距离本项目最近的村庄为 1 号机组 ESE 方位约 1.8km 的北栾家河村及 S 方位约 1.8km 的沟子村，分别有 1925 人及 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 1 号机组 ENE 方位约 2.0km 处；其次为张星镇丛家村，位于 1 号机组 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。根据当地卫健部门提供的流出人口资料，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、招远等地，主要从事务工经商，主要为长期居住，春节返乡。

厂址半径 5km 范围目前主要为农村地区，无大型旅游景点，也没有小型或其他旅游景点，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 范围内各行政村流入人口情况。

### 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，在本项目正常运行时，距离本项目最近的行政村为 1 号机组 ESE 方位约 1.8km 的北栾家河村及 S 方位约 1.8km 的沟子村。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<sup>2</sup>，低于山东省同期平均人口密度 637 人/km<sup>2</sup>，按陆域面积计算，评价区域内陆域人口密度为 517 人/km<sup>2</sup>，高于烟台市同期平均人口密度 475 人/km<sup>2</sup>，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；最大的千人以上集中居民点为龙港街道各居委会，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，其最近边界距 1 号反应堆 N 方位约 14km；其次为梦芝街道各社区，包括锦绣社区、玲珑社区、梦芝社区、瓦里社区、北岭社区、考家社区、龙馨社区，其最近边界位于厂址 SSE 方位，最近距离约 13.5km（距 1 号反应堆），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。根据招远市近年统计数据，张星镇及辛庄镇人口均没有大的机械增长，预计未来厂址半径 10km 范围内也不会有 10 万人以上人口中心。

同时，厂址 NW~NNW 方位约 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。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 5~15km 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，根据招远市卫生健康局提供的资料，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。

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 14km 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，这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）、龙口市芦头镇庵乔村（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地区。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

口市芦头镇庵乔村（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，年接待游客约 5 万人次。

### 2.2.1.3 厂址半径 10km 范围内公共设施

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。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。其中距离最近的张星镇敬老院。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，位于厂址 S 方位约 4.6km；其次为张星镇宋家学校，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<sup>2</sup>，低于山东省同期平均人口密度 637 人/km<sup>2</sup>，也低于烟台市同期的平均人口密度 475 人/km<sup>2</sup>。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<sup>2</sup>。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，人口较密集。

厂址半径 80km 范围内城镇人口超过 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梦芝街道集中居住区，包括 7 个社区，锦绣社区、玲珑社区、

梦芝社区、瓦里社区、北岭社区、考家社区、龙馨社区，其最近边界位于厂址 SSE 方位，最近距离约 13.5km，共有城镇人口 13712 人，其次为龙港街道集中居住区，包括和平居委会、红光居委会和央格庄居委会，其最近边界位于厂址 N 方位，最近距 1 号反应堆约 14km，共有城镇人口 56247 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十万人的人口中心方位、距离和人口数，图 2.2-4 给出厂址半径 80km 范围超过 10 万人的人口中心分布图。

### 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》（HAD 101/03-1987）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

根据《山东省人口发展中长期规划（2021-2030 年）》，山东省 2021—2025 年年均人口自然增长率在 3‰左右，2026~2030 年年均人口自然增长率在 2‰左右。根据山东省近年的统计年鉴，2018~2022 年山东省人口年增长率分别为 6.08‰、4.27‰、1.31‰、0.02‰、-0.93‰，说明山东省近年来人口增长率呈下降趋势。考虑到未来可能人口的流入变化，本报告根据山东省规划的增长率参考值，对于厂址评价范围内人口增长率在 2020—2025 年按 3‰，2026—2030 年按 2‰来进行人口预测是相对保守且合理的。同时，本报告对于山东省 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

本项目位于山东招远市，根据招远市发改委提供的人口预测相关内容，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。由此推算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‰。根据龙口市统计年鉴，2018~2022年人口增长率分别为-2.05‰、-0.81‰、-2.77‰、-5.06‰、-5.53‰，人口呈负增长趋势。由于目前龙口市政府部门没有长期人口预测资料，考虑到未来可能的政策变化，本报告对于2025年以后龙口市人口增长率保守采用山东省预测人口增长率数据。

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：

$$N = N_0 e^{rt}$$

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（‰）。

根据本项目的规划，机组设计寿期为60年。本报告计算1号机组投运当年以及寿期内每隔10年，厂址半径80km范围内的预期人口分布。

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4974167人、5088410人、5213017人、5336294人、5473557人、5609778人、5750184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和图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菜西市和平度市，表2.2-17给出烟台市、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(2~7 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，最大消费量根据厂址半径 5km 调查结果的平均值与最大值的比例得出。

同时，由于当地未统计城镇居民食物消费量情况，故烟台市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《婴幼儿辅食添加营养指南》（WS/T 678—2020）中的推荐数据，即婴儿在 6 个月前基本食入母乳；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（包括面粉、大米、小米、红薯、土豆等）：18.68kg；蔬菜：11.63kg；水果：8.26kg；蛋类：7.04kg；肉类（包括畜肉、禽类、鱼类及其动物内脏等）：6.59kg（其中肉类按照 1/3 计、鱼类按照 2/3 计）。婴儿食物消费量最大值根据膳食指南推荐范围中的最大值与平均值的大致比例推算得出（约 1.2 倍）。

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

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。

专题单位在 2021 年 7 月开展了调查，调查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，儿童为 21 份，青少年 36 份，成人 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及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。处于哺乳期的婴儿组主要以母乳和奶粉喂养为主，本报告考虑婴儿的全年食入量仍保守采用《婴幼儿辅食添加营养指南》（WS/T678—2020）中的推荐数据。

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；奶产品则主要来自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	上乔村	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	2.0	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	14.0	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
		欧家芥村	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	13.5	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	
			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
招远市张星中心卫生院	一级	招远市张星镇张东村	S	5
龙口市心理康复医院	一级	龙口市黄山馆镇隋家村	NW	7
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

表 2.2-6 厂址半径 10km 范围各敬老院情况

机构名称	地址
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)
招远市滨海老年公寓	招远市辛庄镇驻地 (厂址 W 方位 10.0km)
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)
龙港街道敬老院	龙口开发区政海路 (厂址 NNW 方位 10.0km)

表 2.2-7 厂址半径 10km 范围内学校概况

名称	位置
招远市辛庄镇东良幼儿园	招远市辛庄镇东良村（WNW 方位 9km）
招远市辛庄镇前康教学点	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	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	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	招远市金岭镇原疃村（S 方位 9.5km）
招远市张星镇张星学校	招远市张星镇张东村（S 方位 4.6km）
招远市张星镇宋家学校	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	招远市张星镇英里（SE 方位 5.5km）
招远市张星镇中心幼儿园	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	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	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	招远市张星镇从家村（ESE 方位 4.1km）
招远市张星镇年头宋家幼儿园	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	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	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	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	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	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	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	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	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	龙口市北马镇大陈家村（NNE 方位 8km）
龙口市镜心学校	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	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 范围内十万人以上人口中心

市	县	人口中心	方位	距离(km)	城镇人口数（人）
烟台市	开发区	福莱山街道	E	79.3	146215
	莱阳市	城厢街道	SSE	72.4	146890

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

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	638	1664	3318	105324	3560	0	0	0	0	0	114504
NNE	0	0	0	789	6248	45582	20055	0	0	1711	3364	0	77749
NE	0	0	1304	0	4855	37365	229953	96009	56974	150647	5915	0	583022
ENE	0	733	1709	0	3815	10188	52693	14872	102283	32286	81255	22401	322235
E	0	0	0	0	3252	9399	30882	22371	34989	51615	79402	240065	471975
ESE	0	1118	912	2384	2096	8794	46865	27569	194171	28144	33166	2929	348148
SE	0	0	673	2205	7192	30925	5365	20331	53157	21931	138401	93349	373529
SSE	0	0	594	1249	9667	155449	21158	35072	59656	77864	118028	618353	1097090
S	0	643	0	4562	12255	17453	37494	59901	20703	82987	67517	150364	453879
SSW	0	0	1442	1954	5860	20090	10037	46240	7605	85507	62416	38660	279811
SW	0	0	0	1128	7354	15777	65965	40597	64772	232255	100711	153331	681890
WSW	0	0	0	1522	2358	15482	37551	66999	58	0	0	0	123970
W	0	0	0	1765	5619	10057	0	0	0	0	0	0	17441
WN W	0	0	1077	0	7986	92	0	0	0	0	0	0	9155
NW	0	0	0	936	10089	0	0	0	0	0	0	0	11025
NNW	0	0	0	0	4652	2462	1630	0	0	0	0	0	8744
合计	0	2494	8349	20158	96616	484439	563208	429961	594368	764947	690175	1319452	4974167

表 2.2-11 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（十年）

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	666	1737	3385	107452	3632	0	0	0	0	0	116872
NNE	0	0	0	823	6374	46503	20460	0	0	1746	3432	0	79338
NE	0	0	1360	0	4953	38120	234598	97949	58125	153691	6035	0	594831
ENE	0	765	1783	0	3911	10394	53758	15173	104349	32938	82896	22854	328821
E	0	0	0	0	3393	9615	31506	22823	35695	52657	81006	244915	481610
ESE	0	1167	952	2487	2187	9154	48900	28126	198093	28713	33836	2988	356603
SE	0	0	702	2301	7505	32268	5598	20776	54230	22374	141197	95235	382186
SSE	0	0	620	1303	10086	162198	22077	36594	60861	79437	120413	630845	1124434
S	0	671	0	4760	12787	18211	39122	62502	21121	84664	68881	153401	466120
SSW	0	0	1504	2039	6114	20962	10473	47174	7759	87234	63677	39441	286377
SW	0	0	0	1176	7673	16462	67449	41417	66081	236947	102745	156428	696378
WSW	0	0	0	1588	2461	16154	38344	68353	60	0	0	0	126960
W	0	0	0	1841	5863	10494	0	0	0	0	0	0	18198
WN W	0	0	1124	0	8274	96	0	0	0	0	0	0	9494
NW	0	0	0	976	10292	0	0	0	0	0	0	0	11268
NNW	0	0	0	0	4746	2512	1662	0	0	0	0	0	8920
合计	0	2603	8711	21031	100004	500595	577579	440887	606374	780401	704118	1346107	5088410

表 2.2-12 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（二十年）

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	703	1833	3453	109623	3705	0	0	0	0	0	119317
NNE	0	0	0	869	6503	47442	20873	0	0	1781	3502	0	80970
NE	0	0	1436	0	5053	38890	239338	99927	59299	156795	6157	0	606895
ENE	0	807	1882	0	4021	10604	54843	15479	106457	33604	84571	23315	335583
E	0	0	0	0	3581	9850	32142	23284	36417	53721	82642	249863	491500
ESE	0	1231	1005	2625	2308	9628	51613	28694	202095	29293	34520	3048	366060
SE	0	0	741	2429	7921	34058	5908	21250	55326	22826	144050	97159	391668
SSE	0	0	654	1375	10646	171198	23302	38625	62091	81042	122845	643589	1155367
S	0	709	0	5024	13496	19221	41293	65970	21547	86374	70273	156500	480407
SSW	0	0	1588	2152	6453	22125	11054	48127	7916	88996	64964	40237	293612
SW	0	0	0	1242	8099	17375	69053	42254	67415	241734	104821	159588	711581
WSW	0	0	0	1676	2597	17050	39173	69733	61	0	0	0	130290
W	0	0	0	1943	6188	11076	0	0	0	0	0	0	19207
WN W	0	0	1186	0	8642	101	0	0	0	0	0	0	9929
NW	0	0	0	1030	10500	0	0	0	0	0	0	0	11530
NNW	0	0	0	0	4842	2563	1696	0	0	0	0	0	9101
合计	0	2747	9195	22198	104303	520804	593993	453343	618624	796166	718345	1373299	5213017

表 2.2-13 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（三十年）

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	738	1924	3516	111614	3773	0	0	0	0	0	121565
NNE	0	0	0	912	6621	48304	21252	0	0	1817	3572	0	82478
NE	0	0	1507	0	5145	39596	243685	101865	60497	159963	6281	0	618539
ENE	0	848	1976	0	4123	10796	55840	15761	108608	34283	86279	23786	342300
E	0	0	0	0	3758	10067	32726	23752	37152	54806	84312	254910	501483
ESE	0	1293	1055	2756	2423	10076	54183	29274	206178	29885	35217	3110	375450
SE	0	0	778	2550	8315	35754	6202	21727	56444	23287	146960	99122	401139
SSE	0	0	687	1444	11176	179723	24462	40548	63345	82679	125327	656590	1185981
S	0	744	0	5274	14168	20178	43349	69255	21983	88119	71692	159662	494424
SSW	0	0	1667	2260	6775	23227	11605	49099	8076	90794	66276	41050	300829
SW	0	0	0	1304	8502	18241	70661	43107	68777	246617	106939	162812	726960
WSW	0	0	0	1760	2727	17899	40012	71142	62	0	0	0	133602
W	0	0	0	2040	6496	11628	0	0	0	0	0	0	20164
WN W	0	0	1245	0	8990	106	0	0	0	0	0	0	10341
NW	0	0	0	1082	10691	0	0	0	0	0	0	0	11773
NNW	0	0	0	0	4930	2609	1727	0	0	0	0	0	9266
合计	0	2885	9653	23306	108356	539818	609477	465530	631122	812250	732855	1401042	5336294

表 2.2-14 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（四十年）

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	783	2042	3594	114096	3857	0	0	0	0	0	124372
NNE	0	0	0	968	6768	49379	21725	0	0	1854	3645	0	84339
NE	0	0	1599	0	5259	40477	249105	104006	61719	163194	6408	0	631767
ENE	0	899	2096	0	4252	11037	57082	16111	110802	34975	88022	24267	349543
E	0	0	0	0	3987	10340	33454	24234	37903	55913	86015	260060	511906
ESE	0	1372	1119	2925	2571	10654	57499	29865	210343	30488	35929	3172	385937
SE	0	0	826	2706	8824	37942	6582	22235	57584	23757	149928	101124	411508
SSE	0	0	729	1532	11860	190722	25959	43030	64625	84349	127859	669854	1220519
S	0	789	0	5597	15035	21413	46002	73493	22427	89899	73141	162887	510683
SSW	0	0	1769	2398	7189	24649	12315	50091	8239	92628	67615	41880	308773
SW	0	0	0	1383	9023	19357	72398	43978	70167	251599	109099	166101	743105
WSW	0	0	0	1867	2894	18995	40890	72579	63	0	0	0	137288
W	0	0	0	2165	6894	12339	0	0	0	0	0	0	21398
WN W	0	0	1321	0	9436	113	0	0	0	0	0	0	10870
NW	0	0	0	1148	10929	0	0	0	0	0	0	0	12077
NNW	0	0	0	0	5040	2667	1765	0	0	0	0	0	9472
合计	0	3060	10242	24731	113555	564180	628633	479622	643872	828656	747661	1429345	5473557

表 2.2-15 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（五十年）

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	826	2155	3667	116401	3934	0	0	0	0	0	126983
NNE	0	0	0	1022	6905	50376	22164	0	0	1891	3718	0	86076
NE	0	0	1688	0	5366	41295	254137	106107	62966	166491	6537	0	644587
ENE	0	949	2213	0	4373	11259	58235	16437	113040	35682	89800	24757	356745
E	0	0	0	0	4208	10597	34130	24724	38668	57043	87752	265313	522435
ESE	0	1448	1181	3087	2714	11208	60689	30469	214592	31104	36655	3237	396384
SE	0	0	871	2856	9314	40048	6947	22748	58747	24237	152957	103167	421892
SSE	0	0	769	1617	12518	201304	27399	45417	65930	86053	130441	683386	1254834
S	0	833	0	5907	15870	22601	48555	77571	22880	91715	74618	166178	526728
SSW	0	0	1867	2531	7588	26016	12998	51103	8405	94499	68981	42726	316714
SW	0	0	0	1460	9523	20431	74143	44867	71584	256682	111303	169457	759450
WSW	0	0	0	1971	3054	20048	41779	74045	65	0	0	0	140962
W	0	0	0	2285	7276	13024	0	0	0	0	0	0	22585
WNW	0	0	1395	0	9863	119	0	0	0	0	0	0	11377
NW	0	0	0	1212	11150	0	0	0	0	0	0	0	12362
NNW	0	0	0	0	5142	2721	1801	0	0	0	0	0	9664
合计	0	3230	10810	26103	118531	587448	646911	493488	656877	845397	762762	1458221	5609778

表 2.2-16 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（六十年）

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	872	2275	3741	118753	4014	0	0	0	0	0	129655
NNE	0	0	0	1078	7045	51394	22612	0	0	1929	3793	0	87851
NE	0	0	1782	0	5474	42129	259271	108250	64238	169854	6669	0	657667
ENE	0	1002	2336	0	4500	11487	59411	16769	115323	36402	91614	25257	364101
E	0	0	0	0	4441	10861	34819	25223	39450	58195	89525	270673	533187
ESE	0	1528	1247	3258	2865	11793	64057	31084	218927	31733	37395	3302	407189
SE	0	0	920	3015	9831	42270	7333	23275	59934	24727	156047	105251	432603
SSE	0	0	812	1707	13213	212474	28920	47937	67262	87792	133077	697192	1290386
S	0	879	0	6235	16750	23855	51249	81875	23342	93568	76126	169535	543414
SSW	0	0	1971	2671	8009	27460	13719	52135	8575	96408	70374	43589	324911
SW	0	0	0	1541	10052	21565	75940	45773	73030	261867	113551	172880	776199
WSW	0	0	0	2080	3224	21161	42690	75541	66	0	0	0	144762
W	0	0	0	2412	7680	13746	0	0	0	0	0	0	23838
WN W	0	0	1472	0	10312	125	0	0	0	0	0	0	11909
NW	0	0	0	1279	11375	0	0	0	0	0	0	0	12654
NNW	0	0	0	0	5245	2776	1837	0	0	0	0	0	9858
合计	0	3409	11412	27551	123757	611849	665872	507862	670147	862475	778171	1487679	5750184

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	成人	平均值	134.20	82.50	25.30	8.00	16.80	8.10	65.90	10.70	
			最大值	177.77	118.20	48.04	15.19	27.75	24.80	106.49	27.09	
		青少年	平均值	113.20	67.30	23.70	6.70	14.70	7.20	45.90	17.50	
			最大值	178.14	90.47	35.75	10.11	23.53	14.09	63.84	31.81	
		儿童	平均值	70.00	38.70	17.40	4.20	14.20	4.50	32.00	46.50	
			最大值	93.25	47.66	18.49	4.46	23.04	7.79	53.26	74.44	
		婴儿	平均值	18.68	11.63	2.20	0.55	7.04	4.39	8.26	300.00	
			最大值	22.42	13.96	2.64	0.66	8.45	5.27	9.91	360.00	
		城镇	成人	平均值	104.60	103.30	30.30	8.30	18.00	18.30	87.60	21.80
				最大值	138.56	148.00	57.54	15.76	29.73	56.04	141.56	55.19
			青少年	平均值	94.10	85.10	28.50	7.50	16.60	16.70	61.10	25.00
				最大值	148.09	114.40	42.99	11.31	26.57	32.68	84.98	45.44
	儿童		平均值	60.20	50.90	18.30	4.80	19.20	11.90	42.50	40.40	
			最大值	80.19	62.68	19.45	5.10	31.15	20.60	70.73	64.68	
婴儿	平均值		18.68	11.63	2.20	0.55	7.04	4.39	8.26	300.00		
	最大值		22.42	13.96	2.64	0.66	8.45	5.27	9.91	360.00		
烟台市	农村	成人	平均值	126.10	73.39	23.69	7.15	16.08	19.11	59.56	13.35	
			最大值	167.04	105.15	44.99	13.58	26.56	58.52	96.24	33.80	
		青少年	平均值	106.30	59.90	22.20	6.00	14.10	16.90	41.50	21.80	
			最大值	167.28	80.52	33.48	9.05	22.57	33.07	57.72	39.63	
		儿童	平均值	65.70	34.40	16.30	3.70	13.60	10.60	28.90	58.00	
			最大值	87.52	42.36	17.32	3.93	22.06	18.35	48.10	92.85	
		婴儿	平均值	18.68	11.63	2.20	0.55	7.04	4.39	8.26	300.00	

			最大值	22.42	13.96	2.64	0.66	8.45	5.27	9.91	360.00
	城镇	成人	平均值	104.60	103.30	30.30	8.30	18.00	18.30	87.60	21.80
			最大值	138.56	148.00	57.54	15.76	29.73	56.04	141.56	55.19
		青少年	平均值	94.10	85.10	28.50	7.50	16.60	16.70	61.10	25.00
			最大值	148.09	114.40	42.99	11.31	26.57	32.68	84.98	45.44
		儿童	平均值	60.20	50.90	18.30	4.80	19.20	11.90	42.50	40.40
			最大值	80.19	62.68	19.45	5.10	31.15	20.60	70.73	64.68
		婴儿	平均值	18.68	11.63	2.20	0.55	7.04	4.39	8.26	300.00
			最大值	22.42	13.96	2.64	0.66	8.45	5.27	9.91	360.00

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（单位：kg/a）

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/a）

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

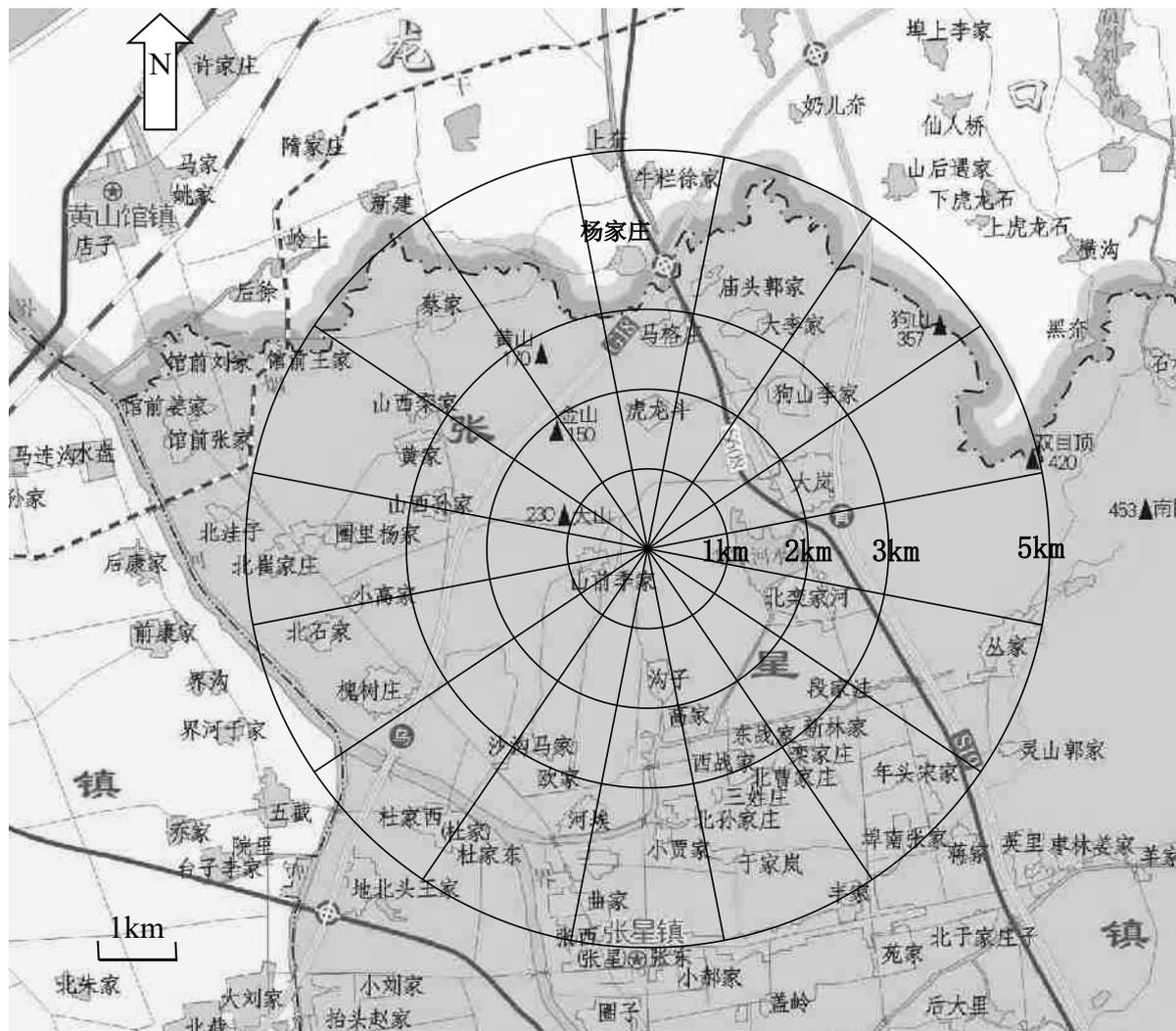


图 2.2-1 厂址半径 5km 范围内居民点分布图

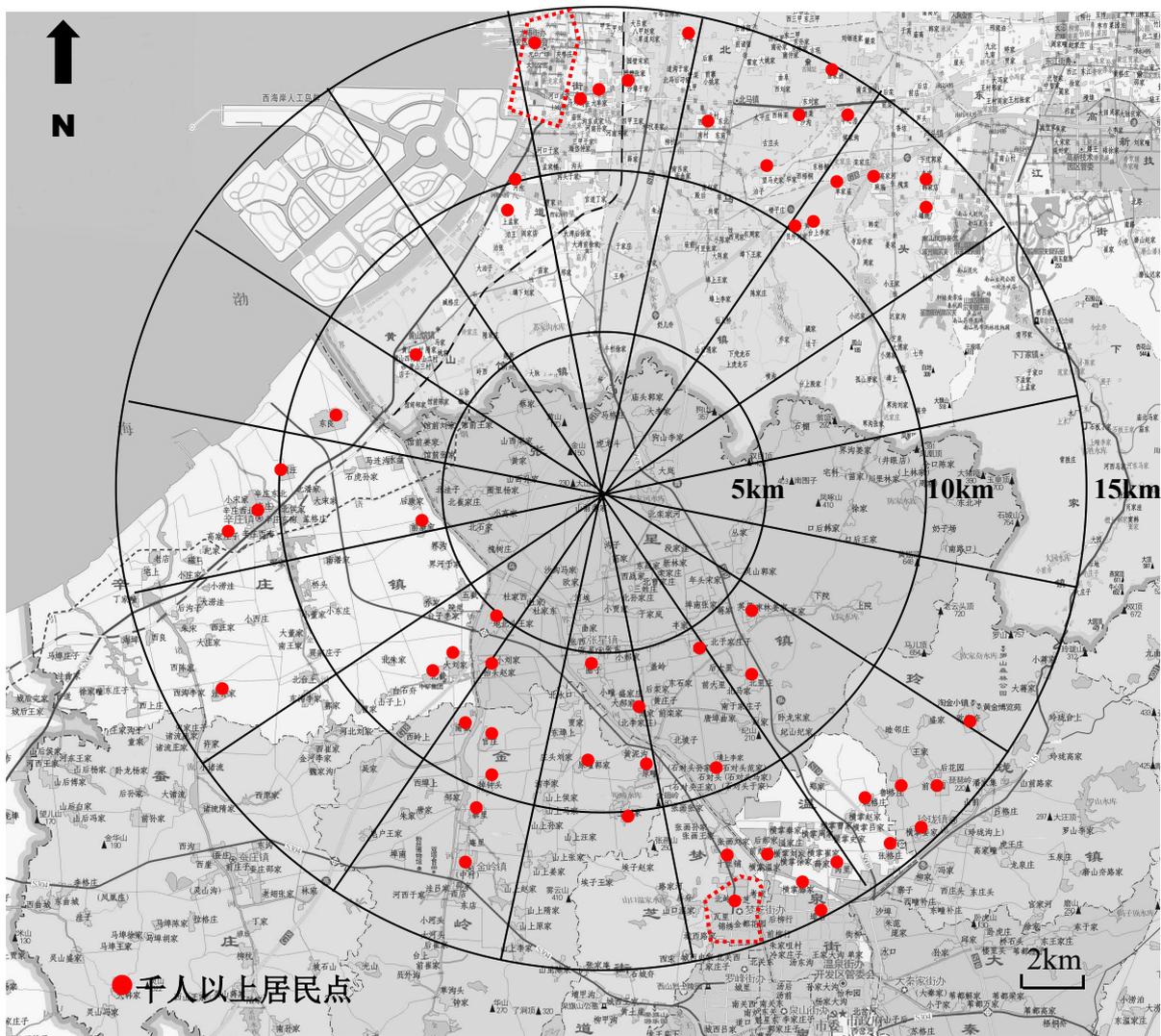


图 2.2-2 厂址半径 5~15km 范围内千人以上居民点分布图

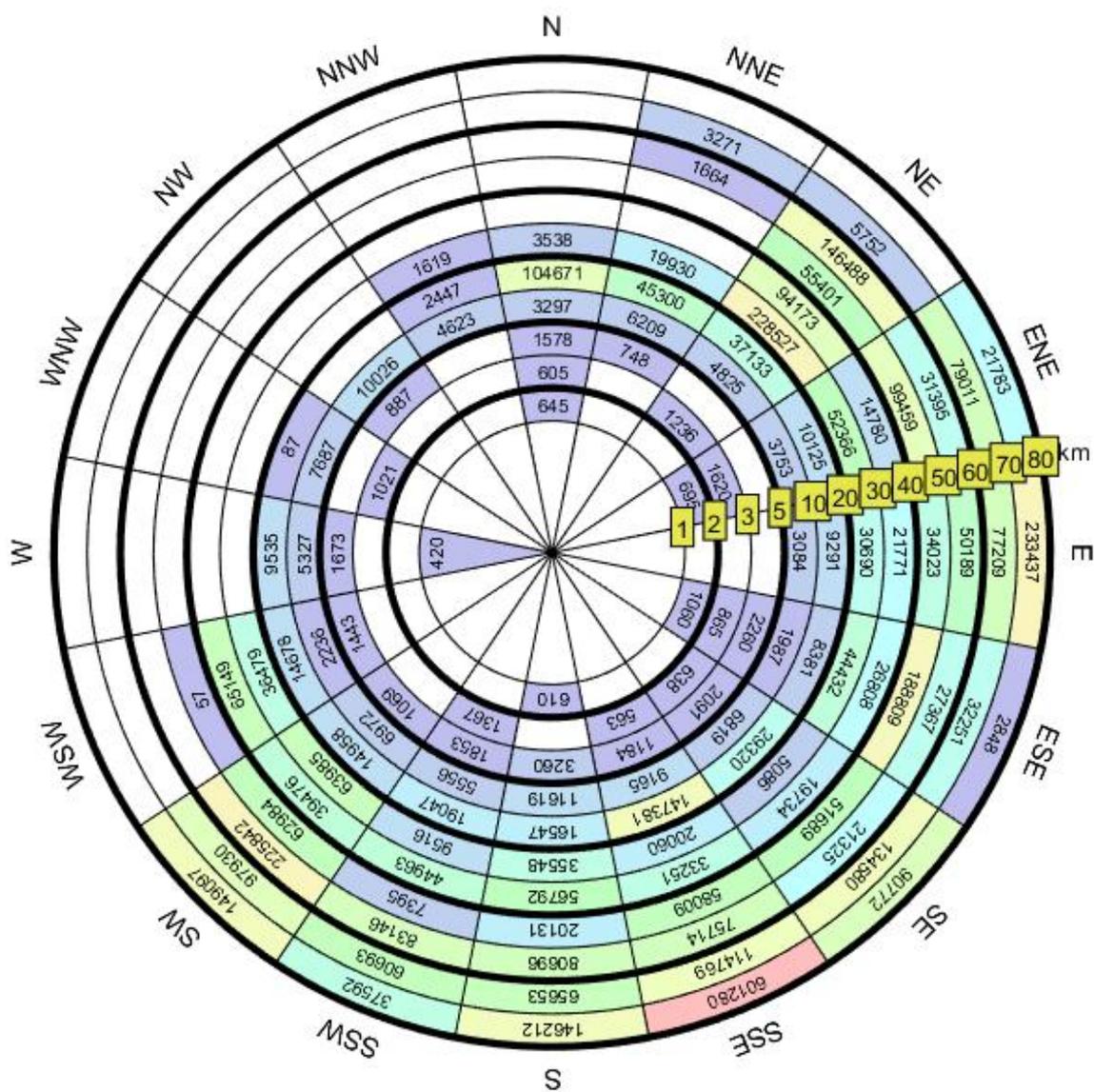


图 2.2-3 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2019 年）

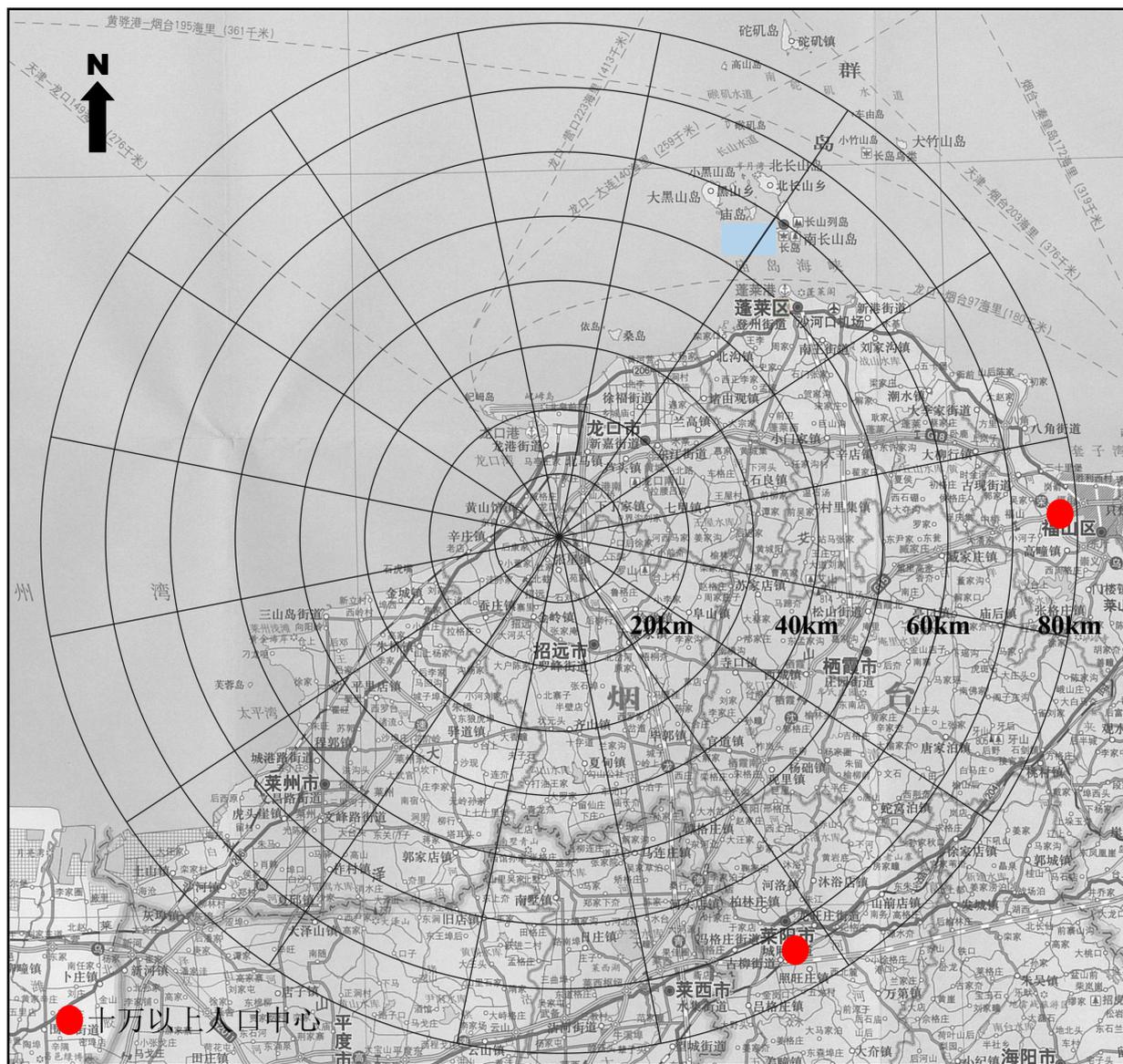


图 2.2-4 厂址半径 80km 范围内十万人以上人口中心分布图

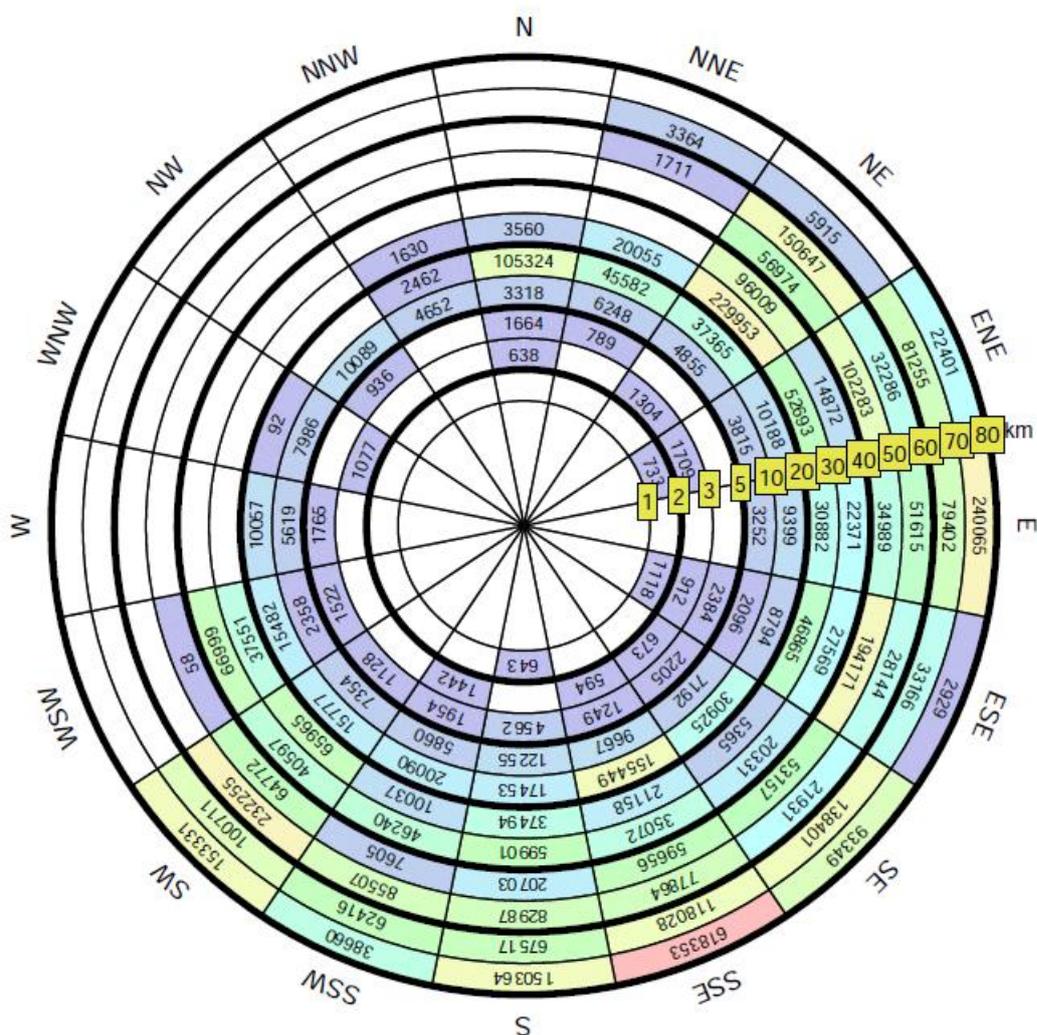


图 2.2-5 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（运行首年）

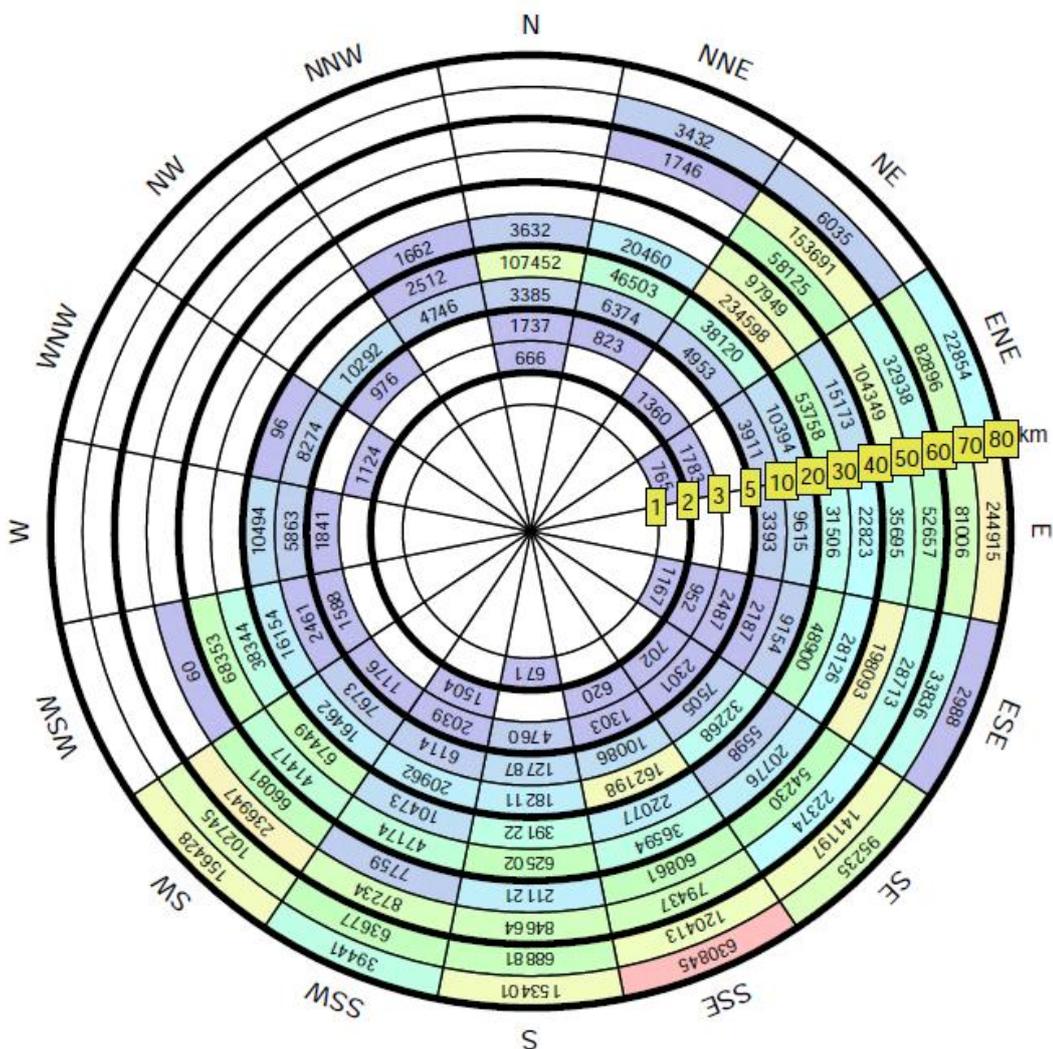


图 2.2-6 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（十年）

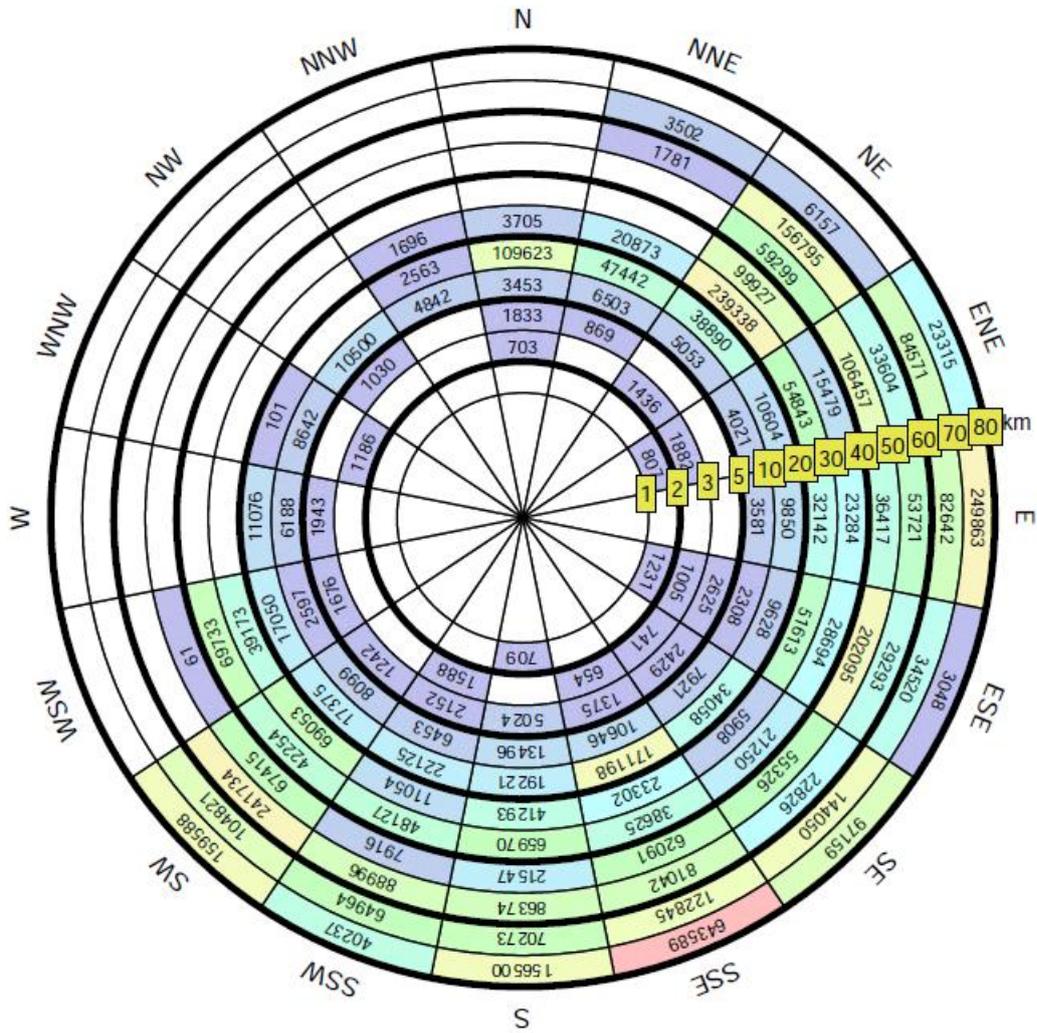


图 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（二十年）

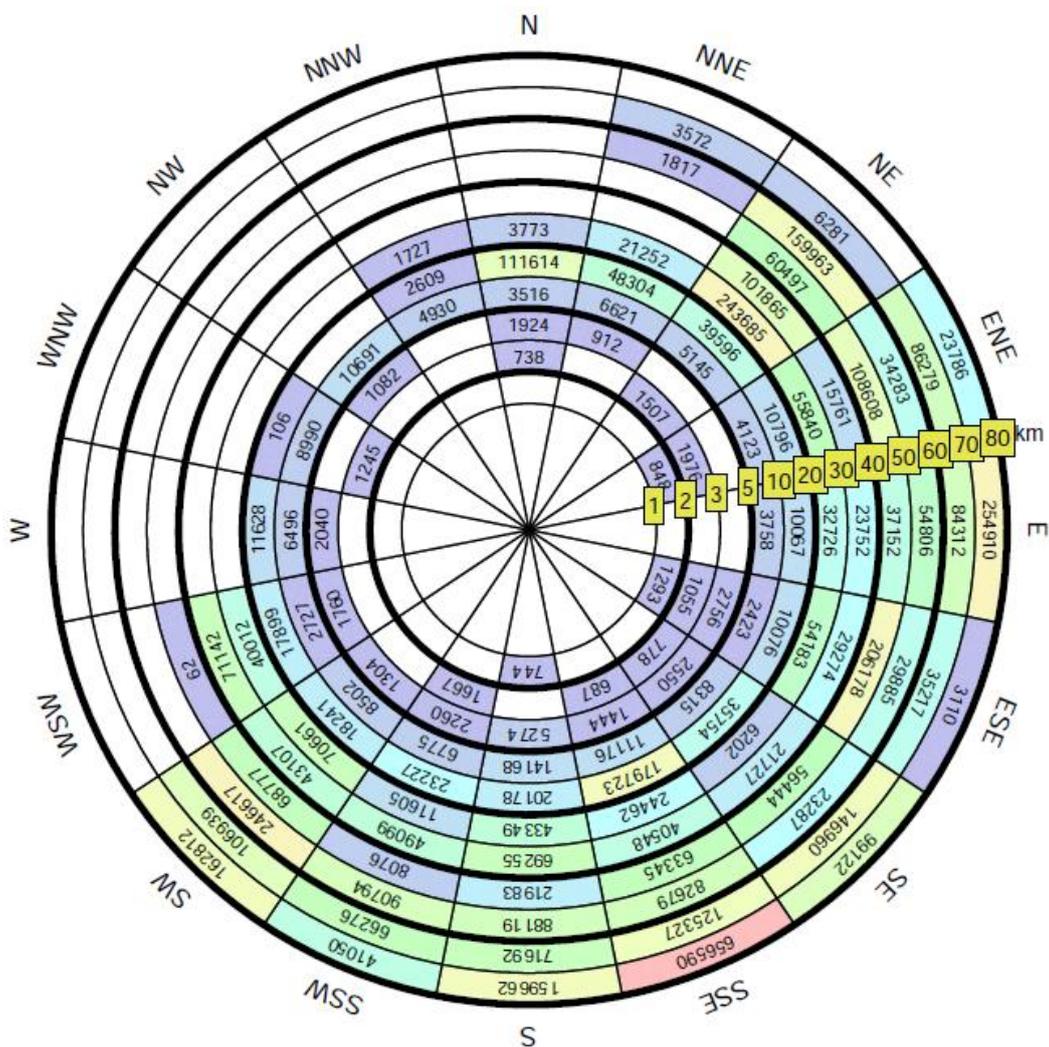


图 2.2-8 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（三十年）

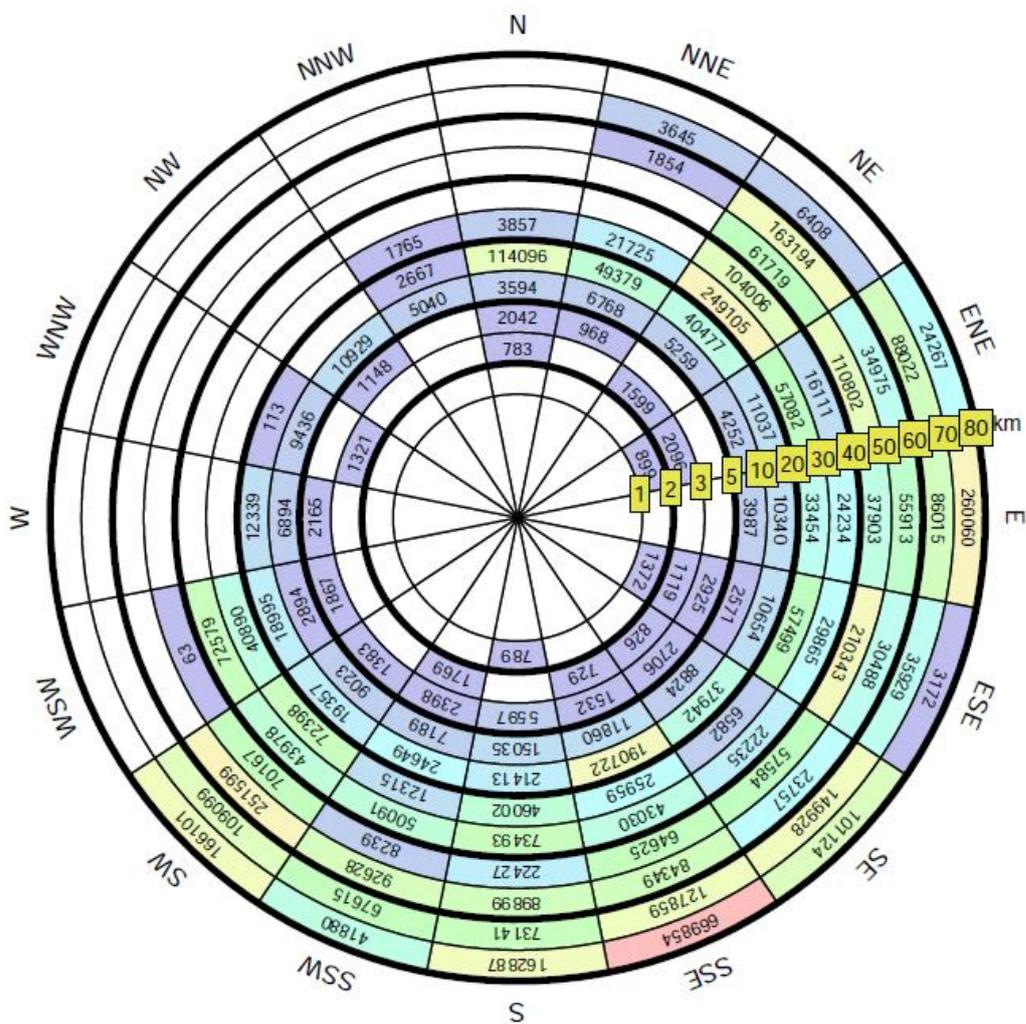


图 2.2-9 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（四十年）

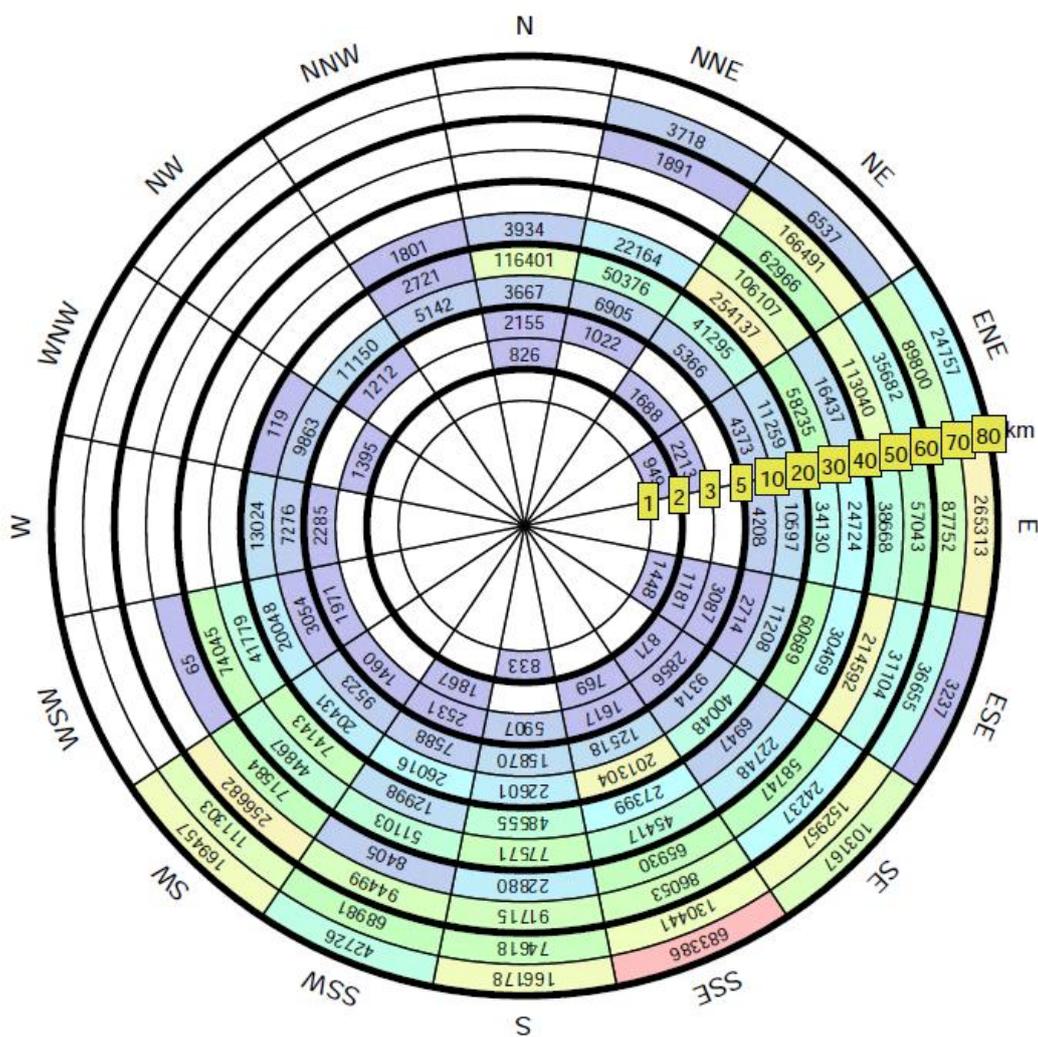


图 2.2-10 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（五十年）

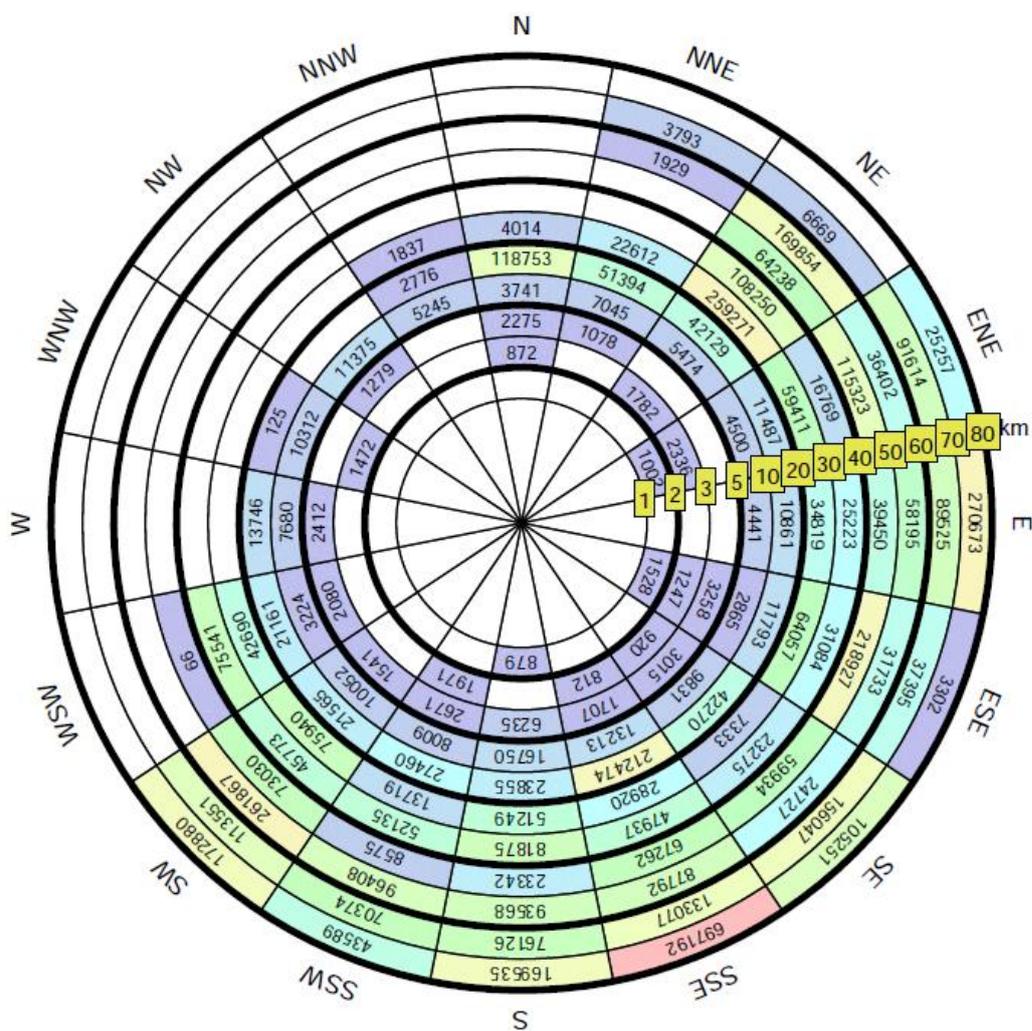


图 2.2-11 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（六十年）

- 2.3 土地利用及资源概况
  - 2.3.1 土地和水体的利用
  - 2.3.2 陆生资源及生态概况
  - 2.3.3 水产资源及水生态概况
  - 2.3.4 工业、交通及其它相关设施

## 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，厂址及附近区域土地利用现状为：

##### ➤ 厂址半径 10km 范围

厂址半径 10km 范围内现状居民地约为 63.31km<sup>2</sup>、林地为 95.86km<sup>2</sup>、水体为 20.93km<sup>2</sup>、耕地为 117.97km<sup>2</sup>、道路为 16.56km<sup>2</sup>、未利用地为 0.21km<sup>2</sup>。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<sup>2</sup>、117.78 km<sup>2</sup>、0.21km<sup>2</sup>，其余区域为村庄、道路、水面等，占 100.3km<sup>2</sup>。

##### ➤ 厂址半径 5km 范围

厂址半径 5km 范围内主要涉及旱地、水库、城镇和村庄建设用地、水浇地、林地、地表河流、裸地、采矿用地，其中以旱地占比最多，其次为水浇地。厂址半径 1km 范围内主要为旱地，还涉及部分林地、水库、其他园地。

##### ➤ 取排水管线周边用地现状情况

取排水管线周边主要涉及旱地、水浇地、公路、铁路、园地、建筑用地等，本项目取排水管线为地下工程，埋地深度在 2m 左右，除管线配套设施（连接阀门井、疏水阀门井、排气阀门井等）占用少量土地外，管线主体部分在施工完成后，地表将回填恢复。

##### ➤ 本项目拟占土地利用规划情况为：

根据山东省及烟台市国土空间规划中的“三区三线”划定成果，本项目拟占地涉及部分基本农田。

##### ➤ 本项目目前已办理的用地手续情况为：

山东招远核电厂一期工程已于 2023 年 2 月获得了自然资源部用地预审意见，明确项目用地符合规定，原则同意通过用地预审，用地预审意见中包括了基本农田。同时，本项目也获得了烟台市自然资源和规划局核发的建设项目用地预审及选址意见书。

综上所述，本项目的用地手续符合国家相关法律法规要求。

由于本项目土建工程尚未正式开工，厂址区域土地利用现状相对上阶段没有发生变化。

### 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<sup>2</sup>，总库容 10084 万 m<sup>3</sup>，兴利库容 4225 万 m<sup>3</sup>；小（一）型水库 30 座，净控制流域面积 191.96km<sup>2</sup>，总库容 7384.6 万 m<sup>3</sup>，兴利库容 4864.1 万 m<sup>3</sup>；小（二）型水库 192 座，净控制流域面积 222.19km<sup>2</sup>，总库容 4741.5 万 m<sup>3</sup>，兴利库容 3073.96 万 m<sup>3</sup>；塘坝 1128 座，净控制流域面积 129.25km<sup>2</sup>，总库容 4064.31 万 m<sup>3</sup>，有效库容 3056.55 万 m<sup>3</sup>。

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<sup>3</sup>，兴利库容 1.24 亿 m<sup>3</sup>，其中大中型水库兴利库容 0.91 亿 m<sup>3</sup>，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 齐山镇铁奁村西的尖尖山西麓，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<sup>2</sup>，占全市总面积的 40.25%，每年丰水期最大径流量为 600m<sup>3</sup>/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<sup>2</sup>。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，其他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》，界河全年断流在 5 个月左右，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、上乔村，在上乔村北流出测区，从河抱村西北注入渤海湾。全长 15km，流域面积约 77.0km<sup>2</sup>。
- **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 116.0km<sup>2</sup>。
- **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 174.4km<sup>2</sup>。
- **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<sup>2</sup>。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 m<sup>3</sup>/d，最大供水能力 7.0 万 m<sup>3</sup>/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 km<sup>2</sup>，是一座以防洪、灌溉、供水为主的中型水库。总库容 1325 万 m<sup>3</sup>，兴利库容 607.5 万 m<sup>3</sup>，死库容 87.5 万 m<sup>3</sup>，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<sup>2</sup>，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<sup>3</sup>，兴利库容 1283 万 m<sup>3</sup>，防洪库容 369 万 m<sup>3</sup>，死库容 73 万 m<sup>3</sup>。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<sup>2</sup>，总库容 304 万 m<sup>3</sup>，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<sup>2</sup>，总库容 483 万 m<sup>3</sup>，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<sup>3</sup>；远期以长江水为水源，设计年调水量 3.83 亿 m<sup>3</sup>。

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<sup>3</sup>，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。

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 3 月），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。图 2.3-3 给出招远市城乡供水一体化工程规划示意图。图 2.3-4 给出龙口市城乡一体化供水规划工程示意图。

#### 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 228 个，生活用水取水口 25 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 2.5~58m。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；在取排水管线周边地下水下游方向，距离取排水管线最近的生活用水取水口是位于管线南侧约 310m 处的圈里杨家村自来水井。

龙口市域地下水年均供水量为 7612 万  $m^3$ /年，其中 3102 万  $m^3$ /年为集中地下水源地，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 20-80m 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。

由于本项目土建工程尚未正式开工，厂址周边水体利用现状相对上阶段没有发生变化。

#### 2.3.1.2.3 海洋功能区和近岸海域环境功能区划

##### 1) 海洋功能区

《山东省国土空间规划（2021—2035 年）》中对海洋生态空间实行分级管控，海洋生态保护红线按照正面清单进行管理，其他海洋生态空间加强对自然岸线、水动力环境、海水质量、地形地貌和底质的监测评估，限制影响生态功能的人为活动。海域开发利用空间细化规划分区，明确分区功能用途、用海方式、生态保护、整治修复等方面的管理要求，合理控制开发规模和强度，严格限制对海洋生态环境、海洋生物繁殖生长有较大影响的开发利用活动。推动海域空间分层确权、立体利用。严格管控围

填海活动，除国家重大项目外，全面禁止围填海，妥善处置围填海历史遗留问题，严格限制围填海用于房地产开发、低水平重复建设的旅游休闲娱乐项目及污染海洋生态环境的项目。海洋预留区在规划期内原则上限制开发，确需开发利用的应严格论证和科学规划。

根据《山东省国土空间规划（2021—2035年）》，本项目取排水口区域为工矿通信用海，在取排水口西侧有部分渔业用海。同时，从海洋空间功能布局来看，本项目取排水口区域为海洋开发利用空间，排水口距离最近的海域生态空间约3.8km，取水口距离最近的海域生态空间约2.4km。

本项目的建设及运行期取、排水不会影响周边海域生态空间，从用海功能来看，本项目用海总体符合山东省国土空间规划相关要求。

本项目取排水口附近的海洋功能区情况见图1.6-1及海洋空间功能布局情况见图1.6-2。

## 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”。

根据《山东省生态环境厅关于调整中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划的函》（鲁环函〔2023〕29号），本项目拟建排水口位于混合区内，混合区内不设水质管控目标。

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 生态保护红线及生态环境分区管控方案

#### 1) 生态保护红线

根据《山东省国土空间规划（2021—2035年）》，将生态功能极重要、生态极敏感脆弱的黄河三角洲、南四湖、鲁中南山地丘陵、鲁东低山丘陵等重点区域划入生态保护红线，总面积不低于2.06万平方千米。陆域生态保护红线分为生物多样性维护、水源涵养、水土保持、防风固沙4种生态功能类型，面积不低于1.11万平方千米。将各类海洋自然保护地、滨海湿地、砂质岸线及邻近海域、重要河口、滩涂及浅海生态

系统、特殊保护海岛等划入海洋生态保护红线，面积不低于 0.95 万平方千米。纳入生态保护红线实施清单管理的无居民海岛 414 个，占全省管辖无居民海岛数量的 75%。

生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动；自然保护地核心保护区外禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行。除允许的有限人为活动之外，确需占用生态保护红线的国家重大项目，按规定办理用地用海用岛审批。妥善处理生态保护红线内需逐步有序退出的矿业权、人工商品林等历史遗留问题，零星分布的已有水电、风电、光伏、海洋能设施，按照相关法律法规规定进行管理，严禁扩大现有规模与范围，项目到期后由建设单位负责做好生态修复。

根据烟台市国土空间规划中的“三区三线”划定成果，本项目主体工程及配套取排水管线均不占用生态保护红线区。表 2.3-3 给出本项目与周边生态保护红线相对位置关系。本项目附近陆域部分生态保护红线名称均为胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线，红线类型为生物多样性维护。其中，1 号反应堆距离胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线最近为 E 方位约 2.5km，1 号冷却塔距离胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线最近为 E 方位约 2.7km。取排水管线陆域部分距离辛庄镇沿海的胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线最近约 SW 方位约 0.3km，保护对象为沿海防护林，主要包括黑松、刺槐、棉槐、白蜡等抗风固沙类树种。

本项目取排水口附近的海洋生态保护红线为招远海岸防护物理防护极重要区生态保护红线，最近距离排水口 SW 方位约 3.8km，红线类型为海岸防护物理防护极重要区，该区域为招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的海域部分，具体保护对象及管理要求详见下文 2.3.1.4 节对于招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的描述。

## 2) 生态环境分区管控方案

根据烟台市人民政府 2021 年发布的《烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案》（烟政发〔2021〕7 号）及 2022 年发布的修改单，烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案情况如下：

### ➤ 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<sup>2</sup>，海洋生态保护红线面积不低于 3551.57km<sup>2</sup>；除生态保护红线外的一般生态空间面积不低于 1983.02km<sup>2</sup>。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区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，市区环境空气质量稳定达到国家二级标准，市区空气质量优良天数比率达到 88.8%，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 93%左右，污染地块安全利用率达到 95%以上，近岸海域水质优良面积比例达到 96.2%（以省下达最终目标为准）。

本项目各类污染物不随意排放，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，其中厂址区域位于张星镇重点管控单元，海水取排水管线陆域部分涉及张星镇重点管控单元及辛庄镇重点管控单元，烟台市对于重点管控单元的总管控要求为：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。

烟台市陆域环境管控单元总管控要求见表 2.3-4。本项目所处陆域重点管控单元及厂址半径 10km 范围内的优先保护单元的具体管控要求及符合性分析见表 2.3-5。

#### ➤ 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，总管控要求为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。本项目取排水口所处海域为海域开发利用空间，符合海洋空间开发利用要求；本项目排水口位于混合区内，温排水及低放射性流出物排放符合相关标准要求，不会对海域环境质量造成明显影响，因此，本项目取排水口的设置总体上符合烟台市海域重点管控单元的管控要求。

同时，距离本项目排水口最近的海域优先保护单元（SW 3.8km）为辛庄镇优先保护单元中的山东砂质黄金海岸国家海洋自然公园，管控要求执行《海洋特别保护区管理办法》要求，具体保护对象及相关要求详见 2.3.1.4 节中对于招远砂质黄金海岸国家级海洋公园的相关描述。烟台市海域环境管控单元总管控要求见表 2.3-6。

根据相关管控要求相符性分析，本项目的建设及运行符合生态环境分区管控相关要求。

### ► 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。与本项目相关的准入清单要求及符合性分析见表 2.3-7。本项目的建设总体符合烟台市市级生态环境准入清单的要求。

#### 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瓢山自然保护区。

##### 一 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<sup>2</sup>，其中核心区面积 3287.7hm<sup>2</sup>、缓冲区 3198.3hm<sup>2</sup>、实验区 2993.6hm<sup>2</sup>。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<sup>2</sup>，占保护区总面积的 34.7%。其中：罗山核心区 2417.8hm<sup>2</sup>，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<sup>2</sup>，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<sup>2</sup>，占保护区总面积的 33.7%。其中：罗山缓冲区 1398.2hm<sup>2</sup>，青山顶缓冲区 1800.1hm<sup>2</sup>。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<sup>2</sup>，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<sup>2</sup>，实验区面积为 566.98hm<sup>2</sup>，缓冲区的面积为 706.26hm<sup>2</sup>。

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、野大豆，保护区内列入“濒危野生动植物种国际贸易公约”的植物有兰科植物 4 属、4 种。

#### 一 龙口大瓢山自然保护区

龙口大瓢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瓢山省级自然保护区，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。

龙口大瓢山自然保护区总面积 2326 hm<sup>2</sup>，其中核心区面积 613.5 hm<sup>2</sup>，缓冲区面积 713.2hm<sup>2</sup>，实验区面积 999.3hm<sup>2</sup>，其中，有部分实验区在厂址 10km 范围内，面积约 69hm<sup>2</sup>。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瓢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 2.3-8。

## （2）水域自然保护区

本项目厂址排水口半径 15km 范围内涉及的海域自然保护区为招远砂质黄金海岸国家级海洋公园、招远砂质海岸海洋特别保护区、莱州湾国家级水产种质资源保护区。

### 一 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园

招远砂质黄金海岸国家级海洋公园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<sup>2</sup>，其中重点保护区 816.08hm<sup>2</sup>，生态与资源恢复区 970.24hm<sup>2</sup>，适度利用区 913.62hm<sup>2</sup>。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。

本项目排水管线陆域部分距离招远砂质黄金海岸国家级海洋公园适度利用区约 0.3km（SW 方位），距离生态与资源恢复区约 6km（SW 方位），距离重点保护区约 7km（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 2km，距离生态与资源恢复区约 6km，距离重点保护区约 7km。

本项目取排水口与招远砂质黄金海岸国家级海洋公园位置关系见图 2.3-6。

### 一 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<sup>2</sup>。保护对象：砂质岸线及海洋生态系统。

本项目陆域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位置见图 2.3-6。

### 一 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<sup>2</sup>，其中核心区面积 1710km<sup>2</sup>，实验区面积为 5414km<sup>2</sup>。本项目取排水口位于实验区内。

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，本项目取排水半径 15km 涉及莱州湾国家级水产种质资源保护区实验区。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。

建设单位委托专业机构编制了《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》（以下简称“专题报告”），农业农村部渔业渔政管理局出具了对于专题报告的意见（农渔资环便〔2022〕169 号），原则同意专题报告的主要结论及渔业资源保护和补偿措施。专题报告综合评价结论为：在实施了渔业资源和渔业生态环境修复的前提下，本工程对渔业生态环境和渔业资源的影响是可以接受的。

### （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 9.4km），为明代古建筑遗址。

厂址附近文物保护单位情况详见表 2.3-9。

### （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、大瓢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<sup>2</sup>，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、乔上艺术区等景点。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 15km，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。

#### ——龙口市芦头镇庵柞村（大飘山森林公园）

庵柞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。庵柞村拥有独特的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。庵柞村是抗日战争时期贡献卓越的革命老区。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、古栎树、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、茺荻等；瓜类有黄瓜、茭瓜、冬瓜等；茄果类有番茄、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 2.3-10 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，主要生产黄瓜、番茄、辣椒、茄子、白菜、苹果、火龙果和葡萄等。

根据本项目陆域生态调查专题成果，厂址内共有植物 75 种，27 科 67 属，其中裸子植物 1 种（黑松），1 科 1 属；被子植物 74 种，26 科 66 属，无珍稀濒危和地方特色物种。其中包括地瓜、落花生、玉蜀黍（玉米）等农作物（调查时间小麦已收获），板栗、胡桃、花椒、君迁子、柿、桃等果树或经济树木。其余的为野生植物或栽培的材用植物。冷却塔半径 1km 范围内共有植物 110 种，41 科 96 属，其中苔藓植物 1 种，1 科 1 属；裸子植物 1 种（黑松），1 科 1 属；被子植物 108 种，39 科 94 属，无珍稀濒危和地方特色物种，其中包括蓖麻、地瓜、高粱、落花生、玉蜀黍（玉米）等农作物（调查时间小麦已收获），柿、桃、杏、花椒等果树或经济树木。其余的为野生植物或栽培的材用植物。

### 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。

大牲畜以黄牛为主，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；家禽饲养时规模养殖场笼养，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 2.3-11 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，年存栏生猪约 2700 头，年出栏生猪约 3500 头。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），年存栏有约 650 只，出栏约 700 只。

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的养鸡场（厂址 S 方位约 2km），肉鸡存栏约 60000 只，年出栏约 300000 只。

厂址附近蛋鸡养殖也较多，蛋鸡存栏量最多的有 2 家，均有 45000 只蛋鸡存栏，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，年存栏约 150 头、年出栏约 330 头。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 300 多头奶牛，辛庄镇、金岭镇有十几头奶牛。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，有奶牛约 3600 头，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<sup>2</sup>，其中林地总面积 60982.26hm<sup>2</sup>，有林地 51011.78hm<sup>2</sup>，疏林地 1145.47 hm<sup>2</sup>，灌木林地 3381.71 hm<sup>2</sup>，未成林造林地 2852.40hm<sup>2</sup>，苗圃地 2204.52 hm<sup>2</sup>，无立木林地 43.55hm<sup>2</sup>，宜林地 335.14hm<sup>2</sup>，辅助生产林地 7.68 hm<sup>2</sup>，

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<sup>2</sup>，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、刺楸等 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<sup>2</sup>，有林地 2469.15hm<sup>2</sup>，疏林地 12.79hm<sup>2</sup>，灌木林地 209.83hm<sup>2</sup>，未成林造林地 177.89hm<sup>2</sup>，苗圃地 1604.36hm<sup>2</sup>，宜林地 40.51hm<sup>2</sup>，全镇森林覆盖率 21.70%；金岭镇林地总面积 4420.35hm<sup>2</sup>，有林地 3823.55hm<sup>2</sup>，疏林地 28.70hm<sup>2</sup>，灌木林地 382.76hm<sup>2</sup>，未成林造林地 43.24hm<sup>2</sup>，苗圃地 114.19hm<sup>2</sup>，宜林地 27.90hm<sup>2</sup>，全镇森林覆盖率 33.25%；厂址所在张星镇林地总面积 7199.54hm<sup>2</sup>，有林地 6651.50hm<sup>2</sup>，疏林地 98.73hm<sup>2</sup>，灌木林地 212.79hm<sup>2</sup>，未成林造林地 100.75hm<sup>2</sup>，苗圃地 37.00hm<sup>2</sup>，无立木林地 36.23hm<sup>2</sup>，宜林地 61.23hm<sup>2</sup>，辅助生产林地 1.31hm<sup>2</sup>，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乔村北许巾铺林区，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<sup>2</sup>，其中有林地 43299.14hm<sup>2</sup>，疏林地 523.23hm<sup>2</sup>，灌木林地 6171.14hm<sup>2</sup>，其他 155.03hm<sup>2</sup>。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<sup>2</sup> 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<sup>3</sup>。

根据招远市自然资源部门相关资料，招远市共设置采矿权 47 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。其中，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。厂址区域位于重点矿区和拟开采矿区之外。

本项目已获烟台市自然资源和规划局出具的主厂区及取排水工程压覆矿查询表，本项目拟占地范围不涉及压覆矿。

#### 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》（2021 年 8 月），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 2.3-7 给出植物调查的样点样线分布图；图 2.3-8 给出鸟类调查样线布局图；图 2.3-9 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 2.3-10 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藁草和狗尾草，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、篇蓄、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、篇蓄、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 2.3-12 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、白蜡树，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、蒹藿、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，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。该野大豆群落距厂址约 9.1km。

##### 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

调查范围内积为特有种，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。

### 2.3.2.4.3 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、鸥嘴噪鸥、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，以及龙口市上乔村；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 年烟台市发布的《烟台市重点保护湿地名录》，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 2.3-13 给出厂址半径 10km 范围内陆域各级保护植物和保护动物与厂址的最近距离和方位，以及与取排水管线的最近距离和方位。

## 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<sup>2</sup>，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、鲈鱼、青鳞鱼、斑鳞鱼、鲑鱼、梭鱼、黄姑鱼、真鲷、牙鲆、白姑、鲷鱼、河豚、鳎鱼、带鱼、小黄鱼、鳃鱼、鳃鱼等；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 多  $\text{hm}^2$ ，可供开发利用搞筏式养殖、底播增殖海域面积 10000  $\text{hm}^2$ 。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。

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 $\text{hm}^2$ ；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。

本项目排水口半径 15km 范围内养殖区主要分布在辛庄镇沿海，根据统计资料，辛庄镇 2019 年海水养殖产量 72726 吨，海水养殖品种绝大多数都为贝类（72046 吨）。除此以外，位于龙口市区域的砮姆岛西南侧有 3 家海水养殖场，距离本项目排水口东北侧约 10~11km，根据统计资料，砮姆岛所属的龙港街道养殖主要以贝类为主，年产扇贝 17300 吨、牡蛎 6065 吨、贻贝 680 吨。

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。龙口市海水养殖区主要分布在砮姆岛北侧，位于厂址取排水口半径 15km 外。

表 2.3-14 给出了招远市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 24.87 $\text{hm}^2$ ；限制养殖区 266 处，总面积 32.62 万  $\text{hm}^2$ 。

本项目取水口位于限制养殖区，排水口位于禁止养殖区。图 2.3-11 给出本项目取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），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。

### 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，对山东招远核电厂邻近海域水质、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。根据调查成果，国家海洋环境监测中心编制了《中广核山东招远核电厂工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（第 2 次）报告》（2021 年 6 月）。根据《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》(HJ 808-2016)相关要求，本报告主要依据该调查报告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

调查断面以山东招远核电厂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 2.3-15~表 2.3-16 及图 2.3-12~图 2.3-13。

#### 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 2.74 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 1.26 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.90 $\mu\text{g/L}$ 。底层叶绿素 a 最大值为 2.10 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 1.42 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.77 $\mu\text{g/L}$ 。

调查海域初级生产力最大值为  $379.51\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，最小值为  $111.11\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为  $252.63\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

秋季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为  $1.74\mu\text{g}/\text{L}$ ，最小值为  $0.64\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为  $1.25\mu\text{g}/\text{L}$ 。底层叶绿素 a 最大值为  $1.64\mu\text{g}/\text{L}$ ，最小值为  $0.64\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为  $1.23\mu\text{g}/\text{L}$ 。表底层叶绿素 a 浓度相当。调查海域初级生产力最大值为  $316.6\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，最小值为  $103.91\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为  $196.23\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

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

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

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  $1.25\sim 1.90\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均为  $1.55\mu\text{g}/\text{L}$ ；底层平均叶绿素 a 浓度介于  $1.23\mu\text{g}/\text{L}\sim 1.77\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均为  $1.55\mu\text{g}/\text{L}$ ，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  $252.63\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，最小值为  $112.63\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为  $170.53\text{mgC}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。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 9 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均匀，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均匀，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<sup>3</sup> 和 10933ind./m<sup>3</sup>，波动范围分别在 18ind./m<sup>3</sup>~2200ind./m<sup>3</sup> 之间和 1718ind./m<sup>3</sup>~24147ind./m<sup>3</sup> 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 36mg/m<sup>3</sup>，各站位生物量波动范围在 4mg/m<sup>3</sup>~121mg/m<sup>3</sup> 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<sup>3</sup> 和 10530ind./m<sup>3</sup>，波动范围分别在 6ind./m<sup>3</sup>~262ind./m<sup>3</sup> 之间和 1952ind./m<sup>3</sup>~28995ind./m<sup>3</sup> 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 43mg/m<sup>3</sup>，各站位生物量波动范围在 3mg/m<sup>3</sup>~127mg/m<sup>3</sup> 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<sup>3</sup>，II 型网中、小型浮游动物平均数量为 8533ind./m<sup>3</sup>，浮游动物生物量平均值 14mg/m<sup>3</sup>。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<sup>3</sup>，II 型网中、小型浮游动物平均数量为 16058ind./m<sup>3</sup>，调查海域浮游动物生物量平均值为 798mg/m<sup>3</sup>。

#### ➤ 多样性特征

大型浮游动物多样性指数  $1.0 \leq H' < 2.0$ ，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  $H' \geq 3.0$ ，表示该区域浮游动物环境质量等级为优良。多样性指数  $2.0 \leq H' < 3.0$ ，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<sup>2</sup>~1900ind./m<sup>2</sup> 之间，平均值为 486.6ind./m<sup>2</sup>，优势种为中华内卷齿蚕、脆壳理蛤、江户明樱蛤以及心形海胆，15km 范围内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 ind./m<sup>2</sup>~230ind./m<sup>2</sup> 之间，平均密度为 100ind./m<sup>2</sup>，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 ind./m<sup>2</sup>~570ind./m<sup>2</sup> 之间，平均密度为 169ind./m<sup>2</sup>，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  $30 \text{ ind./m}^2 \sim 360 \text{ ind./m}^2$  之间，平均密度为  $14.29 \text{ ind./m}^2$ ，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  $0.51 \text{ g/m}^2 \sim 207.26 \text{ g/m}^2$  之间，平均值为  $53.28 \text{ g/m}^2$ ，秋季各站位底栖生物总生物量变化在  $1.4 \text{ g/m}^2 \sim 308.7 \text{ g/m}^2$  之间，平均生物量  $112.5 \text{ g/m}^2$ ；冬季调查海域各站位中，底栖生物总生物量在  $0.1 \text{ g/m}^2 \sim 343.7 \text{ g/m}^2$  之间，平均生物量  $55.3 \text{ g/m}^2$ ；春季调查海域各站位中，底栖生物总生物量在  $0.2 \text{ g/m}^2 \sim 126.5 \text{ g/m}^2$  之间，平均生物量为  $23.26 \text{ g/m}^2$ 。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  $1.0 \leq H' < 2.0$ ，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  $H' \geq 3.0$ ，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  $2.0 \leq H' < 3.0$ ，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  $0.46 \sim 3.00$  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  $0.00 \sim 2.79$  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  $0.43 \sim 3.1$  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  $0 \sim 3.18$ ，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 ind./m<sup>2</sup>~392ind./m<sup>2</sup>，平均生物栖息密度为 51.11ind./m<sup>2</sup>，各站位生物量为 0 g/m<sup>2</sup>~36.8g/m<sup>2</sup>，平均生物量为 4.26g/m<sup>2</sup>；

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

冬季调查海域各站位生物栖息密度为 0 ind./m<sup>2</sup>~13.33ind./m<sup>2</sup>，平均生物栖息密度为 2.67ind./m<sup>2</sup>，各站位生物量为 0 g/m<sup>2</sup>~29.12g/m<sup>2</sup>，平均生物量为 4.89g/m<sup>2</sup>；

春季调查海域各站位生物栖息密度为 0~2.67ind./m<sup>2</sup>，平均生物栖息密度为

0.74ind./m<sup>2</sup>，各站位生物量为 0g/m<sup>2</sup>~4.96g/m<sup>2</sup>，平均生物量为 0.77g/m<sup>2</sup>。

#### ➤ 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

取排水口半径 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。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<sup>3</sup>，仔稚鱼平均密度为 0.24ind./m<sup>3</sup>。

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<sup>3</sup>，仔稚鱼平均密度为 0.0375ind./m<sup>3</sup>。

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<sup>3</sup>，仔稚鱼平均密度为 0.05ind./m<sup>3</sup>。

#### 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  $169.90\text{kg}/\text{km}^2$  和  $8.01 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ，其中，鱼类重量密度均值为  $61.42\text{kg}/\text{km}^2$  ( $16.6\text{kg}/\text{km}^2$ – $182.3\text{kg}/\text{km}^2$ )，尾数密度均值  $1.89 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ( $0.4 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ – $7 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ )；虾类重量密度均值  $50.82\text{kg}/\text{km}^2$  ( $1.4\text{kg}/\text{km}^2$ – $219\text{kg}/\text{km}^2$ )，尾数密度均值  $2.01 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ( $0.1 \text{ind.}/\text{km}^2$ – $8.4 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ )；蟹类重量密度均值  $17.56\text{kg}/\text{km}^2$  ( $2.4 \text{ind.}/\text{km}^2$ – $45\text{kg}/\text{km}^2$ )，尾数密度均值  $0.81 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ( $0.1 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ – $4.2 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ )；头足类重量密度均值  $40.10\text{kg}/\text{km}^2$  ( $0 \text{ind.}/\text{km}^2$ – $181.3\text{kg}/\text{km}^2$ )，尾数密度均值  $3.3 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$  ( $0 \text{ind.}/\text{km}^2$ – $14.1 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ )。

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

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

春季：游泳生物重量密度和尾数密度均值分别为  $161.92\text{kg}/\text{km}^2$  和  $8.11 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。鱼类重量密度均值为  $98.24\text{kg}/\text{km}^2$ ，尾数密度均值为  $3.46 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；虾类重量密度

均值为  $35.94\text{kg}/\text{km}^2$ ；尾数密度均值为  $3.37 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；蟹类重量密度均值为  $14.15\text{kg}/\text{km}^2$ ，尾数密度均值为  $0.52 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；头足类重量密度均值为  $13.59\text{kg}/\text{km}^2$ ，尾数密度均值为  $0.76 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。

#### ➤ 优势种

夏季鱼类优势种共有 2 种，分别为多鳞鳊和细条天竺鲷；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，分别为斑鲈和绯鲈；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<sup>3</sup>，共 3 种；

秋季：细胞密度 194250cells/m<sup>3</sup>，共 10 种；

冬季：细胞密度 506000cells/m<sup>3</sup>，共 8 种；

春季：细胞密度 6563cells/m<sup>3</sup>，共 3 种。

➤ 水采浮游植物（赤潮生物）：

夏季：细胞密度 16000cells/m<sup>3</sup>，共 3 种；

秋季：细胞密度 19440cells/m<sup>3</sup>，共 10 种；

冬季：细胞密度 40303cells/m<sup>3</sup>，共 12 种；

春季：细胞密度 3764cells/m<sup>3</sup>，共 2 种。

➤ 大型浮游动物：

夏季：个体数量 102ind./m<sup>3</sup>，生物量 13mg/m<sup>3</sup>，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<sup>3</sup>，生物量 4mg/m<sup>3</sup>，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<sup>3</sup>，生物量 36mg/m<sup>3</sup>，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<sup>3</sup>，生物量 306mg/m<sup>3</sup>，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<sup>2</sup>，生物量 74.51g/m<sup>2</sup>，主要为棘皮动物心形海胆；

秋季：密度 110ind./m<sup>2</sup>，生物量 253.5g/m<sup>2</sup>，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<sup>2</sup>，生物量 14.5g/m<sup>2</sup>，主要有棘皮动物心形海胆；

春季：密度 70ind./m<sup>2</sup>，生物量 70g/m<sup>2</sup>，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<sup>3</sup>，仔鱼密度 0ind./m<sup>3</sup>，鱼卵优势种为青鳞沙丁鱼；

秋季：鱼卵、仔鱼密度均为 0ind./m<sup>3</sup>；

春季：鱼卵、仔鱼密度均为 0ind./m<sup>3</sup>；

冬季：鱼卵、仔鱼密度均为 0ind./m<sup>3</sup>。

● 游泳动物：

夏季：鱼类重量密度 20.33kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 1000ind./km<sup>2</sup>；虾类重量密度 13.44kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 960ind./km<sup>2</sup>；蟹类重量密度 9.92kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 320ind./km<sup>2</sup>；头足类重量密度 3.89kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 640ind./km<sup>2</sup>；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<sup>2</sup>，尾数密度 2050ind./km<sup>2</sup>；虾类重量密度 22.49kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 3600ind./km<sup>2</sup>；蟹类重量密度 4.41kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 360ind./km<sup>2</sup>；头足类重量密度 4.44kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 280ind./km<sup>2</sup>；鱼类优势种斑鲷，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<sup>2</sup>，尾数密度 2660ind./km<sup>2</sup>；虾类重量密度 17.02kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 3380ind./km<sup>2</sup>；蟹类重量密度 8.92kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 220ind./km<sup>2</sup>；头足类重量密度 8.98kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 170ind./km<sup>2</sup>；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<sup>2</sup>，尾数密度 740ind./km<sup>2</sup>；虾类重量密度 38.23kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 3180ind./km<sup>2</sup>；蟹类重量密度 4.77kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 220ind./km<sup>2</sup>；头足类重量密度 2.46kg/km<sup>2</sup>，尾数密度 220ind./km<sup>2</sup>；鱼类优势种矛尾刺虾虎鱼，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。

11) 海洋生物遗传多样性

海洋生物遗传多样性调查时间为生物生长旺期，选取鱼、虾、贝、藻类优势种类进行遗传多样性采样、分析与评价。

秋季，6种代表性鱼虾蟹贝中，除海湾扇贝的群体遗传多样性指数处于较高水平外，其余5种生物的遗传多样性平均较低，并且日本蟳的遗传多样性水平极低。中性检测结果表明，鲷、口虾蛄、脉红螺三种海洋生物群体有显著偏离中性突变；日本蟳、鹰爪虾、海湾扇贝三种海洋生物群体没有显著偏离中性突变。群体历史动态分析表明，只有海湾扇贝、脉红螺近期在进化过程中出现过种群扩张事件，其他4种生物群体不支持种群扩张事件。

春季，6种代表性海洋生物中，除脉红螺和菲律宾蛤仔的群体遗传多样性指数处于较高水平外，其余4种生物的遗传多样性平均较低，并且斑鲷和海带的遗传多样性水平极低。中性检测结果表明，长牡蛎群体显著性偏离中性突变，斑鲷和脉红螺偏离中性突变，其他3个海洋生物群体没有显著偏离中性突变。群体历史动态分析表明，只有长牡蛎近期在进化过程中出现种群扩张事件，其他5种生物群体不支持种群扩张事件。

### 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:

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、多鳞鱻、短吻红舌鲷、斑鲷、鲷、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鳀鱼。

#### 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、鳀鱼、青鳞、黄鲫、斑鲷、小鳞魮、颚针鱼、赤鼻棱鳀等；外海性代表性种类有鲅鱼、鳎鱼、鲈鱼、银鲳、竹筴鱼、远东拟沙丁鱼、黄条魮、燕鲛和麒麟等。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。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。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，截至 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，在厂址半径 15km 范围内有 20 家规模以上企业，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 处的金岭镇寨里村。

——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）产业规划

——招远市

根据《招远市国土空间总体规划（2021-2035）》，招远市规划构建“一主一副、两区五轴多极点”的市域城乡空间结构。强化中心城区主中心和辛庄镇副中心双驱动的发展格局。促进中心城区与玲珑镇、辛庄镇与龙口裕龙岛一体化发展。沿潍烟高铁构建东西走向的区域联动轴，加强对外联系。依托主要交通通道，加强主副中心间、主中心与各镇之间的联系。促进各镇带动周边乡村地区发展，实现城乡融合。其中，招远市规划的城市副中心辛庄镇最近位于招远核电厂址西侧约 11km。

图 2.3-14 给出招远市域城乡空间结构规划图。

### ——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。

本项目厂址半径5km范围内基本在招远市行政区域内，厂址半径15km范围内涉及龙口市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，其中规划居住用地较集中的龙港街道办事处位于山东招远核电厂北侧约13~18km。

图2.3-15给出龙口市总体规划布局图。

### ——裕龙岛炼化一体化项目

目前，本项目厂址NW~NNW方位约10~15km正在建设裕龙岛炼化一体化项目，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，计划2024年底全面投产。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，2019年8月）及《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》（2020.9），山东裕龙石化产业园规划面积44.29km<sup>2</sup>，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聚区；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。

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》（2021.6）相关内容及结论，山东招远核电厂与裕龙岛炼化一体化项目是可以相容发展的。

图2.3-16给出裕龙岛炼化一体化项目总体规划布局图。

### ——海上光伏项目

厂址取排水口附近正在建设中广核烟台招远 400MW 海上光伏项目（以下简称“光伏项目”），建设单位为中广核新能源（烟台）有限公司，该项目已于 2023 年 12 月开工，建设期预计 1 年。根据项目环评报告书，光伏项目规模为：

交流侧额定容量为 400MW，直流侧安装容量 539.3024MW<sub>p</sub>，光伏场区采用 700W<sub>p</sub> 组件（双面双玻单晶异质结组件），由 121 个光伏子方阵组成，均采用固定式支架安装方式。每 7~8 台 35kV 箱逆变一体化设备高压侧并联为 1 回集电线路，每回集电线路容量 23.1~26.4MW，共 16 回 35kV 集电线路接入拟建的 220kV 升压站。

光伏项目光伏场区距本项目取水口最近约 1.05km，距离排水口约 2.3km，图 2.3-17 给出光伏项目位置示意图。

本项目在进行温排水及液态流出物数模分析时已充分考虑了光伏项目的可能影响，具体详见第 6 章相关内容。

### 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 2349.4km，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，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754.926km（不含重合里程约25.537km），其中高速公路约101.799km、一级公路约277.233km、二级公路约244.5km、三级公路约131.334km，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133.876km、283.266km、363.321km，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等干线路段主要为利用现有路段或进行部分路段改建，无新建主、次干线。

## （2）铁路

#### ➤ 大莱龙铁路

招远境内有大莱龙铁路，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）。大莱龙铁路主要功能为一条“以货为主、兼顾客运”的铁路，大莱龙铁路经电气化扩能改造后设计时速为120km/h。

#### ➤ 潍烟高铁招远段

潍烟高铁招远段线路长度约23.5km，设计时速350km/h，目前，潍烟高铁招远段

接触网导线架设已全部完成，其它“四电”工程均已进入设备调试阶段，下一步将进入工程验收阶段，预计在 2024 年将开通。根据公开资料显示，潍烟高铁招远北站位于招远市北朱家村东侧，北临招辛快速路，东侧距离荣乌高速公路约 2km，该车站为线侧平式站房，车站规模为 2 台 4 线设，基本站台和侧式站台各 1 座，车站最高聚集人数为 650 人，属小型客运专线车站。车站总建筑面积 19072 平方米，其中站房建筑面积 9975 平方米，站台雨棚面积 7810 平方米。站房建筑共三层，分为首层，局部二层和局部地下一层。作为潍烟高铁沿线第一个实现封顶的车站，目前招远北站已经进入装修收尾阶段。潍烟高铁招远段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。

图 2.3-18 给出潍烟高铁及招远北站位置示意图。

### （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<sup>2</sup>，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 m<sup>2</sup>，液体品仓储能力 203 万 m<sup>3</sup>，粮食仓储能力 26 万 m<sup>3</sup>。图 2.3-19 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<sup>2</sup>，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，最近航道距离招远核电厂址约 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 55m，

水深-5m，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约 15km，最近距离招远核电厂取排水口约 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》（2019年），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2.3-20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设施建设，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本项目厂址半径15km范围

外，最近距离招远核电厂址约 18km，最近距离本项目取排水口约 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 年通航，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），距离山东招远核电厂址最近的航线为 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）》（2021 年 10 月），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  $10^{-7}$ ，满足核电厂厂址选择中对民航坠机事件的安全要求。

### 2.3.4.3 外部危险源

#### 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（W 方位 1km）、S304（E 方位 1km）、S19（E 方位 2km）危险化学品的运输。

##### 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，厂址附近还有龙口南山中油天然气管道工程，目前龙口南山中油天然气管道已停止供气，建设方龙口南山中油天然气有限公司已出具《关于〈关于协商山东招远核电项目与南山天然气管线交叉事宜的函〉的复函》（南山中油〔2022〕06号），在山东招远核电厂运行前，在厂址附近线路将迁移至安全距离外。

#### ➤ 规划天然气干线

厂址半径 10km 范围内拟建设山东管网北干线和东干线。两干线均已通过山东省发改委核准并获环评批复。目前，东干线厂址附近段已完成敷设，东干线预计 2024 年底前实现全线贯通。

根据本项目初步安全分析报告（PSAR）相关结论，除南山天然气管线后续将部分迁移外，厂址附近其他固定危险源和移动危险源（包括拟建管线）均不会对拟建核电厂安全运行造成潜在影响。

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	N
3	大岚村净化水厂机井	1800	ENE	2290	NE
4	高家村自来水井	2260	S	2390	SE
5	马格庄村自来水井	2340	N	2430	N
6	山西孙家村自来水井	2600	W	200	NNE
7	东战家村北河自来水井	2730	S	2980	SE
8	西战家村自来水井	2750	S	2920	SE
9	狗山李家村自来水大井	2950	NE	3380	NE
10	黄家村自来水井	3000	NW	820	NNE
11	大李家村东坡自来水井	3050	NNE	3350	NNE
12	孙家庄村西北河井	3210	NNE	3220	SSE
13	北曹家庄村林业大井	3360	S	3540	SE
14	小高家村自来水井	3500	WSW	1160	S
15	圈里杨家村自来水井	3640	W	310	S
16	三姓庄村自来水井	3650	S	3770	SSE
17	王跃堂自来水井	4040	S	4150	SSE
18	北崔家村自来水井	4200	W	740	SSW
19	杜北村南藕自来水井	4210	SSW	3560	S
20	杜东村委大院纯净水井	4420	SSW	3830	S
21	丰家村自来水井	4630	S	4800	SE
22	杜东村南西沟自来水井	4710	SSW	4060	S
23	地北头王家村大刘道自来水井	4750	SW	3210	S
24	杜西村自来水	4810	SW	3840	S
25	北洼子村自来水井	4970	W	350	SSE
26	蒋家村自来水井	5310	SE	5660	ESE
27	馆前姜家村自来水机井	5410	WNW	460	SSE

中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）

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
28	英里村自来水井	5420	SE	5820	ESE
29	馆前张家自来水井	5450	WNW	840	NE
30	地北头王家村渠子自来水井	5930	SW	4960	S
31	西南台自来水井	5940	ENE	6460	ENE
32	北于家庄子钟子西机电井	6180	SE	6510	SE
33	院里村自来水井	6290	SW	4670	SSE
34	水盘村自来水东大井	6430	WNW	340	SW
35	台子李家村自来水井	6450	SW	4170	SSE
36	乔家村自来水井	6610	WSW	3770	S
37	北水口村自来水井	6800	SSW	6570	S
38	黄庄子村老金洞子井	6840	SW	6910	SSE
39	盛家庄村村东纯水井	6860	SW	6730	S
40	七亩地自来水井	6900	SW	5330	SSE
41	前大里村学校院机井	7130	S	7350	SE
42	下院村南河大井	7520	ESE	7960	ESE
43	贾家自来水大井	7610	S	7510	S
44	东北沟自来水机井	7710	S	7940	SE
45	北里庄村原粉丝厂东自来水井	7930	SE	8230	SE
46	北马家村南边自来水井	7940	S	8200	SE
47	界沟姜家村南自来水井	8050	E	8580	ENE
48	东埠村西自来水大井	8190	SSW	7940	S
49	石对头北耩自来水井	8300	S	8480	SE
50	官庄自来水大井	8970	SSW	8320	S
51	南截村自来水副井	9030	SSW	8100	S
52	小东庄村自来水井	9260	WSW	5080	SSW
53	纪山纪家村自来水大井	9330	SE	9610	SE
54	沟李家自来水大井	9420	SSW	9160	S
55	北潘家村自来水井	9480	W	3340	SW
56	南截村自来水主井	9540	SSW	8620	S

中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）

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
57	小董家东北沟自来水井	9550	WSW	5060	SSW
58	孟格庄村自来水井	9600	W	3950	SW
59	桥头村自来水井	9660	WSW	4890	SW
60	湖汪村自来水井	9790	W	3180	SW
61	北侯家村北自来水井	9880	W	3740	SW
62	北侯家村南自来水井	9960	W	4030	SW
63	掉钟头自来水大井	10110	SSW	9540	S
64	侯家东村西自来水大井	10180	SSW	9840	S
65	上刘家自来水大井	10220	SSW	10220	SSE
66	贾家庄子村自来水井	10260	WSW	6500	SSW
67	辛庄东南村自来水机井	10400	W	4160	SW
68	邢家村自来水 1 号井	10560	W	5150	SW
69	山上马家自来水大井	10590	SSW	10280	S
70	曹家村自来水井	10610	SW	7930	S
71	邢家村西边子自来水井	10750	W	5350	SW
72	大董家村自来水井	10780	WSW	6560	SSW
73	张华孙家自来水井	10820	W	10880	SSE
74	张华孙家纯净水井	10820	W	10890	SSE
75	邢家村自来水 2 号井	10850	W	5490	SW
76	张华张家村自来水井	10940	SW	11000	SSE
77	张华王家纯净水井	10980	S	11080	SSE
78	辛庄西北村老自来水井	10990	W	4510	SW
79	东沟李家村自来水井	11020	SW	7730	SSW
80	西埠上村自来水大井	11080	SSW	9980	S
81	山上孙家自来水大井	11120	SSW	10880	S
82	郭家村自来水井	11130	SW	8050	SSW
83	辛庄西南村 1 号自来水井	11160	W	4990	SW
84	邹家村西自来水大井	11330	SSW	10540	S
85	张华王家村西自来水井	11380	SSW	11390	SSE

中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）

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
86	寨里自来水大井	11390	SSW	10790	S
87	睦邻庄自来水井	11440	SE	11700	ESE
88	河北刘家村南自来水井	11460	SW	9000	S
89	小西庄村自来水井	11540	WSW	7080	SW
90	山上汪家南沟自来水大井	11590	WSW	11450	S
91	郑家村自来水水井	11630	S	11810	SE
92	唐家村自来水大井	11780	SSW	10680	S
93	山上张家自来水大井	11910	SSW	11710	S
94	朱家自来水大井	11960	SSW	10730	S
95	庵里 5 号机电井	12100	SSW	11500	S
96	张华刘家村纯净水井	12100	S	12160	SSE
97	鲁格庄自来水井 2 号	12150	SE	12400	ESE
98	庵里 1 号机电井	12210	SSW	11620	S
99	山上姜家自来水大井	12210	SSW	11940	S
100	十里铺 2 号西山纯净水井	12310	SSW	12330	SSE
101	中村疃东自来水井	12310	SSW	11730	S
102	王家自来水井	12370	SE	12630	ESE
103	前庄子村自来水井	12380	WSW	7870	SW
104	埃子赵家纯净水井	12410	WSW	12360	SSE
105	埃子王家纯净水井	12510	WSW	12430	S
106	埃子王家自来水井	12520	WSW	12450	SSE
107	埃子赵家村自来水井	12530	WSW	12490	SSE
108	魏家沟自来水井	12710	SW	10040	S
109	前郝家纯净水井	12780	S	12890	SE
110	大片地井	12880	S	12990	SE
111	欧家夼自来水井 1	12880	ESE	13200	ESE
112	大涝洼村自来水井	12890	WSW	7930	SW
113	欧家夼自来水井 2	12890	ESE	13210	ESE
114	王家猪场大井	12900	SE	13160	ESE

中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）

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
115	大庄家村自来水井	12930	WSW	8290	SW
116	十里铺 1 号前圈水库自来水井	12990	S	13030	SSE
117	路家河村自来水井	13000	S	12990	SSE
118	路家河村纯净水井	13010	S	13000	SSE
119	横掌周家村自来水井	13050	S	13200	SE
120	鲁格庄自来水井 1 号	13060	SE	13300	SE
121	赵家自来水水井	13070	SE	13260	SE
122	姚格庄村自来水井 1	13100	SE	13310	SE
123	姚格庄村自来水井 2	13170	SE	13380	SE
124	山上赵家自来水大井	13280	SSW	12840	S
125	吕家纯净水水井	13420	S	13600	SE
126	埠南村自来水大井	13430	SSW	12110	S
127	崔家村自来水井	13460	S	13590	SE
128	洼孙家村自来水井	13470	WSW	9310	SSW
129	皂户自来水大井	13500	SW	11740	S
130	后乔 1 号村西自来水纯净水井	13620	SW	13620	SSE
131	后乔 2 号自来水纯净水井	13640	SW	13640	SSE
132	老店村 2 号自来水井	13840	W	7770	SW
133	邵家村内自来水井	13860	SSW	13210	S
134	后沟子村西自来水大井	13980	WSW	8820	SW
135	山口温家村自来水纯净水井	14030	WSW	14010	SSE
136	东店 3 号机电井	14090	SSW	13510	S
137	滕家村自来水水井	14430	S	14540	SE
138	老店村 1 号自来水井	14470	W	8330	SW
139	西良村自来水井	14490	WSW	9480	SW
140	城西路家村纯净水井	14520	W	14530	SSE
141	大蒋家自来水井	14530	ESE	14980	ESE
142	宅上村自来水井	14540	W	8560	SW
143	山上原家村南自自来水井	14610	SSW	14300	S

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
144	山上原家村马道西自来水井	14630	SSW	14260	S
145	姜家自来水井	14660	SE	14980	SE
146	西沟李村自来水井	14760	WSW	10330	SW
147	张格庄村自来水井	14780	SE	15060	SE
148	许家村净化水井	14830	WSW	10950	SSW
149	许家村自来水井	14920	WSW	10970	SSW
150	丁家疃村自来水井	15000	W	9180	SW

表 2.3-2 厂址附近近岸海域环境功能区划（1/2）

功能区代码	名称	地理位置	面积 (km <sup>2</sup> )	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
<p>*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免该类区域，入海河口混合区内严格控制新设点源直排口。</p>						

表 2.3-2 厂址附近近岸海域环境功能区划（2/2）

功能区代 码	名称	地理位置	面积 (km <sup>2</sup> )	水质保护目标	备注
/	调整的混合区	A(120°13'54.270"E, 37°33'00.798"N) B(120°14'10.659"E, 37°33'16.215"N) C(120°14'33.528"E, 37°33'29.478"N) D(120°13'54.457"E, 37°34'05.119"N) E(120°13'13.751"E, 37°33'36.836"N) 五点连线围成的区域	1.89	-	/

表 2.3-3 本项目与周边生态保护红线相对位置关系

项目	生态保护红线区名称	红线类型	与生态保护红线区最近方位、距离
1号反应堆	胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线	生物多样性维护	E 2.5km
1号冷却塔	胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线	生物多样性维护	E 2.7km
取排水管线 (陆域部分)	胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线	生物多样性维护	SW 0.3m
排水口	招远海岸防护物理防护极重要区生态保护红线	海岸防护物理防护极重要区	SW 3.8km
取水口	招远海岸防护物理防护极重要区生态保护红线	海岸防护物理防护极重要区	SW 2.4km

表 2.3-4 陆域环境管控单元总体管控要求

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 2.3-5（1/2） 本项目周边环境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	与本项目位置关系
张星镇重点管控单元	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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。</p> <p>2. 对于较难处理的特殊废水，在设施建设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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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。</p> <p>企业环境风险防控：</p> <p>（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联防联控相关要求。</p> <p>（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。</p> <p>（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。</p> <p>（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。</p> <p>（5）加强金矿采选、其他专用化学产品制造等行业</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>厂区及取排水管线工程涉及单元</p>

中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）

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	与本项目位置关系
			<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>		
辛庄镇重点管控单元	<p>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。</p> <p>2.生态保护红线按照《关于在国土空间</p>	<p>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；禁止废水中含难降解的有机污染</p>	<p>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</p>	<p>1.禁止能耗、水耗大且污染较为严重的项目进入招远市滨海科技产业园。</p> <p>2.招远市黄金工业产业园禁止新建35蒸吨/小时以下的燃</p>	<p>取排水管线工程涉及单元</p>

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	与本项目位置关系
	<p>规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》要求管理。</p> <p>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律、法规规定禁止投资的项目入园；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。</p> <p>4.招远市黄金工业产业园禁止农、林、</p>	<p>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。</p> <p>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、钯等贵金属，电镀等黄金加工工艺；农药原药、农药中间体生产项目。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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</p>	<p>煤、重油、渣油及直接燃用生物质锅炉项目。</p> <p>3.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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>6.地下水超采区根据《山东省地下水超</p>	

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	与本项目位置关系
	<p>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。</p> <p>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</p>		<p>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。</p>	<p>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。</p>	

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	与本项目位置关系
	<p>现有印染、化工等污染较重的企业有序搬迁改造或依法关闭。</p> <p>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。</p>				
<p><b>符合性分析</b></p>	<p>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。</p>	<p>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低放射性废水、废气满足标准后达标排放，对周边环境的影响很小，满足污染物排放管控要求</p>	<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>/</p>

表 2.3-5 (2/2) 本项目周边环境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	与本项目位置关系
张星镇优先保护单元	<p>1. 烟台罗山省级自然保护区执行《中华人民共和国自然保护区条例》中的相关要求。</p> <p>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。一般生态空间按照《自然生态空间用途管制办法(试行)》执行，原则上按照限制开发区域管理。</p> <p>3. 自然保护区禁止新建排放大气污染物的工业项目，现有工业大气排放源(燃煤锅炉、工业炉窑等)限期关闭。</p>	<p>1. 自然保护区禁止焚烧秸秆、工业废弃物、环卫清扫物、建筑垃圾、生活垃圾等废弃物；加强餐饮发服务业燃料烟气及油烟污染防治，使用天然气、液化石油气、太阳能、电能等清洁能源。</p> <p>2. 以城镇生活源为主的水环境超标控制单元以及城镇建成区或人口集聚区域，加快推进现有污水处理设施配套管网建设，对现有合流制排水系统实施全面截污和雨污分流改造；城镇新区建设均实行雨污分流，超标单元还应推进初期雨水收集、处理和资源化利用；加快城镇污水处理设施建设和提标改造推进农村生活污水处理设施建设并确保达标排放。</p>	<p>1. 土壤污染重点监管企业、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。</p> <p>2. 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。</p> <p>3. 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。</p> <p>4. 加强金矿采选、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。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>4. 自然保护区禁止使用煤、煤矸石、燃料油(重油和渣油)、石油焦、污染物含量超过国家限值的柴油、煤油等高污染燃料。</p>	厂区E方位 2.5km
辛庄镇优先保护单元	山东砂质黄金海岸国家海洋自然公园执行《海洋特别保	1. 执行烟台市市级生态环境准入清单污染物排放管	1. 执行烟台市市级生态环境准入清单环境风险防控要求。	1. 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》	

中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）

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	与本项 目位置 关系
	<p>护区管理办法》要求。 烟台沿海防护林省级自然保护区执行《中华人民共和国自然保护区条例》中的相关要求。 生态保护红线按《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。</p>	<p>控要求。</p>		<p>《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。</p>	<p>排水口 SW方位 3.8km</p>
<p><b>符合性分析</b></p>	<p>本项目为清洁能源，非重污染行业，且不占用生态保护红线，项目排放口距离优先保护单元有一定距离，项目运行期间采用先进工艺处理低放射性废水、废气满足标准后达标排放，对周边环境影响很小，不影响优先保护单元环境。 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，满足优先管控单元风险防控要求。 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。</p>				<p>/</p>

**表 2.3-6 海域环境管控单元总体管控要求**

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 2.3-7 烟台市市级生态环境总体准入清单（与本项目相关内容）

管控维度	清单编制要求	准入要求	符合性分析
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（2022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，已获海域使用审批。
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流出物、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。	本项目正常运行不会对土壤安全利用造成影响。本项目拟建位置涉及部分基本农田，已严格按照相关法规办理土地利用手续。

表 2.3-8 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
龙口大瓢山自然保护区	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 2.3-9 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，5km）	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 2.3-10 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 2.3-11 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
大牲畜	10a	栏养和季节性放牧, 5~11 月放牧	农作物秸秆	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：大牲畜、猪、羊、禽等动物从屠宰到消费一般间隔 10h~1d。

表 2.3-12 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 2.3-13 厂址半径 10km 范围内陆域各级保护植物和保护动物与厂址及取排水管线位置关系

➤ 保护动物

1) 鸟类

名称	保护等级/类型	与厂址 1 号反应堆最近方位、距离	与取排水管线最近方位、距离
鹊鹑	国家II级保护鸟类	S 6.5km	S 6.4km
红隼	国家II级保护鸟类	N 0.6km	NW 0.5km
红脚隼	国家II级保护鸟类	SE 8.1km	SE 8.3km
燕隼	国家II级保护鸟类	SE 8.0km	SE 8.2km
白额雁	国家II级保护鸟类	WSW 10km	W 4.5km
云雀	国家II级保护鸟类	NW 10km	NE 0.6km
震旦鸦雀	国家II级保护鸟类	NW 9.9km	NE 0.8km
画眉	国家II级保护鸟类	NNW 7.4km	NNW 6.2km
花脸鸭	国家II级保护鸟类	W 9.6km	W 3.7km
环颈雉	山东省重点保护鸟类	N 1km	NW 0.4km
鸥嘴噪鸥	山东省重点保护鸟类	NW 10.2km	NW 0.7km
绿鹭	山东省重点保护鸟类	NW 10km	NW 0.5km
牛背鹭	山东省重点保护鸟类	S 6.5km	S 6.6km
苍鹭	山东省重点保护鸟类	E 0.7km	E 1.3km
草鹭	山东省重点保护鸟类	NE 8.2km	NE 8.6km
大白鹭	山东省重点保护鸟类	S 6.9km	NE 0.6km
中白鹭	山东省重点保护鸟类	ESE 1.1km	ESE 1.6km
白鹭	山东省重点保护鸟类	ESE 1.1km	ESE 1.6km
黑枕黄鹂	山东省重点保护鸟类	S 6.7km	S 6.5km
中华攀雀	山东省重点保护鸟类	WNW 3.8km	N 0.1km
金翅雀	山东省重点保护鸟类	NW 0.5km	N 0.03km
针尾鸭	山东省重点保护鸟类	SW 10.0km	SE 4.7km

2) 两栖、爬行动物

名称	保护等级/类型	与厂址1号反应堆最近方位、距离	与取排水管线最近方位、距离
北草蜥	山东省重点保护野生动物	ESE 9.6km	ESE 9.9km
东方铃蟾	山东省重点保护野生动物	SE 8.5km	SE 9.0km
黑眉蝮蛇	山东省重点保护野生动物	ESE 9.8km	ESE 10.2km
黑斑蛙	山东省重点保护野生动物	NW 1.6km	N 1.2km

3) 哺乳动物

名称	保护等级/类型	与厂址1号反应堆最近方位、距离	与取排水管线最近方位、距离
黄鼬	山东省重点保护野生动物	NW 0.6km	N 0.4km
狗獾	山东省重点保护野生动物	NW 0.6km	N 0.4km

➤ 保护植物

名称	保护等级/类型	与厂址1号反应堆最近方位、距离	与取排水管线最近方位、距离
野大豆	国家II级保护植物	SSW 8.7km	S 8.4 km
国魁	古树名木	SW 4.2km	S 3.4 km
酸枣	古树名木	NW 4.8km	NNW 1.4km
柘	古树名木	NW 4.1km	SE 1.8km
侧柏	古树名木	N 4.6km	N 4.7km

表 2.3-14 招远市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 2.3-15 海水水质、沉积物、生态调查、游泳动物调查站位坐标

站位	海水水质	沉积物	海洋生态	渔业资源	放射性调查	备注
1	√	√	√		√	界河河口
2	√	√	√	√	√	排水口
3	√					
4	√					
8	√					
9	√					位于烟台妃姆岛保护区
12	√					人工岛
13	√	√	√	√	√	
14	√	√	√	√	√	位于烟台妃姆岛保护区
17	√	√	√	√	√	石化取水口
18	√			√		
21	√					
22	√			√		
23	√			√		招远渔业海域限制区（生态红线区）
24	√	√	√	√	√	
28	√		√			莱州—招远农渔业区
29	√	√	√		√	莱州—招远农渔业区
30	√	√	√	√	√	招远渔业海域限制区（生态红线区）
34	√		√	√		莱州—招远农渔业区
35	√			√		莱州—招远农渔业区
39	√					
40	√	√	√		√	
41	√					莱州—招远农渔业区
45	√					
46	√	√	√		√	取水口
47	√			√		莱州湾中国对虾渔业海域限制区（生态红线区）
48	√		√			烟台招远海洋保护区
49	√					莱州—招远农渔业区
52	√	√	√		√	莱州—招远农渔业区

**表2.3-16 潮间带调查站位**

站位	调查内容
C1	潮间带沉积物、 生物、放射性
C2	潮间带沉积物、 生物、放射性
C5	潮间带沉积物、 生物、放射性



图 2.3-1 招远市河流和水库分布示意图

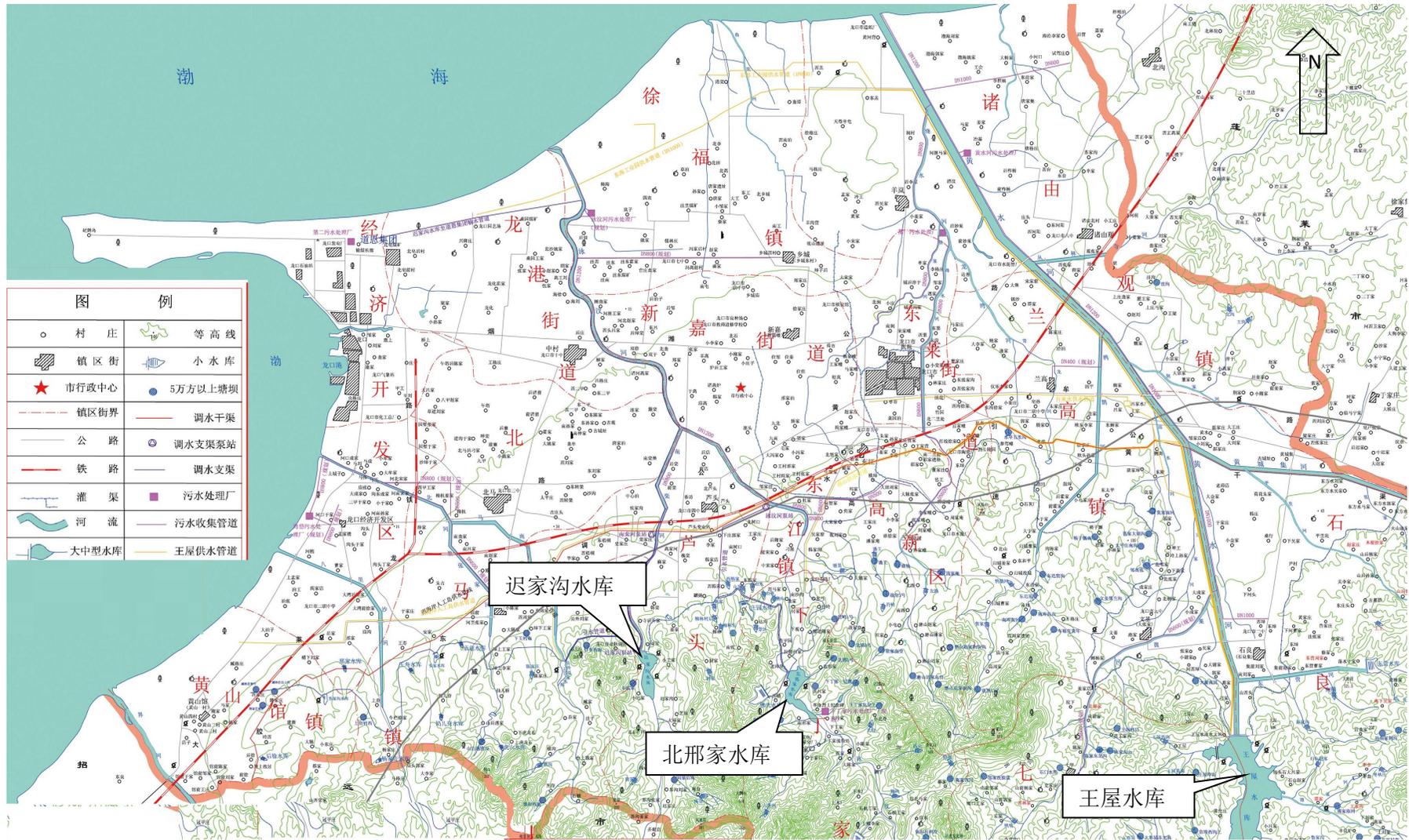


图 2.3-2 龙口市河流和水库分布示意图

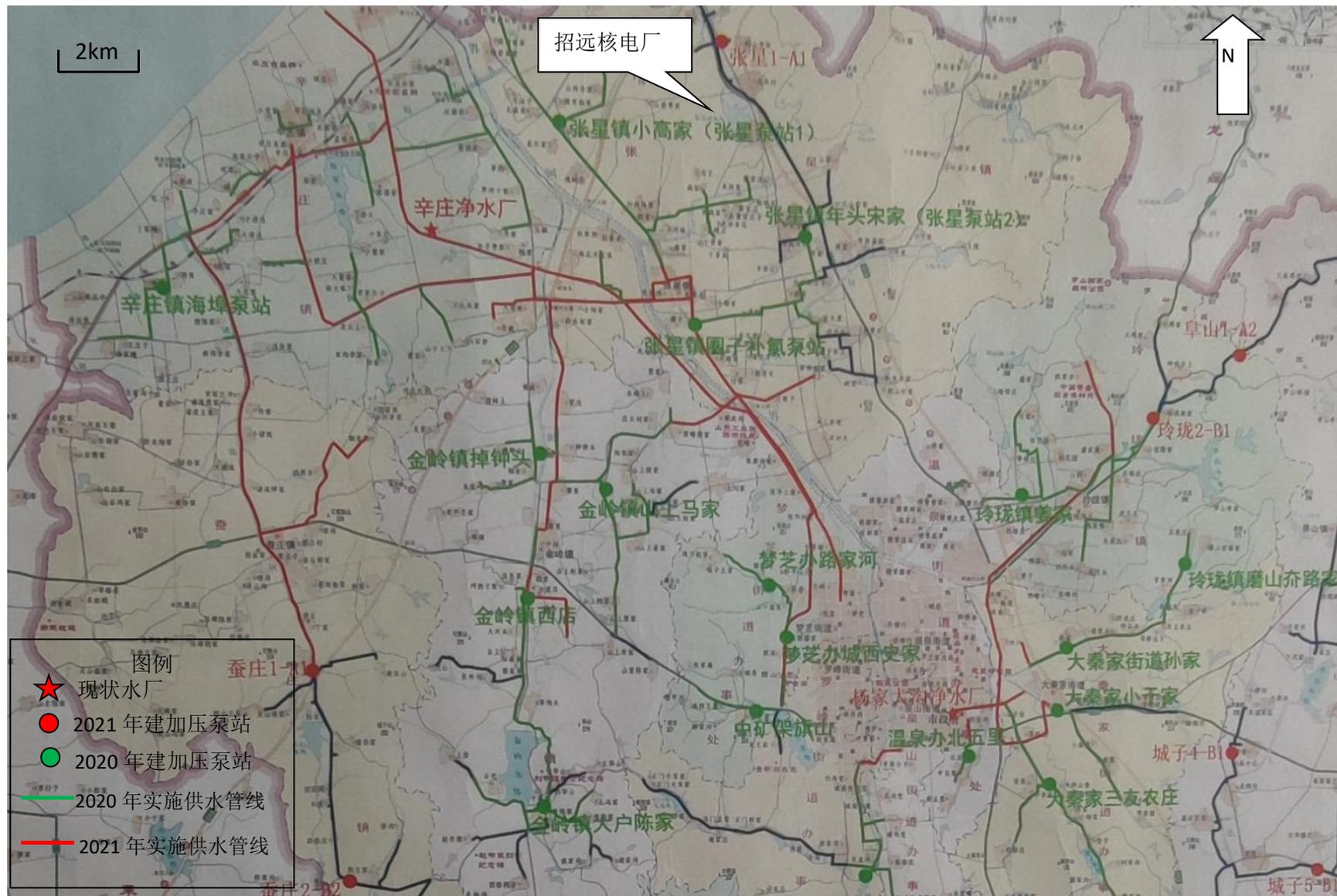


图 2.3-3 招远市城乡供水一体化工程规划示意图

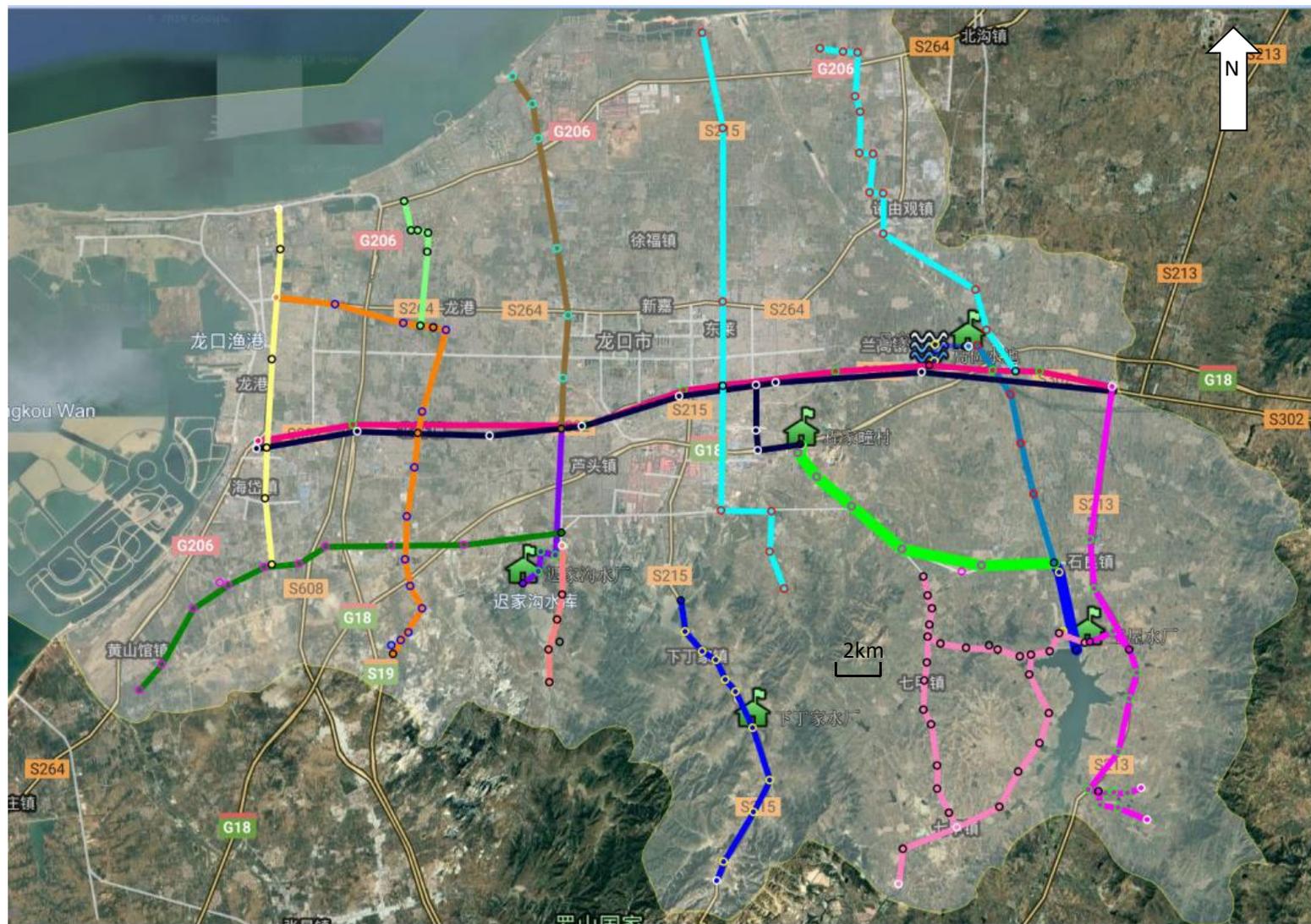


图 2.3-4 龙口市城乡一体化供水规划工程示意图

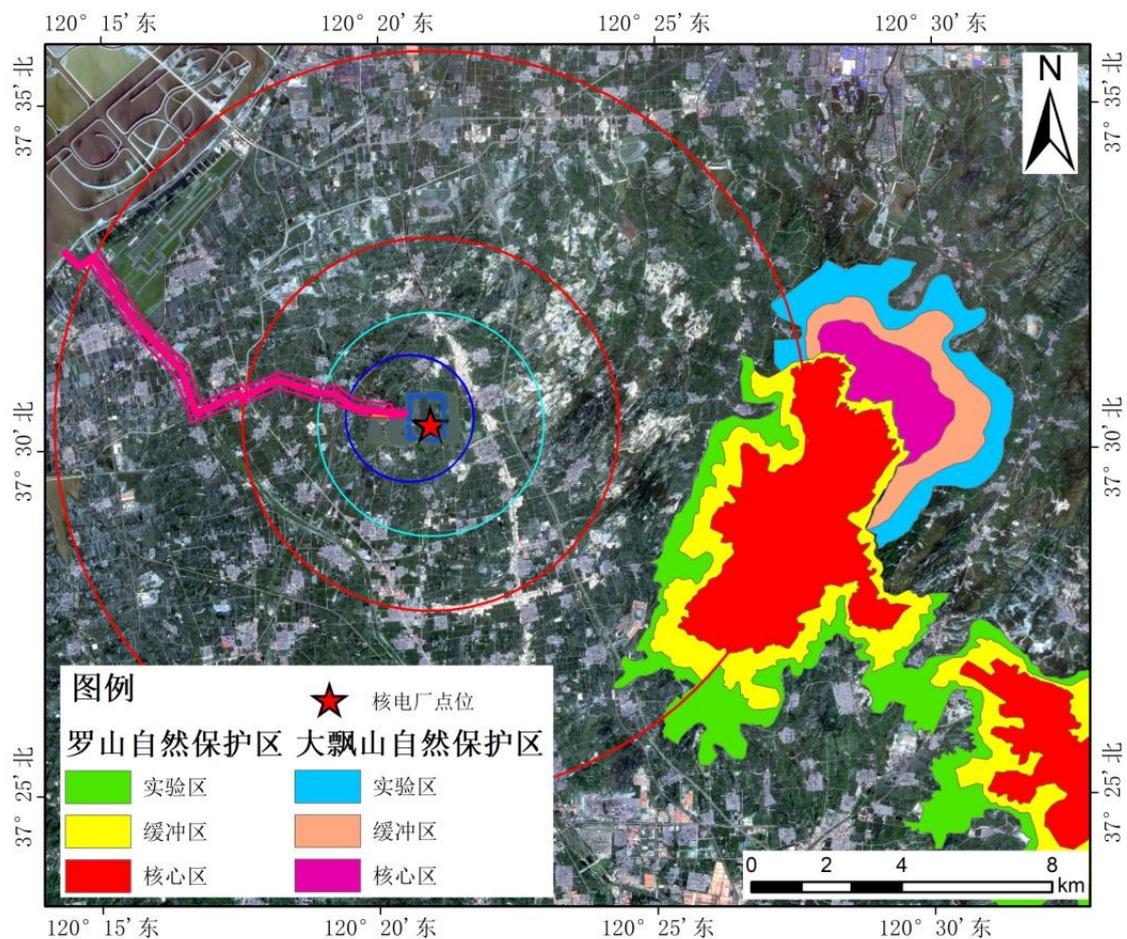


图 2.3-5 厂址半径 10km 范围内陆域自然保护区分布图

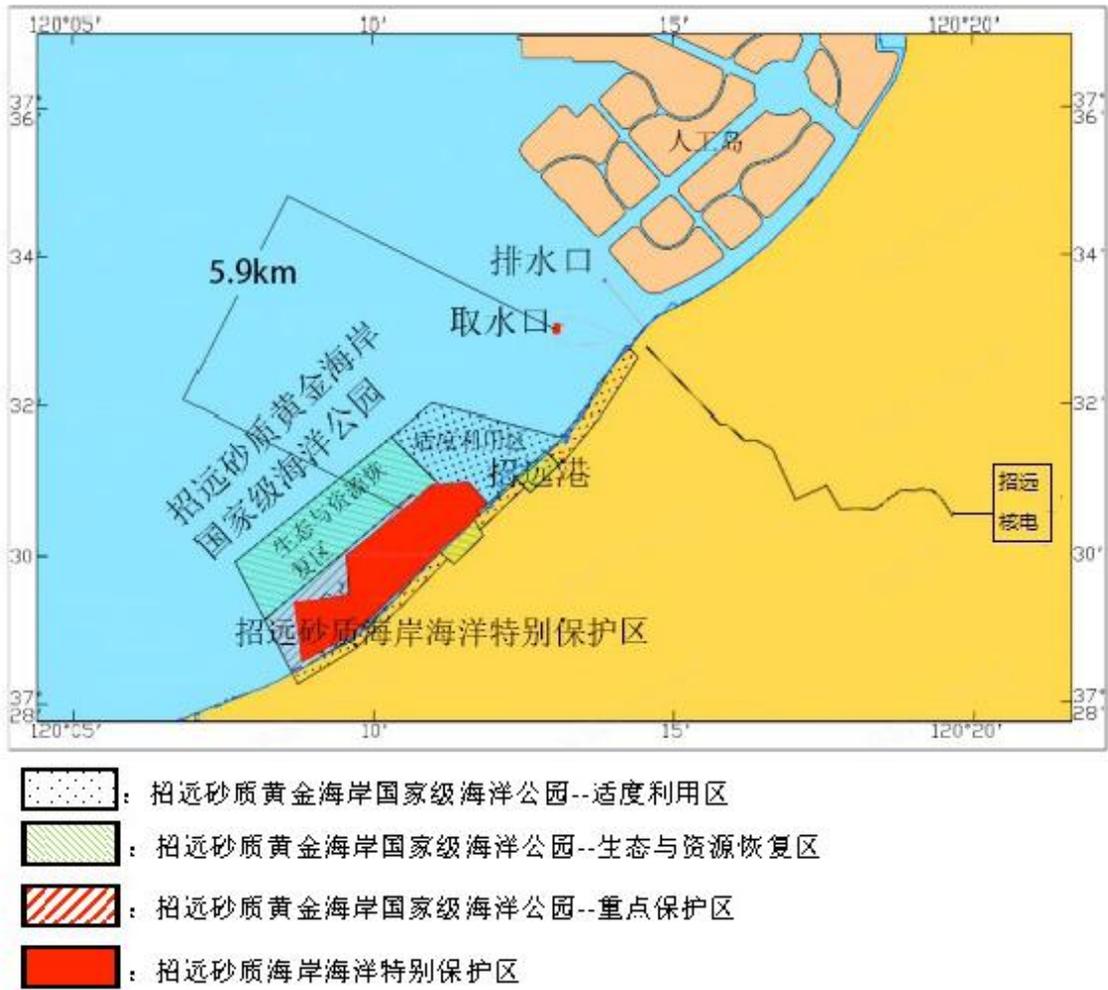


图 2.3-6 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园及砂质海岸海洋特别保护区位置示意图

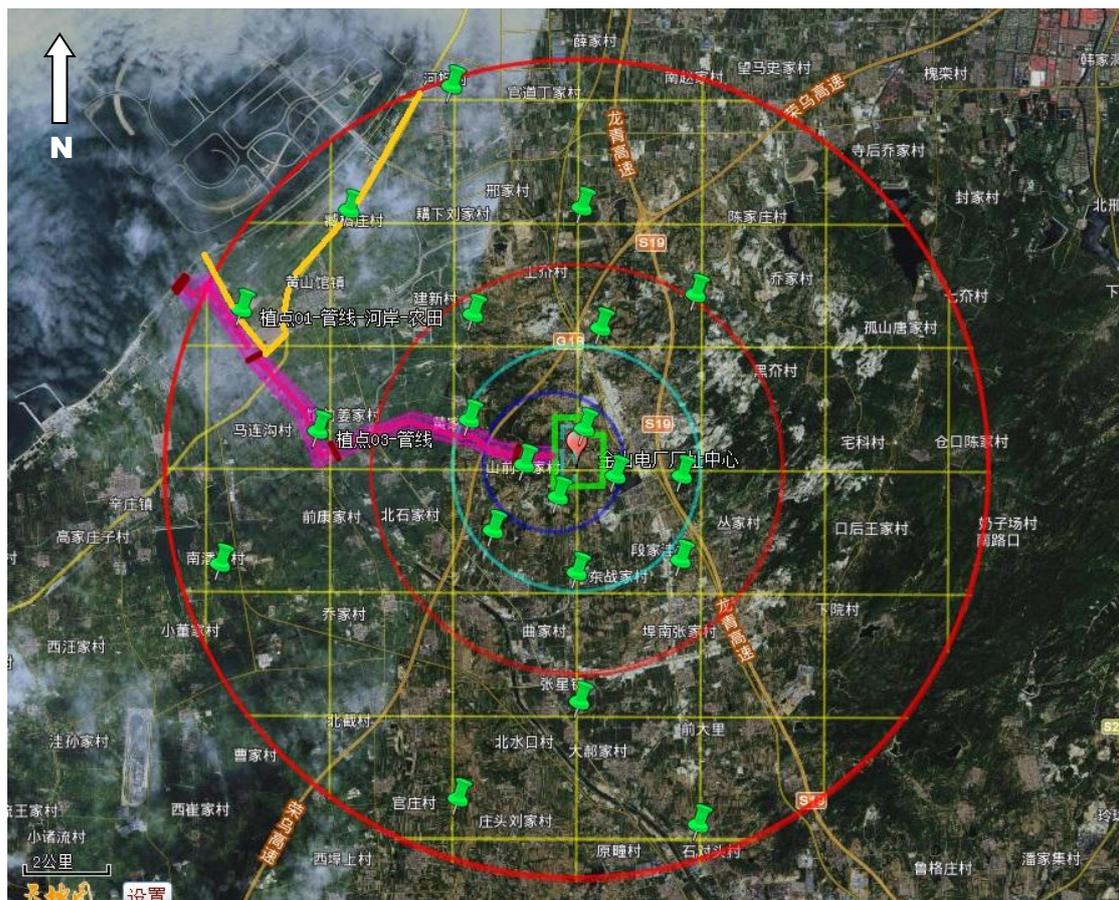


图 2.3-7 植物调查的样点样线分布图

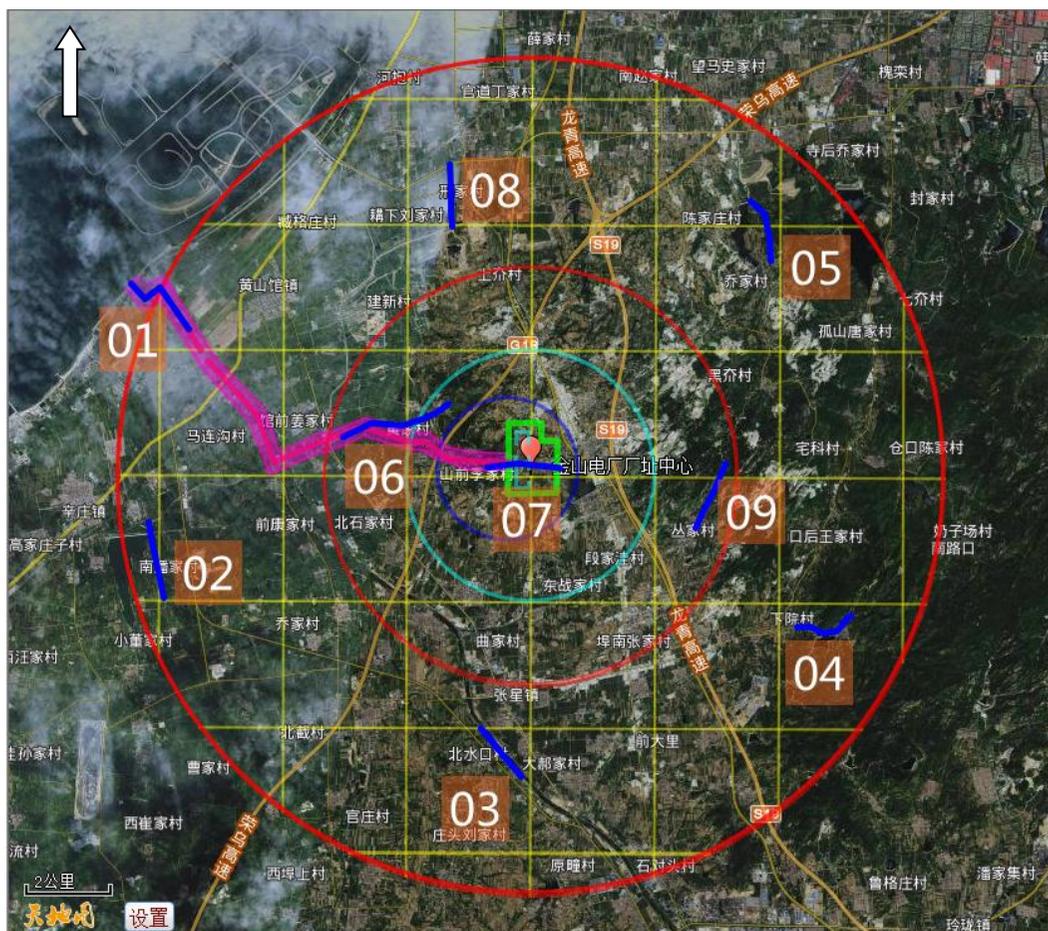


图 2.3-8 鸟类调查的样点样线分布图

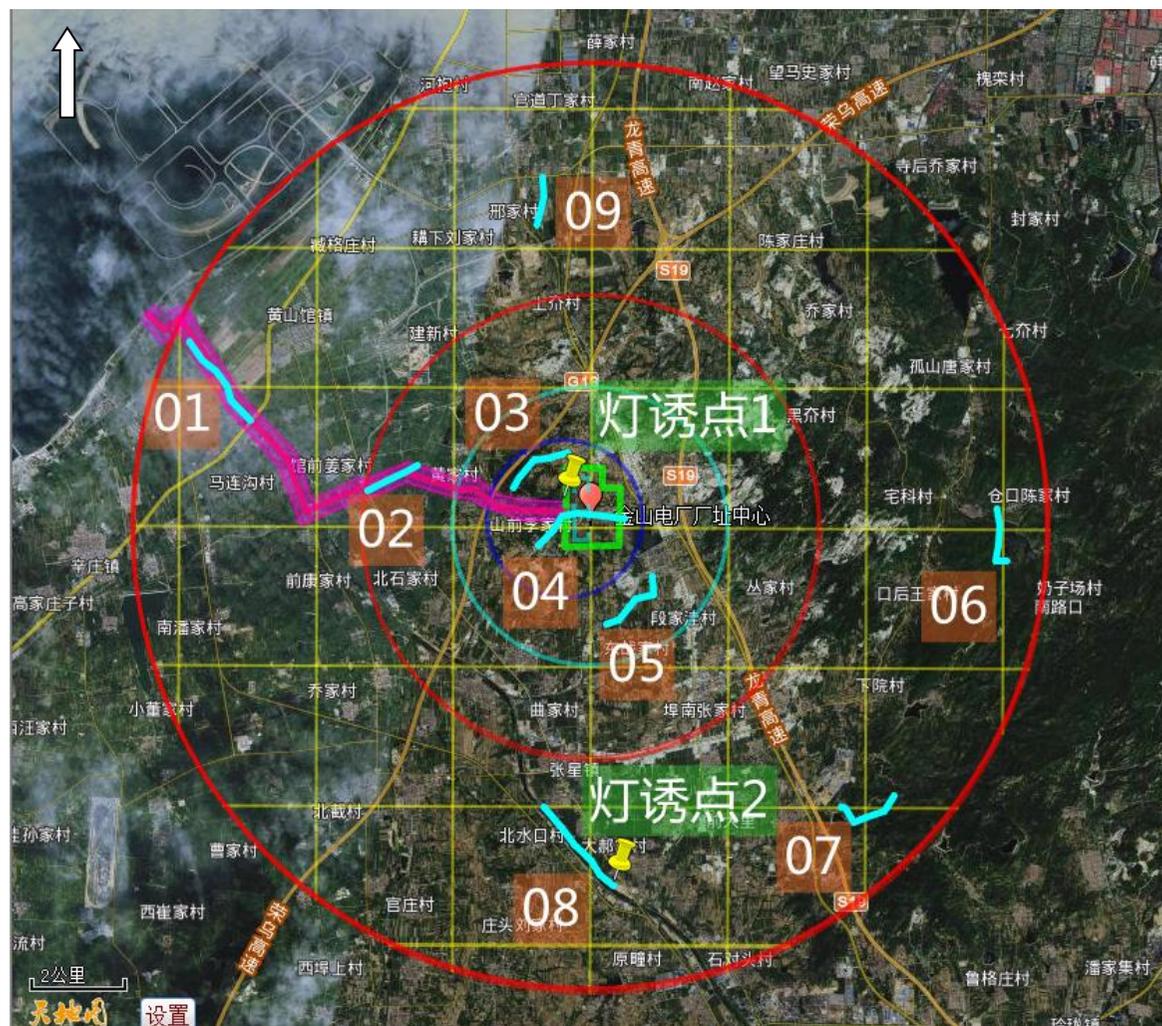


图 2.3-9 哺乳动物、两栖动物、爬行动物与昆虫调查样线、样点分布图

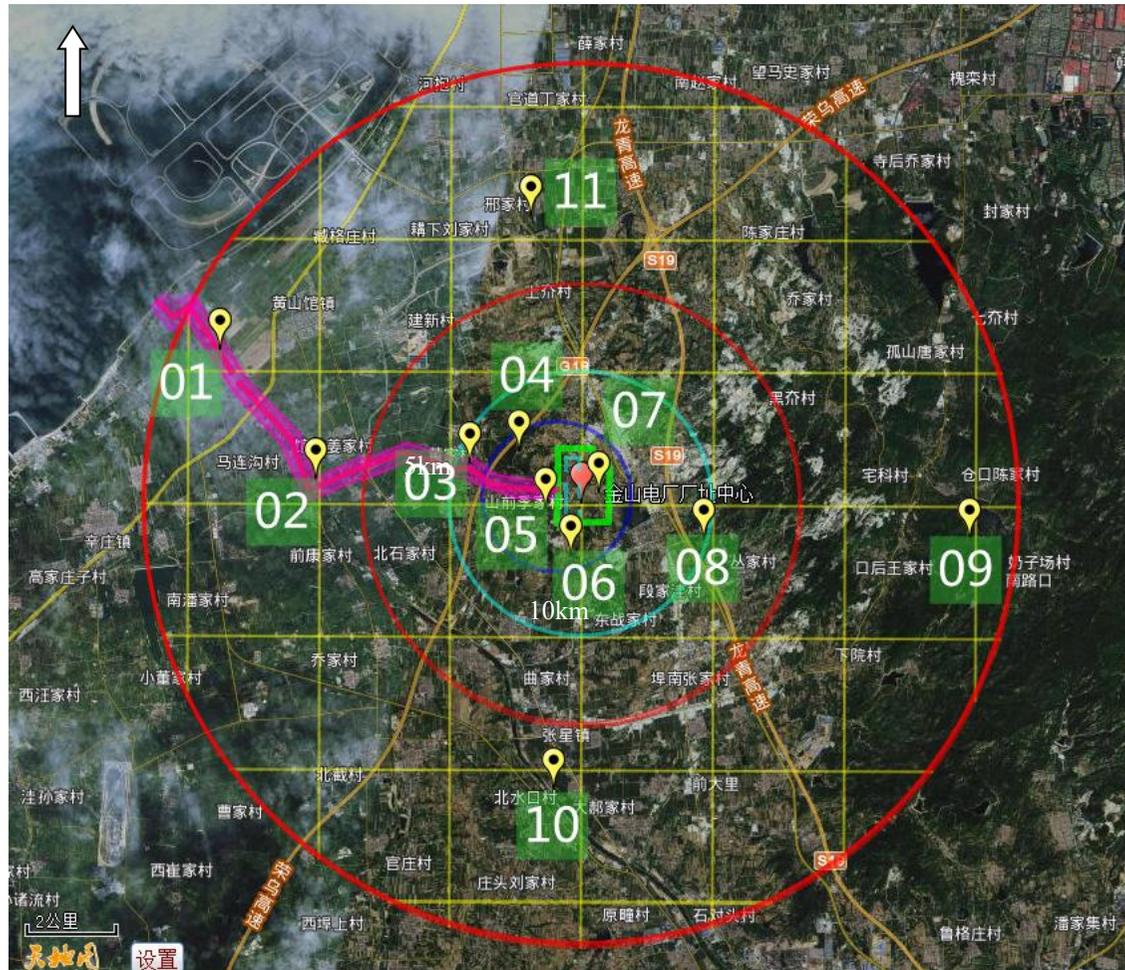


图 2.3-10 土壤动物取样点分布图

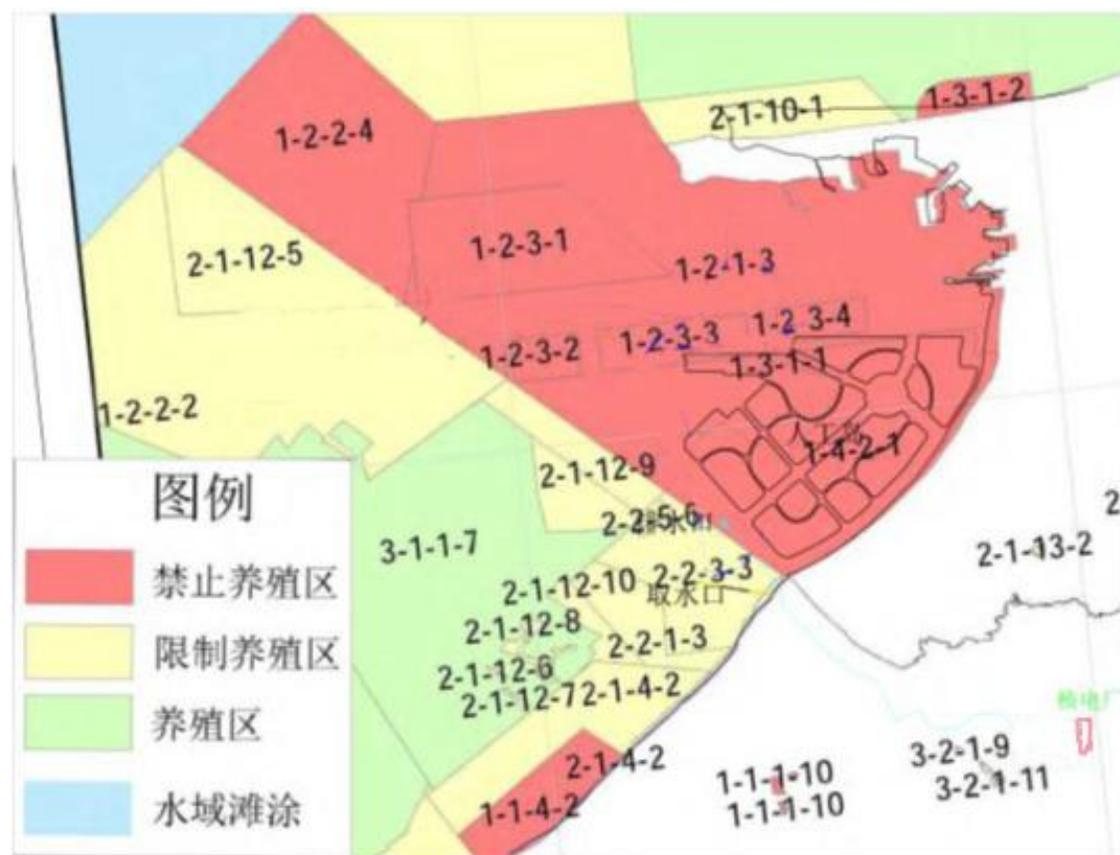


图 2.3-11 烟台市养殖水域滩涂规划分布图

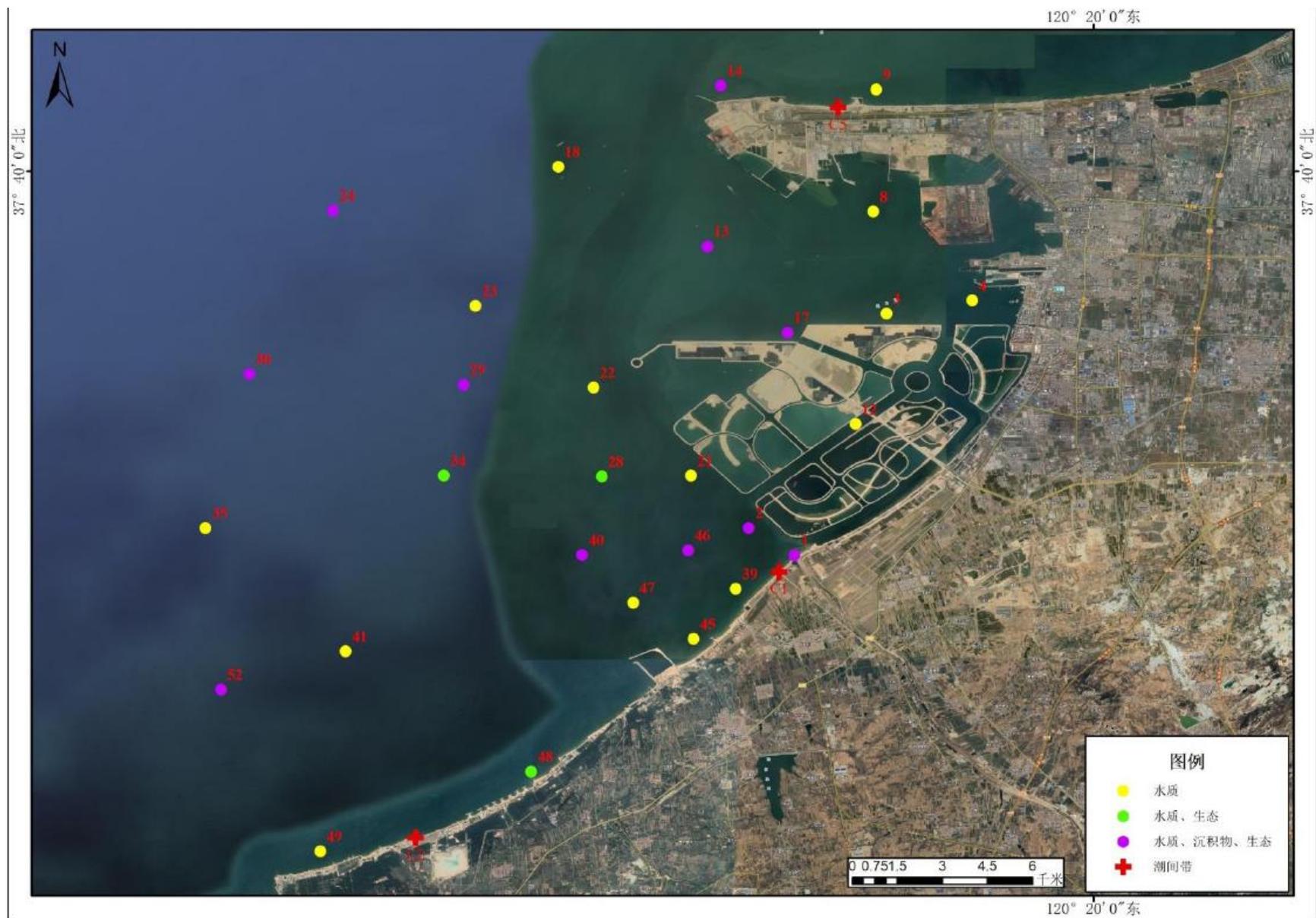


图 2.3-12 调查海域水质、沉积物、海洋生态、潮间带调查站位图



图 2.3-13 渔业资源调查站位图

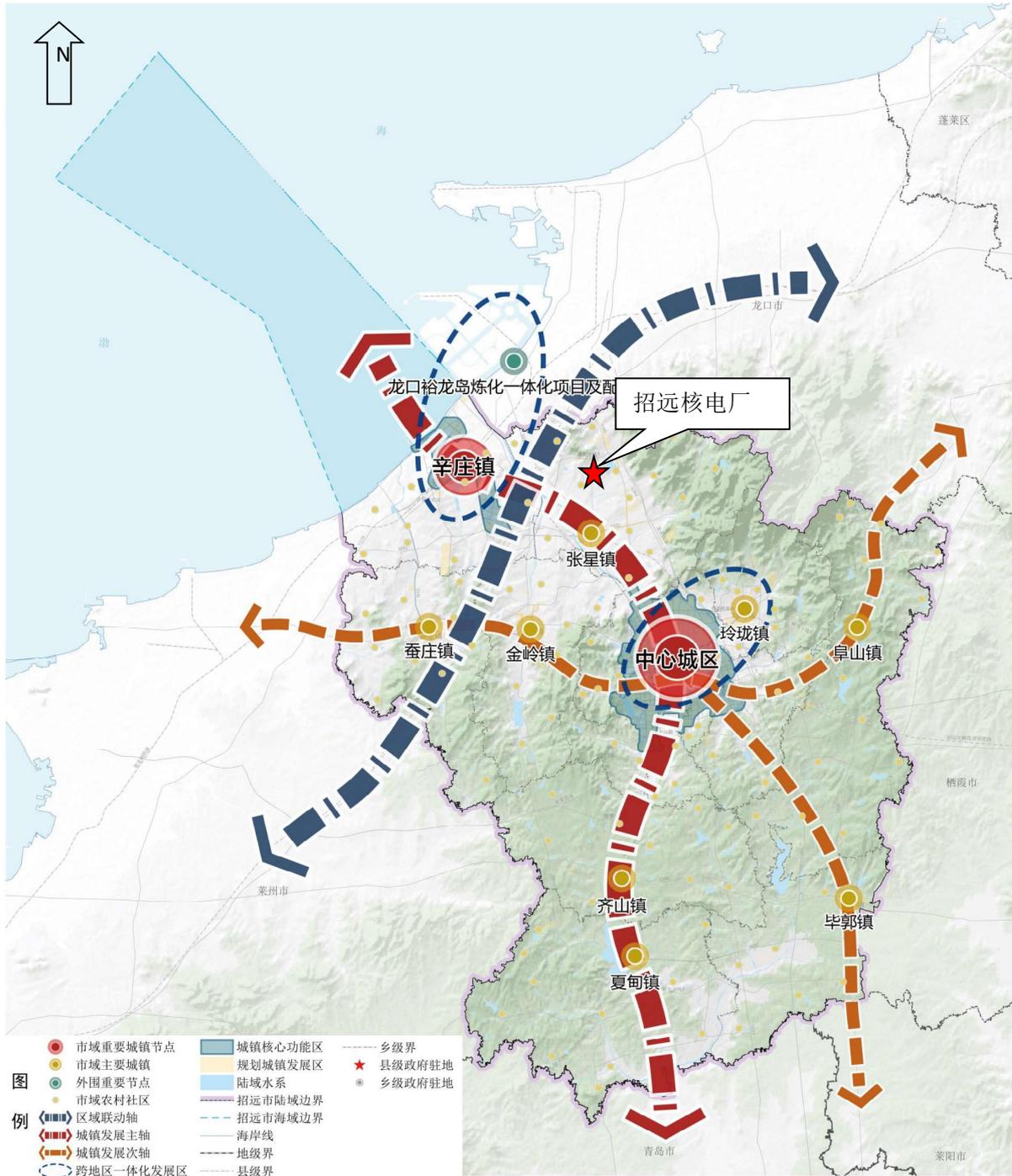


图 2.3-14 招远市域城乡空间结构规划图

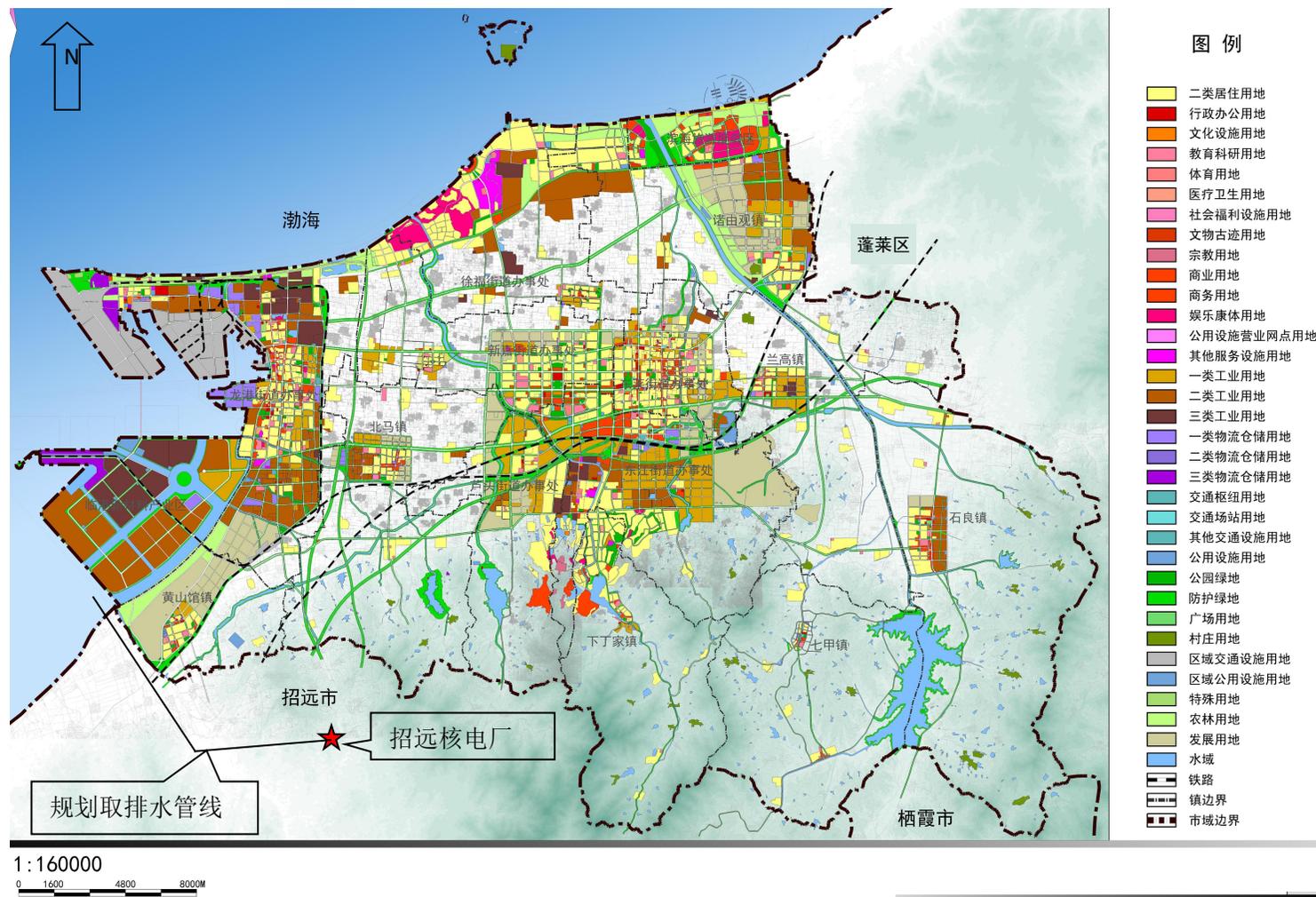


图 2.3-15 龙口市总体规划布局图



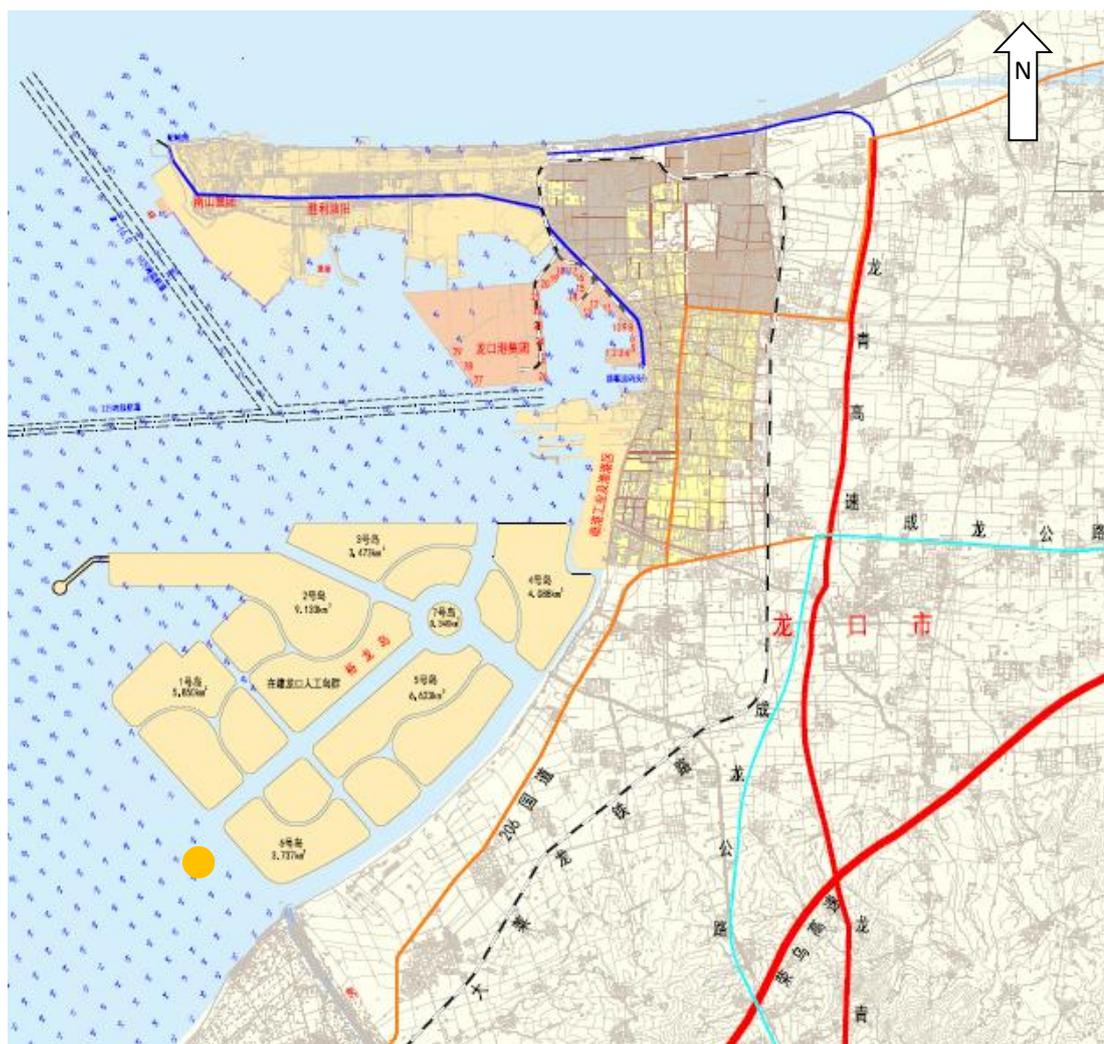
图 2.3-16 裕龙岛炼化一体化项目总体规划布局图



图 2.3-17 海上光伏项目位置示意图

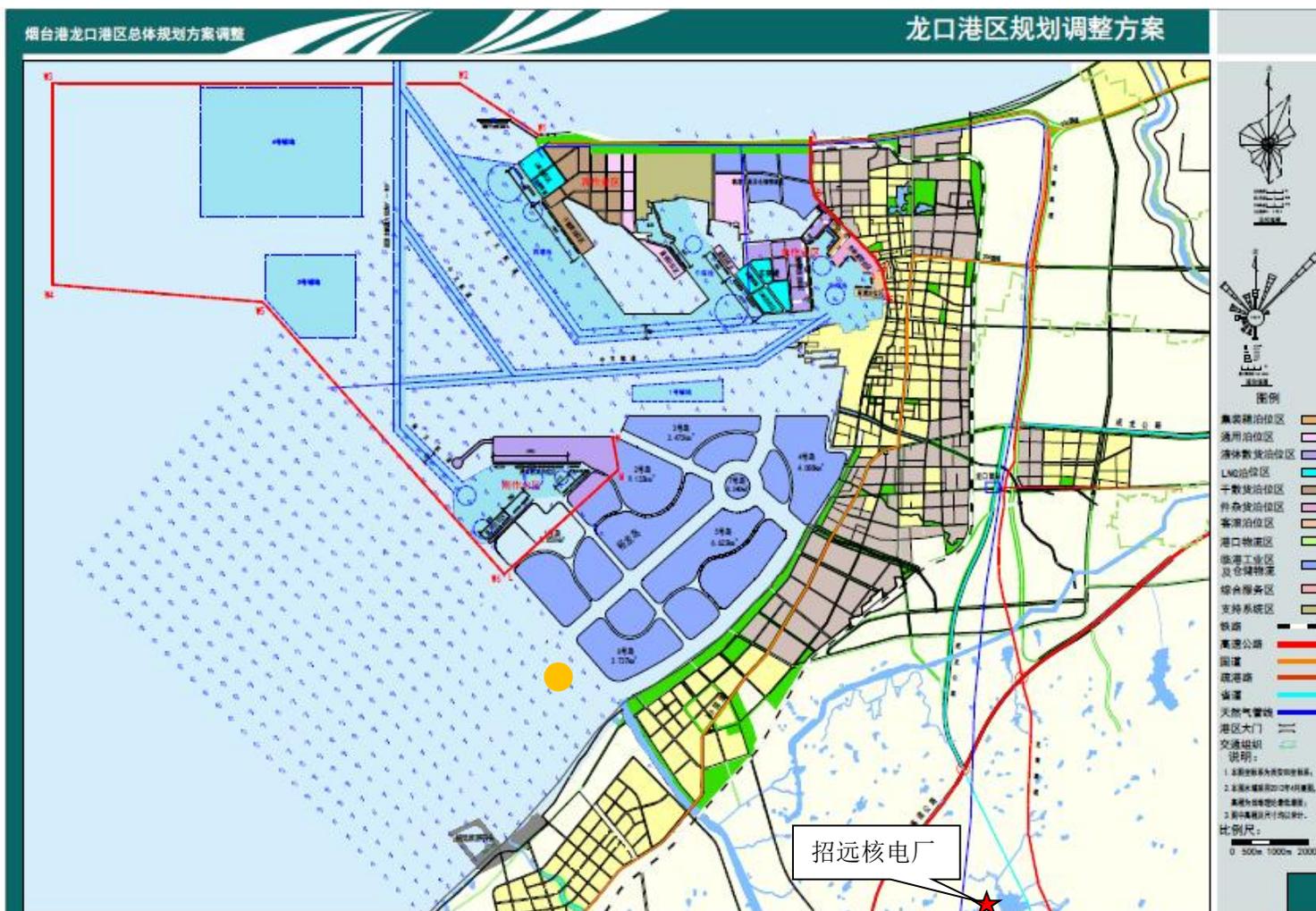


图 2.3-18 潍烟高铁及招远北站规划位置示意图



● 规划取排水口区域

图 2.3-19 龙口港现状示意图



● 规划取排水口区域

图 2.3-20 龙口港规划示意图

- 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，气温适中，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》（2022年8月），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，海拔高度 4.8m。观测项目有气压、相对湿度、风速和风向、气压、水汽压、气温、地面温度、降水量、日照、冻土等，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  $\geq 0.1\text{mm}$  的日数为 76.0 天， $\geq 10\text{mm}$  的日数为 17.1 天， $\geq 25\text{mm}$  的日数为 6.2 天， $\geq 50\text{mm}$  的日数为 2.1 天， $\geq 100\text{mm}$  的日数为 0.3 天， $\geq 150\text{mm}$  的日数较少。

#### 5) 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。

#### 6) 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季、年平均风玫瑰图。

#### 7) 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。

#### 8) 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；累年平均日照百分率为 61%，3 月、5 月最高，为 66%，7 月份最低，为 54%。

#### 9) 水汽压

龙口气象站累年平均水汽压为 12.0hPa，7、8 月份平均水汽压最大，为 25.8hPa，1 月份平均水汽压最小，为 3.5hPa；累年最大水汽压为 38.8hPa，累年最小水汽压为 0.7hPa。

## 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 极端气象现象及设计基准气象参数

#### 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<sup>2</sup>)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 等级发生 1 次，F1 等级发生 5 次，F2 等级发生 1 次；招远 F0 等级发生 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参数如下：

等级：F3；

设计风速：79m/s；

最大平移风速：15.4m/s；

压降速率：13.7hPa/s；

总压力降：44.49hPa。

## 2) 热带气旋

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) 极端积雪

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》，采用厂址区域参证站（龙口站）1956~2021年极端积雪资料，分析得百年一遇雪压0.39 KN/m<sup>2</sup>，冬季最大降雪量0.47 KN/m<sup>2</sup>，总值0.86 KN/m<sup>2</sup>。

### 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 2023 年 5 月~2024 年 4 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 98.3%。

#### 2.4.3.1 气温

##### (1) 地面气温

厂址地区年平均气温为 13.6°C，厂址地面气象观测站平均气温 7 月份最高，为 27.2°C，1 月份最低，为-1.4°C。极端最高温出现在 7 月份，为 36.5°C，极端最低温出现在 12 月份，为-12.6°C。

##### (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：13.7°C、13.6°C、13.6°C、13.4°C。

- 气象塔 10m 高度月平均最高温度为 27.0°C，月平均最低为-1.2°C；极端最高温度为 35.1°C，极端最低温度为-12.1°C。
- 气象塔 30m 高度月平均最高温度为 26.8°C，月平均最低为-1.3°C；极端最高温度为 34.8°C，极端最低温度为-10.9°C。
- 气象塔 80m 高度月平均最高温度为 26.8°C，月平均最低为-1.6°C；极端最高温度为 34.7°C，极端最低温度为-11.0°C。
- 气象塔 100m 高度月平均最高温度为 26.4°C，月平均最低为-1.7°C；极端最高温度为 34.3°C，极端最低温度为-11.2°C。

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

本报告在统计贴地逆温时采用以下方法：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 1126 次，80m 高度逆温共出现 928 次；100m 高度贴地逆温在 10 月~次年 4 月出现均较多，80m 高度贴地逆温集中出现在 9~11 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 $1.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}\sim 1.8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 左右。

#### 2.4.3.2 气压

厂址地区全年平均气压为1015.6hPa，1月份的平均气压最高，为1026.0hPa；7月份的平均气压最低，为1004.4hPa。

#### 2.4.3.3 相对湿度

厂址地面气象观测站年平均相对湿度为63%，以8月相对湿度最大，为85.7%，10月最小为49.8%。

#### 2.4.3.4 降水

厂址地区年度降水量为625.2mm，7月份降水量最大，达178.4mm。全年降水小时数为422小时，11月份降水时数最多，达68小时。全年降水日数为90天，8月降水日数最多，达14天。持续时间最长的一次降水出现在2023年8月27日15时至8月28日9时，整个降水过程持续19小时，降水量17.6mm。过程降水量最大的持续降水过程出现在2023年6月28日18时至29日1时，8小时累计降水量达97.4mm。

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N（18.0%）、NNE（17.1%）、SSE（14.0%）。

#### 2.4.3.5 风

##### 1) 风向

厂址地区全年以东南偏南风为主导风向，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，春、夏、秋季风频相对接近，主要以偏南风为主导风向，偏北风为次主导风向。

- 10m 高度全年平均风向频率最高的风向为 S，所占风频为 21.0%，其次为 SSE，所占风向频率为 20.4%。
- 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 33.8%，其次为 S，所占频率为 18.0%。
- 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 13.6%。
- 100m 高度全年平均风向频率最高的风向为 SSE，所占风频为 24.9%，其次为 NNE，所占风向频率为 13.8%。

##### 2) 风速

厂址区域 10m、30m、80m、100m 高度年平均风速分别为 4.7m/s、5.5m/s、6.2m/s 和 6.4m/s，风速随高度变化总的趋势是低层平均风速小于高层平均风速，但上下层风速总体相差不大。

- 10m 高度全年 10min 平均最大值为 22.3m/s，3s 阵风极大值为 27.4m/s；
- 30m 高度全年 10min 平均最大值为 24.8m/s，3s 阵风极大值为 27.4m/s；
- 80m 高度全年 10min 平均最大值为 25.3m/s，3s 阵风极大值为 28.8m/s；
- 100m 高度全年 10min 平均最大值为 25.2m/s，3s 阵风极大值为 28.3m/s。

从风速月变化情况来看，厂址地区春冬季风速较大，夏秋季风速偏小。

从风速日变化情况来看，厂址地区低层 10m、30m 白天风速较夜间偏大，80m、100m 高度风速日变化趋势不显著。

通过对静风的统计（风速 $<0.5\text{m/s}$  做静风处理），由于厂址地区风速较大，各高度全年基本没有静风出现。

#### 2.4.4 大气稳定度

根据《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02-1987）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更全面。

综合考虑大气稳定度三种分类方法的原理及上阶段报告的推荐结果，本报告采用温度梯度—风速法对厂址稳定度进行分类。根据厂址气象塔观测系统 2023 年 5 月~2024 年 4 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 8.4%，C 类 11.6%，D 类 58.3%，E 类 10.3%，F 类 11.1%。

#### 2.4.5 联合频率

根据 2023 年 5 月~2024 年 4 月厂址气象塔 10m 高度风向、风速以及稳定度分

类结果，无降水共占全年联合频率的 94.97%，有降水共占全年联合频率的 5.03%。

## 2.4.6 混合层高度及大气扩散特征

### 2.4.6.1 混合层高度

根据《中广核山东招远核电厂一期工程厂址大气边界层观测报告》（2023 年 11 月）（以下简称“大气边界层观测报告”），专题单位在冬季（观测试验时间为 2023 年 2 月）和夏季（观测试验时间为 2023 年 7 月至 8 月）采用小球探空在厂址地区开展了大气边界层观测试验，两季都持续观测了 21 天。采用综合判断法（根据温廓线和风廓线观察）对厂址区域冬夏两季混合层高度进行统计分析，冬季测试期间，当大气处于中性状态时湍流较弱，D 类大气混合层高度为 485m；当大气处于弱不稳定状态时，湍流混合增强，C 类大气混合层高度为 590m；而大气处于不稳定状态时，湍流混合强，A~B 类大气混合层高度为 840m，此时污染物容易被稀释扩散；夏季由于辐射较强，对流旺盛，厂址地区大气混合层高度发展较冬季强，夏季 D 类稳定度下厂址观测点大气混合层高度为 510m，C 类稳定度下厂址观测点大气混合层高度为 650m，A~B 类稳定度下厂址观测点大气混合层高度为 900m。综合冬夏两季观测试验得到的山东招远核电厂厂址区域大气混合层高度统计结果，从保守角度考虑，推荐采用冬季测试期间观测统计得出的中性及不稳定类天气条件下的大气混合层高度值。

### 2.4.6.2 厂址特征大气边界层条件等对大气弥散条件可能的影响

根据大气边界层观测报告，逆温、海陆风环流、热内边界层特征及其对厂址大气弥散条件的影响分析如下：

#### 1) 逆温

厂址观测点观测到贴地逆温分别为冬季 48 次和夏季 8 次，占各季观测样本数的 30%和 4.8%，从贴地逆温厚度及强度来看，冬季贴地逆温厚度在 10m~143.8m 之间，贴地逆温强度范围在 0.2℃/100m~4.8℃/100m，平均厚度 54.1m，平均强度 1.7℃/100m；夏季贴地逆温厚度 24.6m~45.4m 之间，平均厚度 33.6m，强度范围在 0.6℃/100m~4.3℃/100m，平均强度为 2.2℃/100m。从低层 300m 范围内逆温出现时间来看，低层逆温多出现在夜晚 20 时至凌晨 5 时，白天 8 时以后出现频率较低。总体来说，厂址区域冬季逆温符合北方低山丘陵地区辐射逆温出现较多的一般规

律，从气态污染物大气扩散机理来说，出现辐射逆温时大气湍流扩散能力较弱，但出现逆温时厂址区域风速（近地层约 4m/s~5m/s）相对内陆或部分海拔较低的地区总体仍较大，有利于污染物在水平方向上的大、中尺度输送，这也反映了本项目厂址近海地区的一般气象特征。

## 2) 海陆风及热内边界层

冬季观测试验期间海陆风出现频率很小，没有观测到明显的海陆风环流现象，厂址区域有 3 个时次出现了海风和陆风风向转换现象，但中、高层主要受系统性气流影响，即使出现海陆风向转换也不会形成闭合环流，不会影响厂址大气扩散条件。夏季观测期间厂址观测点没有出现海陆风风向转向，只在厂外观测点出现 4 次具有海陆风特征的风场，这说明观测期间夏季系统性气流较强，海陆风只偶尔在离岸较近的区域出现，一般不会伸入至厂址区域。

同时，一般而言，热内边界层现象主要出现在海陆温差较大的夏季，厂址区域夏季向岸流（偏北风）出现频次较小，且厂址离岸约 10km，一般来说很难形成能伸入内陆 10km 以上的热内边界层，观测试验期间也没有发现具有热内边界层特征的观测数据。

### 2.4.6.3 厂址大型海水冷却塔等对大气弥散条件可能的影响

根据《中广核山东招远核电厂工程超大型自然通风冷却塔对大气扩散影响的 CFD 模拟研究成果报告》（2023 年 11 月）（以下简称“CFD 模拟报告”），中国辐射防护研究院采用 CFD 数值模拟方法，利用 fluidyn 和 IconCFD 模拟六台机组正常运行工况情况下烟囱释放的放射性烟云与冷却塔雾羽相互作用对大气扩散的影响，相关结论如下：

- 1) 对于建筑物周围局地流场，厂区冷却塔等高大建筑物对局地区域风场作用明显。近地面层，在冷却塔与厂区其它建筑物的共同作用下，厂区内环境风速明显低于周边环境风速；在几十米高度层及以上，其它建筑物的影响逐渐减弱，主要表现出冷却塔尾迹的影响。
- 2) 不同风速条件冷却塔迎风面受冷却塔自然通风和建筑物的影响，使得冷却塔迎风面速度减小，环境风速越大，速度亏损越大。随着下风向距离的增大，湍流强度逐渐减小，趋近于来流状况，冷却塔主要影响下风向 1500m 范围。
- 3) 当出现 E、W 风向时，在相互扰动的作用下，两反应堆厂房之间气流明显加速。当出现 S 风向时，冷却塔背风侧空腔区显著加大。

- 4) 出现 SSE 风向、E 风向时，分别在下风向观察到冷却塔自然卷吸效应将烟囱污染物从底部吸入后作为高架源从冷却塔出口二次排放的过程。S 风向时冷却塔虽然位于烟囱侧边，但六台机组与冷却塔分别形成串列，上风向烟囱排放后，下风向冷却塔的自然卷吸效应对烟囱污染物扩散过程产生影响。
- 5) 冷却塔雾羽对近距离扩散略有影响，而随着距离的增加，冷却塔雾羽对扩散的影响逐渐减小。
- 6) SSE、E 风向时烟囱释放烟羽的迁移扩散受距离较近的冷却塔的影响是明显的，表现为烟羽分布变形，烟流轨迹发生偏转。不同风速条件下小风条件地面轴线扩散因子变化较为平缓，大风条件地面轴线扩散因子随距离变化较为快。
- 7) SSE、E、W 风向冷却塔有热羽排放时，受冷却塔自然卷吸影响，地面轴线扩散因子均呈现先增大后减小再增大的趋势。

总体来说，大型海水冷却塔及其雾羽排放对烟囱气载流出物的影响主要体现在厂址近区，会导致近区大气弥散因子有所增大，故在进行正常运行工况下大气弥散计算时需考虑对厂址近区大气扩散参数进行修正。

#### 2.4.6.4 大气扩散参数

根据《中广核山东招远核电厂一期工程厂址大气湍流特征观测研究报告》（2023 年 11 月），苏州热工研究院有限公司分别于冬季 2023 年 2 月，夏季 2023 年 7 月至 8 月在厂址气象铁塔上 10m 和 80m 两个高度进行湍流特征量的探测。厂址区域高低层湍流测量结果表明，10m 高度湍流脉动标准差和湍流强度均强于 80m 高度。相同高度的顺风向和侧向脉动量有较好的相关性，总体上顺风向脉动强于侧风向，垂直向脉动最弱。高低层的顺风向、侧风向、垂直向湍流脉动的相关性亦较好，80m 高度湍流脉动略小于 10m 高度。当系统影响较弱时，厂址地区的脉动体现出明显的日变化特征，白天由于太阳辐射较强，湍流脉动标准差和湍流强度均显著增大，夜间则显著减小，体现出明显的热力湍流特征。厂址气象塔 10m 和 80m 高度无因次湍流特征量随  $z/L$  的变化以及湍流度随风速的变化符合边界层相似理论一般性规律，这些试验结果均与前人理论符合得较好。通过大气湍流观测获取的大气扩散参数与 P-G 扩散参数较为接近。这与厂址地区地形相对开阔平坦，风速较大的特征相符。

同时，考虑到厂址超大型冷却塔对大气扩散的影响，在《中广核山东招远核

电厂工程超大型自然通风冷却塔对大气扩散影响的 CFD 模拟研究成果报告》中，结合 CFD 数值模拟结果以及大气湍流观测试验实验结果，综合推荐了烟囱排放高度处大气扩散参数用于正常运行工况下辐射剂量计算。

CFD 数值模拟研究模拟区域为下风向 3km 范围，结合厂址实际扩散情况，大气扩散参数分段考虑，近距离（3km 以内）采用 CFD 数值模拟结果推荐，远距离（3km 以外）采用大气湍流观测综合推荐的扩散参数。近场距离选定为 3km 的依据主要为：（1）考虑近距离处与远距离处扩散因子的衔接；（2）按照经验，10 倍于建筑物高度的下风距离处，建筑物对流场影响基本消失。

同时，由于 CFD 数值模拟主要考虑了烟囱排放高度的影响，事故工况下由于为地面释放，而大型海水冷却塔排放高度较高，且底部存在约 15m 的空腔区，其对地面释放的影响减弱，故对于事故工况下大气扩散参数仍采用湍流观测试验获取的 10m 高度大气扩散参数。

## 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

厂址气象观测系统于 2016 年 11 月开始正式运行，2021 年对设备进行了更换，目前获取的最近一整年数据为 2023 年 5 月至 2024 年 4 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。采用气象数据采集系统对实时数据进行采集，采集后存储于本地工控机内，并根据相关标准及规范要求对存储的数据进行统计分析。根据项目整体建设安排，厂址气象站后续可能考虑进行迁建。

### 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

厂址气象观测站距离 1 号机组北侧约 0.5km。厂区区域整体较为平整，厂坪标高与气象站标高相差约 10m 左右。

#### 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。

### 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。

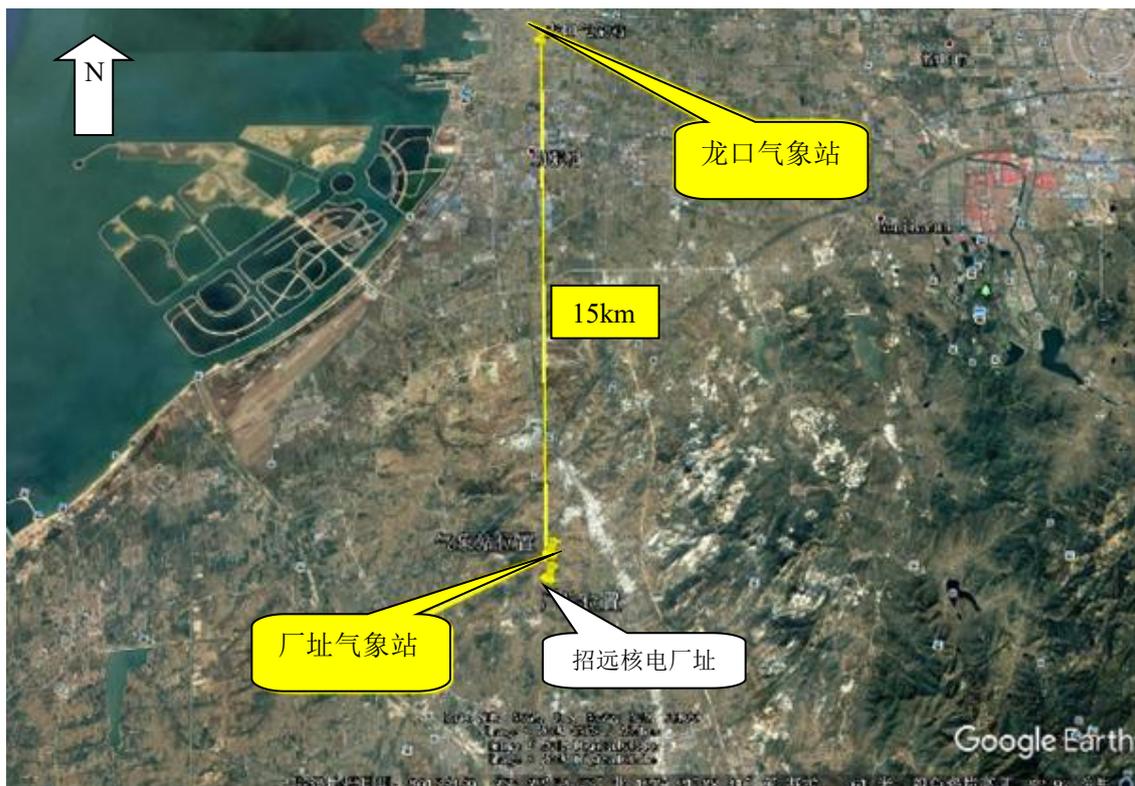


图 2.4-1 厂址气象站与龙口气象站位置示意图

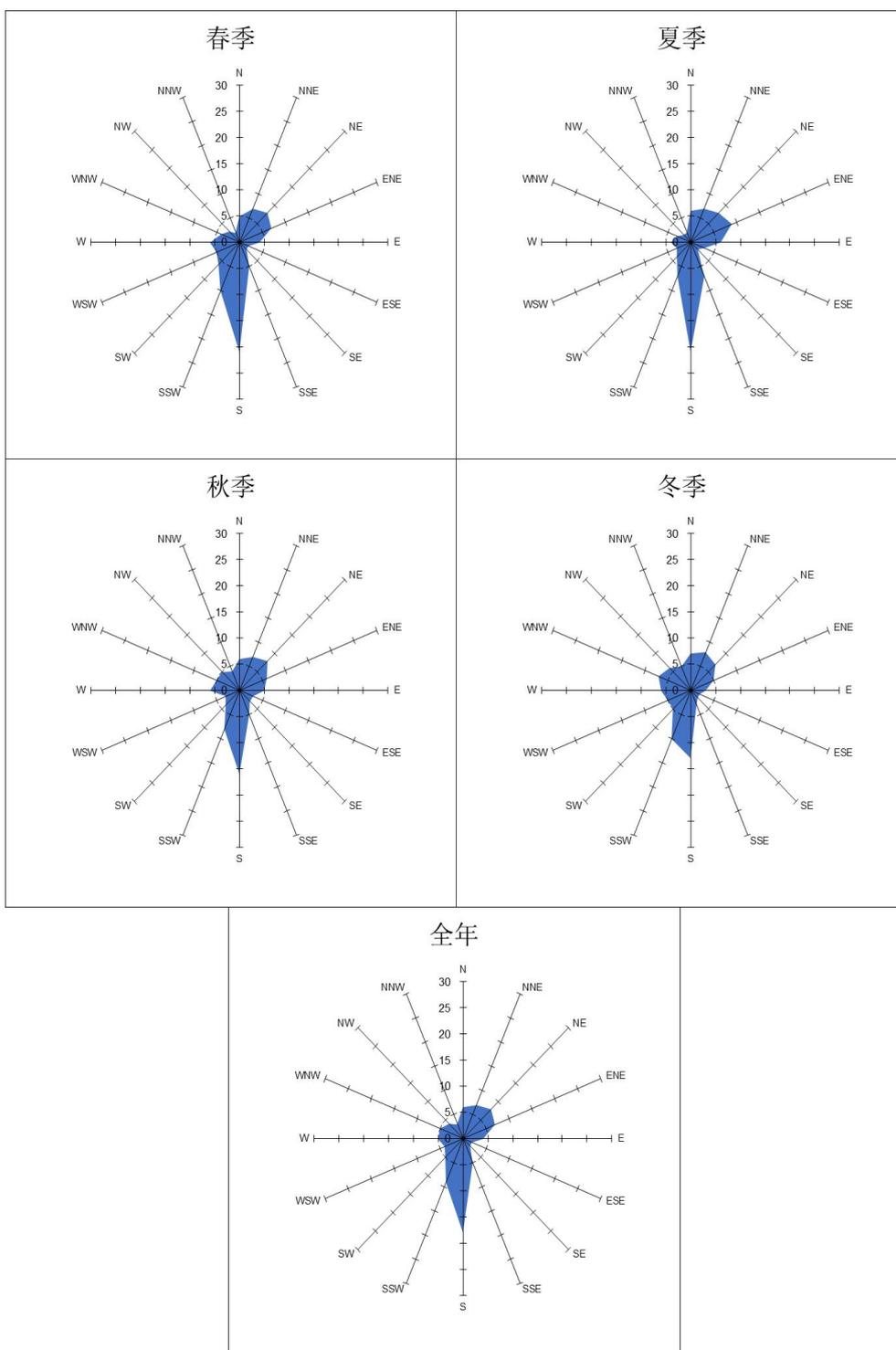


图 2.4-2 龙口气象站累年风向玫瑰图

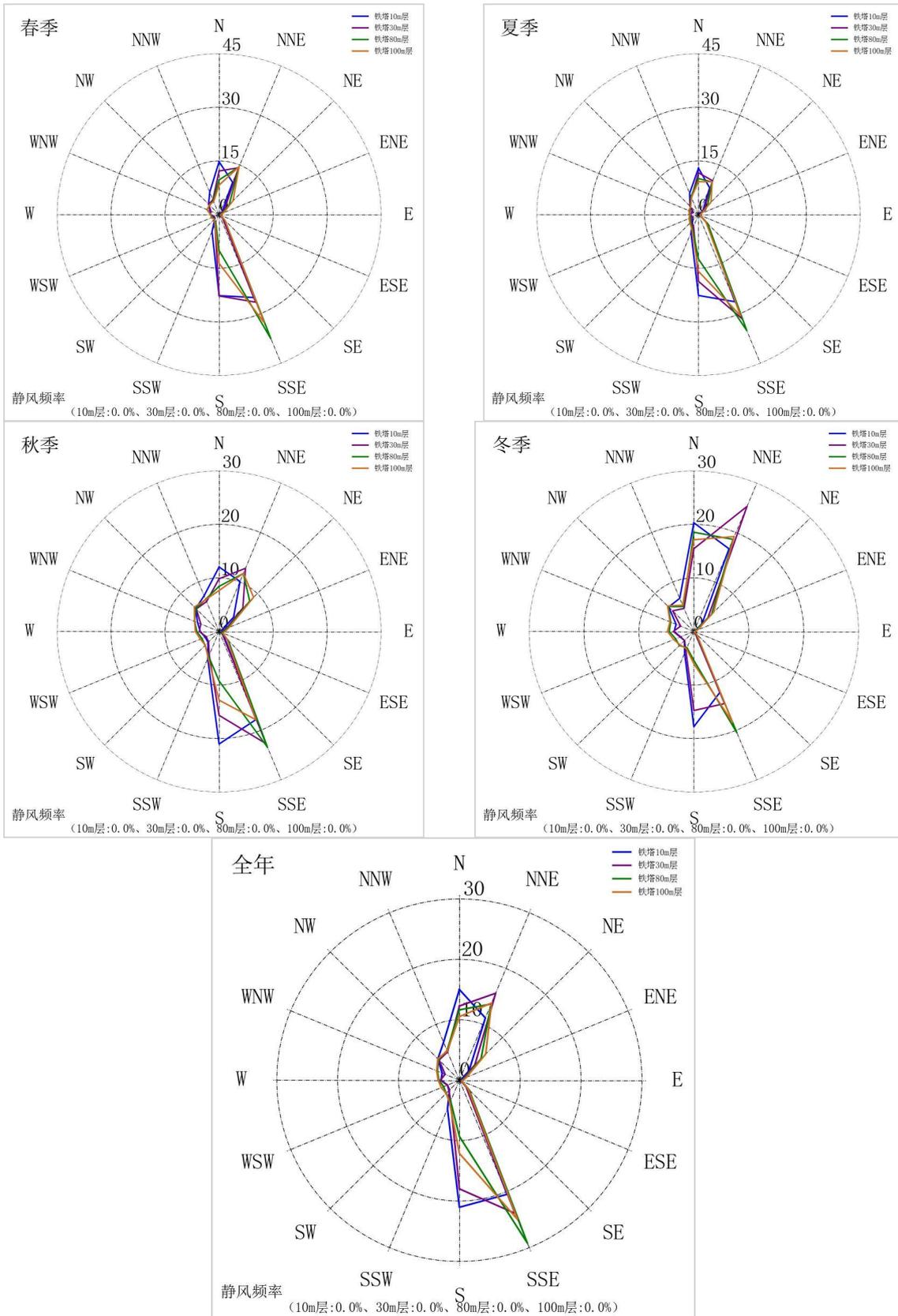


图 2.4-3 厂址气象站各高度全年及各季风向玫瑰图

## 2.5 水文

### 2.5.1 地表水

### 2.5.2 地下水

### 2.5.3 洪水

## 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欧家村北侧、季山东南侧的丘陵地带，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。本项目厂址半径 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 范围内及取排水管线周边的河流情况。

界河发源于招远市区西南约 8km 处铁乔村西的尖尖山南麓，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<sup>2</sup>，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、上乔村，在上乔村北流出测区，从河抱村西北注入渤海湾。全长 15km，流域面积约 77.0km<sup>2</sup>。

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<sup>2</sup>。

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<sup>2</sup>。

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，工程途经滨州、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年底全线贯通，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经招远市，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<sup>2</sup>，总库容10084万m<sup>3</sup>，兴利库容4225万m<sup>3</sup>；小（1）型水库30座，净控制流域面积191.96km<sup>2</sup>，总库容7384.6万m<sup>3</sup>，兴利库容4864.1万m<sup>3</sup>；小（2）型水库192座，净控制流域面积222.19km<sup>2</sup>，总库容4741.5万m<sup>3</sup>，兴利库容3073.96万m<sup>3</sup>。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<sup>2</sup>，总库容1191万m<sup>3</sup>，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m<sup>3</sup>/d，最大供水能力7.0万m<sup>3</sup>/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<sup>2</sup>，总库容304万m<sup>3</sup>，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<sup>2</sup>，总库容483万m<sup>3</sup>，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<sup>2</sup>，总库容1325万m<sup>3</sup>，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<sup>2</sup>，总库容2044万m<sup>3</sup>，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范围内及取排水管线周边的小（1）型以上水库情

况。图 2.5-1 给出了厂址半径 15km 范围内的地表水体情况。

## （2）淡水水源条件

本项目施工期生产和生活用水采用辛庄净水厂供水作为淡水水源，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供水作为淡水水源，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，采用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~2017 年 9 月；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。

中国科学院海洋研究所于 2021 年~2022 年开展了厂址附近海域最新的冬、夏季典型全潮水文测验，观测项目主要有潮位、海流、温盐、泥沙等。此次观测共设置了 4 个潮位观测站（砣姆岛站、招远港站、三山岛站和龙口渔港站）和 13 个海流观测站。冬季期间，2021 年 12 月 28 日 13 时~29 日 15 时进行小潮期同步观测；2021 年 12 月 31 日 15 时~2022 年 1 月 1 日 17 时进行中潮期同步观测；2022 年 1 月 2 日 17 时~3 日 19 时进行大潮期同步观测。夏季期间，2022 年 7 月 9 日 12 时~10 日 14 时进行小潮期同步观测；2022 年 7 月 19 日 08 时~20 日 10 时进行中潮期同步观测；2022 年 7 月 14 日 13 时~15 日 11 时进行大潮期同步观测。全潮水文观测站位置见图 2.5-2。

#### （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，北起砣姆岛高角，南至界河口，口宽 13.4km，属开敞式海湾。海湾面积 84.13km<sup>2</sup>，其中水域面积 77.90km<sup>2</sup>，潮间带面

积6.23km<sup>2</sup>，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。最高点为湾东南的罗山，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，岬岬岛连岛砂坝横亘于海湾的北侧，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。湾北的岬岬岛为陆连岛，是海湾唯一的基岩海岸，岛高55.5m，面积2.25km<sup>2</sup>，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2.5-3。

## （2）潮汐

2021年冬、2022年夏两季全潮海洋水文测验分析得到的潮汐特征值见表2.5-3。经分析，厂址附近海域属于不正规半日潮。本次进行潮汐观测的四个测站中，距离本工程取排水口最近的为招远港站。冬季测验期间，招远港站的月平均高潮位为0.27m，月平均低潮位为-0.44m，月平均潮位为-0.08m，总平均潮差为0.72m，涨潮平均历时为6.85h，落潮平均历时为5.78h。夏季测验期间，招远港站的月平均高潮位为0.63m，月平均低潮位为-0.14m，月平均潮位均为0.25m，总平均潮差为0.77m，涨潮平均历时为6.46h，落潮平均历时为5.94h。

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。

厂址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2.76m；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2021年冬、2022年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，厂址附近海域为规则半日浅海潮流的类型。表2.5-5给出了2021年冬、2022年夏两季大、中、小潮观测期间实测涨、落潮平均流速、流向。图2.5-4给出了2021年冬、2022年夏两季大、中、

小潮观测期间各站垂线平均海流矢量图。本工程海域海流具有如下特征：

- 海流平面分布特征：冬季大潮期间，V03 站涨潮平均流速最大，V04 站位涨潮平均流速最小，V01 站落潮平均流速最大，V04 站位落潮平均流速最小。距离本工程取排水口最近的 V07 站位涨潮平均流速最大为 15.7cm/s，流向为 206.5°，涨潮平均流速最小为 5.7cm/s，对应的流向为 192.2°，落潮平均流速最大为 20.7cm/s，流向为 42.1°，落潮平均流速最小为 11.6cm/s，对应的流向为 48.1°。夏季大潮期间，V03 站涨潮平均流速最大，V08 站位涨潮平均流速最小，V01 站落潮平均流速最大，V04 站位落潮平均流速最小。距离本工程取排水口最近的 V07 站位涨潮平均流速最大为 5.7cm/s，对应的流向为 184.3°，涨潮平均流速最小为 1.6cm/s，对应的流向为 174.5°，落潮平均流速最大为 6.9cm/s，流向为 337.1°，落潮平均流速最小为 1.2cm/s，对应的流向为 17.7°。
- 海流垂向分布特征：冬、夏季观测期间，海流流速的最大值基本出现在表层或 0.2H 层，流速基本上自表至底逐渐减小，流向在垂直线上的分布比较一致。
- 海流方向：冬、夏季观测期间，各站实测海流均表现为较强的往复性流动，受岸线地形等因素影响，涨潮流偏 SW 向，落潮流偏 NE 向。

#### （4）余流

根据 2021 年冬、2022 年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，表 2.5-6 给出了 2021 年冬、2022 年夏两季观测期间的各站余流垂直平均流速和流向。图 2.5-5 给出了 2021 年冬、2022 年夏两季观测期间的余流矢量图。本海域余流具有如下特征：

冬季观测期间，各站位垂线平均余流流速量值介于 0.7cm/s~10.9cm/s。余流流速最大值为 10.9cm/s，出现在 V02 站大潮期；余流流速最小值 0.7cm/s，出现在 V13 站小潮期。夏季观测期间，各站位垂线平均余流流速量值介于 0.3cm/s~10.8cm/s。余流流速最大值为 10.8cm/s，出现在 V03 站小潮期；余流流速最小值 0.3cm/s，出现在 V06 站小潮期。

总体来看，厂址附近海域余流流速相对较小，且一般随潮型变化逐渐减小，大潮期余流流速大于中潮期大于小潮期。裕龙岛西南侧近岸站位余流流速相对较小，外海以及砣姆岛北侧几个站位的余流流速相对较大。

#### （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。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 $\leq 2.0$ s，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2021年冬、2022年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，海域水温特征为：

—冬季观测期间：工程海区冬季水温在 $1.76^{\circ}\text{C}$ ~ $5.17^{\circ}\text{C}$ 之间，最高水温为 $5.17^{\circ}\text{C}$ ，出现在V3号站的小潮期，最低水温为 $1.76^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的大潮期，冬季平均水温在 $2.16^{\circ}\text{C}$ ~ $5.01^{\circ}\text{C}$ 之间。冬季表层最高水温为 $4.37^{\circ}\text{C}$ ，出现在V9号站的小潮期，最低水温为 $1.76^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的大潮期，表层最高水温与最低水温相差 $2.61^{\circ}\text{C}$ ；冬季中层最高水温为 $4.62^{\circ}\text{C}$ ，出现在V1号站的中潮期，最低水温值为 $2.00^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的大潮期，表层最高水温与最低水温相差 $2.62^{\circ}\text{C}$ 。冬季工程海区底层最高水温为 $5.17^{\circ}\text{C}$ ，出现在V3号站的小潮期，最低水温为 $2.13^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的大潮期，底层最高水温与最低水温相差 $3.04^{\circ}\text{C}$ 。

—夏季观测期间：工程海区夏季水温在 $23.05^{\circ}\text{C}$ ~ $28.94^{\circ}\text{C}$ 之间，最高水温为 $28.94^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的中潮期，最低水温为 $23.05^{\circ}\text{C}$ ，出现在V9号站的小潮期，夏季平均水温在 $23.1^{\circ}\text{C}$ ~ $28.46^{\circ}\text{C}$ 之间。夏季表层最高水温为 $28.94^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的中潮期，最低水温为 $25.30^{\circ}\text{C}$ ，出现在V1号站的大潮期，表层最高水温与最低水温相差 $3.64^{\circ}\text{C}$ ；夏季中层最高水温为 $28.54^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的中潮期，最低水温为 $23.92^{\circ}\text{C}$ ，出现在V3号站的小潮期，中层最高水温与最低水温相差 $4.62^{\circ}\text{C}$ 。夏季底层最高水温为 $28.24^{\circ}\text{C}$ ，出现在V7号站的中潮期，最低水温为 $23.05^{\circ}\text{C}$ ，出现在V9号站的小潮期，底层最高水温与最低水温相差 $5.19^{\circ}\text{C}$ 。

—垂直分布：冬季各站点在各潮位和潮时温度的变化规律为随深度的增加温度升高，但垂向温度差较小；夏季各站点在各潮位和潮时温度的变化规律为随深度的增加温

度降低，但表层底层温度变化不大。小潮期表层和底层温度较大，中潮垂向温度差较小。

—水平分布：冬季大部分潮期各时刻都是近岸水温低、离岸水温高的趋势，砬姆岛岬角前沿海域为调查范围的海水温度相对高值区；夏季大部分潮期各时刻都是近岸水温高、离岸水温低的趋势，砬姆岛岬角前沿以及北侧海域为调查范围的海水温度相对低值区。

工程海域多年平均各月及全年水温方面，根据厂址海洋水文代表站龙口站1960年~2016年表层海水温度观测资料，并利用龙口站与厂址水文专用站1周年的同期实测水温数据建立的相关关系，给出工程海域多年平均各月及全年水温见表2.5-7。

#### （7）盐度

根据2021年冬、2022年夏两季全潮海洋水文测验分析结果，海域盐度特征为：

—冬季观测期间：工程海区冬季日盐度主要分布在22.29~28.41的范围内。各层盐度相差不大，工程海区冬季最高盐度为28.41，出现在V1号站中潮期，最低盐度为22.29，出现在V8号站大潮期，冬季平均盐度在23.65~28.00之间。冬季表层最高盐度为27.15，出现在V2号站的中潮期，最低盐度为22.29，出现在V8号站大潮期。冬季中层最高盐度为28.20，出现在V1号站的大潮期，最低盐度为23.69，出现在V7号站的大潮期。冬季底层最高盐度为28.41，出现在V1号站的中潮期，最低盐度为23.97，出现在V13号站的中潮期。

—夏季观测期间：工程海区夏季日盐度主要分布在26.77~29.60的范围内。各层盐度相差不大，工程海区夏季最高盐度为29.60，出现在V3号站小潮期，最低盐度为26.77，出现在V7号站大潮期，夏季平均盐度在26.91~29.40之间。夏季表层最高盐度为29.60，出现在V3号站小潮期，最低盐度为26.77，出现在V7号站大潮期。夏季中层最高盐度为29.27，出现在V9号站的大潮期，最低盐度为26.98，出现在V13号站的中潮期。夏季工程海区底层最高盐度为29.50，出现在V9号站的大潮期，最低盐度为26.98，出现在V13号站的中潮期。

—垂直分布：冬、夏季工程海域海水盐度自表至底大致呈现升高趋势。

—水平分布：冬、夏季工程海域各潮期涨憩、落急、落憩、涨急时刻平均盐度的空间分布以人工岛以西近岸盐度值小，砬姆岛岬角附近盐度较高为特征，且随着离岸距离增大，盐度呈现逐步升高的趋势，但是总体变化不大。

## （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2021年冬、2022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：冬季测验期间，测区范围海域悬沙浓度介于0.2~146.0 mg/L之间。各站平均含沙量中，大潮为最大，其次中潮，小潮最小。小潮期平均含沙量在7.7~15.8 mg/L之间，含沙量的最大值出现在V6站位，最小值出现在V12站位；中潮期平均含沙量在9.4~15.1 mg/L之间，含沙量的最大值出现在V9站位，最小值出现在V8站位；大潮期平均含沙量介于9.3~31.5 mg/L之间，含沙量的最大值出现在V2站位，最小值出现在V7站位。夏季测验期间，测区范围海域悬沙浓度介于1.0~85.8 mg/L之间。各站平均含沙量中，大潮为最大，其次中潮，小潮最小。小潮期平均含沙量在7.8~18.6 mg/L之间，含沙量的最大值出现在V12站位，最小值出现在V12站位；中潮期平均含沙量在15.6~23.1 mg/L之间，含沙量的最大值出现在V1站位，最小值出现在V9站位；大潮期平均含沙量介于21.7~32.6 mg/L之间，含沙量的最大值出现在V9站位，最小值出现在V5站位。

— 时空分布：冬季含沙量垂向分布随深度逐渐增大，从潮期看，各站各层的平均含沙量分布主要为大潮期最大，中、小潮期次之。从不同站位比较来看，大潮期间，V2、V9、V12站的含沙量较大，V7站最低；中、小潮期间，各站的含沙量基本处于同一水平。夏季含沙量垂向分布随深度变化不显著，从潮期看，各站各层的平均含沙量分布主要为大潮期最大，中、小潮期次之。从不同站位比较来看，大潮期间，V3、V6、V8站的含沙量较大，V13站最低；中潮期间，V1、V4、V8站的含沙量较大，V3、V13站最低；小潮期间，V4、V8、V11站的含沙量较大，V1站最低。

— 颗粒级配：冬季观测期间，小潮期间悬沙中值粒径介于 $3.97\Phi$ ~ $7.46\Phi$ 之间，平均值 $5.95\Phi$ 。成分方面，粉砂组分占主体，其次是黏土组分。中潮期间悬沙中值粒径介于 $4.22\Phi$ ~ $7.15\Phi$ 之间，平均值为 $5.94\Phi$ 。成分方面，粉砂组分占主体，其次是砂组分。大潮期间，悬沙中值粒径介于 $4.13\Phi$ ~ $7.70\Phi$ 之间，平均值为 $6.01\Phi$ 。成分方面，粉砂占主体部分，其次是黏土组分。

### （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情、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，冰情有减轻的趋势，近10年中仅有5年出现了冰情，但2009年度发生了近30年来渤海冰情最为严重的冰情。莱州湾最大浮冰范围达到了46海里，最大冰厚30cm。但核电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 $0.1\text{kg/m}^3$ ，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年岸线变化如图2.5-6所示，从图中可知：

① 砬姆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 $2.86\text{km}^2$ ；2000年至2016年，围垦规模有所扩大，沿岸围垦面积约为 $9.3\text{km}^2$ ，龙口人工岛围垦陆地约为 $33\text{km}^2$ 。1969-2016年间该水域面积减小了约 $45\text{km}^2$ ，而龙口湾砬姆岛至界河之间水域面积大致为 $86\text{km}^2$ ，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：

图2.5-7给出龙口湾1940—2012年等深线变化情况：

① 1940—1958年间，砬姆岛至石虎嘴处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，砬姆岛南侧10m等深线小幅侵蚀后退，5m、2m等深线保持稳定；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，砬姆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 $0.3—1.5\text{km}$ ，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 $2400\text{m}$ ，其淤积厚度多在 $0.2\text{m}$ 以下，仅人工岛-10m以浅的近岸局部区域淤积厚度在 $0.2—0.5\text{m}$ 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 $0.2\text{m}$ 以下，仅-11m等深线以外区域局部超过 $0.2\text{m}$ ；人工岛西侧局部区域冲刷厚度超过 $1\text{m}$ ，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 $0\text{m}$ 的淤积区的平均回淤厚度约为 $0.23\text{m}$ ，折算的年淤强为 $3.8\text{cm/a}$ 。

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

### 2.5.2.1 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为隔水边界可划分为A、B、C三个水文地质单元。

从图中可知，A区是厂址区绝大部分区域所在水文地质单元，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，与A区、B区之间没有水力联系，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。此外，取排水管线穿越A、B两个水文地质单元。

### 2.5.2.2 地下水分布特征及含水岩组

#### （1）地层岩性特征及厚度

根据厂址周边水文地质勘察结果，厂址附近地层为第四系地层和中生界侵入岩。第四系地层有全新统人工填土（ $Q_4^{ml}$ ），冲洪积（ $Q_4^{al+pl}$ ）粉质黏土、圆砾，坡残积（ $Q_4^{dl+cl}$ ）粉质黏土，上更新统冲积（ $Q_3^{al}$ ）粉质黏土，中更新统冲积（ $Q_2^{al}$ ）粉质黏土；中生界侵入岩为白垩系下统花岗闪长岩（ $K_1^{γδ}$ ）和侏罗系上统二长花岗岩（ $J_3^{ny}$ ）。钻探深度范围内地层共分17层，现将各地层自上至下描述如下：

#### 1) 全新统人工填土层（ $Q_4^{ml}$ ）

① 素填土（ $Q_4^{ml}$ ）：以粉质黏土及岩石碎块为主，黄褐色，稍湿，松散~稍密。

层厚 0.20~7.60m，平均厚度 1.16m。

①-1 杂填土（ $Q_4^{ml}$ ）：杂色，以生活垃圾及建筑垃圾为主，松散，稍湿。层厚 0.60~2.50m，平均厚度 1.80m。

2) 全新统冲洪积层（ $Q_4^{al+pl}$ ）

② 圆砾：褐黄色，土质不均，粒径一般为 2.0~10.0mm，圆棱状，主要成分为长石、石英，充填 5%~10%粉质黏土，局部可达 20%，局部地段粒径较小，表现为砾砂或中粗砂，分选性差，湿~饱和，稍密~中密。层厚为 1.00~11.40m，平均厚度为 4.93m。

③ 粉质黏土：黄褐色，可塑，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，含少量砂砾，局部砂砾含量较高表现为圆砾土，含少量铁锰质氧化物及砂粒。层厚 1.00~4.00m，平均厚度 2.11m。

③-1 粉质黏土：褐灰色，软塑~可塑，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，粉粒含量较高，局部夹薄层细砂。层厚 1.90~3.30m，平均厚度 2.57m。

④ 圆砾：褐黄色，土质不纯，粒径一般为 2.0~10.0mm，圆棱状，主要成分为长石、石英，充填 10%~15%粉质黏土，局部可达 25%，局部地段粒径较小，表现为砾砂或中粗砂，分选性差，饱和，中密。层厚 1.90~11.20m，平均厚度 5.83m。

⑤ 粉质黏土：褐黄色，可塑~硬塑，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，含少量铁锰质氧化物及砂粒，局部夹砾砂或圆砾含量较高，表现为含砾粉质黏土。层厚 0.50~7.20m，平均厚度 3.13m。

⑥ 圆砾：褐黄色，土质不纯，粒径一般为 2.0~10.0mm，圆棱状，主要成分为长石、石英，充填 10%~15%粉质黏土，局部可达 25%，局部地段粒径较小，表现为砾砂或中粗砂，分选性差，饱和，密实。层厚 1.30~9.50m，平均厚度 4.73m。

⑦ 粉质黏土：褐黄色，可塑~硬塑，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，含少量铁锰质氧化物，混少量砂粒，局部砂粒较多。层厚 0.80~8.40m，平均厚度 3.13m。

⑧ 圆砾：褐黄色，土质不纯，粒径一般为 2.0~10.0mm，圆棱状，主要成分为长石、石英，充填 10%~15%粉质黏土，局部可达 20%，局部地段粒径较小，表现为砾砂或中粗砂，分选性差，饱和，密实。层厚 1.40~10.60m，平均厚度 4.89m。

⑨ 粉质黏土：褐黄色，可塑~硬塑，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，含少量铁锰质氧化物，混少量砂粒。层厚 1.40~6.40m，平均厚度 3.19m。

⑩ 圆砾：褐黄色，土质不纯，粒径一般为 2.0~10.0mm，偶见卵石，圆棱状，主要成分为长石、石英，充填 10%~15%粉质黏土，局部可达 20%，局部地段粒径较小，表现为砾砂，分选性差，饱和，密实。层厚 7.30~22.70m，平均厚度 13.10m。

⑪ 粉质黏土：褐黄色，可塑~硬塑，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，土质不均，含 10%~15%砂砾，粒径 1.5~3.0cm，最大可达 4.0cm，局部地段砂砾含量较多，表现为砾砂。层厚 4.50~18.30m，平均厚度 12.10m。

### 3) 全新统坡残积层（ $Q_4^{dl+el}$ ）

⑫ 粉质黏土：黄褐色，局部灰褐色，可塑~硬塑，干强度中等，韧性中等，含少量岩石碎块，块径 0.5~2.0cm，局部地段砂砾含量较多，表现为砾砂。层厚 1.0~15.00m，平均厚度 4.86m。

### 4) 上更新统冲积层（ $Q_3^{al}$ ）

⑬ 粉质黏土：砖红色~棕红色，硬塑~坚硬，局部轻微泥质胶结，无摇振反应，稍有光泽，干强度中等，韧性中等，含大量砂粒，偶见碎石，粒径 1.5~3.0cm，最大可达 6.0cm。层厚 5.40~24.90m，平均厚度 14.59m。

⑭ 粉质黏土：砖红色~棕红色，坚硬，轻微泥质胶结，局部为砂质胶结，无摇振反应，稍有光泽，干强度高，韧性中等，土质不均，含约 15%粒径 0.2~1.0cm、最大可达 6.0cm 的砾石，岩芯呈柱状、长柱状。层厚 2.00~29.80m，平均厚度 13.81m。

### 5) 中更新统冲积层（ $Q_2^{al}$ ）

⑮ 粉质黏土：砖红色~棕红色，坚硬，泥质胶结，无摇振反应，稍有光泽，干剪剪强度高，韧性中等，含少量粒径 0.1~0.3cm 的砾石，偶见 1.0~3.0cm 的碎石，岩芯呈长柱状。层厚 4.90m。

### 6) 早白垩世花岗闪长岩（ $K_1^{\gamma\delta}$ ）

⑯ 花岗闪长岩：浅灰色~深灰色，花岗结构，呈似斑状、块状构造，主要矿物成分为长石(46%)、钾长石(22%)、石英(22%)、角闪石(4%)、黑云母(4%)及副矿物石、磷灰石、锆石及磁铁矿等组成。斑晶为微斜长石，一般在 1×2cm 左右，呈半自型板状，晶形较规则，其内常有斜长石、石英、黑云母包裹体，基质部分为花岗结构。根据岩石的风化程度及风化特征，该层可分为强风化、中等风化。

⑰<sub>1</sub> 全风化花岗闪长岩：浅灰色，原岩结构基本破坏，岩芯呈砂土状、碎块状，手可捏碎。层厚 1.00~10.0m，平均厚度 3.90m。

⑩<sub>2</sub> 强风化花岗闪长岩：灰白色~浅灰色，原岩结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙发育，岩芯呈碎块状、少量块状，锤击易碎。层厚 1.70~18.70m，平均厚度 8.45m。

⑩<sub>3</sub> 中风化花岗闪长岩：浅灰色~深灰色，花岗结构，块状构造，主要矿物成分为钾长石、斜长石、石英、角闪石。节理发育，节理面铁锰质浸染，岩芯呈块状、碎块状、柱状。最大揭露厚度 22.70m。

#### 7) 晚侏罗世二长花岗岩 (J<sub>3</sub><sup>W</sup>)

⑪ 二长花岗岩：浅灰色~灰白色，花岗结构，块状构造，矿物成份主要为长石(34%)、微斜长石(33%)、石英(23%)、黑云母(5~6%)及副矿物锆石、独居石、褐帘石、柘榴石、磷灰石、磁铁矿等。呈片麻状、块状构造，局部亦有条带状、斑纹状及斑杂状构造。根据岩石的风化程度及风化特征，揭露的二长花岗岩主要为全风化、强风化、中等风化。

⑪<sub>1</sub> 全风化二长花岗岩：褐黄色，原岩结构基本破坏，岩芯呈砂土状、碎块状，手可捏碎。层厚 0.80~17.80m，平均厚度 4.73m。

⑪<sub>2</sub> 强风化二长花岗岩：褐黄色，原岩结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙发育，岩芯呈碎块状、少量块状，锤击易碎。层厚 0.60~26.90m，平均厚度 8.67m。

⑪<sub>3</sub> 中风化二长花岗岩：灰白色~浅肉红色，花岗结构，块状构造，主要矿物成分为钾长石、斜长石、石英。节理发育，节理面铁锰质浸染，岩芯呈块状、碎块状、柱状。最大揭露厚度 40.20m。

#### (2) 地下水类型及赋存条件

根据含水岩组及地下水的成因与赋存条件，勘察区地下水可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类。

松散岩类孔隙水含水岩组主要为第四系全新统冲洪积粉质黏土、圆砾，坡残积粉质黏土，全风化的花岗闪长岩和二长花岗岩。该类地下水主要赋存于圆砾（局部为中粗砂、砾砂）、粉质黏土（混中粗砂）的孔隙和全风化体的风化节理裂隙中，以上更新统、中更新统冲积粉质黏土（⑬~⑮层）为隔水层。该类地下水与取排水管线关系较为密切。

基岩裂隙水含水岩组主要为强风化和中等风化的花岗闪长岩和二长花岗岩，地下水通常以脉状、支脉状赋存于强风化和中等风化岩体的节理裂隙中。

### （3）地下水分布及富水特征

包气带岩性主要为第②层圆砾、第④层圆砾，局部为第③层粉质黏土、第⑫层粉质黏土，包气带厚度 1.6~6.0m；主要分布在勘察区的西北部（排水管线 K5+700~K11+595 段）。

松散岩类孔隙水主要分布在勘察区西部和北部的河流冲洪积平原地区、滨海平原及沟谷地段，（K2+950~K3+270 段和 K5+100~K11+595 段），其岩性松散，孔隙发育，赋存孔隙水。界河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。沟谷地段分布的冲洪积层，多由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。松散岩类孔隙水主要分布在界河及其支流河谷，单井涌水量在界河河谷地段为 100~300m<sup>3</sup>/d，富水性微弱~中等，在河谷两侧小于 100m<sup>3</sup>/d，富水性弱。

基岩裂隙水主要分布在勘察区中部和东部的剥蚀丘陵地貌区，（排水管线 K0+000~K2+950 段和 K3+270~K5+100 段），分布于中生代侏罗纪—白垩纪岩浆岩中。岩浆岩具线状节理裂隙，地下水主要赋存于节理裂隙内。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，风化带略厚，水量略大。在低山地区，地形变化大，风化裂隙发育不均，水量小。基岩裂隙水主要分布在界河以东区域，含水层岩性主要为侏罗纪二长花岗岩和白垩纪花岗闪长岩，风化带厚度一般 20~30m，单井涌水量一般小于 50m<sup>3</sup>/d，富水性弱。

管线附近的包气带、含水层、隔水层的岩性、厚度及分布特征见表 2.5-8。

### （4）地下水补径排条件

松散岩类孔隙水的补给来源以大气降水为主，辅以基岩裂隙水侧向补给，松散岩类孔隙水一般在含水层中作层状渗流，渗流速度取决于自然地形坡度。水位变化受气象条件控制明显，雨季水位高，旱季水位低，地下水流向同地形倾斜方向一致，沿自然斜坡顺坡向沟谷、洼地排泄。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。

基岩裂隙水的补给来源以大气降水为主，辅以地表水及松散岩类孔隙水补给。基岩中的节理裂隙多闭合，少量微张，延伸长度短，相互之间一般不连通，地下水沿节

理裂隙缓慢渗流，径流速度主要受节理裂隙发育程度和地形条件控制。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。

### （5）地下水水位、水温、水质

#### 1) 松散岩类孔隙水

通过对勘察区内村庄水井的调查，地下水为松散岩类孔隙水的民井井深较浅，一般不超过 40.0m，大多在 20m 以内，井水多用作灌溉，少量为生活用水。民井侧壁主要为砌石、水泥管、红砖，井径一般 0.5~0.8m，少数 1.6~2.0m。勘察区内的松散岩类孔隙水水位埋深都较浅，一般为 1.60~10.75m；由于松散岩类孔隙水受地形影响较大，因此水位标高随地形变化，在-2.11~31.12m 之间。

此外，根据长期观测孔地下水水位观测结果，松散岩类孔隙水水位标高在-0.31~9.13m 之间。

#### 2) 基岩裂隙水

通过对勘察区内村庄水井的调查，地下水为基岩裂隙水的民井井深变化较大，用作灌溉的水井井深一般在 10~30m，供村民饮用的水井深度一般大于 80m。

由于岩体中节理裂隙一般连通性较差，且延伸不长，深部节理裂隙多呈闭合状，因此基岩裂隙水不连通，无统一的地下水位，另外基岩裂隙水区域地形地貌起伏较大，因此基岩裂隙水水位埋深和标高变化大。根据调查可知，水位埋深一般在 0.72~22.12m 之间，水位标高在 11.34~79.95m 之间。

此外，根据长期观测孔地下水水位观测结果，基岩裂隙水水位标高在 16.87~122.75m 之间。

#### 3) 取排水管线与地下水的关系

拟建取排水管线的中东部（排水管线 K3+000~K3+300 段）、中西部和北部（排水管线 K5+200~K11+595 段）基础埋深范围内地层主要为第①层素填土、第①-1 杂填土、第②层圆砾、第③层粉质黏土、第⑫层粉质黏土。该地段地下水为松散岩类孔隙水，地下水丰富，水位埋深小于 3.5m，取排水管线基础位于地下水位以下或位于地下水年变化幅度内。

拟建取排水管线的中部（排水管线 K3+300~K5+200 段）和东部（排水管线 K0+000~K3+000 段）基础埋深范围内地层主要为第①层素填土、第①-1 杂填土、第⑫层粉质黏土、第⑯<sub>1</sub>层全风化花岗闪长岩、第⑰<sub>1</sub>层全风化二长花岗岩、第⑰<sub>2</sub>层强风化二长花

岗岩，⑬<sub>3</sub>层中风化二长花岗岩。该地段地下水为基岩裂隙水，地下水贫乏，地下水呈脉状、枝脉状分布，地下水位不连续，无统一水位。该地段地下水水位埋深大，取排水管线基础位于地下水水位之上。

#### 4) 水温

根据水文地质勘察报告，勘察外业期间（2023年9月和2024年5月）地下水温度在16.9~19.0°C之间。

#### 5) 地下水水化学特征

勘察区地下水水质类型分述如下：

松散岩类孔隙水：所取水样矿化度373.08~1438.43mg/l，pH值5.95~7.26，水化学类型为SO<sub>4</sub>-Ca、Cl-SO<sub>4</sub>-Ca-Na和SO<sub>4</sub>-Cl-Na-Ca型水，属淡水~微咸水。

基岩裂隙水：所取水样矿化度388.40~1186.48mg/l，pH值6.58~7.50，水化学类型为Cl-SO<sub>4</sub>-Ca、HCO<sub>3</sub>-Ca-Na型水，属淡水~微咸水。

根据水质全分析试验结果，按照《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）规定，对地下水质量进行分类如下：

松散岩类孔隙水属V类水（V类指标为浊度、肉眼可见物、硫酸盐、锰、硝酸盐），基岩裂隙水属V类水（V类指标为色度、浊度、肉眼可见物、硝酸盐）。

#### 6) 重点关注区的水文地质概况

本项目的重点关注区主要为管线附近地下水下游方向的生活用水井及农业种植区，根据前文描述，位于管线附近地下水下游方向最近的生活用水井是位于S方位约310m处的圈里杨家村自来水井，圈里杨家村附近也有部分农业种植区，本节重点对该区域附近的水文地质情况进行描述。

根据水文地质勘察结果，该区域的主要含水岩组为松散岩类孔隙水含水岩组和基岩裂隙水含水岩组。其中，松散岩类孔隙水含水岩组岩性主要为圆砾和粉质粘土，基岩裂隙水含水岩组主要为全风化、强风化和中风化二长花岗岩。该区域地下水水位埋深为4.08m，中风化二长花岗岩以上至稳定水面为含水层，厚度约为14m，其中，松散岩类孔隙水厚度约为7.9m，基岩裂隙水厚度约为6.1m。

### 2.5.2.3 地下水弥散特征

#### (1) 渗透系数

本次调查采用了抽水试验、压水试验和渗水试验取得各含水层的渗透性指标。

根据抽水试验结果：浅部粉质黏土的渗透系数为  $8.10 \times 10^{-4} \sim 9.84 \times 10^{-4} \text{cm/s}$  ( $0.70 \sim 0.85 \text{m/d}$ )，属于中等透水层；圆砾的渗透系数为  $1.83 \times 10^{-3} \sim 2.26 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  ( $1.58 \sim 19.5 \text{m/d}$ )，属于中等透水~强透水层；全风化岩体的渗透系数为  $8.22 \times 10^{-4} \sim 1.41 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  ( $0.71 \sim 1.22 \text{m/d}$ )，属于中等透水层；强风化岩体的渗透系数为  $1.27 \times 10^{-4} \sim 3.01 \times 10^{-4} \text{cm/s}$  ( $0.11 \sim 0.26 \text{m/d}$ )，属于中等透水层。

根据压水试验结果，浅部中等风化岩体透水率为  $6.74 \sim 23.29 \text{Lu}$ ，属弱透水~中等透水岩体；深部中等风化岩体透水率多为  $0.27 \sim 0.84 \text{Lu}$ ，属微透水岩体，局部为  $1.53 \sim 9.74 \text{Lu}$ ，属弱透水岩体。

根据双环试坑渗水试验结果，测得包气带的中砂、细砂的渗透系数一般为  $6.85 \times 10^{-3} \sim 1.24 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  ( $5.92 \sim 10.74 \text{m/d}$ )，属于中等透水~强透水层；粉质黏土层的渗透系数为  $9.60 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  ( $0.01 \text{m/d}$ )，属于微透水层；强风化层的渗透系数为  $1.36 \times 10^{-4} \sim 2.01 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  ( $0.12 \sim 1.73 \text{m/d}$ )，属于中等透水层。

综合抽水试验、压水试验、渗水试验成果并结合地区经验，各岩土层的渗透系数建议值见表 2.5-9。

## (2) 弥散参数

根据现场弥散试验结果，XK11 组圆砾层的纵向弥散度为  $19 \text{cm}$ ，横向弥散度为  $0.90 \text{cm}$ ，纵向弥散系数为  $3.25 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{s}$ ，横向弥散系数为  $1.52 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ ；XK24 组强风化二长花岗岩的纵向弥散度为  $24 \text{cm}$ ，横向弥散度为  $0.75 \text{cm}$ ，纵向弥散系数为  $1.25 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{s}$ ，横向弥散系数为  $3.90 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ ；XK22 组粉质黏土层的纵向弥散度为  $2.22 \text{cm}$ ，横向弥散度为  $0.22 \text{cm}$ ，纵向弥散系数为  $4.8 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$ ，横向弥散系数为  $4.8 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ 。

此外，采取 2 组强风化样品进行室内弥散试验，根据室内试验结果，第一组强风化岩室内试验纵向弥散系数  $D_L = 1.33 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ ；第二组强风化岩室内试验纵向弥散系数  $D_L = 1.67 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{d}$ 。

根据现场弥散试验和室内弥散试验结果，结合地区经验，各层弥散参数建议值见表 2.5-10。

## (3) 有效孔隙度

含水介质孔隙度是影响地下水滞留、释放及运动的关键水文地质参数。根据本次室内试验成果，结合地区经验，现提供各层有效孔隙度建议值，见表 2.5-11。

## (4) 降水入渗系数

根据本次勘察结果，厂址附近区域包气带岩性主要为第②层圆砾、第④层圆砾，局部为第③层粉质黏土、第⑫层粉质黏土，包气带厚度 1.6~6.0m。根据《水文地质手册》（第 2 版）表 17-5-11，并结合本场地包气带地层特征和地区经验，包气带地层的降水入渗系数见表 2.5-12。

#### （5）流速流向

地下水流向主要受地形地貌控制。勘察区地势整体东南高、西北低。在勘察区中部和东部剥蚀残丘地貌区，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）。在勘察区西部和北部冲洪积平原地貌区，地下水则顺地势渗流至界河后整体由东南向西北，最终汇入渤海。

采用流速流向仪对 XK02、XK11、XK14、XK21、XK22、XK24、XK28、XK33 等 8 个钻孔进行了地下水流速流向测试，测试结果见表 2.5-13。由表可知，采用流速流向仪测试钻孔的圆砾土中地下水流速一般为 1.15~1.50m/d，粉质黏土中的地下水流速一般为 0.19~0.86m/d，全风化岩体中的地下水流速为 0.45m/d。各岩土层的地下水流速建议值见表 2.5-13。

#### （6）水力坡度

专题报告根据钻孔和水井地下水位观测结果，结合管线附近的地形情况，估算管线附近的地下水水力坡度。基岩裂隙水区域的地下水赋存于节理裂隙中，呈脉状、枝脉状分布，地下水不连通，不进行水力坡度估算，对松散岩类孔隙水区域管线附近的地下水水力坡度的估算结果见表 2.5-14。

### 2.5.2.4 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；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。

根据调查资料，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 228 个，生活用水取水口 25 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，本工程管线拟建区域不涉及农村饮用水源保护区。

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，取排水管线周边村庄主要有山西孙家村、黄家村、圈里杨家村、北洼子村等，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 NNE 方位约 200m 处的山西孙家村自来水井（管线附近地下水上游方向），其次为 S 方位约 310m 处的圈里杨家村自来水井（管线附近地下水下游方向）。

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，生活用水井深范围在 3.2~40m 之间，大多数在 20m 以内，水位埋深在 0.9~12m 之间。厂址半径 5km 及取排水管线周围生活用水取水口见表 2.5-15。

同时，本工程管线评价范围内涉及部分农田，经现场调查，当地使用地下水进行农作物灌溉，粮食作物主要以大田漫灌为主，小型果园主要以管灌为主。部分农业灌溉取水口临近取排水管线。

#### 2.5.2.5 建造施工活动对厂区地下水可能影响

本项目厂区位于 A、C 区两个水文地质单元，根据全厂总平面布置图，1~4 号机组核反应堆厂房位于 A 区，5~6 号机组核反应堆厂房位于 C 区。其中一期工程厂区均位于 A 区。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 16.87~122.75m 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。

水文地质单元的分界线为沿地势较高的丘陵山脊线，地表分水岭即为地下分水岭。在场平施工后，场地范围地势低洼处被回填，地势较高处被削平，根据工程建设经验，回填材料为开山土石，回填后地层的透水性较好；本工程的场平面积相对于整个水文地质单元来说范围很小，在场地平整后，破坏厂区局部的地表分水岭，但地下分水岭未被破坏，故在场地整平后，水文地质条件不会发生明显的改变。

### 2.5.3 洪水

### 2.5.3.1 厂址海域基准洪水

根据核电厂设计的相关要求，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
<hr/>	
=组合洪水位	4.89m

根据计算分析，厂址设计基准洪水位（DBF）为4.89m。招远核电厂拟定的厂坪标高约为100m，远高于海域洪水水位，海域洪水不会对厂址安全造成影响。

### 2.5.3.2 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，仅需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<sup>2</sup>，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（1/2） 厂址半径 15km 范围内及取排水管线周边河流情况

厂址周边河流位置

序号	河流名称	方位	最近距离（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 2.5-1（2/2） 厂址半径 15km 范围内及取排水管线周边河流情况

取排水管线周边河流情况

序号	河流名称	方位	最近距离（km）
1	界河	/	穿越
2	八里沙河	N	2.6
3	钟离河	S	4.0
4	南栾河	SE	11.2
5	罗山河	E	14.6
6	河里张家河	NE	5.7

表 2.5-2（1/2）厂址半径 15km 范围内及取排水管线周边的小（1）型以上水库情况

## 厂址周边小（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 <sup>2</sup> )	总库容 (万 m <sup>3</sup> )
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 2.5-2（2/2）厂址半径 15km 范围内及取排水管线周边的小（1）型以上水库情况

## 取排水管线周边水库情况

序号	水库名称	水库功能	方位	最近距离 (km)
1	侯家水库	供水	SW	3.9
2	栾家河水库	灌溉	E	1.6
3	陈家水库	灌溉	E	9.5
4	北邢家水库	防洪、灌溉	ENE	13.2
5	迟家沟水库	防洪、灌溉	NE	9.2

表 2.5-3 厂址附近海域潮汐特征值

季节	项目		砣姆岛验潮站 (H1)	招远港验潮站 (H2)	三山岛验潮站 (H3)	龙口渔港验潮站 (H0)
冬季	潮位	实测最高	1.001	1.105	1.195	0.964
		实测最低	-1.21	-1.29	-1.466	-1.169
		平均高潮位	0.24	0.27	0.32	0.23
		平均低潮位	-0.42	-0.44	-0.47	-0.41
		平均潮位	-0.08	-0.08	-0.07	-0.08
	潮差	涨潮平均	0.66	0.72	0.79	0.64
		涨潮平均历时	6.75h	6.85h	6.84h	6.71h
		落潮平均	0.66	0.71	0.79	0.64
		落潮平均历时	5.88h	5.78h	5.79h	5.92h
		总的平均潮差	0.66	0.72	0.79	0.64
夏季	潮位	实测最高	1.245	1.432	1.338	1.149
		实测最低	-0.41	-0.52	-0.41	-0.48
		平均高潮位	0.59	0.63	0.61	0.58
		平均低潮位	-0.10	-0.14	-0.10	-0.09
		平均潮位	0.25	0.25	0.25	0.25
	潮差	涨潮平均	0.68	0.76	0.70	0.66
		涨潮平均历时	6.49h	6.46h	6.57h	6.33h
		落潮平均	0.70	0.77	0.72	0.67
		落潮平均历时	5.92h	5.94h	5.84h	5.99h
		总的平均潮差	0.69	0.77	0.71	0.67

\*潮高基面：1985 国家高程为基准。

表 2.5-4 长时间序列厂址附近海域潮汐特征值

序号	潮汐特征名称	数值
1	平均海平面	0.09m
2	最高天文潮位	1.19m
3	最低天文潮位	-0.59m
4	10%超越频率天文高潮位	1.11m
5	10%超越频率天文低潮位	-0.56m
6	设计高潮位（历时 1%）	1.06m
7	设计低潮位（历时 98%）	-0.77m
8	平均高潮位	0.39m
9	平均低潮位	-0.23m
10	平均潮差	0.62m
11	最大潮差	2.76m
12	平均涨潮历时	6h33min
13	平均落潮历时	5h52min

表 2.5-5 (1/6) 厂址附近海域实测涨、落潮平均流速、流向（冬季）

站号	潮期		表层		0.6H		底层		垂线平均	
			流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
V01	小潮	落潮	104.8	23.3	64.8	15.7	58.0	12.4	79.7	17.2
		涨潮	236.0	14.3	282.9	15.4	294.5	14.6	272.7	13.6
	中潮	落潮	79.8	42.5	75.5	29.9	62.9	25.2	76.2	30.2
		涨潮	245.6	29.0	250.8	27.5	248.1	19.4	249.2	24.1
	大潮	落潮	92.1	57.0	78.6	41.2	78.8	28.2	83.8	44.1
		涨潮	240.1	32.9	243.0	32.8	246.5	21.8	244.4	29.9
V02	小潮	落潮	110.0	19.7	101.8	16.6	104.5	14.5	105.6	15.9
		涨潮	249.2	18.1	252.2	17.3	260.0	12.7	252.2	14.8
	中潮	落潮	83.9	35.3	91.0	27.8	98.1	21.2	89.3	27.8
		涨潮	271.8	28.7	263.4	25.5	256.0	24.8	262.6	25.6
	大潮	落潮	111.7	17.6	175.9	4.2	132.3	5.9	121.9	5.2
		涨潮	328.8	15.7	265.2	22.4	267.2	10.9	281.0	17.2
V03	小潮	落潮	67.7	28.3	68.9	26.1	93.5	19.3	71.9	24.9
		涨潮	233.6	34.7	235.1	30.2	232.5	23.5	234.1	28.6
	中潮	落潮	41.7	44.0	47.7	26.4	54.4	18.8	48.3	30.9
		涨潮	242.1	38.3	235.8	35.0	254.5	25.5	240.2	32.5
	大潮	落潮	43.9	52.6	50.1	46.6	52.7	38.8	48.1	46.4
		涨潮	228.6	39.6	236.5	37.0	240.2	30.7	235.7	34.5
V04	小潮	落潮	61.7	9.6	57.6	5.7	50.1	5.8	35.9	5.2
		涨潮	50.8	19.2	147.5	7.3	163.5	1.9	45.2	2.4
	中潮	落潮	95.4	12.7	81.6	8.2	166.6	6.9	72.4	8.0
		涨潮	44.4	27.3	123.7	5.8	175.3	11.9	53.9	5.2
	大潮	落潮	238.9	6.2	1.5	3.5	349.1	5.0	334.9	3.6
		涨潮	178.3	15.2	182.2	8.4	174.8	5.1	184.1	10.5
V05	小潮	落潮	45.5	20.7	45.1	17.6	47.8	16.6	51.6	14.9
		涨潮	240.4	12.1	238.1	8.6	244.1	10.8	247.7	12.3
	中潮	落潮	48.1	25.4	43.3	26.5	43.7	27.6	42.3	22.1
		涨潮	217.4	30.4	219.6	29.7	220.6	26.8	223.9	28.2
	大潮	落潮	33.7	29.2	34.2	29.1	33.7	26.0	33.9	22.7
		涨潮	238.2	32.7	240.5	31.1	241.6	29.1	242.1	27.2

表 2.5-5 (2/6) 厂址附近海域实测涨、落潮平均流速、流向（冬季）

站号	潮期		表层		0.6H		底层		垂线平均	
			流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
V06	小潮	落潮	44.5	18.5	46.1	14.8	41.8	14.3	43.4	15.4
		涨潮	205.7	18.5	211.7	18.2	219.2	16.9	209.9	17.9
	中潮	落潮	10.6	14.5	7.6	13.0	342.8	7.5	6.3	12.9
		涨潮	193.2	28.8	199.5	28.1	198.2	23.2	197.4	26.9
	大潮	落潮	30.1	20.4	17.6	14.6	19.3	10.6	21.7	14.3
		涨潮	216.0	34.6	221.4	32.4	218.8	25.7	219.4	30.7
V07	小潮	落潮	42.1	16.8	47.2	12.0	48.1	11.6	44.4	13.1
		涨潮	191.3	8.3	192.2	5.7	210.1	6.1	193.5	6.4
	中潮	落潮	34.8	17.0	44.7	13.8	50.1	12.0	41.8	14.2
		涨潮	191.1	10.1	197.7	7.0	200.3	9.7	196.1	8.0
	大潮	落潮	42.1	20.7	45.9	16.9	48.5	12.7	44.9	17.2
		涨潮	210.6	15.5	217.4	10.2	206.5	15.7	211.0	12.7
V08	小潮	落潮	32.4	10.4	26.6	8.0	13.8	3.6	28.3	8.3
		涨潮	253.2	5.2	253.0	4.6	289.8	2.3	255.5	4.5
	中潮	落潮	49.7	11.5	57.6	8.6	59.5	6.7	53.7	9.3
		涨潮	224.0	12.8	217.1	12.4	219.2	9.5	218.9	12.3
	大潮	落潮	45.2	11.9	42.3	5.9	31.0	3.2	43.7	7.5
		涨潮	229.6	13.8	225.6	11.0	238.3	5.2	227.4	11.6
V09	小潮	落潮	60.5	18.9	50.3	16.4	55.2	14.7	54.0	16.6
		涨潮	186.9	19.6	212.9	20.3	228.7	17.4	208.5	19.0
	中潮	落潮	46.5	21.4	46.5	7.3	11.4	4.7	43.2	10.8
		涨潮	207.0	26.9	222.3	25.3	227.8	22.5	218.6	25.1
	大潮	落潮	57.4	24.4	43.5	10.6	39.0	7.6	49.1	13.3
		涨潮	222.2	32.8	231.7	29.2	233.7	21.7	229.7	29.1
V010	小潮	落潮	51.8	5.7	38.5	10.2	29.5	10.3	38.0	10.0
		涨潮	165.8	12.9	210.7	8.9	246.5	9.8	209.3	8.3
	中潮	落潮	15.8	20.4	51.3	13.9	41.8	10.2	38.5	14.2
		涨潮	243.9	18.3	227.4	18.0	219.8	15.0	226.8	17.7
	大潮	落潮	66.1	11.3	51.0	13.5	36.2	8.0	48.7	14.1
		涨潮	251.4	19.1	239.1	20.8	240.2	14.6	241.3	18.6

表 2.5-5 (3/6) 厂址附近海域实测涨、落潮平均流速、流向（冬季）

站号	潮期		表层		0.6H		底层		垂线平均	
			流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
V11	小潮	落潮	48.3	11.2	59.6	10.0	44.1	5.9	49.1	8.4
		涨潮	234.2	12.2	225.9	10.9	233.4	8.3	226.7	10.1
	中潮	落潮	34.3	22.6	57.8	20.8	52.5	15.5	50.5	18.3
		涨潮	200.8	14.6	183.1	15.3	185.9	12.6	187.6	13.3
	大潮	落潮	53.5	12.9	52.1	6.7	20.8	7.4	47.2	7.1
		涨潮	233.0	13.4	244.0	12.1	231.6	9.8	239.3	11.1
V12	小潮	落潮	47.0	15.6	59.8	11.1	45.0	8.5	50.1	11.6
		涨潮	223.4	15.2	229.9	17.0	241.0	15.3	229.2	15.4
	中潮	落潮	50.8	18.7	56.1	15.8	58.2	10.5	53.9	16.0
		涨潮	243.9	29.9	243.9	27.2	246.7	23.3	245.1	26.7
	大潮	落潮	60.4	28.6	70.0	20.7	59.4	16.2	65.6	21.7
		涨潮	238.3	29.6	241.9	28.5	247.7	23.5	241.6	26.8
V13	小潮	落潮	71.6	18.3	69.9	17.1	70.3	17.3	70.0	17.3
		涨潮	249.6	15.2	248.7	14.9	249.2	15.0	249.1	15.0
	中潮	落潮	60.6	20.6	65.4	16.9	64.1	18.2	64.1	18.0
		涨潮	257.8	19.3	251.9	17.9	254.5	16.5	253.6	17.8
	大潮	落潮	64.8	23.7	61.4	18.7	61.0	20.4	62.2	20.2
		涨潮	253.8	24.9	255.7	22.5	255.7	23.1	255.2	23.1

表 2.5-5 (4/6) 厂址附近海域实测涨、落潮平均流速、流向（夏季）

站号	潮期		表层		0.6H		底层		垂线平均	
			流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
V01	小潮	落潮	103.2	17.7	88.0	17.2	93.1	13.7	89.7	16.6
		涨潮	264.4	15.8	253.5	15.1	253.1	14.9	255.2	15.3
	中潮	落潮	56.2	22.1	58.7	25.8	64.1	28.5	59.4	25.8
		涨潮	233.5	18.3	243.3	24.4	247.1	27.9	242.2	23.1
	大潮	落潮	82.5	25.0	82.8	28.3	83.9	28.6	84.0	27.4
		涨潮	252.6	28.9	251.6	31.0	252.3	29.3	251.9	30.4
V02	小潮	落潮	69.3	13.5	81.0	13.5	68.2	10.6	76.4	13.0
		涨潮	268.5	14.4	274.4	13.8	270.4	13.4	276.4	13.8
	中潮	落潮	42.9	33.1	62.4	27.9	70.1	24.0	60.5	28.6
		涨潮	231.5	26.2	250.0	22.2	256.5	20.0	246.9	22.5
	大潮	落潮	90.5	22.5	87.4	22.0	95.5	22.9	88.9	22.4
		涨潮	258.8	26.3	261.7	23.8	261.0	22.3	261.7	23.6
V03	小潮	落潮	58.4	28.5	50.6	24.5	43.0	21.3	51.1	25.1
		涨潮	204.8	15.1	223.1	15.8	240.1	16.8	220.0	15.7
	中潮	落潮	51.0	32.3	59.0	29.2	64.6	25.8	57.4	28.1
		涨潮	236.3	27.4	244.5	23.7	247.3	20.1	241.8	22.6
	大潮	落潮	79.1	26.1	78.0	24.2	87.2	19.0	81.2	24.5
		涨潮	258.5	32.3	258.9	30.0	259.0	27.8	257.9	30.0
V04	小潮	落潮	110.1	1.4	323.3	2.1	322.7	2.5	338.6	0.7
		涨潮	208.8	8.0	221.0	7.5	246.9	3.4	219.6	7.5
	中潮	落潮	311.8	3.6	357.0	2.4	327.7	2.4	332.1	2.3
		涨潮	193.9	8.3	181.0	5.1	170.5	3.9	188.1	6.0
	大潮	落潮	321.0	3.0	277.7	4.8	324.7	1.5	291.6	3.8
		涨潮	156.6	6.8	173.9	4.4	195.2	7.4	175.1	5.7
V05	小潮	落潮	52.7	17.2	55.8	17.9	52.4	12.3	56.1	16.7
		涨潮	203.3	12.7	213.1	12.9	240.1	10.7	214.1	12.6
	中潮	落潮	24.4	12.3	19.2	13.7	22.6	12.4	20.2	13.1
		涨潮	217.0	16.2	215.3	16.1	216.8	15.5	215.8	16.2
	大潮	落潮	50.0	15.9	45.4	15.4	49.4	13.2	46.4	15.2
		涨潮	226.2	13.9	230.2	15.4	234.8	18.0	227.6	15.4

表 2.5-5 (5/6) 厂址附近海域实测涨、落潮平均流速、流向（夏季）

站号	潮期		表层		0.6H		底层		垂线平均	
			流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
V06	小潮	落潮	47.4	8.5	60.3	10.0	55.2	10.6	56.5	9.0
		涨潮	254.5	8.4	231.3	8.6	252.6	5.5	238.3	8.0
	中潮	落潮	16.7	9.5	20.5	11.0	7.1	9.9	15.9	10.2
		涨潮	202.0	15.8	212.8	14.9	212.9	14.4	210.2	15.1
	大潮	落潮	61.8	11.9	46.6	11.3	32.2	12.0	49.0	10.5
		涨潮	190.7	7.8	212.5	9.9	200.9	12.2	208.0	9.3
V07	小潮	落潮	5.1	5.4	49.1	2.1	17.7	1.2	24.9	2.6
		涨潮	184.3	5.7	165.9	3.9	176.3	2.8	174.5	4.2
	中潮	落潮	351.5	5.1	326.8	3.4	345.1	3.0	340.9	3.5
		涨潮	199.8	2.9	174.7	2.1	174.5	1.6	194.1	2.2
	大潮	落潮	348.7	5.2	354.0	4.5	337.1	6.9	345.1	5.2
		涨潮	193.6	5.1	171.8	4.3	174.3	5.0	184.0	4.3
V08	小潮	落潮	39.3	6.6	52.4	5.6	67.6	6.3	50.8	5.5
		涨潮	254.7	5.4	220.1	4.3	232.9	4.7	220.6	5.3
	中潮	落潮	26.5	9.0	49.9	6.1	31.2	7.4	39.4	6.9
		涨潮	227.6	6.0	252.4	7.9	228.7	8.2	241.1	7.3
	大潮	落潮	30.7	6.2	36.4	8.0	24.9	6.2	31.0	7.1
		涨潮	292.0	2.9	312.1	2.7	294.4	1.2	296.4	2.4
V09	小潮	落潮	64.9	10.9	57.1	10.1	53.4	10.8	56.7	10.5
		涨潮	279.8	9.7	291.2	10.1	280.7	9.7	284.2	10.2
	中潮	落潮	44.6	17.1	49.4	16.9	43.9	17.0	45.4	16.8
		涨潮	281.6	10.3	284.3	10.0	281.0	9.6	282.0	9.9
	大潮	落潮	48.5	9.3	48.6	10.2	53.5	9.4	50.4	10.1
		涨潮	243.5	8.2	238.8	8.5	235.4	8.9	240.4	8.6
V010	小潮	落潮	51.2	10.2	57.2	10.7	49.3	12.3	54.3	10.9
		涨潮	238.4	10.9	241.7	12.0	234.5	12.4	240.6	11.8
	中潮	落潮	67.6	14.3	75.3	15.5	62.0	16.8	69.8	15.2
		涨潮	212.3	10.2	222.0	11.6	210.2	13.1	216.7	11.5
	大潮	落潮	61.3	17.9	69.5	19.1	54.0	19.7	63.6	18.7
		涨潮	218.6	14.1	224.7	15.2	212.6	16.1	222.0	15.1

表 2.5-5 (6/6) 厂址附近海域实测涨、落潮平均流速、流向（夏季）

站号	潮期		表层		0.6H		底层		垂线平均	
			流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)
V11	小潮	落潮	77.5	4.9	64.1	3.7	52.9	3.0	65.9	3.8
		涨潮	223.9	6.1	244.1	6.5	243.6	5.3	241.0	5.7
	中潮	落潮	51.4	11.4	47.8	10.7	55.7	9.4	52.3	10.4
		涨潮	227.2	12.3	211.1	12.8	215.5	11.4	220.5	12.8
	大潮	落潮	54.9	6.7	54.3	7.0	61.4	6.0	56.1	7.0
		涨潮	251.4	8.1	249.8	6.4	259.9	4.3	251.6	7.0
V12	小潮	落潮	65.7	23.1	51.9	20.3	42.3	14.0	55.2	19.7
		涨潮	266.7	14.6	256.0	15.2	255.1	10.0	260.2	13.2
	中潮	落潮	44.5	12.1	59.5	16.7	63.9	18.3	56.0	15.6
		涨潮	242.0	20.3	231.8	21.0	231.7	20.3	235.0	20.8
	大潮	落潮	65.5	12.0	67.2	15.8	66.4	16.6	66.6	14.8
		涨潮	247.6	15.3	239.4	16.7	237.5	17.3	241.3	16.4
V13	小潮	落潮	84.5	17.8	76.8	13.6	51.6	9.4	77.8	14.1
		涨潮	236.0	8.0	265.7	10.5	286.5	8.7	260.9	9.4
	中潮	落潮	66.6	18.3	47.8	10.8	34.0	7.8	56.9	13.6
		涨潮	220.3	13.1	244.6	20.4	254.9	13.8	242.8	16.9
	大潮	落潮	75.2	15.6	68.1	10.6	52.4	7.5	69.1	11.7
		涨潮	250.6	15.7	253.9	14.9	262.8	11.9	254.2	15.2

表 2.5-6（1/2） 厂址附近海域余流垂直平均流速、流向（冬季）

单位：流速：cm/s、流向：°

站号	夏季小潮		夏季中潮		夏季大潮	
	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)
V01	2.6	31.6	3.1	123.1	10.0	122.2
V02	3.9	169.1	3.5	247.0	10.9	248.0
V03	4.9	186.6	4.0	319.0	6.3	27.4
V04	3.2	32.4	6.6	67.6	4.8	192.4
V05	3.3	7.1	4.1	219.6	6.1	279.9
V06	3.1	181.7	5.8	214.4	6.4	239.4
V07	3.6	72.8	4.3	63.3	3.0	70.8
V08	1.7	353.8	1.5	181.5	0.9	212.3
V09	2.8	162.6	6.7	209.4	6.3	234.2
V10	0.9	85.1	2.2	272.2	1.5	291.8
V11	1.0	251.1	1.7	269.7	4.6	103.0
V12	4.2	235.0	6.2	257.5	3.2	235.0
V13	0.7	22.2	1.1	325.6	3.1	293.5

表 2.5-6（2/2） 厂址附近海域余流垂直平均流速、流向（夏季）

单位：流速：cm/s、流向：°

站号	冬季小潮		冬季中潮		冬季大潮	
	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)	流速(cm/s)	流向(°)
V01	1.9	149.5	3.3	39.3	3.1	153.8
V02	3.2	0.5	5.1	37.1	1.7	158.2
V03	10.8	65.0	4.2	50.3	0.6	93.7
V04	4.1	226.9	2.5	199.3	2.3	210.0
V05	3.0	118.1	5.8	244.7	1.6	32.6
V06	0.3	305.2	4.9	229.9	2.0	144.2
V07	2.2	170.4	0.8	293.0	0.8	257.5
V08	1.0	139.2	2.3	25.8	2.3	312.2
V09	4.9	355.9	6.6	353.7	1.7	314.9
V10	1.3	45.6	5.4	82.7	4.3	147.6
V11	1.0	234.4	1.6	96.9	1.2	316.1
V12	2.1	343.9	3.9	248.5	2.8	227.4
V13	1.6	85.5	1.4	323.2	1.3	45.3

**表 2.5-7 工程海域多年平均各月及全年水温**

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
工程海域平均水温（℃）	0.1	0.5	4.3	10.6	17.1	22.4	26.3
月份	8月	9月	10月	11月	12月		年
工程海域平均水温（℃）	27.2	23.7	17.4	10.2	3.3		13.6

表 2.5-8 管线附近的包气带、含水层、隔水层的岩性、厚度及分布一览表

地下水类型	包气带、含水层、隔水层的岩性、厚度及分布特征
包气带水	岩性主要为可塑粉质黏土、稍密状态圆砾，厚度一般 2.8m~6.2m。主要分布于排水管线 K5+700~K11+595 段。
松散岩类孔隙水	含水岩组岩性为全新统冲积（ $Q_4^{al+pl}$ ）粉质黏土及圆砾，厚度约 7.4~56.1m。分布于排水管线 K5+700~K11+595 段。该含水层为最主要的含水层。
	含水岩组岩性为全新统坡残积（ $Q_4^{dl+el}$ ）粉质黏土，厚度 1.0~15.0m。分布于排水管线 K0+000~K5+700 段。该含水层的成分及厚度变化较大。
	含水岩组为全风化花岗闪长岩和二长花岗岩，位于浅部岩体，厚度 0.8m~17.8m。分布于排水管线 K0+000~K5+700 段。该含水层的成分及厚度变化较大。
	含水岩组岩性为上更新统冲积（ $Q_3^{al}$ ）粉质黏土，硬塑~坚硬，局部轻微胶结，揭露厚度 15.8m~39.9m。分布于排水管线 K5+700~K11+595 段。该层位于深部，为不透水的隔水层。
基岩裂隙水	含水岩组岩性为强风化花岗闪长岩和二长花岗岩，位于浅部岩体，厚度 0.6m~26.9m。分布于排水管线 K0+000~K5+700 段。该含水层的成分及厚度变化较大。
	含水岩组岩性为中等风化花岗闪长岩和二长花岗岩，最大揭露厚度 22.7m~40.2m。分布于排水管线 K0+000~K5+700 段。该层的透水性受节理裂隙发育情况控制，主要为隔水层。

表 2.5-9 各岩土层的渗透系数建议值

层号	岩性	渗透系数 (cm/s)	渗透系数 (m/d)
②	圆砾	$7.5 \times 10^{-3}$	6.5
③	粉质黏土	$6.7 \times 10^{-6}$	0.006
③-1	粉质黏土	$4.5 \times 10^{-6}$	0.004
④	圆砾	$5.9 \times 10^{-3}$	5.1
⑤	粉质黏土	$5.3 \times 10^{-6}$	0.005
⑥	圆砾	$5.7 \times 10^{-3}$	4.9
⑦	粉质黏土	$3.5 \times 10^{-6}$	0.003
⑧	圆砾	$7.9 \times 10^{-2}$	68
⑨	粉质黏土	$1.5 \times 10^{-5}$	0.013
⑩	圆砾	$2.9 \times 10^{-2}$	25
⑪	粉质黏土	$4.4 \times 10^{-5}$	0.038
⑫	粉质黏土	$3.1 \times 10^{-5}$	0.026
⑬	粉质黏土	$4.0 \times 10^{-6}$	0.035
⑭	粉质黏土	$1.1 \times 10^{-5}$	0.095
⑮	粉质黏土	$2.5 \times 10^{-6}$	0.002
⑯-1、⑰-1	全风化花岗闪长岩、二长花岗岩	$9.3 \times 10^{-4}$	0.8
⑯-2、⑰-2	强风化花岗闪长岩、二长花岗岩	$2.3 \times 10^{-4}$	0.2

表 2.5-10 各岩土层的弥散参数建议值

岩性	纵向弥散度	横向弥散度	地下水流速		纵向弥散系数		横向弥散系数	
	cm	cm	cm/s	m/d	cm <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /d	cm <sup>2</sup> /s	m <sup>2</sup> /d
圆砾	19.0	0.90	1.4×10 <sup>-3</sup>	1.2096	2.66×10 <sup>-2</sup>	0.229824	1.26×10 <sup>-3</sup>	0.0108864
粉质黏土	1.5	0.10	2.2×10 <sup>-4</sup>	0.19008	3.30×10 <sup>-4</sup>	2.8512×10 <sup>-3</sup>	2.20×10 <sup>-5</sup>	1.9008×10 <sup>-4</sup>
全风化岩	4.0	0.35	5.2×10 <sup>-4</sup>	0.44928	2.08×10 <sup>-3</sup>	0.0179712	1.82×10 <sup>-4</sup>	1.57248×10 <sup>-3</sup>
强风化岩	13.0	0.48	1.2×10 <sup>-4</sup>	0.10368	1.51×10 <sup>-3</sup>	0.0134784	5.57×10 <sup>-5</sup>	4.97664×10 <sup>-4</sup>

表 2.5-11 各岩层土的有效孔隙度建议值

层号	岩性	有效孔隙度
②	圆砾	0.28
③	粉质黏土	0.39
③-1	粉质黏土	0.44
④	圆砾	0.29
⑤	粉质黏土	0.39
⑥	圆砾	0.31
⑦	粉质黏土	0.37
⑧	圆砾	0.31
⑨	粉质黏土	0.37
⑩	圆砾	0.32
⑪	粉质黏土	0.32
⑫	粉质黏土	0.34
⑬	粉质黏土	0.31
⑭	粉质黏土	0.30
⑮	粉质黏土	0.28
⑯-1、⑰-1	全风化花岗闪长岩、二长花岗岩	0.35
⑯-2、⑰-2	强风化花岗闪长岩、二长花岗岩	0.30

表 2.5-12 包气带地层降水入渗系数建议值

层号	岩性	降水入渗系数
②	圆砾	0.30
③	粉质黏土	0.18
④	圆砾	0.26
⑫	粉质黏土	0.21

表 2.5-13 水文地质钻孔地下水流速流向测试结果表

孔号	监测深度 (m)	地层编号及岩性	地下水流速 (m/d)	地下水流向 (°)	地下水方向
XK02	7.0	④圆砾	1.16	84.7	东
	13.0	⑥圆砾	0.78	110.8	
XK11	9.0	④圆砾	1.15	49	东北
XK14	7.0	④圆砾	1.46	358	北
XK21	6.0	②圆砾	1.50	214.0	西南
XK22	5.0	⑫粉质黏土	0.19	272.8	西
XK24	3.0	⑰ <sub>1</sub> 全风化二长花岗岩	0.45	171.8	南
XK28	9.0	⑫粉质黏土	1.25	279.1	西
XK33	9.0	⑰ <sub>3</sub> 中风化二长花岗岩	0.68	330.5	西北

注：XK33 钻孔测试深度处受节理裂隙影响，地下水流速较大。

表 2.5-14 地下水水力坡度估算表

剖面编号	取水管线里程号	钻孔及平面距离 (km)	水位高差 (m)	水力坡度 (‰)	备注
1-1	K9+850~K11+632	SK3~XK02, 1.67	0.94	0.56	
	K8+300~ K9+850	XK02~SK10, 1.23	2.04	1.66	
	K7+600~K8+300	SK10~SK11, 1.01	3.30	3.27	
	K6+000~K7+600	SK11~XK14, 1.40	1.93	1.38	
	K5+300~K6+000	XK14~XK17, 0.69	3.03	4.39	
2-2	K10+700	SK4~SK6, 0.62	0.12	0.19	
3-3	K9+860	XK01~XK03, 0.60	0.67	1.12	
5-5	K7+630	XK08~XK09, 0.72	0.13	0.18	
6-6	K6+000	XK13~XK15, 0.67	7.10	10.59	XK15 的水位于强风化岩体中
8-8	K3+100	XK27~SK17, 1.25	17.87	14.30	地形起伏大, 覆盖层薄, 位于圈里杨家村

表 2.5-15（1/2） 厂址半径 5km 及取排水管线周围生活用水取水口

## 厂址周边生活用水取水口

序号	取水口名称	取水设施	水源类型	与 1 号堆位置关系
1	欧家村自来水井	泵站	浅层地下水	SW/750m
2	虎龙斗村西沟自来水机井	泵站	浅层地下水	N/1400m
3	大岚村净化水厂机井	泵站	浅层地下水	ENE/1800m
4	马格庄村自来水井	泵站	浅层地下水	N/2340m
5	高家村自来水井	泵站	浅层地下水	S/2260m
6	山西孙家村自来水井	泵站	浅层地下水	W/2600m
7	东战家村北河自来水井	水井	浅层地下水	S/2730m
8	西战家村自来水井	泵站	浅层地下水	S/2750m
9	狗山李家村自来水大井	泵站	浅层地下水	NE/2950m
10	黄家村自来水井	泵站	浅层地下水	NW/3000m
11	大李家村东坡自来水井	泵站	浅层地下水	NNE/3050m
12	孙家庄村西北河井	水井	浅层地下水	NNE/3210m
13	北曹家庄村林业大井	水井	浅层地下水	S/3360m
14	小高家村自来水井	泵站	浅层地下水	WSW/3500m
15	圈里杨家村自来水井	泵站	浅层地下水	W/3640m
16	三姓庄村自来水井	水井	浅层地下水	S/3650m
17	王跃堂自来水井	水井	浅层地下水	S/4040m
18	北崔家村自来水井	泵站	浅层地下水	W/4200m
19	杜北村南耩自来水井	水井	浅层地下水	SSW/4210m
20	杜东村委大院纯净水井	水井	浅层地下水	SSW/4420m
21	杜东村南西沟自来水井	水井	浅层地下水	SSW/4710m
22	地北头王家村大刘道自来水井	水井	浅层地下水	SW/4750m
23	丰家村自来水井	泵站	浅层地下水	S/4630m
24	杜西村自来水	水井	浅层地下水	SW/4810m
25	北洼子村自来水井	泵站	浅层地下水	W/4970m

表 2.5-15（2/2）厂址半径 5km 及取排水管线周围生活用水取水口

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	与管线位置关系
1	水盘村自来水东大井	泵站	浅层地下水	SW/340m
2	北洼子村自来水井	泵站	浅层地下水	SSE/350m
3	欧家村自来水井	泵站	浅层地下水	S/450m
4	馆前姜家村自来水机井	泵站	浅层地下水	SSE/460m
5	馆前张家自来水井	泵站	浅层地下水	NE/840m
6	圈里杨家村自来水井	泵站	浅层地下水	S/310m
7	山西孙家村自来水井	泵站	浅层地下水	NNE/200m
8	黄家村自来水井	泵站	浅层地下水	NNE/820m
9	北崔家村自来水井	泵站	浅层地下水	SSW/740m



图 2.5-1 (1/2) 厂址附近流域水系图

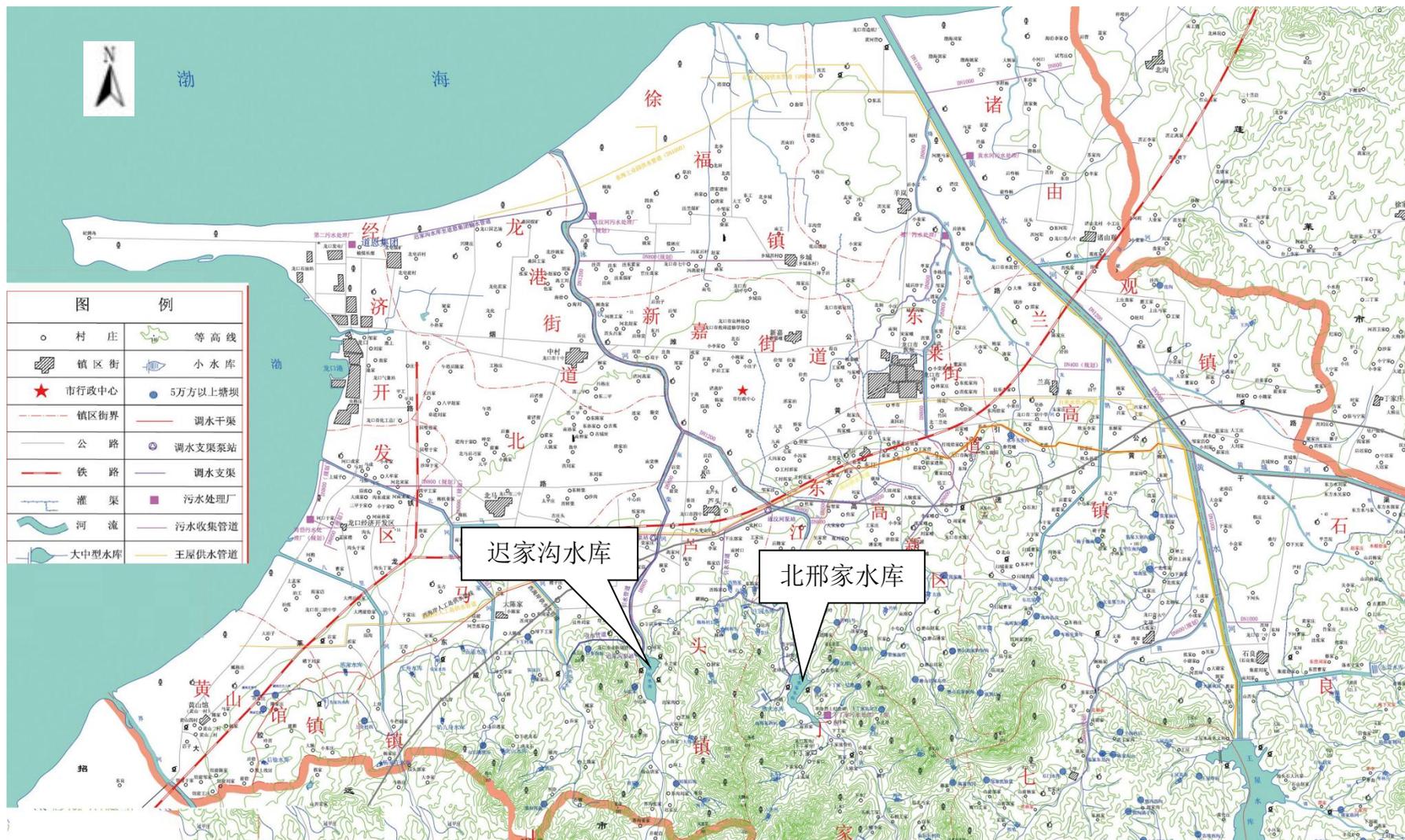


图 2.5-1 (2/2) 厂址附近流域水系图

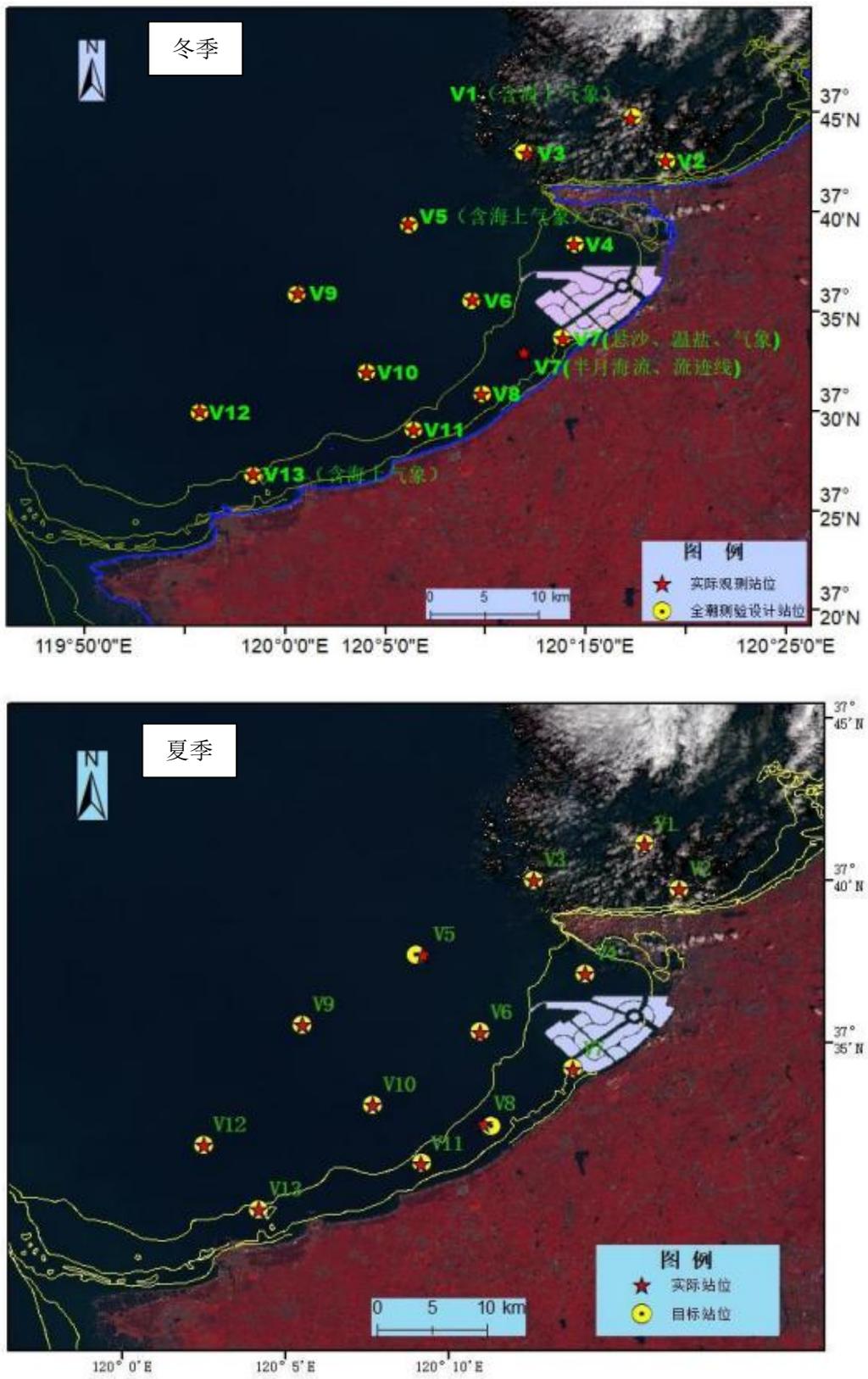


图 2.5-2 (1/2) 全潮观测水文观测站位置示意图

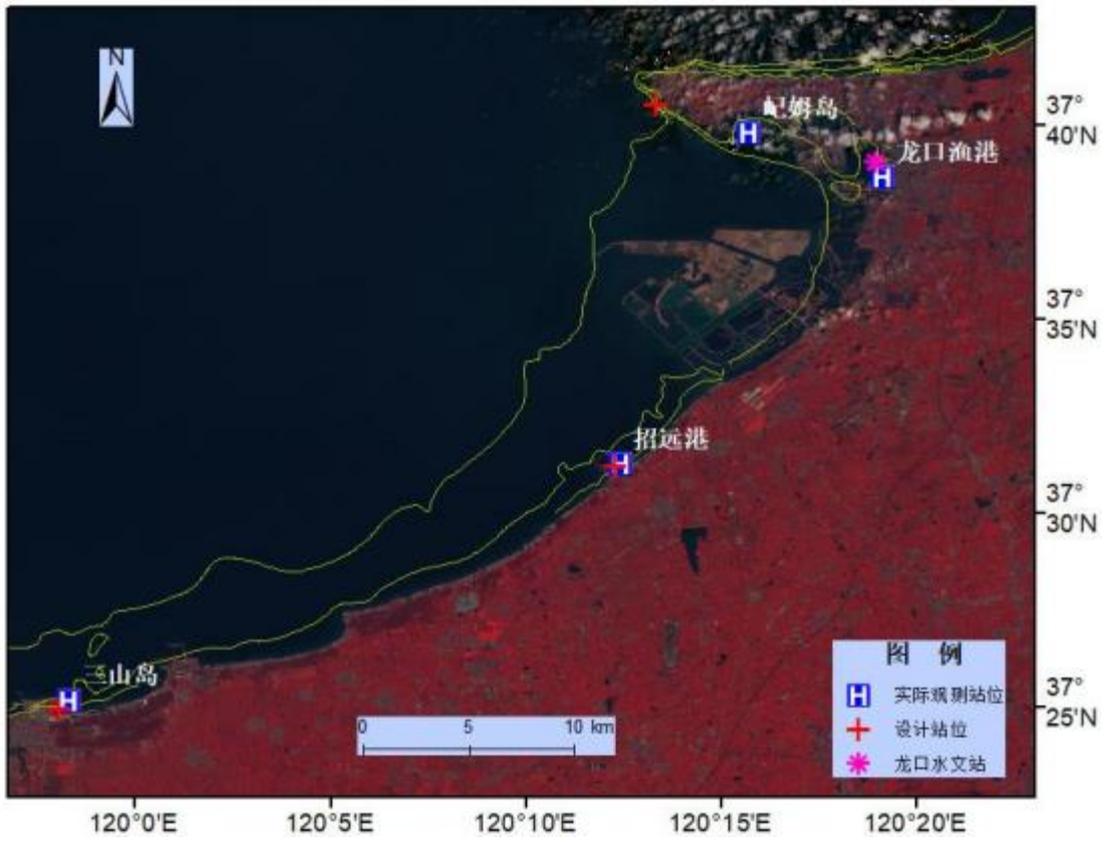


图 2.5-2 (2/2) 全潮观测潮汐观测站位置示意图

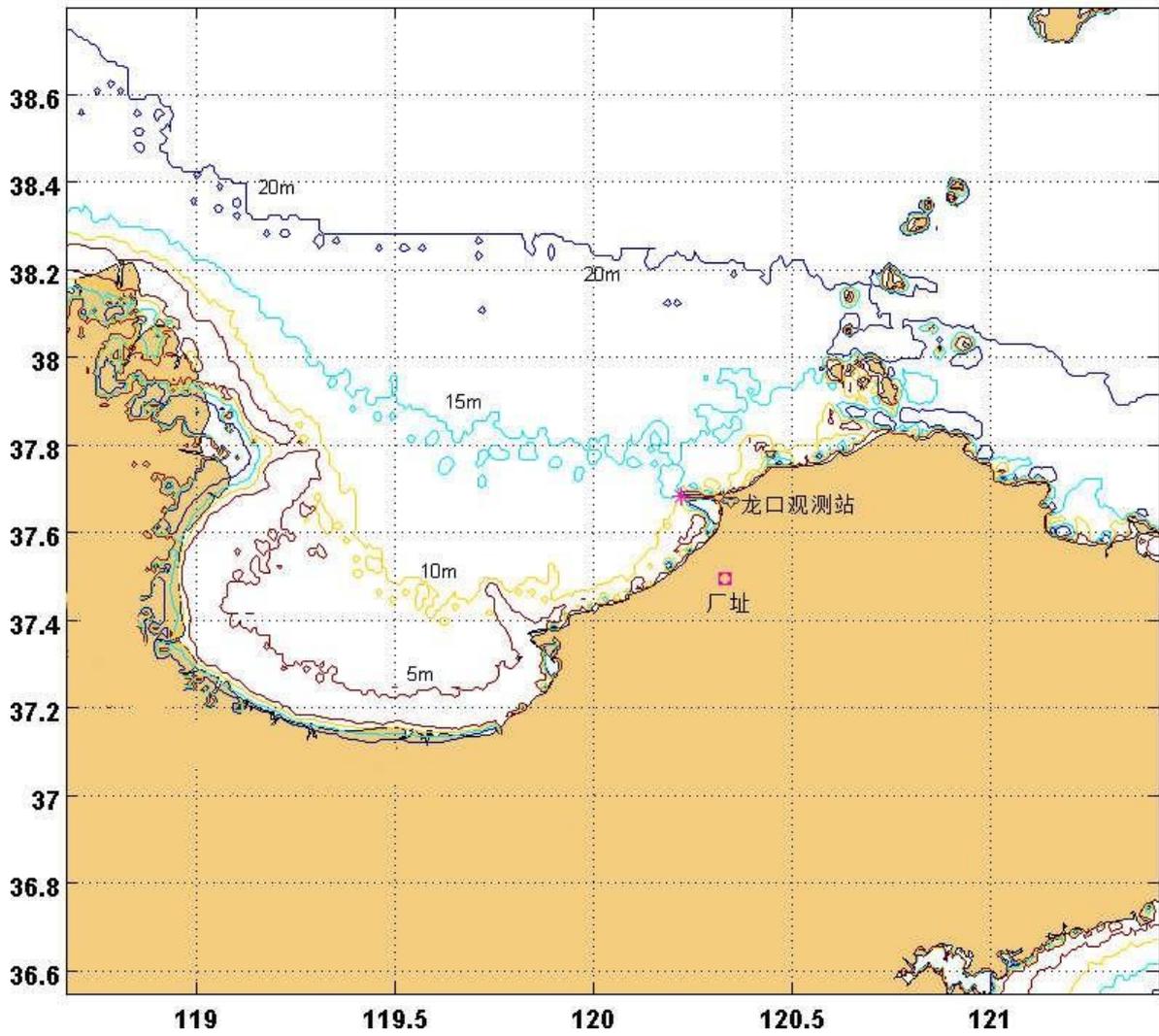


图 2.5-3 厂址附近海域水下地形图

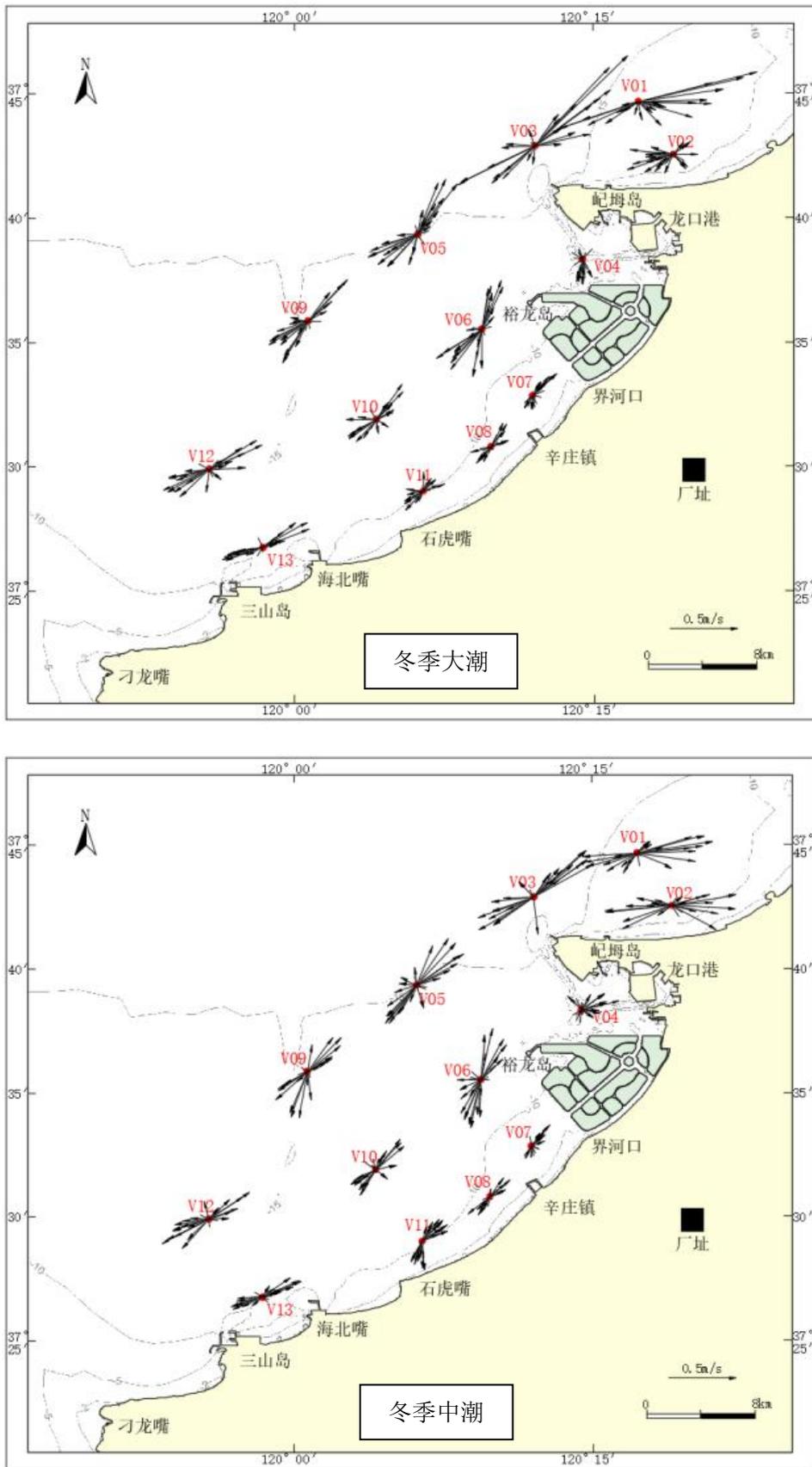


图 2.5-4 (1/3) 全潮观测期间测站垂线平均海流矢量图

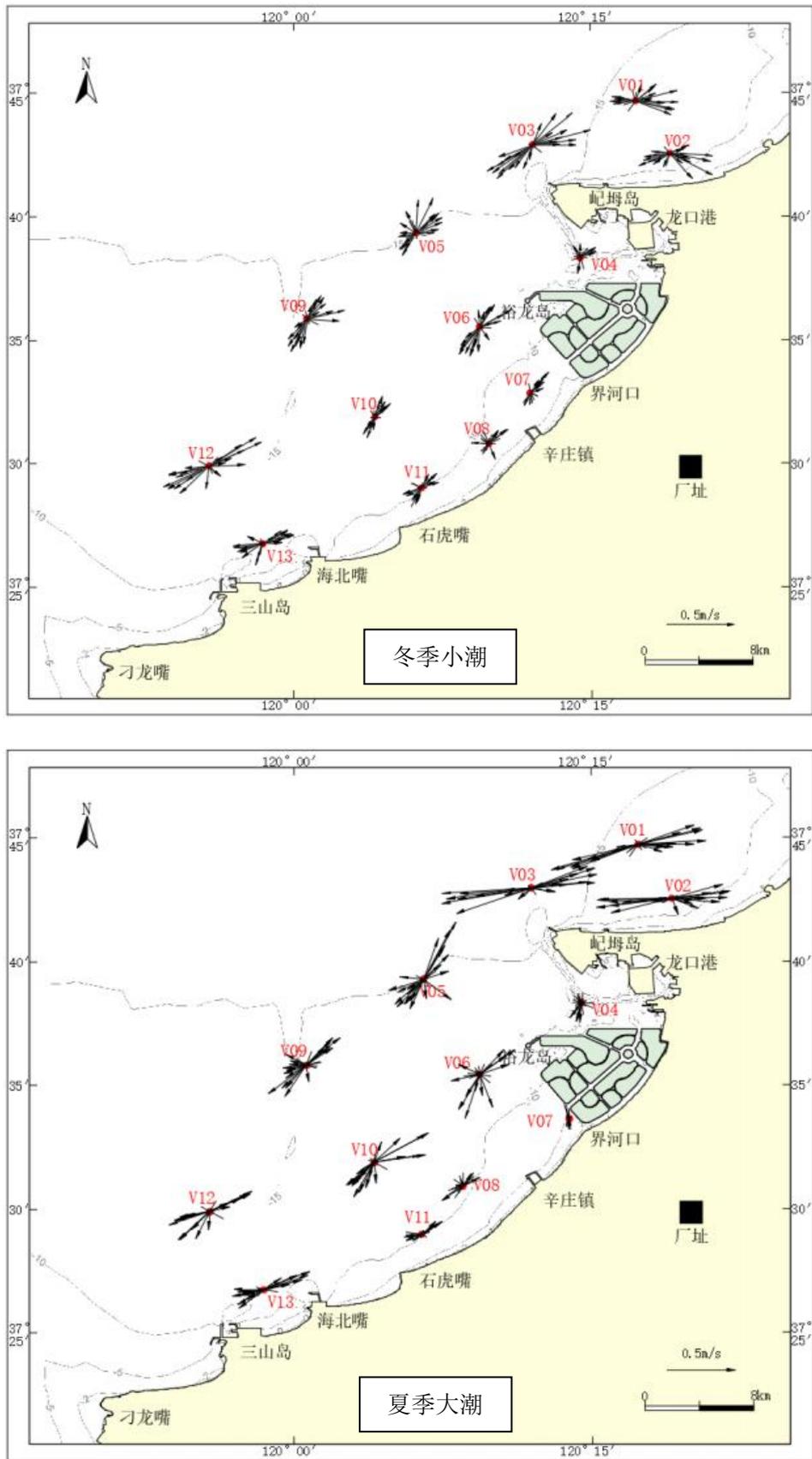


图 2.5-4 (2/3) 全潮观测期间测站垂线平均海流矢量图

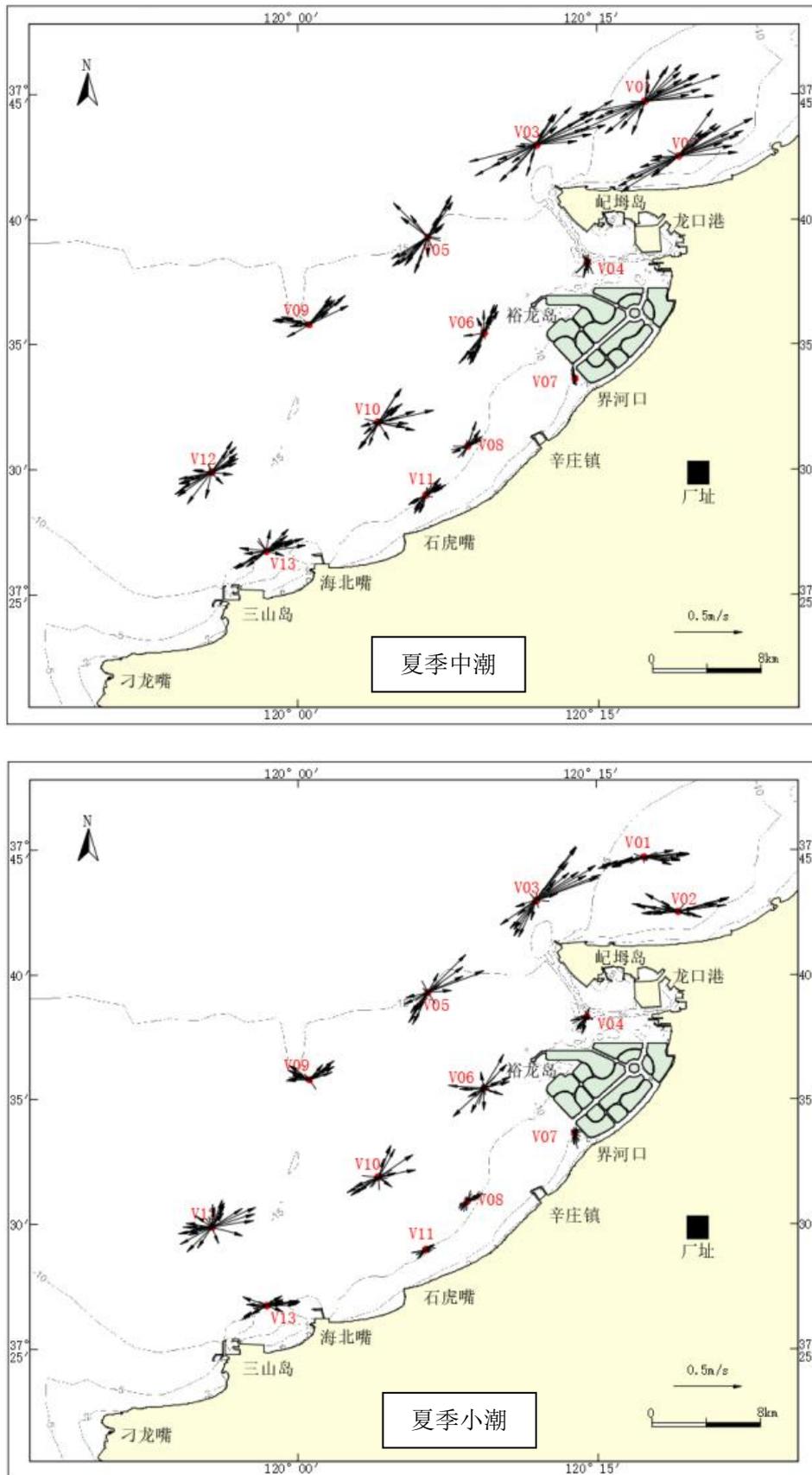


图 2.5-4 (3/3) 全潮观测期间测站垂线平均海流矢量图

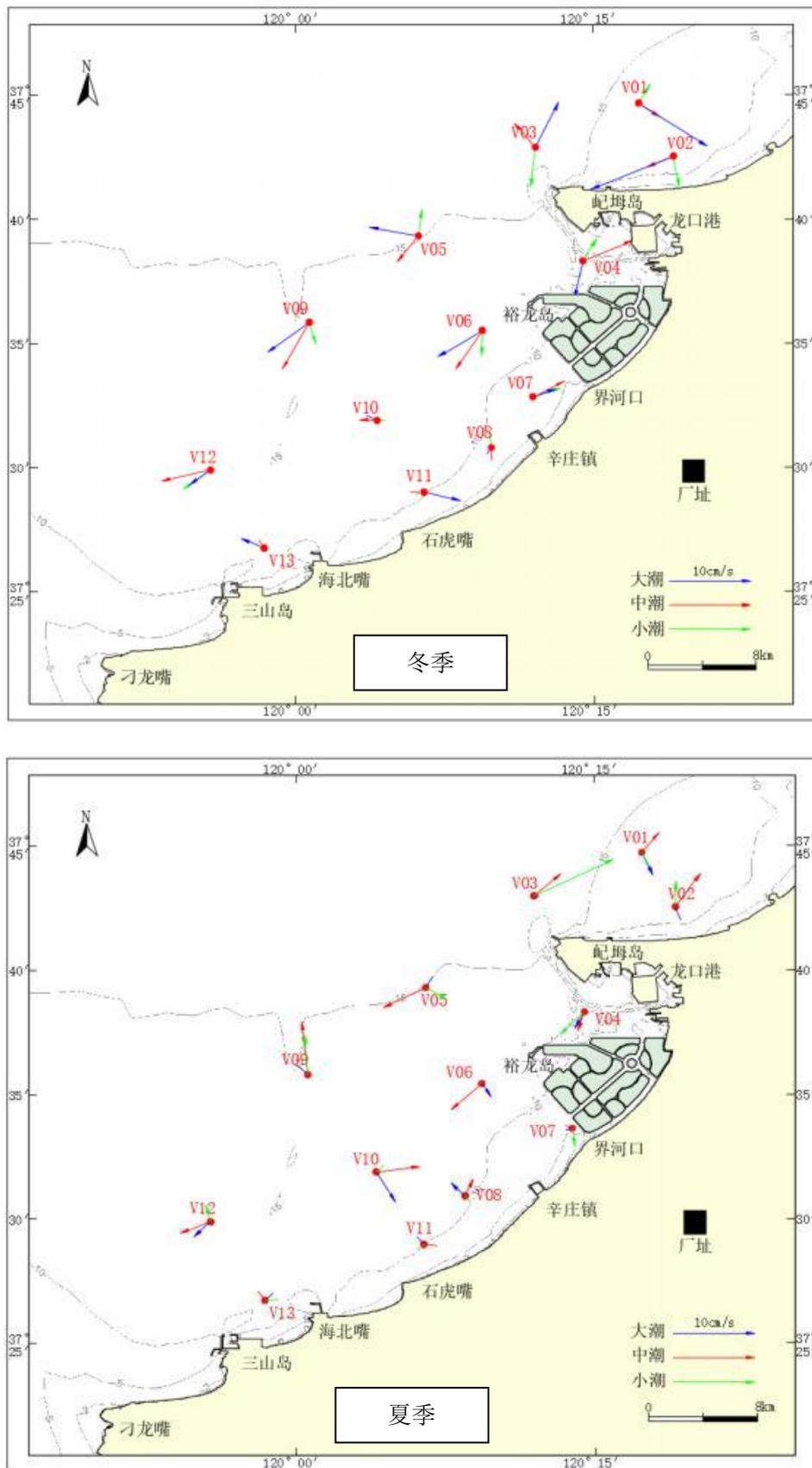


图 2.5-5 全潮观测期间测站余流矢量图

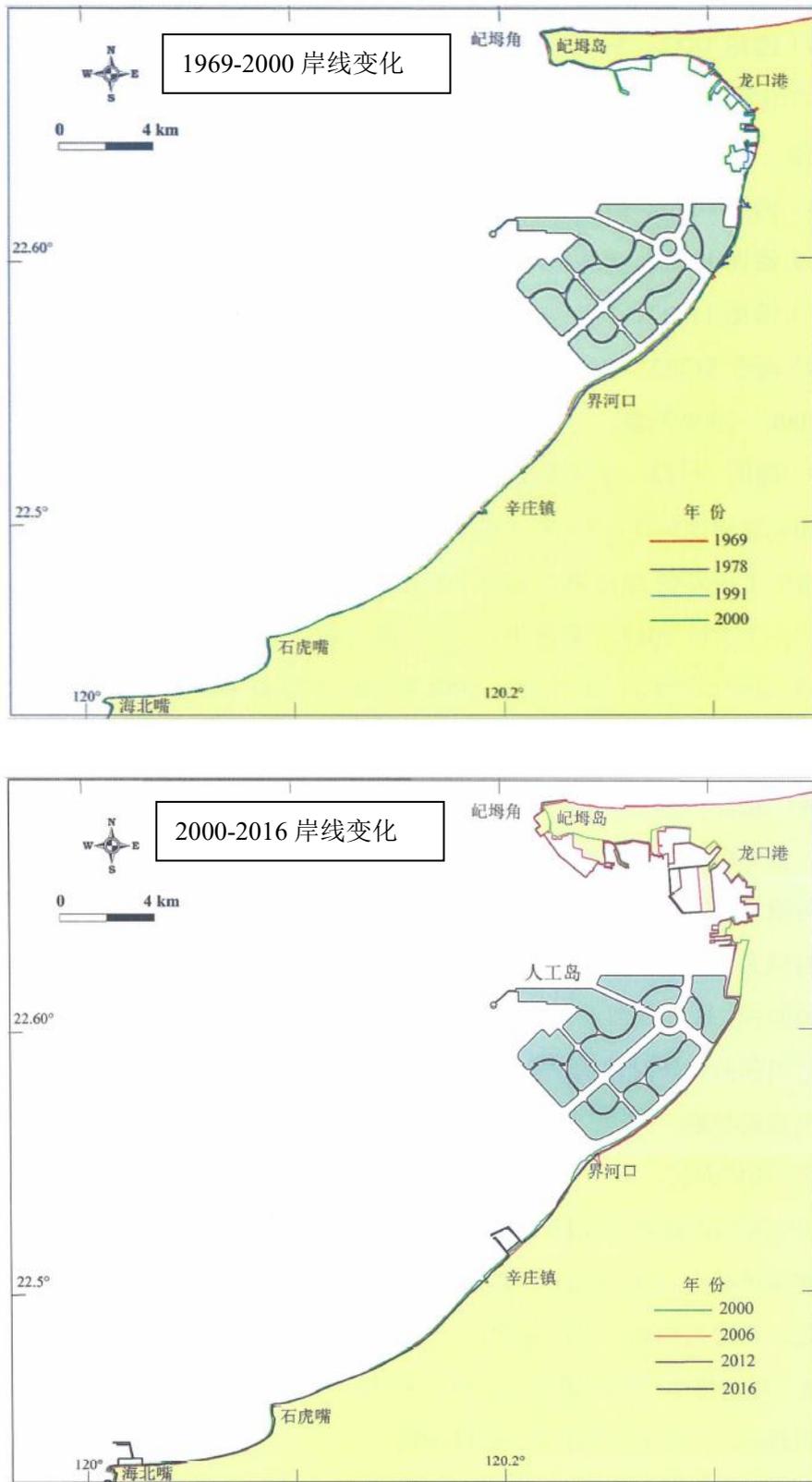


图 2.5-6 龙口湾 1969—2016 年岸线变化图

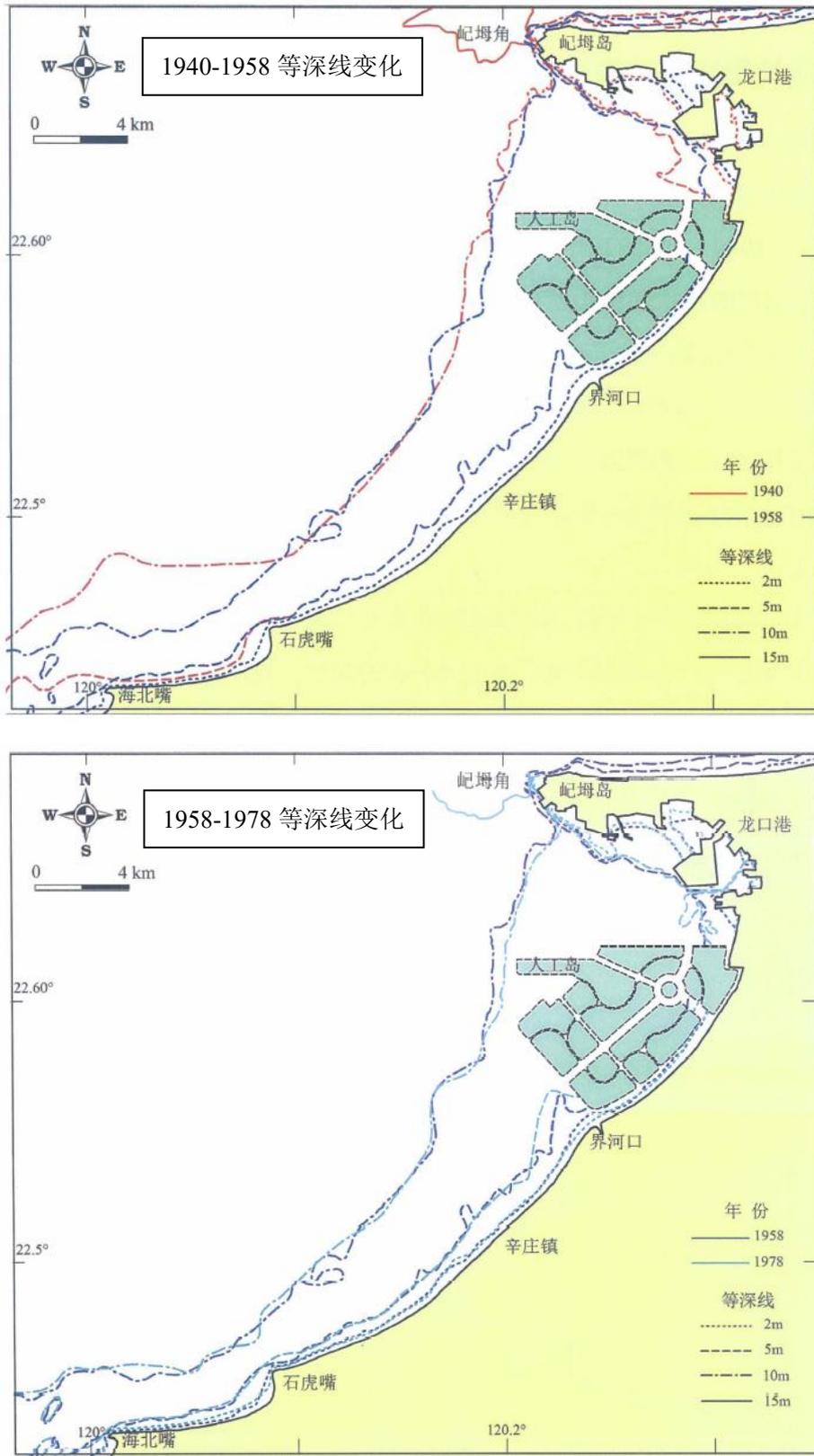


图 2.5-7 (1/2) 龙口湾 1940—2012 年等深线变化图

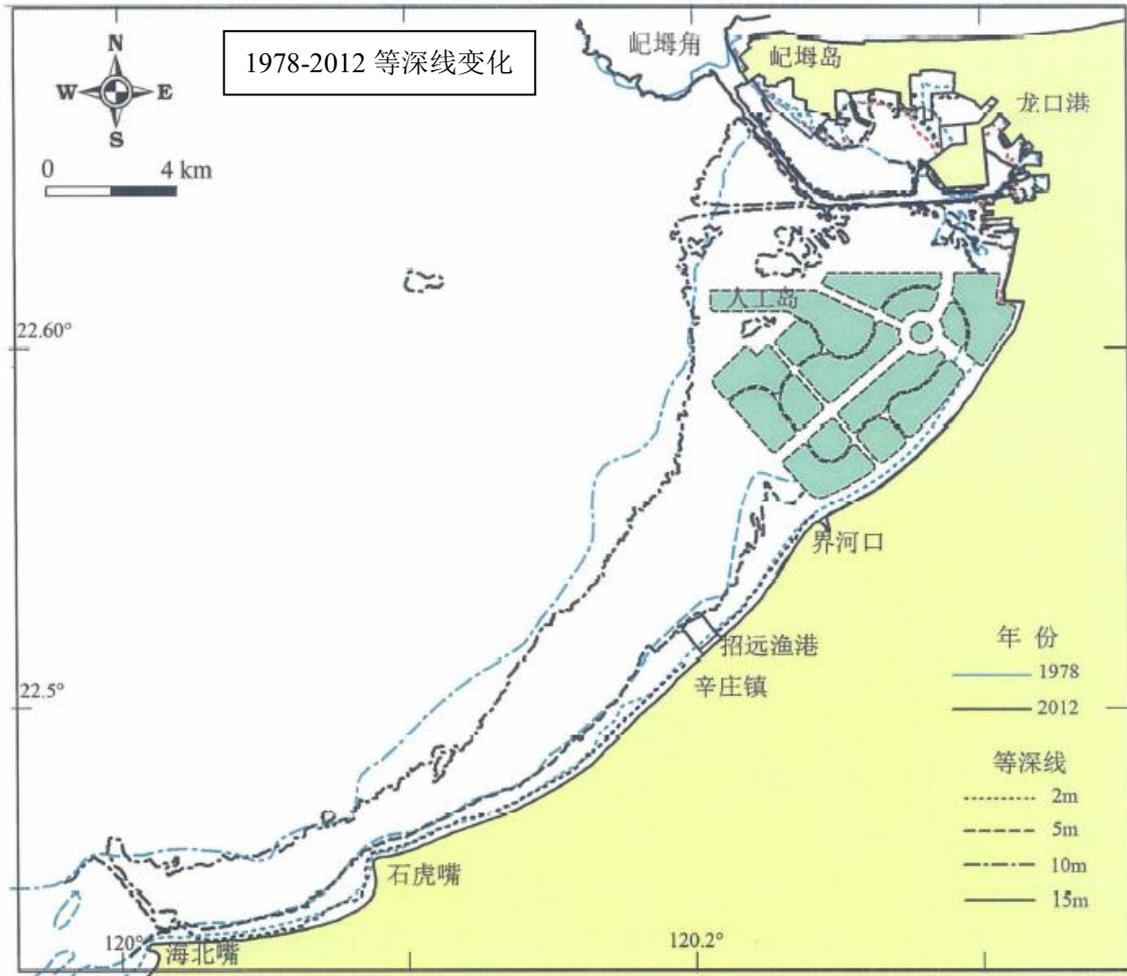


图 2.5-7 (2/2) 龙口湾 1940—2012 年等深线变化图

## 2.6 地形地貌

## 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，沟壑 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一大沽河的发源地；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<sup>2</sup>，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

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

#### 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，受深圳中广核工程设计有限公司委托，苏州热工研究院有限公司对中广核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，本报告主要依据该次调查结果进行描述和评价。同时，针对居民饮用水中 $^3\text{H}$ ，调查单位在2023年2月开展了补充监测，饮用水中 $^3\text{H}$ 以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 $\gamma$ 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5km~10km；接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) $\gamma$ 辐射剂量率测量

— 环境 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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。宇宙射线响应计算方法采用《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中规定的方法。

#### — 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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 谱分析（分析核素包括 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^7\text{Be}$ ）。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、管线跨越界河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： $\gamma$ 谱分析（分析核素包括 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 等）、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 。

#### — 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。初步本底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： $\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 。2023年2月针对居民饮用水中 $^3\text{H}$ ，在虎龙斗村和沟子村开展了补充监测。

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 $\gamma$ 谱分析、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 。

地下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、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 $\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 。其中 $\gamma$ 谱分析增加 $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ 等天然核素。采样点位情况见表3.1-3和图3.1-3。

#### — 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： $\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 。

#### — 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 $\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ ， $\gamma$ 谱分析增加 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 。所有沉积物样品监测项目均为 $\gamma$ 谱分析和 $^{90}\text{Sr}$ ，其中 $\gamma$ 谱分析增加 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ 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）监测设备

本次调查所使用的仪器设备见表3.1-6。监测方法及监测标准均符合相关技术标准及规范的要求。

#### （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，对环境 $\gamma$ 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：

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

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。

$\gamma$ 能谱的最小可探测活度浓度（MDC）采用以下公式：

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

式中： $t$  为样品测量时间； $\varepsilon$  为探测效率； $P_{\gamma}$  为射线分支比； $W$  为样品量。

对总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 测量，MDC（单位为 Bq/L）表达式为：

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

式中， $t_s$  为样品测量时间，s； $\eta$  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  $^{90}\text{Sr}$  测量（采用快速法进行测量），MDC 根据下式计算：

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

式中： $Y_{\gamma}$  为钷的化学回收率； $t_s$  为样品测量时间； $\eta$  为仪器对钷-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； $\lambda$ ：钷-90 的衰变常数，为  $1.802 \times 10^{-4} \text{min}^{-1}$ 。

对水中  $^3\text{H}$  测量，其 MDC 由下式进行计算：

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

式中： $t_s$  为样品测量时间； $\eta$  为探测效率； $W$  为测量瓶中  $\text{H}_2\text{O}$  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 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果

根据使用仪器设备的情况，对使用的 FH60G+FH672E 型辐射剂量率仪，在各监测点位的宇宙射线响应值约为 13.79nGy/h；对使用的 6150Ad-b 型辐射剂量率仪，在各监测点位的宇宙射线响应值约为 17.95nGy/h。所有 72 个监测点位的辐射剂量率监测结果均扣除了宇宙射线响应，并采用扣除了宇宙射线响应的监测结果进行了评价。

本次调查环境  $\gamma$  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  $78.4 \pm 15.4 \text{nGy/h}$ 、 $75.6 \pm 12.0 \text{nGy/h}$ ，范围分别为  $53.9 \text{nGy/h} \sim 112.6 \text{nGy/h}$ 、 $55.0 \text{nGy/h} \sim 103.2 \text{nGy/h}$ 。所有点位两次监测结果的平均值为  $77.1 \pm 11.8 \text{nGy/h}$ ，范围为

55.9nGy/h~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 21.4nGy/h~120.5nGy/h 和 16.9nGy/h~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  $95.2 \pm 12.3 \text{ nGy/h}$ ，范围为  $71.0 \text{ nGy/h} \sim 145.8 \text{ nGy/h}$ 。

#### （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  $^7\text{Be}$  结果为  $7.4 \pm 0.2 \text{ mBq/m}^3$ ，其他关注的人工放射性核素监测结果均低于 MDC。

#### （4）水样品监测结果

##### 1) 地表水

本次调查地表水放射性监测结果见表 3.1-11。从表中可以看到：

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

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

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

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

对界河水的  $^{40}\text{K}$  监测结果偏高，其中在管线跨越界河处的界河水中  $^{40}\text{K}$  的结果为  $3.31 \pm 0.06 \text{ Bq/L}$ ，而相应的沉积物中  $^{40}\text{K}$  结果为  $961 \pm 14 \text{ Bq/kg}$ 。总体上监测结果均偏高。该监测点距离海岸线约  $5.5 \text{ km}$ ，且界河两侧区域均为大面积的农田，且农田灌溉主要是地下水，界河水量极小。

我国上世纪 80 年代全国天然辐射水平调查中，北方少水区域地表水中的  $^{40}\text{K}$  明显偏高，其中，报道了山东境内马颊河、徒骇河  $^{40}\text{K}$  的浓度高达  $3.412 \text{ Bq/L}$ ；此外，调查结果分析表明，在北方海滦河流域，调查到的地表水  $^{40}\text{K}$  浓度最高达到  $7.149 \text{ Bq/L}$ 。 $^{40}\text{K}$

为天然放射性核素，在管线跨越界河处地表水体和沉积物中偏高，推测可能与海水倒灌及周围农田化肥（钾肥）污染有关。

## 2) 地下水

本次调查地下水放射性监测结果见表 3.1-12。从表可以看到：

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

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

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

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

对关注的人工 $\gamma$ 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

调查获取的饮用水放射性监测结果见表 3.1-12。分析表明：

对  $^3\text{H}$ ，采用 2023 年 2 月补充监测结果，设 2 个点，为虎龙斗村、沟子村，饮用水样品从农村集中饮用水处理设施出水口采集，监测结果表明，两个监测点的饮用水中  $^3\text{H}$  的结果均低于 MDC ( $<0.41\text{Bq/L}$ )，处于正常水平。

对总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ，监测结果分别为 $<0.007\text{Bq/L}$ 和  $0.004\pm 0.002\text{Bq/L}$ ，均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）的指导水平（对总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 的指导值分别为 0.5Bq/L 和 1Bq/L）；

对  $^{90}\text{Sr}$ ，结果为  $1.09\pm 0.11\text{mBq/L}$ ，处于正常水平；

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

对其他关注的人工 $\gamma$ 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： $\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ ，其中 $\gamma$ 谱分析增加  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 。结果见表 3.1-13。分析表明：

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

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

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

对其他关注的人工 $\gamma$ 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  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ）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为： $^{60}\text{Co}$   $0.03\text{Bq/L}$ ； $^{90}\text{Sr}$   $4\text{Bq/L}$ 、 $^{106}\text{Ru}$   $0.2\text{Bq/L}$ 、 $^{134}\text{Cs}$   $0.6\text{Bq/L}$ 、 $^{137}\text{Cs}$   $0.7\text{Bq/L}$ ）。

#### （5）土壤与沉积物样品监测结果

##### 1) 土壤

本次调查土壤中放射性监测结果见表 3.1-14。分析表明：

对土壤中的  $^{90}\text{Sr}$ ，其监测结果范围为 $<0.121\text{Bq/kg}$ ~ $0.498\text{Bq/kg}$ ，处于正常水平；

对  $^{137}\text{Cs}$ ，其结果范围为 $<0.7\text{Bq/kg}$ ~ $2.7\text{Bq/kg}$ ，处于正常水平；

其他人工 $\gamma$ 放射性核素结果均低于 MDC；

对天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ ，其结果范围为  $17\text{Bq/kg}$ ~ $44\text{Bq/kg}$ ，处于山东省天然放射性本底范围（ $15.7\text{Bq/kg}$ ~ $90.1\text{Bq/kg}$ ）内；

对  $^{232}\text{Th}$ ，其结果范围为  $21.9\text{Bq/kg}$ ~ $110.3\text{Bq/kg}$ ，处于山东省天然放射性本底范围（ $20.8\text{Bq/kg}$ ~ $202.0\text{Bq/kg}$ ）内；

对  $^{226}\text{Ra}$ ，其结果范围为  $11.7\text{Bq/kg}$ ~ $36.8\text{Bq/kg}$ ，处于山东省天然放射性本底范围（ $9.8\text{Bq/kg}$ ~ $50.0\text{Bq/kg}$ ）内；

对  $^{40}\text{K}$ ，其结果范围为  $595\text{Bq/kg}$ ~ $1033\text{Bq/kg}$ ，处于山东省天然放射性本底范围（ $391.7\text{Bq/kg}$ ~ $1870\text{Bq/kg}$ ）内。

##### 2) 地表水沉积物

本次调查在各地表水沉积物放射性监测结果见表 3.1-15。分析表明：

对其中的  $^{90}\text{Sr}$ ，其监测结果范围为  $0.195\text{Bq/kg}$ ~ $0.931\text{Bq/kg}$ ，处于正常水平；

对  $^{137}\text{Cs}$ ，其结果范围为 $<0.57\text{Bq/kg}$ ~ $1.0\text{Bq/kg}$ ，其他人工 $\gamma$ 放射性核素结果均低于 MDC；

对天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ ，其结果范围为 $<13\text{Bq/kg}$ ~ $21\text{Bq/kg}$ ，处于正常水平；

对  $^{232}\text{Th}$ ，其结果范围为  $12.2\text{Bq/kg}$ ~ $33.6\text{Bq/kg}$ ，处于正常水平；

对  $^{226}\text{Ra}$ ，其结果范围为  $1.6\text{Bq/kg}$ ~ $15.6\text{Bq/kg}$ ，处于正常水平；

对  $^{40}\text{K}$ ，其结果范围为  $672\text{Bq/kg}$ ~ $961\text{Bq/kg}$ ，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 $^{90}\text{Sr}$ 和 $\gamma$ 谱分析，结果见表 3.1-15。分析表明：

对 $^{90}\text{Sr}$ ，其监测结果范围为 $0.106\text{Bq/kg}\sim 0.177\text{Bq/kg}$ ，处于正常水平；

对关注的人工放射性核素（包括 $^{137}\text{Cs}$ ），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，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 $\pm 2\sigma$ 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°C 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《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中的相关要求平行性评价。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，详见表 2.3-8。

#### (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，建设单位委托专题单位对厂址 20km 范围内的环境 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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 55.9nGy/h~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 71.0nGy/h~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 $\gamma$ 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  $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱分析。地表水中  $^3\text{H}$  的结果范围为  $<0.58\text{Bq/L}\sim 1.05\text{Bq/L}$ ， $^{90}\text{Sr}$  的结果范围为  $0.48\text{mBq/L}\sim 2.60\text{mBq/L}$ ，所有关注的人工 $\gamma$ 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  $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  谱分析。 $^{90}\text{Sr}$  的监测结果范围为  $0.195\text{Bq/kg}\sim 0.931\text{Bq/kg}$ ； $^{137}\text{Cs}$  的监测结果范围为  $<0.57\text{Bq/kg}\sim 1.0\text{Bq/kg}$ ，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  $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$  谱分析（沿管线地下水不监测  $^{90}\text{Sr}$ ）。

对地下水，3 个居民点  $^3\text{H}$  监测结果均低于 MDC（ $<0.58\text{Bq/L}$ ），管线沿线井地下水结果范围为  $<0.58\text{Bq/L}\sim 0.73\text{Bq/L}$ ；3 个居民点结果范围为  $0.74\text{mBq/L}\sim 1.1\text{mBq/L}$ ；对总 $\alpha$ ，3 个居民点结果均低于 MDC（ $<0.050\text{Bq/L}$ ），管线沿线井地下水结果范围为  $<0.067\text{Bq/L}\sim 0.128\text{Bq/L}$ ；对总 $\beta$ ，3 个居民点结果范围为  $0.050\text{Bq/L}\sim 0.085\text{Bq/L}$ ，管线沿线井地下水结果范围为  $0.089\text{Bq/L}\sim 0.300\text{Bq/L}$ ；对关注的人工 $\gamma$ 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，2 个居民点  $^3\text{H}$  监测结果均低于 MDC（ $<0.41\text{Bq/L}$ ）；虎龙斗村总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ，监测结果分别为  $<0.007\text{Bq/L}$  和  $0.004\pm 0.002\text{Bq/L}$ ，均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）的指导水平（对总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 的指导值分别是为  $0.5\text{Bq/L}$  和  $1\text{Bq/L}$ ）；对  $^{90}\text{Sr}$ ，结果为  $1.09\pm 0.11\text{mBq/L}$ ；对  $^{137}\text{Cs}$ ，结果低于 MDC；对其他关注的人工 $\gamma$ 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  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱分析。结果表明，对土壤中的  $^{90}\text{Sr}$ ，其监测结果范围为  $<0.121\text{Bq/kg}\sim 0.498\text{Bq/kg}$ ；对  $^{137}\text{Cs}$ ，其结果范围为

<0.7Bq/kg~2.7Bq/kg；其他人工 $\gamma$ 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  $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和 $\gamma$ 谱分析，在取、排水口附近设点。结果表明，对海水中的  $^3\text{H}$ ，两个点位的结果均低于 MDC（<0.58Bq/L）；对海水中的  $^{90}\text{Sr}$ ，取水口和排水口结果分别为  $4.05\pm 0.15\text{mBq/L}$  和  $1.44\pm 0.11\text{mBq/L}$ ；对海水中的  $^{137}\text{Cs}$ ，结果均低于 MDC（<2.7mBq/L）；对其他关注的人工 $\gamma$ 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  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ）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 $\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 。结果表明，海洋沉积物中 $^{90}\text{Sr}$ 监测结果的范围为0.106Bq/kg~0.177Bq/kg， $^{137}\text{Cs}$ 等人工 $\gamma$ 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	$\gamma$ 谱分析	虎龙斗村	1	1 次
4	地表水	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$	栾家河水库、界河、管线跨越界河处以及迟家沟水库	20	1 次
5	地表水沉积物	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$		8	1 次
6	地下水	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$	大岚村、虎龙斗村、山前季家村	15	1 次
7	地下水	$\gamma$ 谱分析、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$	SK9、SK13**、SK15、SK18、SK22	20	1 次
8	饮用水	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$	虎龙斗村、沟子村（2023 年补充监测 $^3\text{H}$ ）	6	1 次
9	海水	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$	取水口、排水口	6	1 次
10	潮下带（底泥）	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$	取水口、排水口	4	1 次
11	潮间带	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$	辛庄镇	2	1 次
12	土壤	$\gamma$ 谱分析、 $^{90}\text{Sr}$	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  $\gamma$  辐射剂量率与累积剂量监测点位

序号	点位名称	方位	距离(km)
1	厂址北	N	0.3
2	厂址东	E	0.4
3	厂址南	S	0.5
4	厂址西	W	0.6
5	山前季家村北	NWW	1.0
6	南区矿场	SSE	1.1
7	虎龙斗村东南	NNE	1.2
8	山前季家	WSW	1.2
9	山前季家村	NWW	1.3
10	大岚村西	ENE	1.3
11	山前季家南	SW	1.4
12	风力发电站	NW	1.4
13	栾家河水库	E	1.5
14	虎龙斗村	N	1.5
15	沟子村西	SSW	1.6
16	李家村南	NE	1.6
17	虎龙斗村西	N	1.7
18	沟子村	S	1.7
19	栾家河村南	SE	1.7
20	大岚村	ENE	1.8
21	栾家河村	ESE	2.0
22	栾家水库东	E	2.2
23	段家洼村	SE	2.6
24	栾家庄村	SSE	2.7
25	黄家村	NWW	2.9
26	大李家村	NNE	3.1
27	郭家村	N	3.1
28	石场	NE	3.4
29	欧家村西北	SW	3.4
30	杨家庄村	N	3.4
31	槐树庄村	WSW	3.5
32	小贾家村	S	3.6
33	欧家村	SSW	3.7
34	杨家村	W	4.0
35	蔡家村	NW	4.0
36	丛家村	ESE	4.3

表 3.1-2 (2/2) 环境  $\gamma$  辐射剂量率与累积剂量监测点位

序号	点位名称	方位	距离 (km)
37	张星镇	S	4.7
38	黑奂村西	ENE	4.7
39	石棚村	ENE	6.4
40	后大里村	SSE	6.6
41	苗家	E	6.9
42	羊家村	SE	7.0
43	王家庄	ESE	7.1
44	大刘家村	SW	7.1
45	苗家村	N	7.2
46	乔家村 1	NE	7.2
47	付家村	S	7.4
48	乔家村 2	WSW	7.6
49	臧格庄村	NW	7.6
50	店子村	NWW	7.6
51	于家庄村	N	7.6
52	东埠上村	SSW	8.2
53	孙家村	W	8.5
54	大陈家村	NNE	8.7
55	金海大道	NWW	11.0
56	辛庄镇	W	11.7
57	人工岛	NW	12.0
58	罗山森林公园	ESE	12.2
59	于家礁	N	12.5
60	北马镇	NNE	12.8
61	梦芝街道	SSE	13.4
62	金岭镇	SSW	13.4
63	龙港	N	14.2
64	下丁家镇	ENE	14.3
65	西沟李家村	WSW	14.4
66	芦头镇	NE	14.4
67	小蒋家村	ESE	14.5
68	招远市	SSE	15.5
69	玲珑镇	SE	15.5
70	肖家洼村	E	16.0
71	蚕庄镇	SW	16.6
72	龙王水库	S	16.9

表 3.1-3 陆域水质采样点位信息表

采样类别	点位
地表水	栾河水库
	管线跨越界河处
	界河
	迟家沟水库
地下水	SK18
	SK15
	管线跨越界河处民用井（代替 SK13）
	SK9
	山前季家村
	大岚村
	SK22
	虎龙斗村
饮用水	虎龙斗村
	沟子村

表 3.1-4 土壤采样监测点位信息表

序号	点位名称	方位	距离 (km)
1	山前季家村	WSW	1.2
2	沟子村	S	1.7
3	栾家河水库	E	1.5
4	虎龙斗村	N	1.5
5	风力发电站	NW	1.4
6	欧家村	SSW	3.7
7	黄家村	NWW	2.9
8	丛家村	ESE	4.3
9	黑芥村西	ENE	4.7
10	管线 1 (SK15 井附近)	NWW	4.4
11	付家村	S	7.4
12	于家庄村	N	7.6
13	羊家村	SE	7.0
14	乔家村 1 (龙口)	NE	7.2
15	乔家村 2 (48#)	WSW	7.6
16	臧格庄村	NW	7.6
17	孙家村	W	8.5
18	管线 2 (SK09)	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	方位	距离（km）
1	排水口（海水）	NW	12.3
2	取水口（海水）	NWW	11.2
3	排水口（沉积物）	NWW	11.2
4	取水口（沉积物）	NWW	10.6
5	辛庄镇（沉积物）	NWW	11.1

表 3.1-6 调查所使用的仪器设备

序号	监测项目	仪器设备
1	环境 $\gamma$ 辐射剂量率	FH40G+FH672E 剂量率监测仪 6150Ad-b 剂量率监测仪
2	环境 $\gamma$ 辐射累积剂量	Harshaw5500, LiF(Mg, Cu, P)剂量片
3	水中 H-3	LB7 超低本底液闪谱
4	水中 Sr-90	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪
5	水中总 $\alpha$	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪
6	水中总 $\beta$	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪
7	水中 $\gamma$ 谱分析	GEM50P4-83/GMX50p4-83, 多道谱仪: DSPEC JR2.0
8	土壤与沉积物中 Sr-90	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪
9	土壤与沉积物中 $\gamma$ 谱分析	GEM50P4-83/GMX50p4-83, 多道谱仪: DSPEC JR2.0

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 <sup>3</sup> /L/g)	测量时 间(min)	本底 (cpm)	探测效 率	回收 率	MDC
总 $\alpha$	水	2.0L	1000	0.1	3.5%	96%	0.012Bq/L
总 $\beta$	水	2.0L	1000	0.80	37%	96%	0.003Bq/L
<sup>90</sup> Sr	水 <sup>1)</sup>	40L	1000	0.80	43%	80%	0.18mBq/L
	土壤、 沉积物 <sup>1)</sup>	50g 干	1000	0.80	43%	80%	0.15Bq/kg 干
<sup>3</sup> H	水	40ml	1000	5.2	25%	-	0.5Bq/L

注：1) 对 <sup>90</sup>Sr 的测量，假定 <sup>90</sup>Sr 的衰减因子  $e^{-\lambda(t_2-t_1)} = 0.9$ 。

（二）气溶胶 $\gamma$ 核素测量最小可探测活度浓度

测量仪器：HPGe谱仪 GEM50P4-83

样品量：10418m<sup>3</sup>

样品尺寸：样品装于 $\Phi$ 75mm\*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 <sup>-1</sup> )	探测效率	MDC (mBq/m <sup>3</sup> )
<sup>7</sup> Be	477.61	10.5%	1.57E-02	1.83%	0.10
<sup>134</sup> Cs	604.72	97.6%	1.30E-02	1.53%	0.012
<sup>137</sup> Cs	661.66	84.6%	1.71E-02	1.43%	0.016
<sup>58</sup> Co	810.76	99.5%	1.25E-02	1.24%	0.014
<sup>54</sup> Mn	834.84	100.0%	1.21E-02	1.21%	0.014
<sup>60</sup> 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 $\gamma$ 核素测量最小可探测活度浓度

测量仪器：HPGe $\gamma$ 谱仪 GEM50P4-83

样品量：0.310kg

样品尺寸：烘干磨粉装于 $\Phi 75\text{mm} \times 70\text{mm}$ 的塑料盒

测量时间：85873 秒

核素	能量(keV)	发射几 率	本底计数率 ( $\text{s}^{-1}$ )	探测效率	MDC (Bq/kg 干)
$^{238}\text{U}$	63.29	3.8%	2.78E-02	0.78%	30
$^{226}\text{Ra}$	351.93	35.6%	2.64E-02	2.14%	1.1
$^{134}\text{Cs}$	604.72	97.6%	7.58E-03	1.43%	0.34
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	647.76	95.3%	6.80E-03	1.37%	0.34
$^{137}\text{Cs}$	661.66	85.0%	6.75E-03	1.35%	0.39
$^{58}\text{Co}$	810.76	99.5%	5.32E-03	1.18%	0.34
$^{54}\text{Mn}$	834.84	100.0%	5.81E-03	1.15%	0.36
$^{232}\text{Th}$	911.2	26.2%	7.59E-03	1.09%	1.6
$^{60}\text{Co}$	1173.23	99.9%	4.01E-03	0.93%	0.37
$^{40}\text{K}$	1460.82	10.7%	2.09E-02	0.82%	8.3

（四） 水中 $\gamma$ 核素测量最小可探测活度浓度

测量仪器：HPGe $\gamma$ 谱仪 GEM50P4-83

样品量：40 L

样品尺寸：沉淀烘干后装于 $\Phi 75\text{mm} \times 35\text{mm}$ 的塑料盒

测量时间：86076 秒

核素	能量(keV)	发射几 率	本底计数率 ( $\text{s}^{-1}$ )	探测效率	MDC (Bq/L)
$^{238}\text{U}$	63.29	3.8%	2.51E-02	0.9%	0.15
$^{226}\text{Ra}$	351.93	35.6%	2.81E-02	2.9%	0.0065
$^{134}\text{Cs}$	604.72	97.6%	7.01E-03	2.1%	0.0017
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	647.76	95.3%	6.01E-03	2.0%	0.0017
$^{137}\text{Cs}$	661.66	85.0%	6.59E-03	2.0%	0.002
$^{58}\text{Co}$	810.76	99.5%	5.08E-03	1.7%	0.0017
$^{54}\text{Mn}$	834.84	100.0%	5.59E-03	1.7%	0.0018
$^{232}\text{Th}$	911.2	26.2%	7.64E-03	1.6%	0.0083
$^{60}\text{Co}$	1173.23	99.9%	4.12E-03	1.4%	0.0018
$^{40}\text{K}$	1460.82	10.7%	2.53E-02	1.3%	0.046

表 3.1-8（1/2） 环境 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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	黑奂村西	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	黑奁村西	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<sup>3</sup>

点位名称	<sup>7</sup> Be	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>58</sup> Co	<sup>54</sup> Mn	<sup>60</sup> 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
$^{90}\text{Sr}$ (mBq/L)	1.62±0.11	0.48±0.09	2.60±0.15	1.53±0.11
总 $\alpha$ (Bq/L)	<0.031	<0.10	<0.089	<0.033
总 $\beta$ (Bq/L)	0.327±0.013	3.15±0.07	1.49±0.05	0.181±0.012
$^3\text{H}$ (Bq/L)	0.89±0.36	<0.58	1.05±0.36	0.97±0.36
$^{40}\text{K}$ (Bq/L)	0.323±0.031	3.31±0.06	1.52±0.05	0.166±0.028
$^{134}\text{Cs}$ (mBq/L)	<1.8	<1.9	<1.8	<1.7
$^{137}\text{Cs}$ (mBq/L)	<1.9	<2.2	<2.1	<2
$^{58}\text{Co}$ (mBq/L)	<1.8	<2.1	<2	<1.7
$^{54}\text{Mn}$ (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	沟子村
	地下水								饮用水	饮用水
$^{90}\text{Sr}$ (mBq/L)	-	-	-	-	-	0.74±0.1	1.1±0.1	0.76±0.09	1.09±0.11	/
总 $\alpha$ (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 $\beta$ (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	/
$^3\text{H}$ (Bq/L)	0.73±0.36	<0.58	0.59±0.35	0.63±0.36	<0.58	<0.58	<0.58	<0.58	<0.41	<0.41
$^{134}\text{Cs}$ (mBq/L)	<1.8	<1.8	<1.9	<1.9	<1.7	<1.7	<1.8	<1.7	<1.8	/
$^{137}\text{Cs}$ (mBq/L)	<1.9	<2.1	<2.0	<2.0	<1.9	<2.0	<2.0	<1.9	<1.9	/
$^{58}\text{Co}$ (mBq/L)	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.9	<1.8	<1.7	<1.8	/
$^{54}\text{Mn}$ (mBq/L)	<1.9	<2	<2.1	<2.1	<1.9	<2.1	<1.9	<1.9	<1.9	/
$^{60}\text{Co}$ (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
$^{90}\text{Sr}$ (mBq/L)	1.44±0.11	4.05±0.15
$^3\text{H}$ (Bq/L)	<0.58	<0.58
$^{134}\text{Cs}$ (mBq/L)	<2.0	<2.1
$^{137}\text{Cs}$ (mBq/L)	<2.7	<2.6
$^{58}\text{Co}$ (mBq/L)	<2.1	<2.0
$^{54}\text{Mn}$ (mBq/L)	<2.1	<2.2
$^{60}\text{Co}$ (mBq/L)	<1.9	<1.9
$^{106}\text{Ru}$ (mBq/L)	<20	<19
$^{110\text{m}}\text{Ag}$ (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	$^{90}\text{Sr}$	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{58}\text{Co}$	$^{54}\text{Mn}$	$^{60}\text{Co}$
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
黑奂村西	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
$^{90}\text{Sr}$	0.195±0.071	0.931±0.091	0.199±0.067	0.289±0.075
$^{238}\text{U}$	<13	14±8	21±9	<13
$^{232}\text{Th}$	15.7±0.7	25.9±0.9	33.6±0.9	12.2±0.7
$^{226}\text{Ra}$	6.3±0.9	14.9±1.1	15.6±1	1.6±0.8
$^{40}\text{K}$	961±14	672±13	832±13	939±14
$^{134}\text{Cs}$	<0.48	<0.56	<0.51	<0.45
$^{137}\text{Cs}$	<0.59	<0.7	1.0±0.4	<0.57
$^{58}\text{Co}$	<0.53	<0.6	<0.52	<0.51
$^{54}\text{Mn}$	<0.55	<0.65	<0.59	<0.55
$^{60}\text{Co}$	<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）
$^{90}\text{Sr}$	0.177±0.071	0.106±0.059	0.159±0.073
$^{238}\text{U}$	19±9	<13	<13
$^{232}\text{Th}$	45.4±1.1	5.4±0.5	8.5±0.6
$^{226}\text{Ra}$	19.1±1.2	<1.3	3.5±0.8
$^{40}\text{K}$	1041±16	1056±15	823±13
$^{134}\text{Cs}$	<0.61	<0.46	<0.45
$^{137}\text{Cs}$	<0.76	<0.58	<0.58
$^{58}\text{Co}$	<0.63	<0.51	<0.49
$^{54}\text{Mn}$	<0.7	<0.55	<0.52
$^{60}\text{Co}$	<0.9	<0.73	<0.7
$^{106}\text{Ru}$	<6.2	<4.6	<4.5
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	<0.66	<0.48	<0.48

表 3.1-16 环境  $\gamma$  辐射剂量率仪调查期间核查（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	HJ 5	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	HJ 5		73.0±1.4	1.3%
	RSS 131 ER	HJ 181		74.9±3.9	
2021.5.18	FH40G+FH672E	HJ 5		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	$\chi^2$	$\chi^2_{1-\alpha/2}$	$\chi^2_{\alpha/2}$	是否满足
低本底液体闪烁谱仪/LB-7	2021.6.14	$^3\text{H}$	30	30s	35.71	16.05	45.7	满足
		$^{14}\text{C}$	30	30s	23.62	16.05	45.7	满足
高纯锗 $\gamma$ 能谱仪/GEM50P4-83	2021.8.30	$^{60}\text{Co}$	40	10s	33.50	23.65	58.12	满足
高纯锗 $\gamma$ 谱仪/GMX50P4-83	2021.8.30	$^{60}\text{Co}$	40	10s	44.23	23.65	58.12	满足
低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪/MPC-9604	AA道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	34.10	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 源	40	10s	36.95	23.65	58.12	满足
	AB道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	33.69	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 源	40	10s	33.96	23.65	58.12	满足
	AC道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	34.31	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 源	40	10s	38.75	23.65	58.12	满足
	AD道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	47.94	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 源	40	10s	44.87	23.65	58.12	满足
	BA道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	41.79	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 源	40	10s	32.80	23.65	58.12	满足
	BB道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	31.28	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 源	40	10s	34.70	23.65	58.12	满足
	BC道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	39.76	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 源	40	10s	34.25	23.65	58.12	满足
	BD道	$^{239}\text{Pu}$ 源	40	25s	34.10	23.65	58.12	满足
		$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ 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 <sup>1)</sup>
<sup>238</sup> U	γ 能谱分析	土壤	≤50Bq/kg	40%
			>50Bq/kg	30%
<sup>137</sup> Cs	γ 能谱分析	土壤	≤2Bq/kg	40%
			>2Bq/kg	30%
<sup>228</sup> Ra/ <sup>40</sup> K	γ 能谱分析	土壤	-	20%
<sup>7</sup> Be	γ 能谱分析	气溶胶	≤0.5mBq/m <sup>3</sup>	15%
			>0.5mBq/m <sup>3</sup>	10%
总α	放化分析	水	≤0.1Bq/L	40%
			>0.1Bq/L	30%
总β	放化分析	水	≤0.15Bq/L	30%
			>0.15Bq/L	20%
<sup>90</sup> Sr	放化分析	水	≤2.0mBq/L	40%
			>2.0mBq/L	30%
		土壤	≤0.5Bq/kg	40%
			>0.5Bq/kg	30%
<sup>3</sup> H	放化分析	水	—	30%

注：1) 采用相对偏差计算，相对偏差%=  $|C_a - C_b| / (C_a + C_b) * 100\%$ ， $C_a$  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  $^{90}\text{Sr}$  平行样分析结果

样品名称	$C_a(\text{Bq/kg})$	$C_b(\text{Bq/kg})$	标准偏差	接受准则	是否满足
排水口沉积物	$0.177\pm 0.071$	$0.187\pm 0.063$	2.7%	40%	是
迟家沟水库沉积物	$0.199\pm 0.067$	$0.276\pm 0.071$	16.2%	40%	是

（二）土壤样品 $\gamma$ 谱平行样分析结果(单位: Bq/kg)

样品名称	分析核素	$C_a(\text{Bq/kg})$	$C_b(\text{Bq/kg})$	标准偏差	接受准则	是否满足
排水口沉积物	$^{238}\text{U}$	$19\pm 9$	$19\pm 9$	0.00%	40%	接受
	$^{232}\text{Th}^*$	$45.4\pm 1.1$	$46.7\pm 1.1$	1.40%	20%	接受
	$^{40}\text{K}$	$1041\pm 16$	$1001\pm 16$	2.00%	20%	接受
迟家沟水库沉积物	$^{238}\text{U}$	$21\pm 9$	$22\pm 9$	2.3%	40%	接受
	$^{232}\text{Th}^*$	$33.6\pm 0.9$	$31.8\pm 0.9$	2.8%	20%	接受
	$^{40}\text{K}$	$832\pm 13$	$838\pm 13$	0.4%	20%	接受
付家村土壤	$^{238}\text{U}$	$26\pm 9$	$22\pm 9$	8.3%	40%	接受
	$^{232}\text{Th}^*$	$34.3\pm 0.9$	$35\pm 0.9$	1.0%	20%	接受
	$^{40}\text{K}$	$723\pm 13$	$720\pm 13$	0.2%	20%	接受
乔家村2土壤	$^{238}\text{U}$	$27\pm 9$	$32\pm 9$	8.5%	40%	接受
	$^{232}\text{Th}^*$	$34.1\pm 0.9$	$34\pm 0.9$	0.1%	20%	接受
	$^{40}\text{K}$	$730\pm 12$	$714\pm 13$	1.1%	20%	接受

注: \*采用  $^{232}\text{Th}$  子体  $^{228}\text{Ra}$  的控制指标。

（三）水中  $^{90}\text{Sr}$  平行样分析结果

样品名称	$C_a(\text{mBq/L})$	$C_b(\text{mBq/L})$	标准偏差	接受准则	是否满足
虎龙斗村地下水	$0.76\pm 0.09$	$0.42\pm 0.11$	28.8%	40%	是
界河地表水	$2.6\pm 0.15$	$2.33\pm 0.12$	5.5%	30%	是

表 3.1-19 (2/2) 平行样评价结果

(四) 水中  $^3\text{H}$ 

样品名称	$C_a(\text{Bq/L})$	$C_b(\text{Bq/L})$	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 $\alpha$ 

样品名称	$C_a(\text{Bq/L})$	$C_b(\text{Bq/L})$	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 $\beta$ 

样品名称	$C_a(\text{Bq/L})$	$C_b(\text{Bq/L})$	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 $\gamma$ 能谱

样品名称	分析核素	$C_a(\text{mBq/L})$	$C_b(\text{mBq/L})$	标准偏差	接受准则	是否满足
虎龙斗村地下水	$^{134}\text{Cs}$	<1.7	<1.8	2.9%	-	是
	$^{137}\text{Cs}$	<1.9	<2.1	5.0%	-	是
	$^{58}\text{Co}$	<1.7	<1.9	5.6%	-	是
	$^{54}\text{Mn}$	<1.9	<2.1	5.0%	-	是
	$^{60}\text{Co}$	<1.9	<2.2	7.3%	-	是
界河地表水	$^{134}\text{Cs}$	<1.8	<1.8	0.0%	-	是
	$^{137}\text{Cs}$	<2.1	<2.1	0.0%	-	是
	$^{58}\text{Co}$	<2.0	<1.9	2.6%	-	是
	$^{54}\text{Mn}$	<2.1	<2.1	0.0%	-	是
	$^{60}\text{Co}$	<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
1	气溶胶滤膜中 $\gamma$ 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
2	气溶胶滤膜中总 $\beta$	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
3	水中总 $\alpha$	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
4	水中总 $\beta$	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
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
6	水中 $\gamma$ 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
7	生物中 $\gamma$ 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

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

中广核山东招远核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）

序号	参加项目名称	组织方	参加实验室	时间	结果
8	生物中总 $\alpha$	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
9	生物中总 $\beta$	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
10	土壤中 $\gamma$ 谱分析	中国疾病预防控制中心 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
11	水中总 $\alpha$	中国疾病预防控制中心 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
12	水中总 $\beta$	中国疾病预防控制中心 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
13	$\gamma$ 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



图3.1-1 (1/3) 环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点布置图 (<2km)

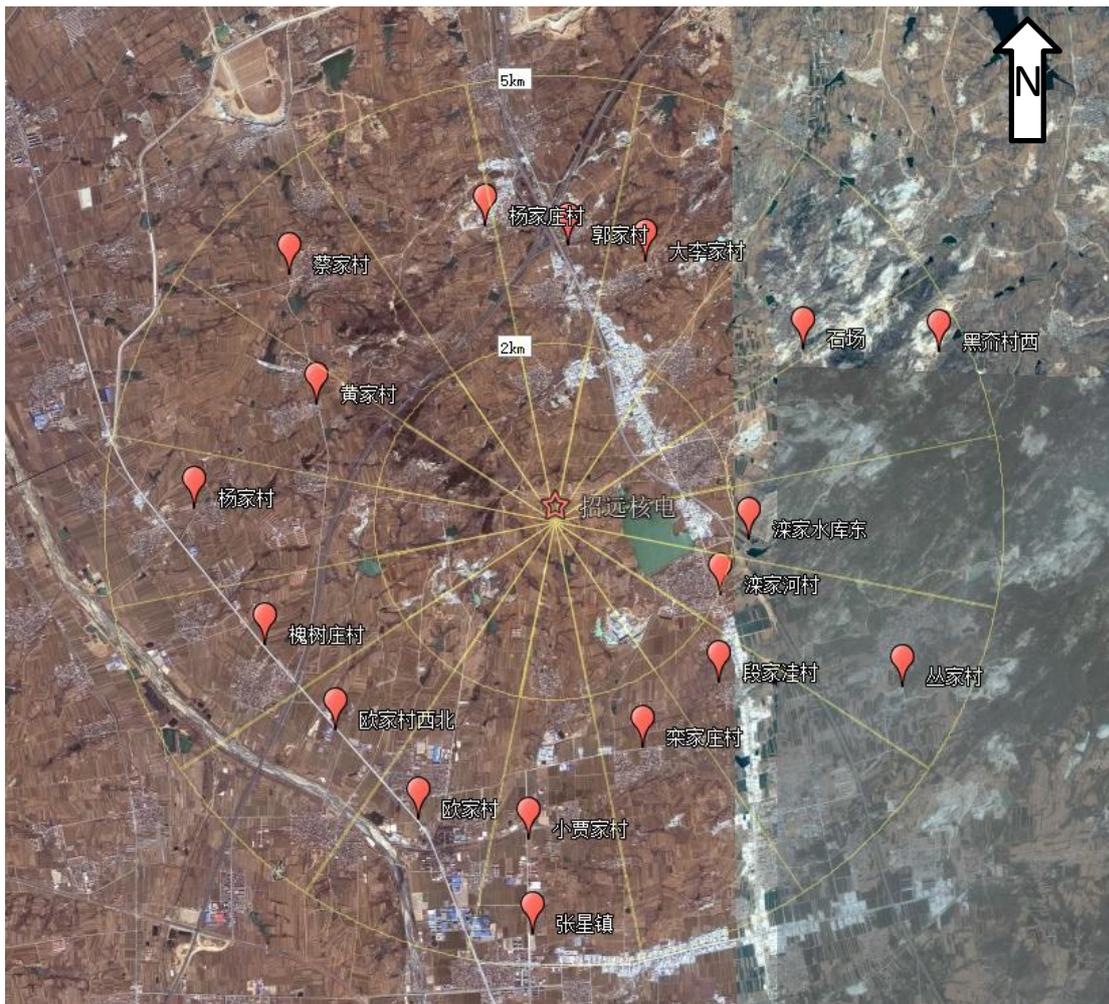


图3.1-1 (2/3) 环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点布置图 (2~5km)

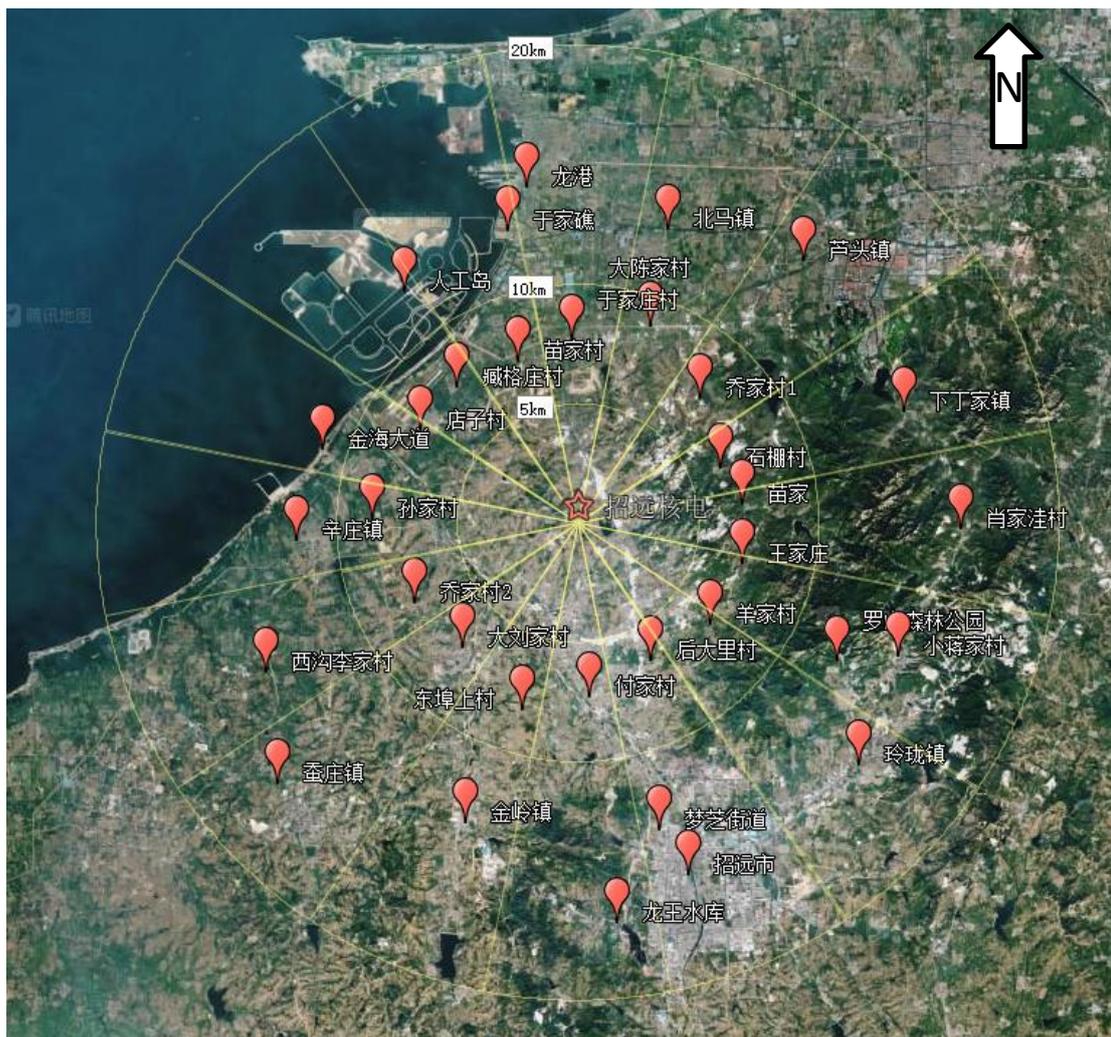


图3.1-1 (3/3) 环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点布置图 (5~20km)

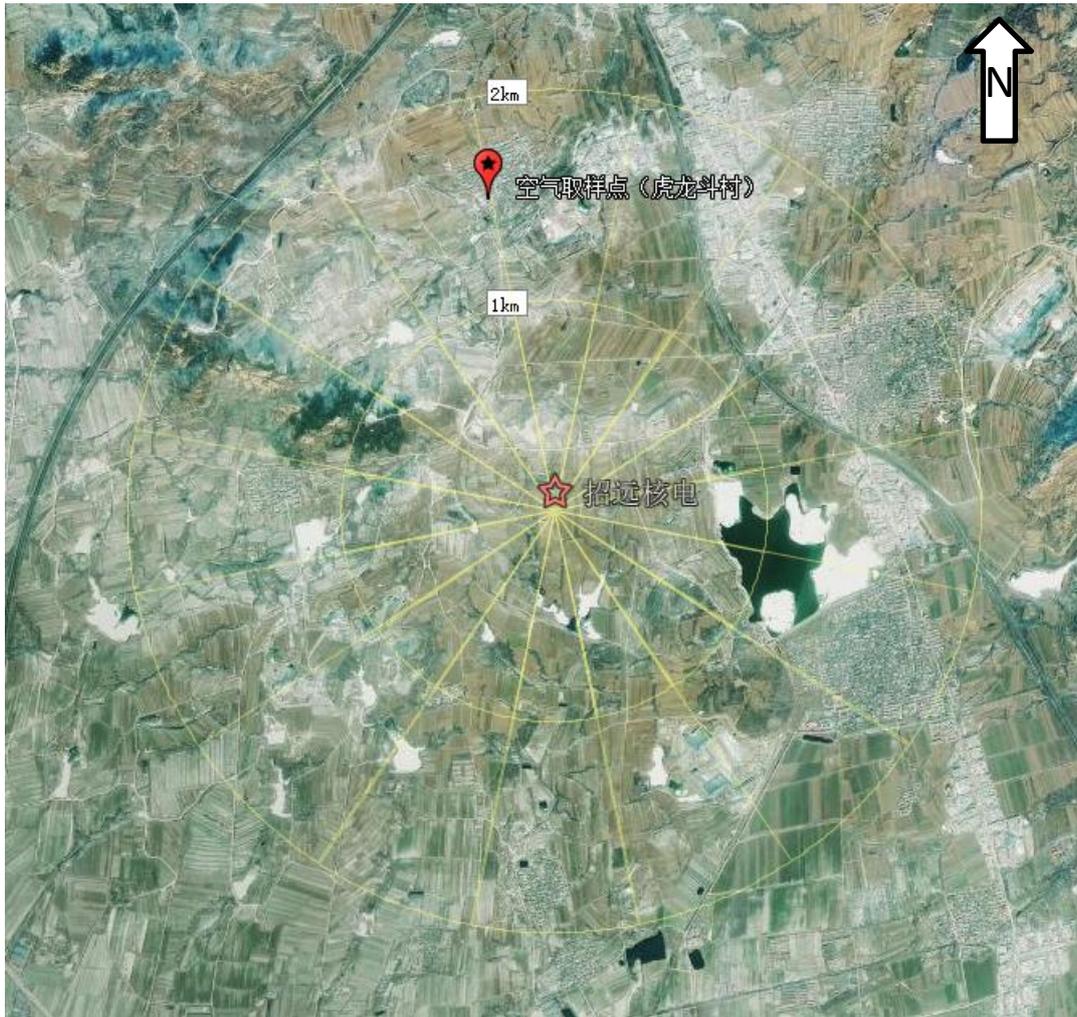


图 3.1-2 空气采样监测点示意图

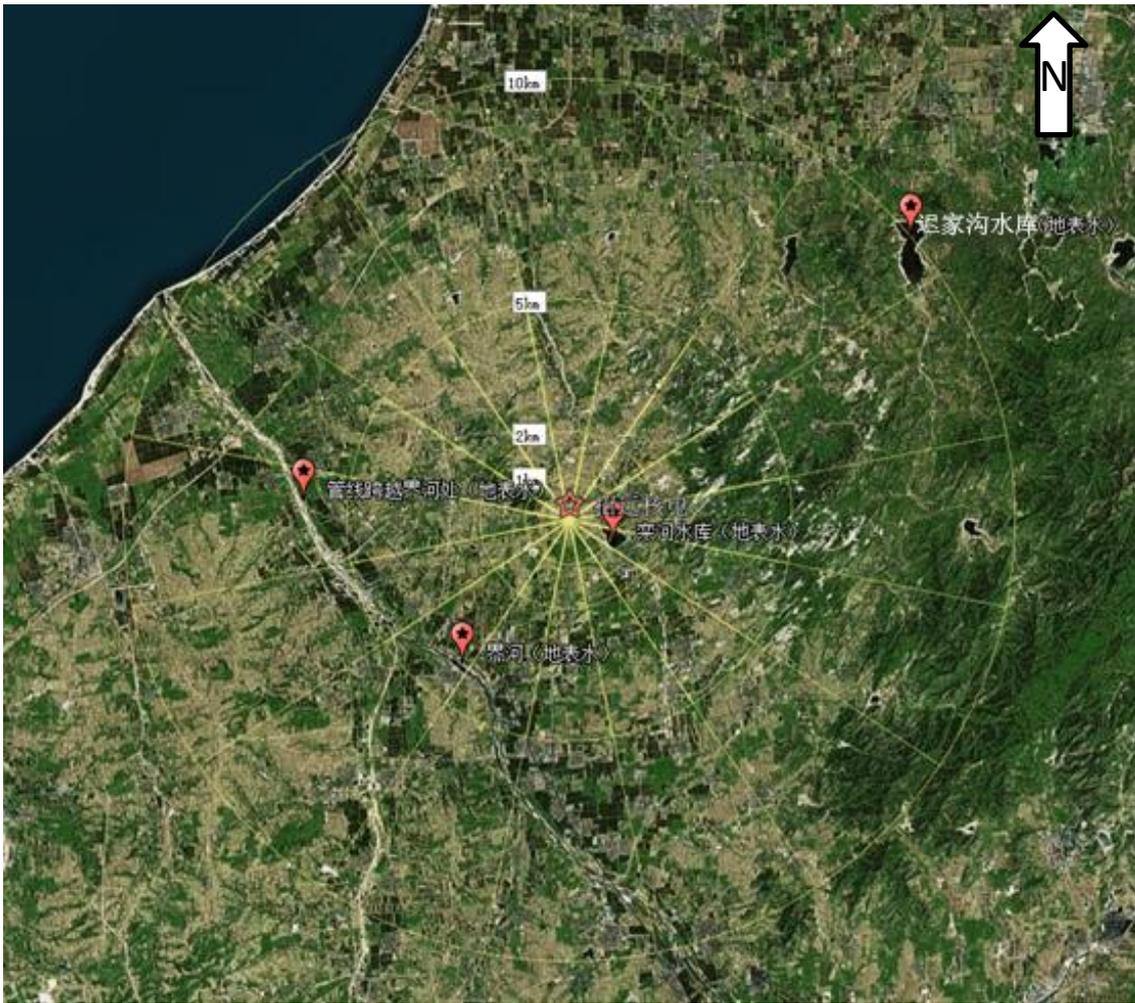


图 3.1-3 地表水采样监测点示意图



图 3.1-4 地下水和饮用水采样监测点示意图

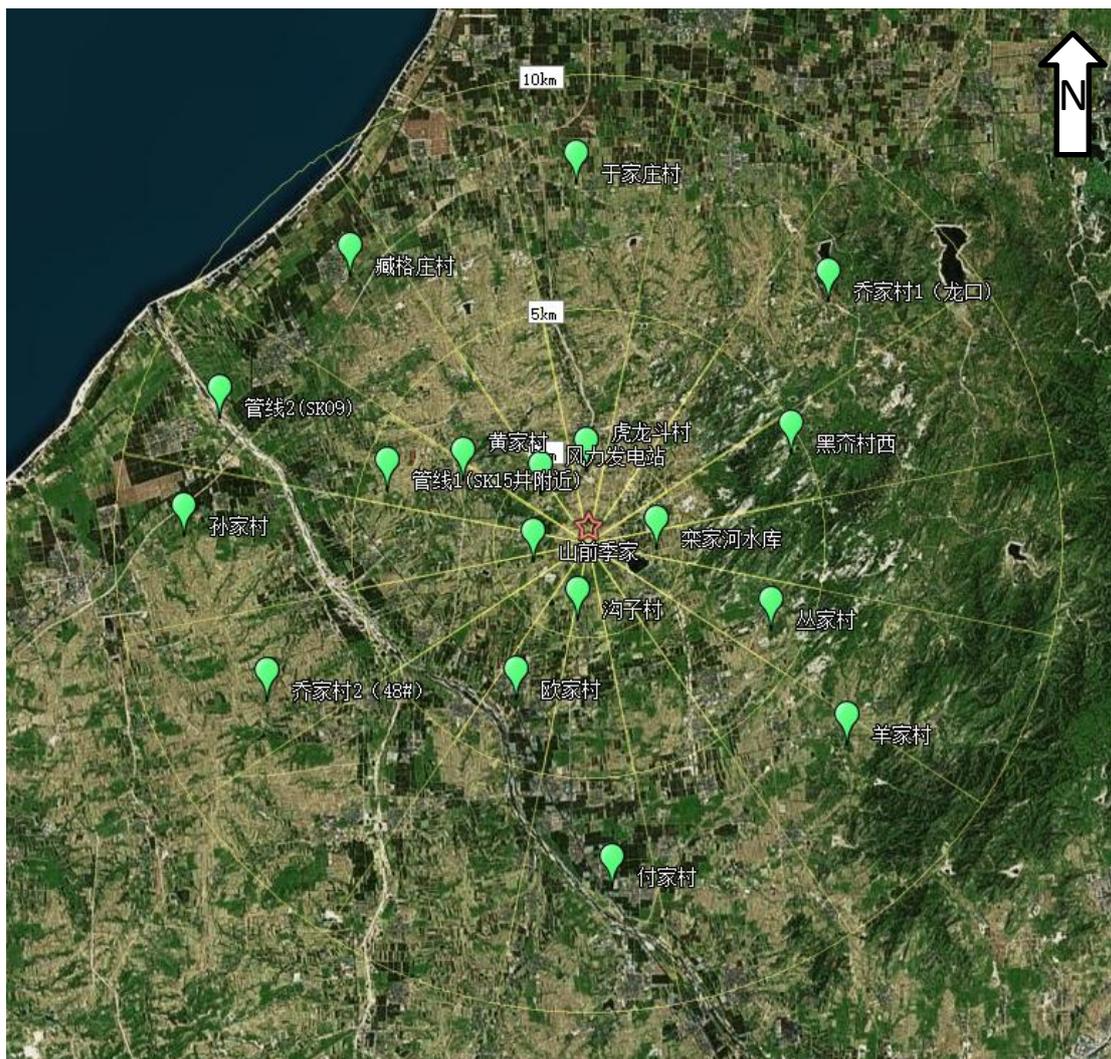


图 3.1-5 土壤采样监测点示意图

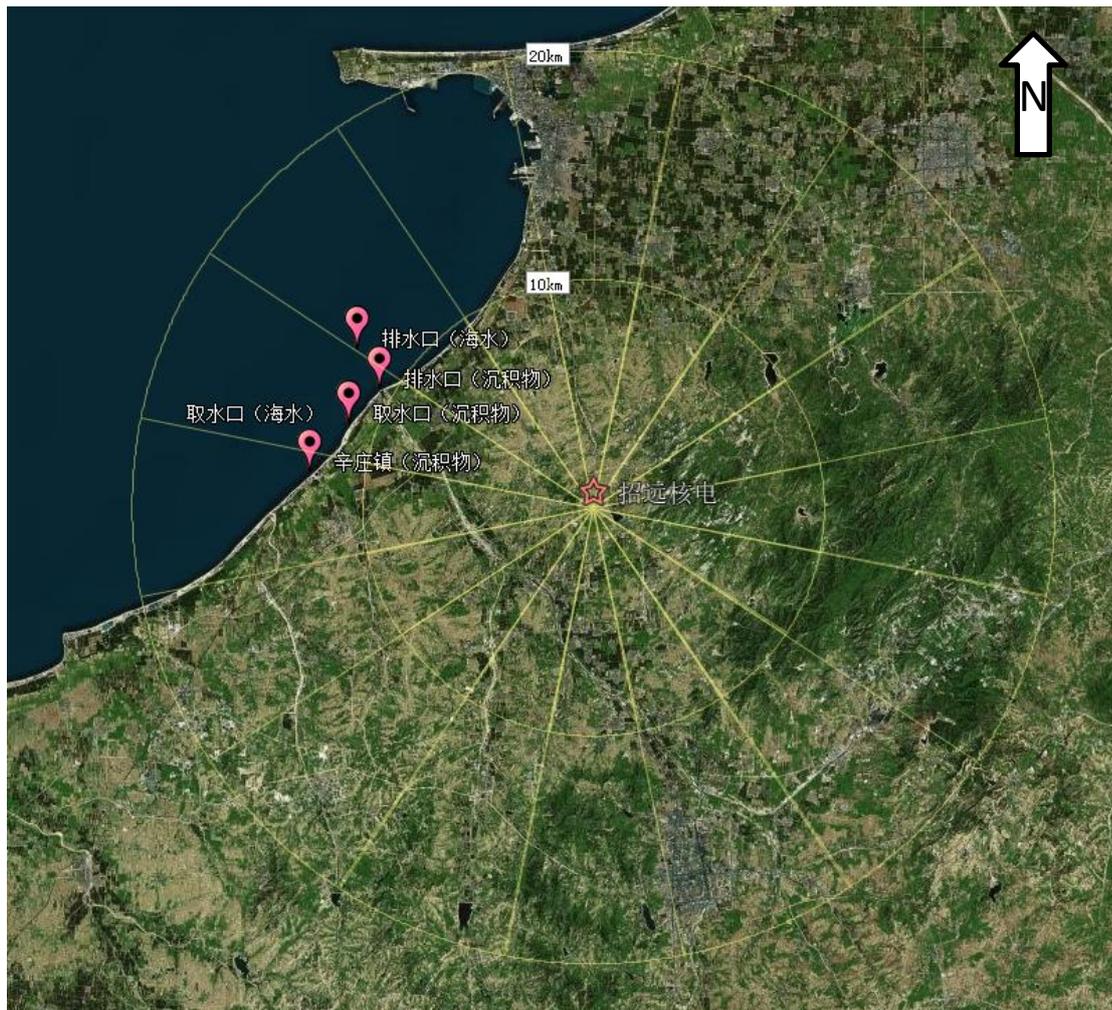


图 3.1-6 海水和海洋沉积物采样监测点示意图

## 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

2024年1月，深圳中广核工程设计有限公司委托苏州热工研究院有限公司对山东招远核电厂周围电磁环境现状进行了调查；2021年5月~2021年6月，委托苏州热工研究院有限公司对厂址周围大气、噪声进行了调查；2020年7月~2021年5月，委托国家海洋环境监测中心开展了厂址接纳水体水质环境、水生生态和渔业资源调查。

山东招远核电厂一期工程于2024年8月份获国家发改委批复核准，于2024年9月获自然资源部批复先行用地手续，在此之前，本项目现场保持原始地貌状态，没有开展建设，附近也没有大的环境变化，预计现场环境质量现状相对选址阶段没有发生大的改变，目前，本报告依据上述几次环境质量调查的结果进行描述和评价。

同时，本项目目前正在开展场平及负挖的初步工作，为尽可能反映厂址周边最新的非辐射环境质量现状，建设单位已委托相关监测单位开展大气、噪声、接纳水体的环境质量监测工作，待最新监测工作完成后会及时反映最新环境质量现状情况。

#### 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《2023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 $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二氧化氮年均值 $21\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可吸入颗粒物( $\text{PM}_{10}$ )年均值 $56\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；细颗粒物( $\text{PM}_{2.5}$ )年均值 $33\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；全年空气质量优良天数占全年监测天数比例为81%。

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。采样期间天气以晴和多云为主,温度 $12.1\sim 33.5^{\circ}\text{C}$ ,湿度 $38\sim 73\%\text{RH}$ ,气压 $100.1\sim 101.9\text{kPa}$ ,风速 $0.8\sim 2.8\text{m/s}$ ,符合采样相关技术规范要求的环境条件。监测因子为TSP、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、CO、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 。监测频次为连续7天,每天采样时间具体是 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 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; $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、TSP、 $\text{PM}_{10}$ 和 $\text{PM}_{2.5}$ 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<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 的 24 小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）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<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 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/T 214-2017《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°C~34°C，湿度 38%RH~73%RH，气压 100.1kPa~101.9kPa，风速 0.8m/s~2.8m/s。满足《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ 194-2017）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 $\pm 5\%$ 。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次~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°C条件下冷藏保存。二氧化氮样品采集后避光保存，样品在30°C暗处可存放8h，在20°C暗处可存放24h，在0°C~4°C冷藏可存放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。

## 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于2021年5月12日~5月14日开展了厂址周围噪声环境现状调查，调查时天气晴，温度13~25℃，湿度65~70%RH，符合多功能声计（AWA6228）的设备使用环境要求。调查时间属当地春季，根据厂址气象观测系统近年观测结果显示，春季主导风向为东南偏南风，平均风速为5.5m/s。

监测范围包括厂址所在区域，主要为厂界（4个点）、进厂道路、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》（GB 3096-2008）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》（GB 3096-2008），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》（GB 3096-2008）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》（GB 3096-2008）中1类55dB(A）（昼间）、45dB(A）（夜间）标准限值。

应急道路1、进厂道路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》（GB/T 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》（GB 3096-2008）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

为确保监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

受深圳中广核工程设计有限公司委托，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，进行为期一周年每季一次的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月~8月（夏季）、2020年9月~10月（秋季）、2020年12月~2021年2月（冬季）、2021年4月~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50km范围内的海域（本报告评价范围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<sub>Mn</sub>）、生物需氧量（BOD<sub>5</sub>）、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<sub>4</sub><sup>2-</sup>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年-2020年）》，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）、砬埠岛海洋保护区（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。各季度的评价结果如下：

夏季：厂址排水口半径 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：厂址排水口半径 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：厂址排水口半径 15km 海域范围内冬季超标因子有 pH、BOD<sub>5</sub>、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：厂址排水口半径 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及贝类养殖有关。

针对排放口附近龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）和莱州-招远盐业养殖区（SD065BII）水质进行评价。龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）共布 6 个监测点，分别为 NO.1、2、12、21、39、46，水质保护目标为 III 类，各监测点的单因子污染指数评价结果见表 3.2-9。分析表明，监测点 1、2、12、39 表层水冬季无机氮超标。余氯和硼的监测结果见表 3.2-10。根据陈国华与王渊（青岛海洋大学学报，1999 年 10 月）的研究，大洋海水中硼的浓度变化不大，一般认为平均值为 4.5mg/L（盐度 35‰），

而近岸海水中硼浓度变化较大，并且有一定的季节变化规律，与 pH、DO 等呈现负相关，与氯度和碱度呈正相关，并受潮汐的影响。本次调查的硼浓度范围为 1.86~6.3mg/L，与相关研究的结论相一致。

莱州-招远盐业养殖区（SD065BII）共 9 个监测点，分别为 NO. 29、34、35、40、41、45、47、49、52，水质保护目标为 II 类，各监测点的单因子污染指数评价结果见表 3.2-11。分析表明，夏季站点 35 表层、底层水 pH 超标，监测点 45 号表面水锌超标；冬季除 29 号底层水外所有点位无机氮超标，49 号表面水 BOD<sub>5</sub> 超标；春季 45 号站点表面水无机氮超标。由于超标点集中在辛庄镇沿海养殖区附近，该区域多以贝类养殖为主，氮的超标点位最多，初步判断可能与贝类养殖有关。

### 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、数据校对人员、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 第1部分：总则》（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深圳中广核工程设计有限公司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输电线路正下方、拟建的1000kV输电线路正下方、拟建的开关站四周等处，布设6个监测点位；1号~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14个监测点位。

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（试行）》（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，分别测量离地1.5m处的电场强度、磁感应强度。

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 3.2-12 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，厂址区域监测点位工频电场范围为(0.554~117.2)V/m，工频磁场范围为(0.0111~0.2742) $\mu$ T。监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中电场强度 4000V/m、磁感应强度 100 $\mu$ T 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情况

监测项目	监测标准	监测仪器	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》HJ 482-2009	紫外可见分光光度计	小时值	0.007mg/m <sup>3</sup>
			日均值	0.004mg/m <sup>3</sup>
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》HJ 479-2009	紫外可见分光光度计	小时值	0.005mg/m <sup>3</sup>
			日均值	0.003mg/m <sup>3</sup>
一氧化碳	《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》GB/T 9801-1988	便携式红外线气体分析仪	0.3mg/m <sup>3</sup>	
TSP	《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》HJ 1263-2022	电子天平	0.001mg/m <sup>3</sup>	
PM <sub>10</sub>	《环境空气 PM <sub>10</sub> 和PM <sub>2.5</sub> 的测定 重量法》HJ 618-2011	电子天平	0.010mg/m <sup>3</sup>	
PM <sub>2.5</sub>		电子天平	0.010mg/m <sup>3</sup>	

表3.2-2 空气质量监测结果

单位：mg/m<sup>3</sup>

监测项目	平均时间	虎龙斗村	大岚村	东战家村	沟子村	欧家村	山前季家村	2类标准限值(mg/m <sup>3</sup> )	最大值占标率	达标情况
NO <sub>2</sub>	1小时平均	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	11%	达标
SO <sub>2</sub>		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	3.4%	达标
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	6.5%	达标
NO <sub>2</sub>	24小时平均	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	18.75%	达标
SO <sub>2</sub>		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	6.67%	达标
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	10.75%	达标
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	84%	达标
PM <sub>10</sub>		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	52%	达标
PM <sub>2.5</sub>		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	24%	达标

表3.2-3（1/2） 声环境质量监测结果

（1）厂址区域(5月12日)环境噪声监测结果

监测点序号	监测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）
1	厂址北侧	50	40
2	厂址西侧	48	40
3	厂址南侧	47	38
4	厂址东侧	43	37
/	评价标准（dB(A)）2类	60	50
/	最大值占标率	83.3%	80.0%
/	达标情况	达标	达标

（2）厂址半径5km范围(5月12日~5月13日)环境噪声监测结果（道路）

监测点序号	监测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）
5	应急道路1	61	48
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	进厂道路1	50	42
10	进厂道路2	65	55
13	大岚村（道路侧）	61	50
16	山西孙家（道路侧）	65	50
/	评价标准（dB(A)）4a类	70	55
/	最大值占标率	92.8%	90.9%
/	达标情况	达标	达标

（3）厂址半径5km范围(5月12日~5月13日)环境噪声监测结果（声环境敏感点）

14	虎龙斗村	46	39
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
/	评价标准（dB(A)）1类	55	45
/	最大值占标率	94.5%	97.8%
/	达标情况	达标	达标

表3.2-3（2/2） 声环境质量监测结果

（4）厂址区域(5月13日)环境噪声监测结果

监测点序号	监测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）
1	厂址北侧	46	39
2	厂址西侧	48	41
3	厂址南侧	48	42
4	厂址东侧	42	39
/	评价标准（dB(A)）2类	60	50
/	最大值占标率	80.0%	84.0%
/	达标情况	达标	达标

（5）厂址半径 5km 范围(5月13日~5月14日)环境噪声监测结果（道路）

监测点序号	监测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）
5	应急道路1	61	46
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	进厂道路1	51	42
10	进厂道路2	63	53
13	大岚村	58	51
16	山西孙家	64	49
/	评价标准（dB(A)）4a类	70	55
/	最大值占标率	91.4%	96.4%
/	达标情况	达标	达标

（6）厂址半径 5km 范围(5月13日~5月14日)环境噪声监测结果（声环境敏感点）

监测点序号	监测点位置	昼间噪声值（dB(A)）	夜间噪声值（dB(A)）
14	张星镇	50	43
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
/	评价标准（dB(A)）1类	55	45
/	最大值占标率	92.7%	95.6%
/	达标情况	达标	达标

表3.2-4 近岸海域海水水质各监测点位及其标准限值

水质保护目标	监测点位	pH	DO>	(BOD <sub>5</sub> ) ≤	(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	砣姆岛海洋保护区	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 <sub>5</sub>
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 <sub>5</sub>
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 <sub>5</sub>
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 <sub>5</sub>
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 <sub>5</sub>	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 龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）单因子污染指数评价结果

(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 <sub>5</sub>
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	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	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

(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 <sub>5</sub>
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	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	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

(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 <sub>5</sub>
III	1	表	0.12	0.34	0.34	0.43	<b>2.01</b>	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	<b>1.81</b>	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	<b>1.57</b>	0.04	0.34	0.02	0.05	0.004	0.03	0.04	0.12	0.7
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	39	表	0.13	0.2	0.33	0.19	<b>1.62</b>	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

(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 <sub>5</sub>
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	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	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

表 3.2-10 龙口湾工业与城镇建设区（SD070CIII）余氯与硼监测结果

余氯（单位：mg/L）

点位	层次	夏	秋	冬	春
1	表	未检出	未检出	0.01	未检出
2	表	未检出	未检出	0.01	未检出
12	表	未检出	未检出	未检出	未检出
21	表	未检出	0.04	0.02	0.005
21	底	-	-	未检出	0.001
39	表	未检出	0.01	未检出	0.007
46	表	未检出	未检出	未检出	未检出
46	底	未检出	-	未检出	0.003

硼（单位：mg/L）

点位	层次	夏	秋	冬	春
1	表	4.58	5.91	3.21	4.71
2	表	4.48	5.76	3.46	4.30
12	表	4.36	5.9	3.95	4.47
21	表	4.47	6.3	3.77	4.60
21	底	4.27	-	3.41	1.86
39	表	5.24	6.2	3.34	4.81
46	表	4.47	6.25	3.27	4.54
46	底	4.15	-	3.20	1.91

表 3.2-11 (1/2) 莱州-招远盐业养殖区 (SD065BII) 单因子污染指数评价结果

(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 <sub>5</sub>
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	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	<b>1.26</b>	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	<b>1.23</b>	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	<b>1.59</b>	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	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

(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 <sub>5</sub>
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	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	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

表 3.2-11 (2/2) 莱州-招远盐业养殖区 (SD065BII) 单因子污染指数评价结果  
(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 <sub>5</sub>
II	29	表	0.43	0.43	0.4	0.09	<b>1.05</b>	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	34	表	0.14	0.4	0.67	0.04	<b>1.19</b>	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	<b>1.22</b>	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	<b>1.13</b>	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	<b>1.17</b>	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	<b>1.17</b>	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	<b>1.22</b>	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	<b>1.23</b>	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	<b>1.27</b>	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	<b>2.06</b>	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	<b>1.37</b>	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	<b>1.32</b>	0.2	0.03	0.11	0.09	0.008	0.06	—	0.13	0.93
II	49	表	0.07	0.33	0.51	0.05	<b>1.56</b>	0.16	0.09	0.26	0.08	0.01	0.05	0.35	0.13	<b>1.07</b>
II	52	表	0.17	0.37	0.29	0.04	<b>1.2</b>	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	<b>1.17</b>	0.15	0.32	0.15	0.08	0.01	0.05	—	0.02	0.83

(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 <sub>5</sub>
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	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	<b>1.08</b>	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	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

表 3.2-12 工频电场、工频磁场监测结果

序号	点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu$ T)
1	拟建开关站区域西侧	0.785	0.0111
2	拟建开关站区域北侧	0.766	0.0125
3	拟建开关站区域东侧	0.757	0.0122
4	拟建开关站区域南侧	0.769	0.0141
5	拟建 220kV 输电线路正下方	0.727	0.0125
6	拟建 1000kV 输电线路正下方	0.729	0.0131
7	拟建 1#主变区域	0.851	0.0169
8	拟建 2#主变区域	0.789	0.0175
9	拟建 3#主变区域	0.849	0.0142
10	拟建 4#主变区域	0.741	0.0151
11	拟建 5#主变区域	0.554	0.0116
12	拟建 6#主变区域	0.621	0.0190
13	现有 10kV 线路正下方	25.25	0.2742
14	现有 35kV 线路正下方	117.2	0.2609

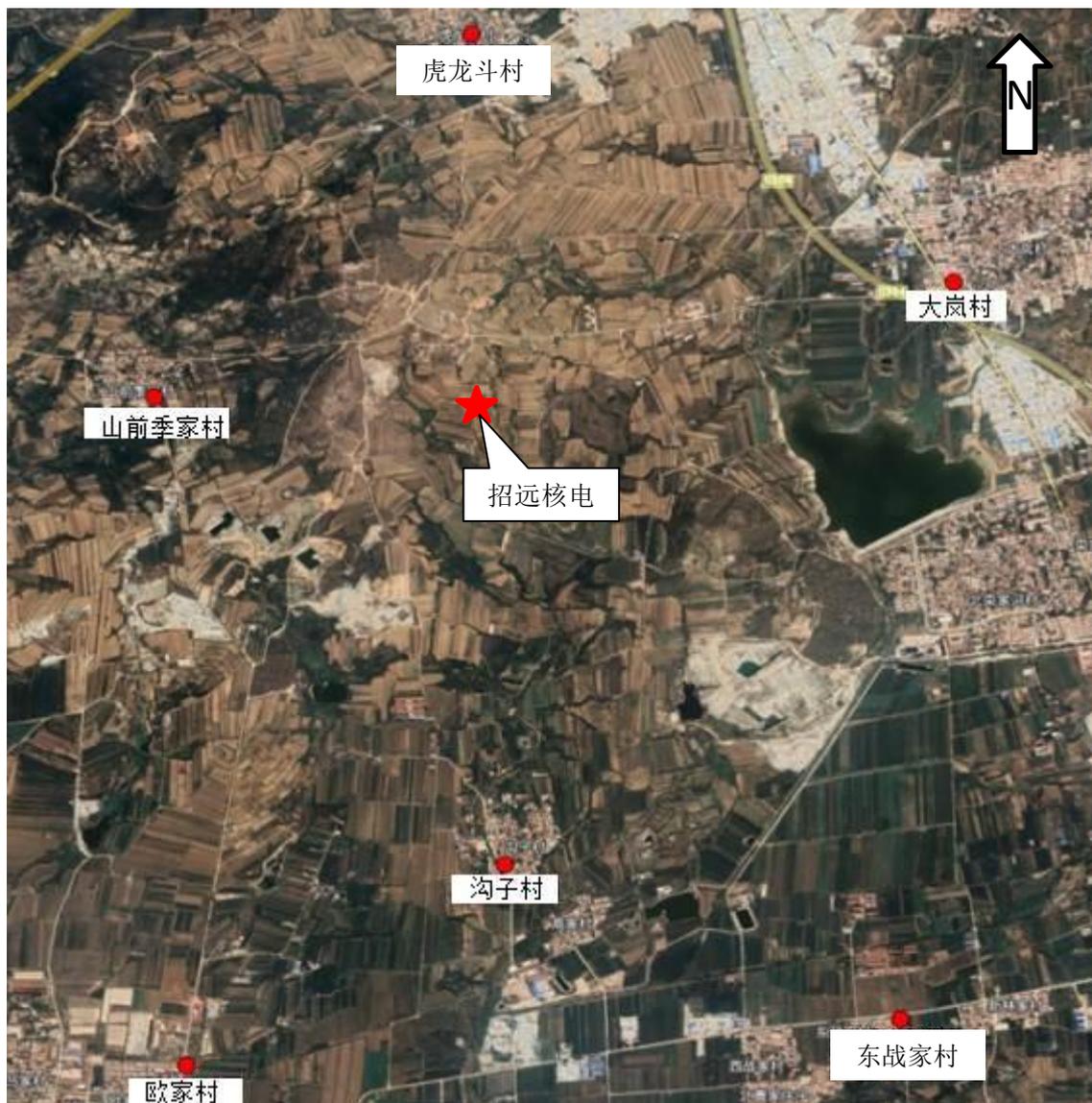
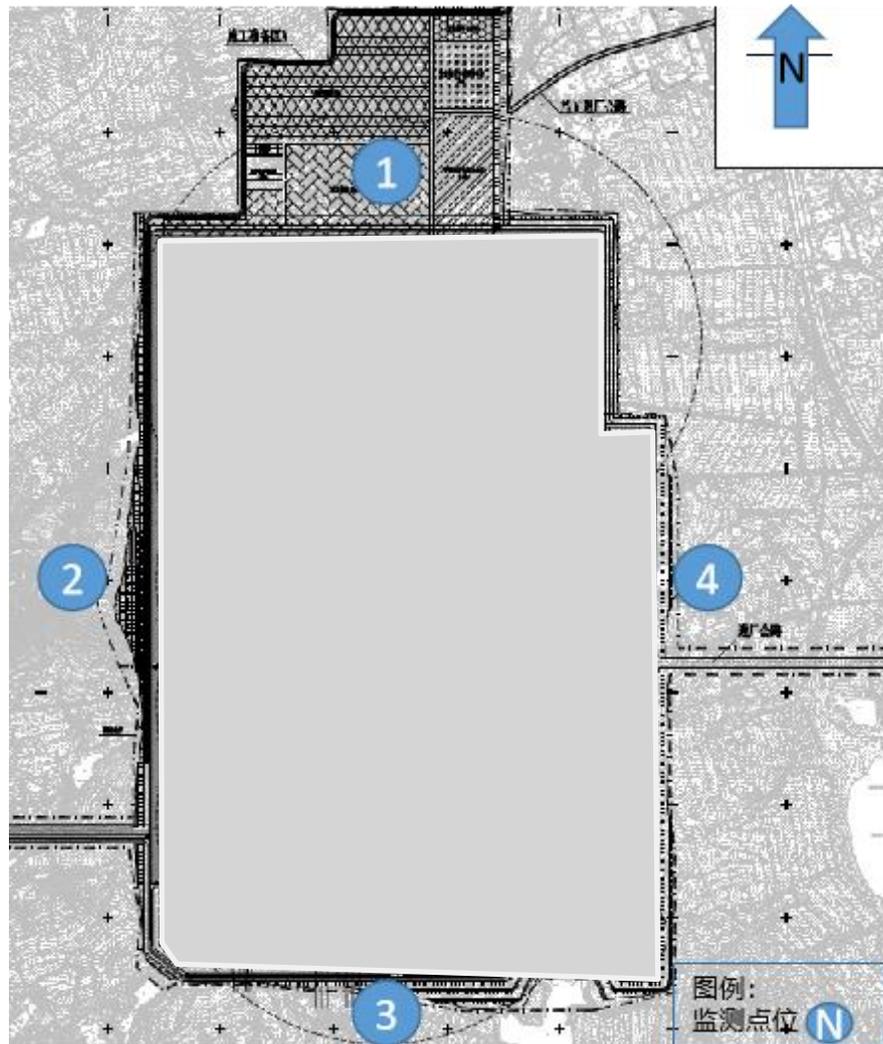
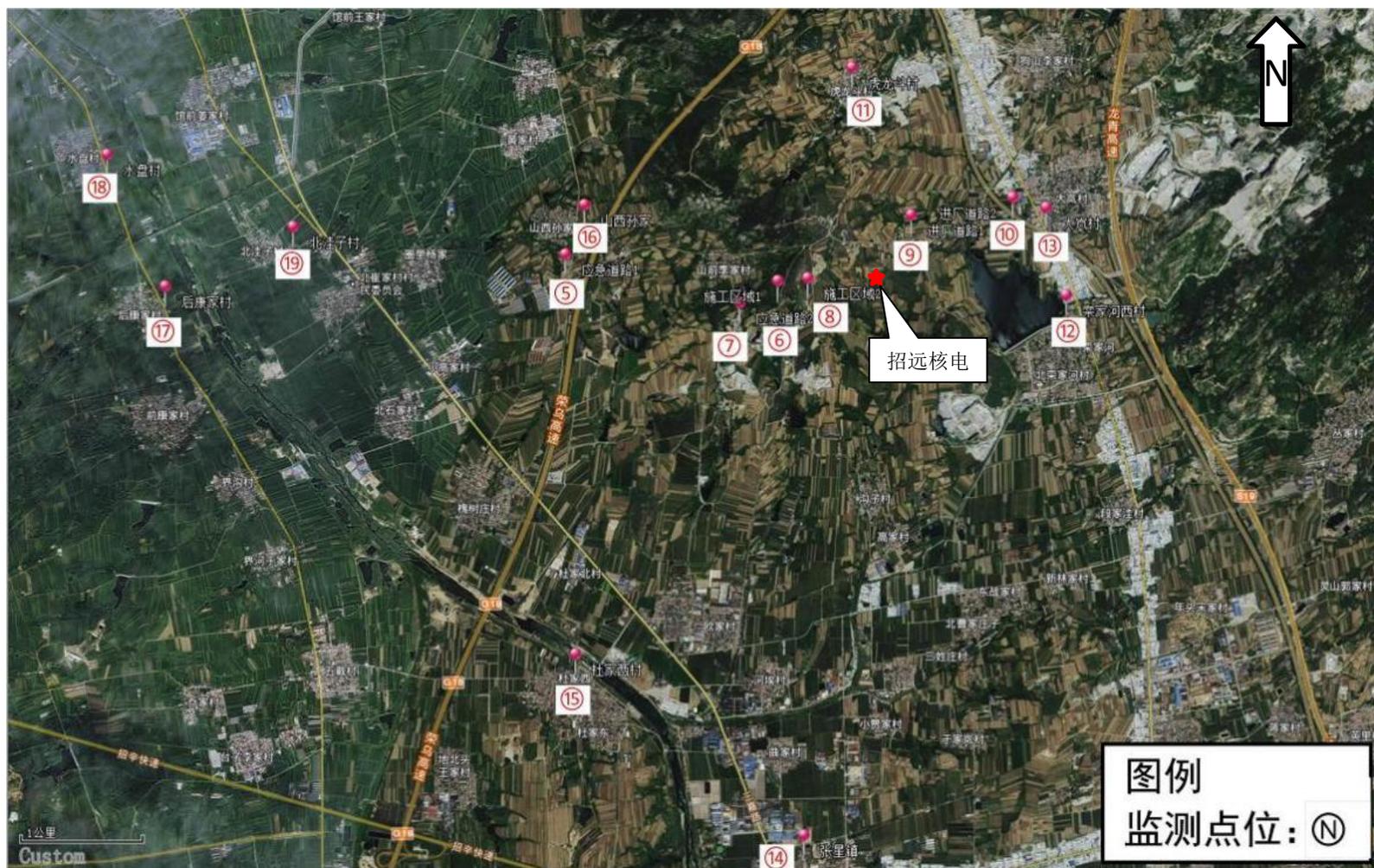


图 3.2-1 空气质量采样点位示意图



厂界噪声监测点位

图 3.2-2 (1/2) 噪声监测点位示意图



5km 范围声环境质量监测点位

图 3.2-2 (2/2) 噪声监测点位示意图

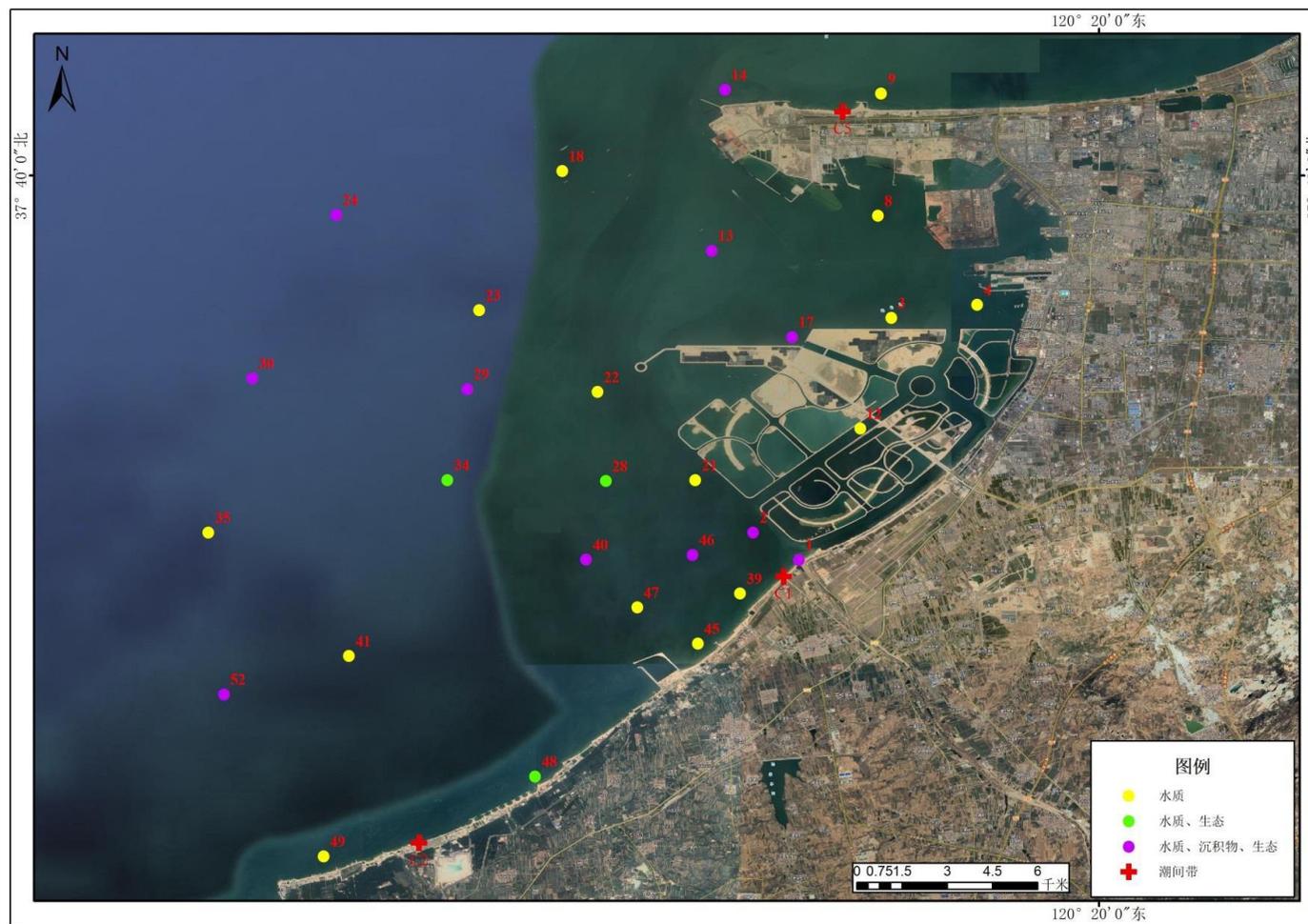


图 3.2-3 海水水质监测采样点位示意图（15km）范围

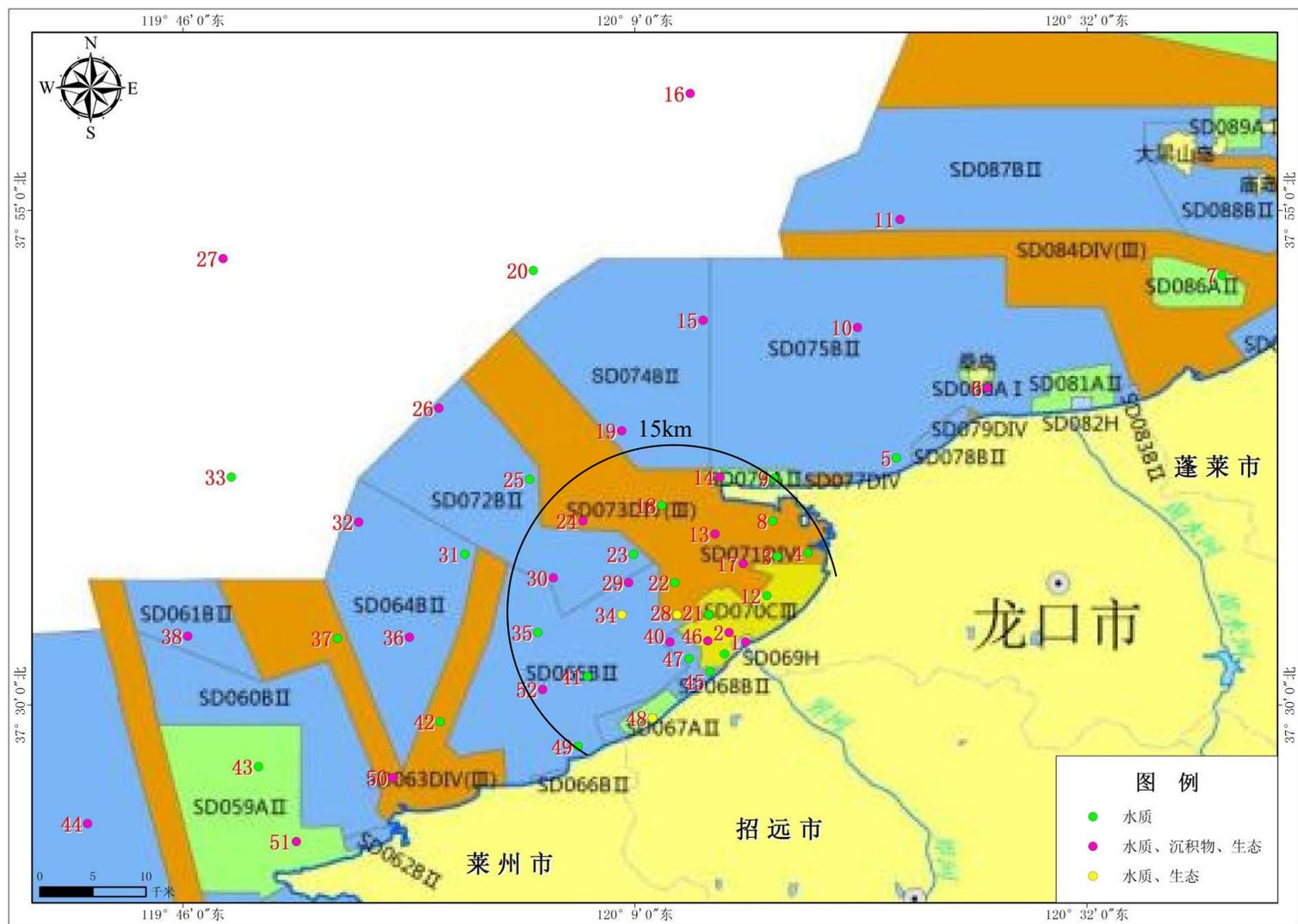


图 3.2-4 海域水质调查与近岸海域环境功能区划叠置图

## 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 厂区规划

## 4.1 厂区规划及平面布置

中广核山东招远核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，一次规划，分期建设，一期工程建设两台机组，采用华龙一号技术融合方案。

### 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，并兼顾远期发展，进行统筹规划。

厂址总体规划布置遵循以下原则：

- 总体规划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；
- 总体规划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；
- 总体规划将处理好核电与环境、建设与运行、临时与永久、厂内与厂外等各方面的关系；
- 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；
- 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；
- 充分利用自然条件，因地制宜，减少厂区工程量和基建费用；
- 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，即厂（控制区）外BOP区，主要由综合办公楼/行政仓库/厂区餐厅（BEZ/BKO/BBR）、环境实验室（BEE）、武警营房（BEQ）、消防站（BEB）、应急设施存贮与燃油补给中心（BKJ）、应急指挥中心/应急行动中心（BEM/BEG）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。

### （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。现场服务区布置在厂区东侧栾家河水库以北、304省道以西。

### （4）施工准备区

本项目施工准备区利用拆迁的两个村子进行规划布置，其余不足部分按照节约用地的原则滚动使用二期、三期建设场地。

### （5）交通运输规划

根据核电厂附近的交通运输现状、核电厂建设与运行期间的运输特点和运输量等，参照《核电厂核事故应急管理实施细则之一 核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01-1998）和《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）对核电厂的应急要求，本项目对外交通规划拟建进厂公路、应急公路两条主要道路。

进厂公路从S304省道接引至厂前区入口，拟采用双向四车道，采用沥青混凝土路面，全程无隧道及桥梁。采用二级公路标准。

应急道路自厂前区向西接地方乡道，拟采用双向两车道，采用三级公路标准。

本工程为百万千瓦级大型核电厂，设备运输着重考虑蒸汽发生器、凝气器、压力容器、发电机定子、发电机转子、主变压器、环吊梁等控制性大件设备的运输条件。根据《山东招远核电厂工程可行性研究阶段大件运输专题报告》，本项目大件运输推荐采用水路+公路联合方案，利用地方现有码头，经 G228 国道、S19 龙青高速辅路、S304运至厂区。

### （6）出线规划

本项目规划采用1000 kV特高压接入系统，出线2回，至烟台特高压2回。厂内连通各机组的1000kV线路采用GIL廊道布置方式。

核电厂220kV施工与辅助电源拟新建第1回220kV线路，接入220kV蚕庄变电站，线路长度约22.31km，总体上向南出线。

### （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，取水采用“取水头部+取水隧洞”方案，取水头部位于龙口人工岛西侧海域，取水通过泵站加压至厂区附近海水预处理站处理后供冷却塔及海水淡化等海水用水。

陆域部分取排水管线主要沿现有乡镇道路直埋敷设，局部新建检修路，取水管线路径长度约10.42km，排水管线路径长度约11.75km。

#### 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

施工水源考虑采用辛庄净水厂。

#### (8) 防排洪规划

山东招远核电厂按照 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。

## 4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

### 4.2.1 概述

### 4.2.2 核岛

### 4.2.3 常规岛

## 4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

### 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。

本项目的堆芯设计采用首循环年度换料、后续循环 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

核岛厂房主要包括反应堆厂房（BRX）、安全厂房（BSA、BSB、BSC）、燃料厂房（BFX）、核辅助厂房（BNX）、应急柴油发电机厂房（BDA、BDB、BDC）、SBO 柴油发电机厂房（BDU）。

### 4.2.3 常规岛

#### 4.2.3.1 常规岛主厂房布置

常规岛主厂房包括汽轮发电机厂房（BMX）与毗屋。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、除氧器、电动给水泵组、凝结水精处理设备、高压加热器、化学取样设备、暖通设备、电气开关柜、蓄电池组以及其它辅助设备；毗屋内设有凝结水精处理车间、润滑油传送间等。

### 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，海水淡化供给除盐水生产系统补水、重要厂用水系统补水和工业用水。施工期供水保证率为 90%，运行期供水保证率为 97%，供水流量随季节变化不明显。

#### 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。

##### （2）与冷却水循环相关的系统主要有：

###### 1) 循环水处理系统（CTE）

循环水处理系统的功能是对循环水系统及重要厂用水系统加入杀生剂、阻垢剂等药品，以有效地控制其微生物的繁殖和生长，使冷却塔在合适的浓缩倍率下稳定运行，防止冷却设备堵塞和腐蚀的产生，使凝汽器和换热设备有良好的传热性能。

###### 2) 循环水系统（CRF）

循环冷却水系统（CRF）为汽轮机凝汽器提供冷却水，并通过辅助冷却水系统（SEN）向常规岛闭路冷却水系统（SRI）、凝汽器真空系统（CVI）的热交换器提供冷却水。

##### （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。

### 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。每台机组循环冷却水系统（CRF）设置一座淋水面积为 16800m<sup>2</sup> 的双曲线自然通风逆流式高位收水冷却塔。

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。取水头部与排水头部间距约 1.6km。

供水流程：海域→取水头部→取水隧洞→取水泵房→陆域输水管线→海水预处理站→配水泵→循环水泵房前池

排水流程：厂区混合井→陆域排水管线→海边排水汇流井→海域排水管道→排水头部→海域。

#### 4.4 输电系统

#### 4.4 输电系统

中广核山东招远核电厂一期工程建设两台百万千瓦级核电机组，配套的1000kV开关站按全厂共用设计，1000kV开关站布置在厂区南侧。

本期工程暂定通过1000kV一级电压接入系统，电厂本期暂定出线2回，接入烟台特高压变电站，新建线路长度约 $2 \times 53\text{km}$ ，采用2个单回路架设，导线截面 $8 \times 630\text{mm}^2$ 。具体接入系统方案，以电网公司的最终批复意见为准。1000kV开关站电气主接线采用一个半断路器接线，终期规模为6回主变进线，2回架空出线，形成4个完整串；本期建设2回主变进线，2回出线，形成2个完整串，每台机组和一回出线组成一串，同名回路接入不同母线侧。

每回出线各配一组高压并联电抗器，高压并联电抗器中性点经小电抗接地，主变压器中性点直接接地。

1000kV主变压器和高压厂用变压器布置在BTA变压器平台，在机组正常运行期间，主变压器将发电机机端电压升高至1000kV通过主开关站送往电网，高压厂用变压器A/B将发电机机端电压降低至10kV给厂用负荷供电，高压厂用变压器C将发电机机端电压升高至35kV给厂外取排水子项供电；在机组启动和停运时，主变压器从电网取得电源，将电网1000kV电源降低至24kV通过高压厂用变压器给厂内辅助设施所需的厂用负荷供电。

根据输电线路设计要求，1000kV输电线路不应跨越居住建筑以及屋顶为燃烧材料危及线路安全的建筑物。此外，高压输电线路应尽量上山，少占用平地或耕地，尽量减少对当地建设和发展规划影响。1000kV输电线路邻近居住建筑时，居住建筑所在位置距地1.5m高处最大未畸变场强不应超过 $4\text{kV/m}$ 。

按照《110kV~750kV架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）、《1000kV架空输电线路设计规范》（GB 50665-2011）的要求，1000kV线路和220kV输电线路对地面的最小距离和对交叉跨越物的垂直距离分别见表4.4-1和表4.4-2。

中广核山东招远核电厂一期工程拟建设220kV施工与辅助电源变电站，为全厂共用，总体上向南出线，拟新建1回220kV线路，接入220kV蚕庄变电站，线路路径长约22.31km。220kV辅助变压器布置在BJX辅助变压器平台，当1000kV电源丧失后，厂用变压器无法为厂用负荷供电，机组自动切换至220kV辅助电源通过辅助变压器为低压

侧10kV厂用负荷供电。目前，220kV施工与辅助电源第一回线路输电工程项目已获烟台市生态环境局招远分局批复（招环报告表[2024]32号）。

表 4.4-1 导线对地最小距离

		1000kV 单回路导线最小距离 (m)	220kV 导线最小距离 (m)	导线状态
对地最小距离	居民区	27.0	7.5	最大计算弧垂
	非居民区	22.0	6.5	最大计算弧垂
	交通困难地区	19.0	5.5	最大计算弧垂
最小净空距离	步行可以到达的山坡	13.0	5.5	最大计算风偏
	步行不能到达的山坡、岩石、峭壁	11.0	4.0	最大计算风偏
与建筑物的最小垂直距离		15.5	6.0	最大计算弧垂
边导线与建筑物之间的水平距离		7.0	5.0	最大计算风偏
与树木间的垂直距离		14.0	4.5	最大计算风偏
与树木间的净空距离		10.0	4.0	最大计算风偏
与果树、经济作物、城市绿化灌木及街道树间的最小垂直距离		16.0	3.5	最大计算弧垂

表 4.4-2 导线对交叉跨越物的垂直距离

交叉跨越物		1000kV 单回路导线最小垂直距离 (m)	220kV 导线最小垂直距离 (m)
公路	至路面	27.0	8.0
铁路	至标准轨距铁路轨顶	27.0	8.5
	至窄轨铁路轨顶	27.0	7.5
	至电气轨铁路轨顶	27.0	12.5
	至承力索或接触线	10.0	4.0
通航河流	至五年一遇洪水位	14.0	7.0
	至最高航行水位的最高船桅顶	10.0	3.0
不通航河流	冬季至冰面	22.0	6.5
	至百年一遇洪水位	10.0	4.0
电力线	至被跨越物	18.0	4.0
至弱电线路	至被跨越物	10	4.0
至特殊管道任何部分		18.0	5.0
至索道任何部分		18.0	4.0

#### 4.5 专设安全设施

##### 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 额外冷却系统（ECS）

## 4.5 专设安全设施

根据中广核山东招远核电厂一期工程运行期间事件/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。

除设计基准工况外，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。其中，DEC-A 类为包括 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 类为严重事故。

中广核山东招远核电厂一期工程专设安全设施主要包括：安全壳及安全壳系统、安全注入系统（RIS）、应急硼化系统（RBS）、应急给水系统（ASG）、蒸汽大气排放系统（VDA）、二次侧非能动余热排出系统（ASP）和额外冷却系统（ECS）等系统。专设安全设施的设计目标为：在发生 DBC 和 DEC-A 后，确保核电厂状态实现反应性控制、堆芯衰变热排出、向环境释放的放射性物质满足限值要求。

### 4.5.1 安全壳及安全壳系统

#### 4.5.1.1 安全壳热量导出系统（EHR）

安全壳热量导出系统（EHR）作为严重事故预防和缓解措施的一部分，在严重事故情况下，安全壳热量导出系统是限制安全壳超压，保证安全壳以及安全壳内换料水箱（IRWST）散热的最终缓解手段。

EHR 系统的功能是在严重事故下控制安全壳内压力，并对压力容器、安全壳内大气和 IRWST 进行长期冷却。同时，EHR 系统还可实现在超设计基准事故下一回路热量排出系统不可用时，用于冷却 IRWST，排出堆芯余热。

#### 4.5.1.2 安全壳隔离系统（EIE）

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，安全壳隔离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。

#### 4.5.1.3 安全壳可燃气体控制系统（EUH）

设置完善的可燃气体控制系统是应对严重事故的重要措施。所谓可燃气体主要是指氢气和一氧化碳，当安全壳内的氢气浓度达到一定比例后，在外界条件（例如温度、压力、氧气浓度等）适合的情况下，可能会发生氢气燃烧或迅速爆燃从而造成与安全有关的设备和系统的局部损坏，甚至损坏安全壳的结构，造成大量的放射性物质进入环境，所以危及安全相关设备和系统的氢气局部燃烧和危及安全壳完整性的整体氢爆炸必须被排除。EUH 系统包括消氢子系统和氢气浓度测量子系统。

#### 4.5.1.4 安全壳过滤排放系统（EUF）

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。EUF 系统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。

#### 4.5.2 安全注入系统（RIS）

安全注入系统（RIS）的主要功能是事故后向反应堆应急注水以补偿水装量的丧失或淹没堆芯，将热量从反应堆导出，此外，RIS 系统还执行正常停堆和事故工况下余热排出的功能

#### 4.5.3 应急硼化系统（RBS）

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。在发生设计基准工况（DBC-2 到 DBC-4）或设计扩展工况（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）时，RBS 系统自动投入运行，保

证堆芯处于次临界状态。

#### 4.5.4 应急给水系统（ASG）

ASG 系统由 3 个独立的连接至 3 个环路的蒸汽发生器的应急给水系列组成。每个系列包含：

- 1 个水箱；
- 1 台应急给水电泵（1×100%），由应急电源供电；
- 泵吸入口与排出口相关的管道、阀门等。

三台泵的吸入侧及出口侧均通过集管方式连接，集管可由操纵员现场手动打开。

应急给水管线独立于主给水系统，注入蒸汽发生器。

ASG 系统的应急给水泵启动后，从水箱取水，经功率限制阀、蒸汽发生器水位调节阀、安全壳外隔离阀和安全壳内止回阀等一系列管道和阀门向蒸汽发生器供水。任何一列 ASG 泵提供的应急给水流量都足以带出事故后的堆芯衰变热。应急给水泵出口设置了一个小流量保护阀（三通止回阀），当泵出口的流量较低时，将泵出口流量送回至水箱，保证泵连续运行。

在全厂断电事故（SBO）工况下，A 列应急给水泵由 SBO 柴油机供电。操作员手动启动 A 列 ASG 系统向蒸汽发生器供水。

当某个水箱水装量不能满足要求（或失效）时，手动打开水箱连通集管上的手动隔离阀，从其他列的水箱取水注入到该列蒸汽发生器；当某列应急给水泵不可用时，可打开泵出口集管上的隔离阀从其它列取水为该列蒸汽发生器供水。

在应急给水泵不可用的工况下（例如完全丧失交流电源），通过与 ASG 注入管线相连接的二次侧非能动余热排出系统（ASP），采用闭式非能动循环带热的方式导出堆芯衰变热。

#### 4.5.5 蒸汽大气排放系统（VDA）

蒸汽大气排放系统（VDA）的系统功能有安全功能和运行功能。

##### 1)安全功能

-反应性控制

在蒸汽流量过度增加的事故工况中，VDA 的隔离作为一回路过冷保护的一部分，

参与执行反应性控制。

-余热排出

发生 DBC-2/3/4 及 DEC-A 类事故时，VDA 能够通过向大气排放蒸汽来排出余热。

-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。

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，在严重事故情况下，VDA 必须参与安全壳的隔离。

#### 4.5.6 二次侧非能动余热排出系统（ASP）

二次侧非能动余热排出系统（ASP）主要用于设计扩展工况，应对的工况为需要应急给水系统（ASG）投运以排出一回路热量且 ASG 失效的事故工况，在这些工况中 ASP 能够持续排出一回路热量。这些工况主要包括：

- 丧失全部给水（状态 A）；
- SBO 叠加 SBO 柴油机失效；
- 其他需要 ASG 启动的事故叠加 ASG 失效。

此外，ASP 还可在所有需要通过 ASG 和蒸汽大气排放系统（VDA）进行排热的设计扩展工况的长期阶段为 ASG 提供水源，在反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）冷却回路机械系统完全失效的设计扩展工况的长期阶段为乏燃料水池补水。

在蒸汽发生器传热管破裂（SGTR）工况下，作为蒸汽发生器（SG）压力边界范围的 ASP 设备参与 SG 隔离功能。

在严重事故工况下，通过隔离自身，参与隔离安全壳外二次侧系统。

#### 4.5.7 额外冷却系统（ECS）

额外冷却系统（ECS）执行如下余热排出安全功能：在部分 DEC-A 工况（完全丧失冷链（TLOCC）、全厂断电（SBO）和严重事故工况（DEC-B）下，通过冷却安全壳热量导出系统（EHR）的换热器导出堆芯及安全壳内余热；通过冷却反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）的换热器来移出燃料厂房乏燃料水池的衰变热。

ECS 设置了中间冷却回路，通过中间波动箱维持回路压力，保证该回路运行压力

始终高于 EHR 系统和 PTR 系统，从而确保放射性物质的包容。

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 放射性废液系统及源项

4.6.3 放射性废气系统及源项

4.6.4 放射性固体废物处理系统

4.6.5 乏燃料贮存系统

#### 4.6 放射性废物管理系统和源项

放射性废物管理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。

山东招远核电厂一期工程的放射性废物管理系统和放射性源项，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，气载和液态放射性流出物的排放量及固体放射性废物的产生量。

##### 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。它们通过冷却剂的净化、蒸汽发生器传热管束的泄漏等过程造成对核辅助系统和二回路的污染。

##### 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）；
- 常规岛废液排放系统（SEL）。

##### 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）。

#### 4.6.4 放射性固体废物处理系统

固体废物处理系统（TES）是为核电厂运行和维修时所产生的废树脂、废过滤器芯、浓缩液、干废物等废物在处置之前提供收集、处理、整备和临时暂存而设计的。固体放射性废物最终按照国家处置政策送处置场永久处置。

TES 系统处理以下几种废物：

- 干废物（废纸、抹布、塑料、金属等）
- 废离子交换树脂（简称“废树脂”）
- 废过滤器芯（简称“废滤芯”）
- 浓缩液。

#### 4.6.5 乏燃料贮存系统

本期工程采用18个月换料方式，反应堆在平衡循环每次换料产生72组乏燃料组件。乏燃料组件采用水下湿法贮存，贮存在燃料厂房乏燃料水池里。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。

国际上核电厂在堆水池的贮存容量通常为可容纳10个日历年核电厂运行所产生的乏燃料量，乏燃料在核电厂贮存5~8年后即可进行乏燃料外运进行后处理或者离堆中间贮存。考虑到我国燃料后端能力的不足，已有离堆暂存设施已接近满容，尚无足够乏燃料后处理能力，后处理大厂的建设存在诸多不确定因素等情况，本期工程乏燃料贮存采用分区布置设计，设置专门的高密集贮存区，以减缓对燃料后端的压力。水下燃料贮存的容量能容纳14个正常换料循环堆芯卸出的乏燃料组件量加上一个全堆芯的紧急卸出的燃料组件量。

乏燃料组件在乏燃料水池中存放到一定年限后，乏燃料组件的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后，即可考虑采用专用运输容器装载外运。

#### 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 1-2 号机组生产过程中需要使用一定量的化学品。这些化学品主要包括：次氯酸钠、亚硫酸氢钠、阻垢剂、盐酸、氢氧化钠、氨水、水合联氨、磷酸盐、絮凝剂、助凝剂、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及子项：

- 海水淡化系统（SWD）；
- 除盐水生产系统（SDA）；
- 非放射性工业废水处理系统（SWT）；
- 循环水处理系统（CTE）；
- 厂外循环水加药系统（CTG）；
- 重要厂用水加药系统（CTH）；
- 凝结水精处理系统（ATE）；
- 常规岛化学加药系统（SIR）；
- 核岛化学加药系统（SIH）。

#### （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使用到次氯酸钠、亚硫酸氢钠、盐酸、氢氧化钠等化学药品，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

除盐水生产系统离子交换树脂再生过程中会使用到盐酸、氢氧化钠，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 系统。

#### （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，再生需要使用盐酸、氢氧化钠，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。

#### （4）循环水处理系统、厂外循环水加药系统

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pH值至6~9后至SEW系统。对于循环水处理系统，投加阻垢剂，用于满足循环水冷却塔的水质稳定。

#### （5）重要厂用水加药系统

为满足核电厂运行的要求，重要厂用水加药系统对重要厂用水系统加入次氯酸钠及阻垢剂，用于满足重要厂用水系统的水质稳定处理。

#### （6）常规岛化学加药系统及核岛化学加药系统

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。

核岛化学加药系统（SIH）按照蒸汽发生器（以下简称SG）首次充水、ASG系统全流量试验工况和SG湿保养工况向ASG系统提供氨和联氨，向RRI、DEL、DER、DEQ系统提供磷酸盐。

### 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。

本项目运行期服务区、主厂区、海水预处理站、取水泵房生活污水按满足当地市政污水管网纳管标准，排至市政生活污水管网。主厂区与市政污水管网的接口位于厂区西侧。

### 4.7.3 其他废物

#### 4.7.3.1 含油污水

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；分离出的水排入非放工业废水处理站处理。两台机组共建1座BES处理站，BES厂房设置两套油水分离器。

#### 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（SWT）的功能是接收处理电站正常运行期间产生的非放射性工业废水。非放污废水处理系统主要工艺流程为：非放工业废水收集→废水提升泵→废水贮存池→废水输送泵→混凝澄清→全部回用至生产系统及冷却塔系统。

#### 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 M5AFA3G 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。新燃料组件如由中核建中核燃料元件有限公司（CJNF）提供，可采用铁路或公路运输运抵核电厂的燃料厂房。

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《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）及交通运输主管部门的相关要求。

新燃料及运输容器的运输、贮存都将执行专门的包装技术条件和新燃料接收贮存设计准则，均要满足《核电厂堆芯和燃料管理》（HAD 103/03-1989）、《核燃料组件采购、设计和制造中的质量保证》（HAD 003/10-1989）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的有关条款要求，达到安全可靠。

新燃料接收、贮存的操作在燃料厂房的 PMC 运输间、新燃料接收间和新燃料贮存间进行。反应堆换料操作主要涉及区域包括堆腔池、堆内构件池、转运井和乏燃料水池。用于新燃料接收、贮存和换料操作的主要设备包括环吊、换料机、燃料转运装置、乏燃料水池吊车、辅助吊车、新燃料贮存格架、水下燃料贮存格架、新燃料升降机、离线啜吸检测装置及燃料操作工具。

### 4.8.2 乏燃料组件运输

乏燃料装在专门设计的乏燃料运输容器中外运。乏燃料的厂内运输包括将乏燃料装入运输容器并交付至 PMC 运输间和将满载容器运至厂内指定交付地点两个过程。

乏燃料装入运输容器并交付至 PMC 运输间由乏燃料水池吊车、乏燃料容器吊车、

辅助吊车及其它操作工具完成。乏燃料装入容器的操作及容器的检查、清洗在燃料厂房的装载井和准备井内进行。

满载容器由专用运输车运至厂内指定交付地点。

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》（GB 11806-2019）中的要求。

乏燃料运输必须遵守《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF 501-1987）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）等法规标准。

根据厂址地理位置及附近交通状况，本期工程的乏燃料厂外运输将根据国家乏燃料后处理设施厂址和运输条件，考虑采用公路运输或公海铁联运的方式将乏燃料运至国家乏燃料后处理中心。在向厂外运输乏燃料时将编制专门的环境影响评价报告以评价其对环境的可能影响。具体的运输方案、运输路线和接口需待国家乏燃料处理中心选址确定后，由乏燃料专业运输公司与项目业主开展可行性研究后共同确定。

#### 4.8.3 放射性固体废物运输

本工程运行产生的固体废物最终包装体为 400L 钢桶。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安全标准》（GB 12711-2018）的要求进行包装处理。

低、中水平放射性固体废物包表面剂量率限值：

一直接操作进行装卸、搬运、贮存和处置的低、中水平放射性固体废物包，其表面任意一点的剂量率应 $\leq 2.0\text{mSv/h}$ 。超过此限值者，应采取外加屏蔽（如外包装容器等）或采用远距离操作；

一场外运输的低、中放射性固体废物包，其剂量率限值应满足 GB 11806-2019 相关规定。

低、中水平放射性固体废物包表面污染限值要求：

一 $\beta$ 、 $\gamma$  发射体、低毒性 $\alpha$  发射体不超过  $4\text{Bq/cm}^2$ ；

—其它 $\alpha$ 发射体不超过  $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

## 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 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，中广核山东招远核电厂一期工程永久用地面积为 153.65hm<sup>2</sup>，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。
- 厂外辅助设施区：即厂（控制区）外 BOP 区，主要由综合办公楼/行政仓库/厂区餐厅（BEZ/BKO/BBR）、环境实验室（BEE）、武警营房（BEQ）、消防站（BEB）、应急设施存贮与燃油补给中心（BKJ）、应急指挥中心/应急行动中心（BEM/BEG）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。
- 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：施工准备区位于厂址北侧区域，电厂扩建端方向，现状为农田和村庄。
- 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，采用双向两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 1.66km（垂直于岸线的距离）；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。取水管

线陆域部分路径全长约 10.42km，排水管线陆域部分路径全长约 11.75km。

根据《中广核山东招远核电厂一期工程水土保持方案报告书》（2023.3），本项目核电厂区采用一次场平，场地平整回调需调入的土方从核电厂区场平土方调入，内部调配利用，减少借方和弃方。

山东招远核电厂一期工程已于 2023 年 2 月获得了自然资源部用地预审意见，明确项目用地符合规定，原则同意通过用地预审，用地预审意见中包括了基本农田。同时，本项目也获得了烟台市自然资源和规划局核发的建设项目用地预审及选址意见书。

## 5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

### 5.1.2.1 厂区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。实际施工过程中，往往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。本报告采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）中推荐的点声源几何衰减公式及噪声叠加公式进行噪声预测，保守考虑噪声源源强较大的打桩机、发电机、装载机在同一地点同时施工，经预测计算，在距离噪声源 300m 范围外能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的昼间标准限值 70dB（A），本项目夜间非必要不施工，若特殊原因夜间必须施工，则不得采用高噪声设备，保守假设夜间采用挖掘机、推土机、载重车辆进行零星施工，则噪声叠加后在距离噪声源 260m 范围以外能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的夜间标准限值 55dB（A）。由于本项目施工期厂界附近无居民点，最近的村庄距离 1 号机组成约 1.8km，预计施工噪声不会扰民。

由于目前本工程尚未施工，尚无法获得施工场界的实测数据，本报告采用类比分析法定量分析施工期噪声影响，类比数据采用辽宁红沿河核电厂 2015-2020 年施工期噪声监测情况：噪声监测点位主要包括厂界北侧、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（ $L_{Aeq}$ ），每次测量两天，每天各点位昼间和夜间各测量一次。

表 5.1-1 给出了红沿河核电厂施工期噪声监测结果（2015-2020 年），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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）标准限值（昼间 70dB (A)，夜间 55dB (A)）的要求。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（46.8dB (A)）略超标外，其他时期均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）的 1 类标准限值（昼间 55dB (A)，夜间 45dB (A)）。

本项目施工期最近的村庄距离 1 号机组成约 1.8km，略远于红沿河核电厂与最近村庄的距离，预计本项目施工期对声环境敏感点的噪声影响可满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）的相关要求。综上所述，类比红沿河核电厂施工期噪声监测结果，预计本项目施工期的声环境影响可满足相关标准要求。

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严格的噪声污染控制措施，优化施工方案，尽可能采用液压型低噪声设备，并且避免多台高噪声设备同时在一侧厂界施工，减少施工作业对周围声环境敏感点的影响。同时，在夜间尽量不施工，如特殊原因夜间必须要施工，应采取降噪措施，将噪声控制在排放标准范围内。

#### 5.1.2.2 厂区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、喷砂工艺、木材加工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<sub>x</sub> 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  $\text{NO}_x$ 。采取合理降尘措施，以降低爆破起尘量。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。

由于本工程目前尚未施工，无实测的施工期大气环境监测数据。因此，本报告采用类比监测的方法进行施工期大气环境影响评价，辽宁红沿河核电厂与本项目均位于渤海湾，气候、环境条件有一定相似性，且两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 5.1-2 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、 $\text{PM}_{10}$ 、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》（GB 3095-2012）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。土建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。

本项目施工期将建设燃气热水锅炉房用于供暖季供热，建设位置位于厂址北侧施工准备区内。根据本项目施工供暖工程燃气热水锅炉技术规范书，燃料为天然气，含锅炉本体、燃烧机、风机、燃烧系统风道、控制柜\配套烟气节能器(烟气节能器后排烟温度不高于  $70^\circ\text{C}$ )及烟囱 DN1000 等。锅炉类型为室内型，锅炉热效率  $\geq 96\%$ ，燃烧器选择超低氮氧化物排放燃烧器，加装再循环将  $\text{NO}_x$  排放值小于等于  $30\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014）对于新建燃气锅炉的氮氧化物的排放浓度限值  $200\text{mg}/\text{m}^3$  的要求。除氮氧化物外，燃气锅炉排放的颗粒物、二氧化硫、烟气黑度也均需满足 GB 13271-2014 的排放浓度限值。

同时，根据《锅炉大气污染物排放标准》（GB 13271-2014），本项目新建燃气锅炉房设置的烟囱高度不得低于 8m，且需高于 200m 范围内建筑物 3m 以上，并在采暖季开展相关大气污染物监测，监测内容详见 5.3.4 节。

核电厂整个施工期间除土建施工阶段会产生的常规大气污染物外，在设备安装及

调试阶段也会有一定的其他污染物产生，主要有焊接烟尘、酸性气体、挥发性有机废气等，也需关注其影响。

➤ 焊接烟尘

本工程施工期间涉及风管、法兰预制件等金属工件的焊接活动，焊接活动通常集中在焊接车间内进行，其焊接过程中将产生一定量的焊接烟尘，因焊接车间多为处于较大空间的室内焊接场所，且配有焊接烟尘净化器，因此不会对厂址环境空气质量产生影响。本项目无组织排放的焊接烟尘参照《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中的其他颗粒物的无组织排放监控浓度限值。

➤ 酸性气体

本工程施工期间涉及不锈钢等金属工件采用酸洗钝化工艺进行工件除锈防腐，在酸洗钝化过程中会采用酸洗钝化膏对工件表面进行涂抹钝化，涂抹反应时间不少于半小时，考虑到酸洗钝化膏多为无机酸性溶剂（硝酸、氢氟酸等），表面工件会有少量的酸雾产生。本项目酸洗钝化车间为开放式通风场所，其酸雾参照《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中其他硫酸雾的无组织排放监控浓度限值进行控制。另外，建设单位可采用电解化学酸洗钝化工艺，大量减少酸洗钝化膏的使用，以减少酸雾对环境空气质量的影响。

➤ 挥发性有机废气

本工程施工期间采用喷漆工艺对金属工件进行防腐防锈，待处理工件通过油漆喷壶进行底漆和面漆处理作业，在喷漆作业和工件晾干作业过程中将产生一定量漆雾（挥发性有机废气），喷漆过程在喷漆车间中进行，其中漆雾将通过抽风设备集中收集排放，其排放的废气参照《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中的非甲烷总烃无组织排放监控浓度限值进行控制。

### 5.1.2.3 厂区施工对水环境的影响

本工程厂区在施工期间对水环境的影响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土建施工及车辆冲洗等产生的泥浆污水、砂石料生产冲洗污水、混凝土生产冲洗污水、设备安装冲洗污水及核电机组调试期间的调试废水。

土建施工阶段产生的污水成分相对简单，主要为悬浮物，经沉淀池处理后回用，具体可分为泥浆污水、车辆冲洗污水、砂石料冲洗污水、混凝土冲洗污水：

泥浆污水主要在土建施工阶段的钻孔、打桩等作业活动产生，建设单位将提前在施工作业区域周围设置专门泥浆污水收集沉淀及污泥脱水设施，用于泥浆水的收集和处置。沉淀处理后的污水回用。处理后的废浆、污泥统一转运至建筑垃圾中转场或由建筑垃圾运输单位运出厂外交由建筑垃圾收纳单位进行处置。

车辆冲洗污水主要产生于运输渣土、砂石、土方等车辆的冲洗过程，建设单位将设置专门集中的车辆冲洗池，并在冲洗管池周围设置截排水管网，对车辆从冲洗池带出的冲洗污水进行收集排向沉淀处理设施，同时对沉淀处理设施处理后的出水进行回用。

砂石料生产过程产生的冲洗污水主要为泥沙悬浮物，建设单位将砂石料生产过程中产生的污水全部收集经管道输送至砂石厂水处理系统处理，清水回流清水池重新用于砂石厂生产，下层沉淀污泥脱水后，经皮带机送入弃渣池，作为固体废弃物运往现场建筑垃圾站集中处理，确保废水不外排，废渣集中合规处理。

混凝土生产过程中产生的冲洗污水主要含砂石，建设单位在对混凝土生产、搅拌、运输的设施和区域进行冲洗过程产生的冲洗污水及混凝土块晾晒过程中产生的渗滤污水进行收集，并配备搅拌站沉淀池。沉淀池采用三级沉淀，冲洗搅拌机、混凝土搅拌车的废水流入沉淀池，经沉淀后，沉淀池中清水用于冲洒搅拌站道路和场地降尘，沉淀物经晾晒后作为固体废弃物运往现场建筑垃圾站集中处理。确保废水不外排，废渣集中合规处理。

设备安装阶段生产废水主要污染物均包含悬浮物、氨氮、磷酸盐及酸碱废水。

调试期间废水主要污染物有悬浮物、磷酸盐、氨氮等。根据华龙一号机组建设经验，调试期间废水分为非加药废水和加药废水。非加药废水主要包括系统冲洗水及系统消缺阶段管网排水，冲洗水一般为 SED 或 SER 的水源，水质基础较好。加药废水排放一般在机组冷态冲洗到装料阶段，主要来自管道的保养水。调试期间排放的加药废水主要是一回路的硼酸废水、二回路及辅助系统的含磷酸三钠、氨水、联氨等废水。

设计单位通过收集在运在建核电厂安装、调试、运行期间的非放射性工业废水资料，通过对运行、安装废水的水质、排水量的比较分析，非放射性工业废水处理站（BST）兼顾处理安装调试阶段废水具备部分可行性。

本项目对于施工期生活污水考虑接入当地市政污水处理厂集中处理，建设单位拟

与当地污水处理厂签订污水接管协议。

为保证施工期间生活污水妥善处理，当地政府在厂址周边规划新建 1 处污水处理厂，正在加紧推进建设，建成后可满足本工程施工期生活污水的接纳。

在施工初期阶段，即考虑市政污水处理厂暂未完成扩建及输水管道布置前，本项目建设单位主要通过临建污水处理设施，包括流动厕所、临时污水站等方式，来收集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，不随意外排。

在市政污水处理厂扩建及相应管道完成后，本项目施工期生活污水经收集并达到城镇生活污水处理厂接纳要求后通过管道输送至当地污水处理厂妥善处理，不会影响外部环境。

#### 5.1.2.4 厂区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，临时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、施工期废水主要回用于场地洒水抑尘和绿化，不随意排放，预计不会对 2.5km 外的生态保护红线区造成环境影响。

#### 5.1.2.5 厂区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，施工期间化学物质使用量不大，因此需后续处理的过程较少。因化学品的使用产生的危险固废需按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）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。

#### 5.1.2.6 厂区施工固体废弃物对环境的影响

核电厂建设过程中，施工队会产生一定量的生活垃圾、建筑垃圾、工业固体废物、污泥，部分废弃物属于危险固废，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，污染大气，被雨水冲刷可能污染周围水体等。

##### （1）生活垃圾

施工期间工作人员不住在厂区，因此生活垃圾主要为厂区办公产生的废塑料、废纸、废布料、玻璃和食堂产生的食物残渣、果皮、剩菜剩饭等，生活垃圾实行分类收集，餐饮废弃物由专人上门清运。生活垃圾定点堆放，地面进行硬化处理；参照《生活垃圾分类标志》（GB/T 19095-2019）明确生活垃圾分类方式，进行分类收集；采用专用车辆进行收集运输，收集运输过程无抛洒、滴漏，无二次污染；生活垃圾收集点每天清运，并定期清洗、消杀、维护，确保正常使用。厨余垃圾交由具备相应资质条件的单位进行无害化处理。

##### （2）一般固体废物

施工期间对现场道路维修改造和混凝土凿毛形成的混凝土垃圾、厂房浇筑过程的废弃混凝土砂浆，以及厂房装修过程中的废弃砖块、泡沫砖、装修材料、现场清扫的垃圾等建筑垃圾进行收集。施工现场设置建筑垃圾分类收集设施，收运过程不与生活垃圾、危险废物混合。最终收集的建筑垃圾委托有资质的建筑垃圾运输、处置公司进行收运。本工程通过采取以上方式提高了建筑垃圾资源化回收，降低了建筑垃圾最终处置量。

施工现场和木工加工车间产生的废木材、包装木板等，由施工单位工作负责人放置到垃圾斗，由清运单位装车运往贮存场进行回收利用。作业现场丢弃的废弃密目网、废弃纸屑、废弃铁丝、废弃网片、部分材料下脚料、编织袋等，由施工单位人员放置到场内垃圾斗，由清运单位装车运往贮存场进行垃圾分类；机加工过程产生的金属切削废料由产生单位收集后，放置在工作场地内的工业垃圾贮存点，清运单位装车送往垃圾贮存场进行垃圾分类。

##### （3）危险废物

类比类似核电工程项目，一期工程施工期间产生危险废物包括废酸、实验废液、废油漆、废油、废切削液、废树脂、废碱、废化学品和沾染危险废物的废包装等，危废贮存设置专门的危废集装箱进行暂存，满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中贮存点环境管理要求，贮存点采取防风、防雨、防晒和防止危险废物流失、扬散等措施。贮存的危险废物置于容器或包装物中，不直接散堆。贮存点根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式等，采取防渗、防漏等污染防治措施或采用具有相应功能的装置。

同时，建设单位危险废物的厂内运输配置单独的运输工具，禁止将危险废物与其他物品混合转运。在危废转运出库前，开展资格检查，并形成记录，如运输车辆危险货物道路运输证、危险废物运输车辆驾驶人员从业资格证、押运人员从业资格证。

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。

#### 5.1.2.7 厂区施工活动对社会环境的影响

厂址附近的虎龙斗村、山前季家村正在进行整体搬迁。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，可增加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。

#### 5.1.2.8 取排水管线工程陆域施工对周围环境的影响

本项目海水取水管线路径全长约 10.42km，排水管线路径全长约 11.75km。取排水管线工程陆域部分施工可分为线路施工、海水预处理站及泵房施工，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。管线工程陆域部分不涉及生态红线等环境敏感目标。

##### 5.1.2.8.1 取、排水管线陆域施工对周围环境影响

###### 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  $3\text{mg}/\text{m}^3$  以上，25m 处为  $1.53\text{mg}/\text{m}^3$ ，下风向 60m 范围内 TSP 浓度可能会超标。由于本项目管道周边有部分村庄，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，由于管线施工过程为分段进行，各段施工时间相对较短，且本项目管道沿线土壤多比较湿润，临近管线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。管道施工期间采取合理化管理、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后，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  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{C}_m\text{H}_n$  等。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，因此对局部地区的大气环境影响较小。

## 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，根据现阶段管线穿越界河的施工方案，此段穿越管道采用开挖直埋施工方法，在界河枯水季直埋开挖施工，河道范围内直埋管段灌顶覆土不小于 2.5m。取水管道为 2 根 DN2000 管道，排水管道为 2 根 DN1600 管道，穿越界河用地范围内壁厚需提高一个等级。穿越管段施工完毕，基坑回填从管底基础至管顶 0.5m 范围内，采用中粗砂回填，管道 0.5m 以上沟槽采用原土回填，应从管轴线两侧同时均匀进行，做到分层回填、夯实、碾压。回填时沟槽内应无积水，不得回填淤泥、有机物和冻土，回填土中不得含有石块、砖及其他带有棱角的杂硬物体。预计采用上述措施后管道施工不会对界河地表水造成严重环境影响。

同时，施工营地的生活污水、粪便等设化粪池处理，生活垃圾装桶或设置垃圾坑，并定时进行清运，严禁污水及垃圾因暴雨冲刷而进入水体。施工结束后清理化粪池、垃圾坑并用土掩埋，不对周边环境造成影响。

本项目管线在运行前进行压力试验，试压废水除悬浮物外，一般不含有其它的污染物，水质较好，经沉淀处理后排入大海，且试压只是暂时性的，本次评价认为本项目施工产生的管道试压废水不会对周围地表水环境产生明显影响。

### ➤ 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，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。

根据调查，本项目管线沿线两侧有部分村庄，这些声环境敏感目标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，夜间尽量不施工，如特殊原因夜间必须要施工，应采取降噪措施，将噪声排放控制在相关标准范围内。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、工程临时堆土、废弃泥浆和施工废料等。

#### ➤ 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相对较少，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。

#### ➤ 工程临时堆土

根据《中广核山东招远核电厂一期工程水土保持方案报告书》（2023年3月），本项目海水取排水管线陆域部分施工时，剥离的表土全部堆放至管沟一侧覆土带，后期全部回填利用。管道施工时采用分段开挖、分段敷设的方式，第一段开挖的生土临时堆放至第三段管道地表，并进行临时拦挡和苫盖，待第一段管道敷设完成，将需要回填的土方运往回填，多余的土方运往施工准备区回填。管线施工临时堆土不另占地，均在管线施工占地范围内。

因此，本项目管线工程剥离的表土采用妥当的处置方式后，不会对周围环境产生明显影响。

#### ➤ 施工废料

施工废料主要包括焊接作业中产生的废焊条、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。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，本项目取排水管道施工范围内没有大型森林公园、自然保护区。主要涉及影响相对大的为沿线少量农田及果园，由于管线采用分段施工，施工周期相对较短，施工完成后，将对表面进行覆土恢复，预计不会对区域生态系统造成严重影响。

同时，根据本项目陆域生态调查成果，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) 社会环境影响

本项目取排水管线主要穿越的现有人造设施有 G18 高速公路、烟潍高铁、胶东调水渡槽、大莱龙铁路、G228 国道、X044 县道等。

对于取排水管线穿越 G18 高速公路、G228 国道、X044 县道等公路，采用顶管施工，在穿越段设置混凝土防护套管，施工前，对施工范围内进行探测，防止损伤地下可能掩埋的公路设备设施，施工单位应根据现场实际情况和机具设备情况，确定可靠的实施方案，必须保证公路路基及运行安全。施工用的各类建筑材料应远离公路路基

放置，避免堆载和偏载对公路运行造成影响。

对于取排水管线穿越烟潍高铁、大莱龙铁路，规划在潍烟高铁北石家村界河特大桥第 101、102 孔桥、大莱龙铁路界河大桥第 3~5 孔下穿越，拟采用顶管的方式穿越大莱龙铁路，采用直埋方式穿越烟潍高铁，并在穿越段采用钢筋混凝土管道作为防护套管。施工过程中，可能会引起周边土体的位移，从而对邻近铁路轨面的平顺性、桥墩的稳定性产生一定影响。因此在施工过程中对施工影响范围内的铁路桥墩进行监控测量保证施工过程不影响铁路运行安全。

对于取排水管线穿越南水北调渡槽，拟在渡槽下直埋钢筋混凝土管作为防护通道，两侧管道距离渡槽超过 20m。渡槽范围内大型施工机械设备作业应建立控制区，加强现场管控，防止施工机械损坏渡槽桥梁及其他设施设备。施工用的各类建筑材料应远离渡槽桥梁放置，避免堆载和偏载对渡槽运行造成影响。

综上所述，在制定了科学合理的施工方案后，本项目取、排水管线陆域施工预计不会影响上述设施的正常运行。

#### 5.1.2.8.2 海水预处理站及取水泵房施工影响

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，本工程海水预处理站及取水泵房的施工对环境的影响较小。

#### 5.1.2.9 道路施工对周围环境的影响

本项目建设涉及进厂公路和应急公路，应急公路自厂区向西接入地方乡道，长度约 1.9km，拟采用双向两车道，采用三级公路标准。进厂公路从 S304 省道接引至厂前区入口，拟采用双向四车道，采用沥青混凝土路面，全程无隧道及桥梁，采用二级公路标准。

本项目建设的道路长度较短，施工期在半年左右，道路施工过程中对环境的主要影响为：

##### 1、对大气环境的影响

道路施工过程中因挖掘、填筑、搅拌、装卸等而产生的灰尘，沥青加热产生的油气，施工机械产生的尾气对大气产生不良影响。本项目道路施工时按照《山东省扬尘污染防治管理办法》（2018 年修订）有关要求做好扬尘防治工作。配备足够的洒水车，

定时对施工场地、运输道路洒水抑尘；运送筑路材料的车辆必须加盖帆布、盖套等，以防物料飞扬，沿途撒漏。

## 2、对水、土壤环境的影响

道路施工过程中的施工废水、生活废水、施工材料若随意进入水体，或因降水而引起的材料冲失可能会对地表水、地下水及土壤造成不良影响。因此，道路施工期应注意生活废水和施工废水的回收及排放，禁止直接排入水体，对施工用的材料应妥善保管，避免洒落及雨水冲失。

## 3、对声环境的影响

施工期由于挖掘、搅拌及施工机械运作、打桩、钢筋切割等施工行为引起的噪声对周围声环境产生一定影响；本项目道路施工应选用低噪声的施工机械、制定合理的施工工艺和施工时间，合理安排夜间施工。由于本项目道路附近无集中居民区，故施工期对声环境影响有限。

## 4、对生态影响

本项目道路建设将占用部分耕地，施工临时占地及取弃土用地会破坏原有植被，公路建成后必须进行绿化恢复植被工作，尽可能的减少对环境的不良影响。

综上，本项目道路建设周期较短，通过上述施工控制措施，预计道路施工对周边环境的影响较小。

表 5.1-1 类比红沿河核电厂施工期噪声监测结果一览表（2015-2020 年）

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： 70dB (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： 55dB (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 5.1-2 类比红沿河核电厂施工期环境空气质量监测结果一览表（2015-2020 年）

监测点位	监测时间	TSP ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	二氧化硫 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	氮氧化物 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	一氧化碳 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
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》(GB 3095-2012) 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 施工期供水水源分析

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 海域工程概况

本项目申请用海总面积约 21.7hm<sup>2</sup>，主要包括温排水区、透水构筑物、取、排水管道、取、排水口等。

本项目采用暗取暗排方案，取水头部位于-6.0m 等深线附近，取水头部离岸距离约 1.66km（垂直于岸线的距离）；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 DN2000，排水立管内径 600mm。陆域排水方案按照 6 台机组两条 DN1600 排水管道考虑。

本项目海域工程区取水隧洞采用盾构施工，排水隧洞采用顶管施工，取排水隧道施工开挖土方约 12.25 万 m<sup>3</sup>。隧道出土经压滤机疏干脱水处理后，统一转运至建筑垃圾中转场或由建筑垃圾运输单位运出厂外交由建筑垃圾收纳单位进行处置。海水取排水管线陆域部分施工时，剥离的表土全部堆放至管沟一侧覆土带，后期全部回填利用。

同时，根据目前设计方案，本项目无大件码头建设计划，重件运输方案依托当地已有码头。

## 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。

由于本项目海域施工主要为取、排水头部设施修筑工程，不涉及大型围填海工程，工程量及施工周期相对较小，因此，海域施工期间不会对周边航运、景观等的造成明显影响。

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  $0.01\text{kg/m}^3\sim 0.05\text{kg/m}^3$  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。

由于项目取排水管道采用盾构法施工，只有取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，其所造成的生态损失程度有限。

### 5.2.2.3 对渔业资源影响

本项目海域施工范围西侧约 3km~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较高，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，本项目用海单元包括取水口、排水口、取排水头部防护装置，本工程取排水口设置将使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，本项目建设未占用上述保护区主要保护对象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》（2022.3）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；山东招远核电厂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。

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》（GB 11607-89）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。

同时，根据《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》（2022.3）综合评价结论，中广核招远核电项目的实施，将会占用小部分渔业水域，施工过程及项目营运期间也将对渔业生态环境和渔业资源产生一定的影响，但不会对保护区的主要保护对象及功能造成较大的影响。在工程开始实施后应积极采取增殖放流和渔业资源养护等有效措施，将施工对渔业生态环境和渔业资源的损害程度降到最低；工程建设单位承诺采取增殖放流等措施，进行渔业资源和渔业生态环境修复，并在实施过程中接受保护区主管部门的监督。本着区域经济发展、渔业生态环境保护和渔业资源的可持续发展兼顾的目的，在实施了渔业资源和渔业生态环境修复的前提下，本工程对渔业生态环境和渔业资源的影响是可以接受的。

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），建设单位应将渔业资源保护和补偿措施纳入环保措施，将渔业资源生态补偿经费纳入项目环保投资；建设单位应采取有效措施、减少项目施工和运营对渔业资源和渔业生态环境的影响；采取增殖放流措施，修复受损渔业资源；加强渔业资源和渔业生态环境跟踪监测，做好施工期运营期风险事故防范和应急处置；渔业资源保护和补偿措施与建设项目的主体工程要按同时设计、同时施工、同时投入使

用的原则落实。

### 5.2.3 施工期供水水源分析

本项目两台机组施工期年最大用水量为 117.6 万  $\text{m}^3$ ，日最大用水量为 4644  $\text{m}^3$ ，保证率 90%。综合本地区淡水资源情况及经济可行和水量可靠等因素，本项目施工期用水（生产和生活）水源为当地市政供水，取水点位于辛庄净水厂。

招远市城市自来水采用水厂供水，水源分为地下水及地表水。根据招远市城乡供水一体化工程实施情况，现由招远市自来水有限公司管理目前正在运行的各水厂，统一向全市城乡供水。区域内取水水源为勾山水库、城子水库、侯家水库地表水和区域外调水（包括黄河水和长江水）。

本项目拟采用的淡水取水点为辛庄净水厂，距离厂址约 6.4km，其原水取自侯家水库。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。侯家水库主要任务是城市供水，兼有防洪、农业灌溉及调蓄胶东调水来水的任务。目前，侯家水库由招远市水务局侯家水库管理所管理，除辛庄净水厂外，并无其它生活或工业用水户。辛庄净水厂供应市区、沿海工业园区和金岭生物医药工业产业园用水。

侯家水库有 1000 万  $\text{m}^3$  的兴利库容，水库大坝上游还有 25.39 $\text{km}^2$  的集水面积，胶东调水工程最大分水指标为 2000 万  $\text{m}^3/\text{a}$ 。招远市于 2015~2017 年遭遇连续枯水年组，期间年均接纳外调水 741 万  $\text{m}^3$ ，年最大 876 万  $\text{m}^3$ ，水库通过辛庄净水厂加大向城区和滨海产业园供水的情况下，至 2017 年年末蓄水量为 345 万  $\text{m}^3$ ，蓄水仍较为充足。从侯家水库的调蓄能力以及近年接纳的外调水量来看，侯家水库现状可以满足山东招远核电项目施工期生活、生产的全部淡水需求。若发生当地城市和工业用水需求快速增长，招远市分水指标不足的情况，招远市政府可通过与受水区其它设区的市政府授权的部门或者单位协商签订转让协议的方式，受让年度水量调度计划分配水量，调整水量调度方案，可满足山东招远核电项目施工期生活生产的淡水需求。

建设单位已委托专题单位开展了本项目的水资源论证工作，论证报告书已通过专家审查，业主单位已与供水单位签订供水协议，本项目的用水是有保障的

由于山东招远核电厂在侯家水库取水，水源主要是引调黄河水和长江水，并非本地水资源，因此，本项目的取水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 施工影响的控制

### 5.3.1 减少陆域环境影响的措施

本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，工程施工过程中采取以下相应的有效缓解措施。

#### （1）大气环境

- 施工期间会因爆破、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。加强施工期间各车间的环境保护管理，针对相关大气污染物配备合适的收集处理装置，保证相关大气污染物在施工周界外浓度满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中的无组织排放监控浓度限值。
- 施工过程产生一定量的临时堆土，本工程临时堆土场位于二、三期场内布置，不新增占地。临时堆土场对环境的影响主要是在堆放过程产生的扬尘污染。为控制临时堆土场对大气环境的不利影响，采取在堆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堆土倾倒；
- 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。

有资料表明，在施工期内根据现场气象条件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。

#### （2）声环境

- 尽量使用低噪声施工设备（如液压设备），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。

### （3）生态环境

- 本项目厂区采用一次场平，场地平整回调需调入的土方从核电厂区场平土方调入，内部调配利用，减少借方和弃方。经土石方调配利用后产生的表土拟用于招远市占补平衡及工矿复垦等项目覆土，石方拟统一交由招远市政府指定公共资源交易平台等合法合规途径进行综合利用，不设置弃渣场；
- 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；
- 取排水管线施工过程中应尽量减少对周围自然环境的破坏，施工临时用地，完工后应进行清理，恢复原地貌，不得乱堆乱弃，影响自然环境。施工过程中破坏的既有路面、绿化及植被在施工结束后应恢复完好。开挖时注意支挡防护，尽量减少开挖工作面，减少对周边环境的影响。

### （4）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，对不同类别的建筑垃圾和生活垃圾按分类进行处理。建筑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》（GB 18597-2023）设置专门的贮存设施，定期交由有资质单位处理或者由供应商回收进行处理。

针对取排水管线的施工开挖土、石采取水土保持措施；废弃的土、石、砂料必须

妥善处理，运输汽车应加盖棚布，以防尘土扬洒；淤泥渣土外运应按相关法规采用专用车辆运输，并尽快合规处理，严禁乱取乱弃，破坏自然环境，严禁弃土堵塞河道等。

取排水管线工程用油、灰等有害物质等严格管理，防止流入河道或渗入地下影响水质。

通过采取上述措施，使本项目施工产生的各类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）放射源及化学物品管理

施工期间主要用 $\gamma$ 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) 根据原环境保护部颁布的《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。

#### （6）水土流失的保护措施

根据《中广核山东招远核电厂一期工程水土保持方案报告书》（2023.3），本项目核电厂区采用一次场平，将项目建设区划分为核电厂区、施工准备区、海水取排水陆域工程区、海域工程区、现场服务区、厂外道路区和施工输电线路区等7个一级防治分区，同时将核电厂区划分为一期工程区、预留场地区、边坡及厂外排水区等3个二级防治分区，将海水取排水陆域工程区划分为取水泵房区、海水预处理站区和管线工程。

根据本项目工程布置和施工特点，针对各分区的水土流失特点，结合主体工程设计中具有水土保持功能的工程与工程实施进度安排，按照工程措施与植物措施相结合，永久工程和临时工程相结合的原则，统筹布局各防治区水土流失防治措施，形成完整的水土流失防治体系。

本项目主体工程设计已列的水土保持措施主要包括：表土剥离、砾石压盖、泥浆沉淀池、园林绿化、道路绿化、截排水沟、排洪沟、雨水顺接工程、消力池、雨水管、边坡防护等。本项目水土流失防治应注重临时挡护、排水、沉沙等措施，并采用以工程措施与植物措施相结合的防治方法。

#### 水土保持监测：

本项目水土保持监测范围为水土流失防治责任范围，以及项目建设与生产过程中扰动与危害的区域。根据各分区水土流失特点，结合水土流失预测分析，核电厂区是重点监测区域。水土保持监测时段从施工准备期开始至设计水平年结束，监测时段可分为施工准备期、施工期和试运行期。

依据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018）的要求，结合本工程施工特点，确定水土保持监测的主要内容为：水土流失影响因素、水土流失状况、水土流失危害和水土保持措施等。

- 水土流失影响因素监测：包括气象水文、地形地貌、地表组成物质、植被等自然影响因素，项目建设对原地表、水土保持设施、植被的占压和损毁情况，项目征占地和水土流失防治责任范围变化情况。
- 水土流失状况监测：包括水土流失的类型、形式、面积、分布与强度，各分区及重点监测对象的水土流失量。
- 水土流失危害监测：主要包括水土流失对主体工程造成危害的方式、数量和程度；水土流失掩埋冲毁农田、道路、居民点等的数量、程度；对高等级公路、铁路、输变电、输油（气）管线等重大工程造成的危害；对生产建设项目造成的沙化、崩塌、滑坡、泥石流等灾害；对水源地、生态保护区、江河湖泊、水库、塘坝、航道的危害，有可能进入江河湖泊或产生行洪安全影响的弃土（石、渣）情况。
- 水土保持措施监测：包括植物措施的种类、面积、分布、生长情况、成活率、保存率和林草覆盖率；工程措施的类型、数量、分布和完好程度；临时措施的类型、数量和分布；主体工程和各项水土保持措施的实施进展情况；水土保持措施对主体工程安全建设和运行发挥的作用；水土保持措施对周边生态环境发挥的作用。

根据《中广核山东招远核电厂一期工程水土保持方案报告书》（2023年3月），

本项目水土保持监测拟在核电厂区、施工准备区、海水取排水陆域工程区、海域工程区、现场服务区、厂外道路区、施工输电线路区合理设置监测点。

### 5.3.2 减少海洋环境影响的措施

#### 5.3.2.1 常规保护措施

为减少施工期间的海洋环境影响，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；
- 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 针对莱州湾水产种质资源保护区的保护措施

山东招远核电厂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 施工期环保措施有效性分析

由于目前本项目尚未施工，从类似规模的项目施工经验及类比监测数据来看，在

采用了科学合理可行的环保措施后，本项目施工期间对环境的影响可接受。本项目后续施工期间将定期开展环境监测（具体监测方案详见下文描述），根据监测结果进行本项目施工期环保措施有效性的具体分析，确保工程施工期间对周边环境的影响可接受。

### 5.3.4 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。相关监测技术要求主要参照《核电厂施工期环境监测技术规范》(DB37/T 3547-2019)执行。

#### 5.3.4.1 陆域环境监测方案

陆域环境监测内容包括环境空气、污水和噪声三部分，并考虑固体废物跟踪调查。

##### a、大气污染源及环境质量监测：

**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）、供热锅炉房等构筑物施工过程中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，供热锅炉在每个采暖季至少监测 1 次，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、供热锅炉房产生的烟气等。监测点位设置及监测频次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。

#### **b、水污染源及环境质量监测：**

土建施工阶段：主要涉及临时生活区及办公区餐厅、浴室、冲厕等产生的生活污水，本项目建设期间生活污水通过排入市政污水站的形式进行处理，市政污水站正式投运前产生的生活污水通过化粪池收集，定期抽排转运至当地污水处理厂进行处理，不进行外排。

设备安装与调试阶段：1）生活污水：对于临时生活区及办公区餐厅、浴室、冲厕等产生的生活污水的处理方式与土建施工阶段一致。2）生产废水：施工期间的生产废水来自土建施工及车辆冲洗等产生的泥浆污水、砂石料生产冲洗污水、混凝土生产冲洗污水、设备安装冲洗污水及核电机组调试期间的调试废水。施工期间生产废水经 BST 处理满足标准后全部回用。监测点位为 BST 排放口或回用水池。

取排水管线陆域部分施工期：本项目取排水管线在界河枯水期进行穿越施工，枯水期穿越界河段基本无流动水，且界河为V类水体，故施工期对地表水影响较小。对于取排水管线施工期间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》（HJ 164-2020）以及《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中的常规项目。

#### **c、噪声污染源及环境质量监测：**

主要监测施工场区内各种施工车辆、施工设备运行产生的噪声。根据施工场区内噪声源分布情况设置监测点位；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。连续测量 20 分钟并记录等效声级  $L_{eq}$  和最大声级  $L_{max}$ ，累积百分声级  $L_{10}$ 、 $L_{50}$ 、 $L_{90}$  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，由于管线施工一般采用分段施工，且施工周期相对较短，故主要监测布点在施工区内 200m 范围的村庄。监测项目为等效连续 A 声级（ $L_{Aeq}$ ），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，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《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）、《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）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海域施工期开始后实施，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、沉积物及海洋生态等。

考虑到本项目海工工程施工工程量相对小，施工周期短，监测站位布设应重点考虑本项目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，并重点兼顾附近的水产养殖区、保护区等敏感目标。

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	供热 锅炉	颗粒物、二氧化硫、 氮氧化物、	每个采暖期 至少监测 1 次	3 次/天 不少于 2 天	排放口
		烟气黑度 (林格曼黑度 级)		不少于 2 天	
	无组织 排放	场界：颗粒物、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
		弃土(石)场：颗粒 物			弃土(石)场 界
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：弃土(石)场在封场后可停止监测；

注 2：生活污水在满足市政污水处理厂接管条件后接入市政污水处理厂。

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	供热 锅炉	颗粒物、二氧化硫、 氮氧化物、	每个采暖 期	3 次/天 不少于 2 天	排放口
		烟气黑度 (林格曼黑度 级)	至少监测 1 次	不少于 2 天	
	无组织 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	生产废水	pH、COD、BOD <sub>5</sub> 、 氨氮、悬浮物、总 氮、总磷、石油类 和动植物油、阴离 子表面活性剂、粪 大肠菌群数、全盐 量、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：生活污水在满足市政污水处理厂接管条件后接入市政污水处理厂。

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、TSP、PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub>	每季度至少监测 1 次	4 次/天 不少于 2 天	施工场界及环境敏感目标
地下水环境质量监测	水位以及GB/T 14848-2017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	施工场地下风向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

### 6.4 初步退役计划

- 6.1 散热系统的环境影响
  - 6.1.1 散热系统方案
  - 6.1.2 散热系统对水体的物理影响
  - 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响
  - 6.1.4 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
  - 6.1.6 参考资料

## 6.1 散热系统的环境影响

### 6.1.1 散热系统方案

山东招远核电厂一期工程采用华龙一号技术融合路线，根据本项目厂址条件，选址阶段建设单位对直流冷却方式和二次循环冷却方式进行比选，按照整厂6台机组整体规划设计进行方案比选，最终确定了二次循环冷却的技术方案。

山东招远核电厂取水口设置在-6.0m等深线海域，离岸距离约1.66km（垂直于岸线的距离）；排水口位于-6.0m等深线附近，离岸距离约1.5km。拟建陆域取水管线路径长度约10.42km，排水管线路径长度约11.75km。山东招远核电厂一期工程循环冷却水排水量单台机组夏季为 $1.49\text{m}^3/\text{s}$ ，冷却水温升为 $4.42^\circ\text{C}$ ；单台机组冬季为 $1.13\text{m}^3/\text{s}$ ，冷却水温升为 $12.80^\circ\text{C}$ 。

#### 1) 排水口布置方案

本项目采用离岸远排方案，经过排放口不同等深线及排水隧洞不同离岸距离的比选，最终确定排水口位于-6.0m等深线附近，距界河入海口混合区外边缘约300m，距裕龙岛西人工护岸约600m，离岸约1.5km。排水方案在施工工艺上采用直线型顶管方案，排水隧洞的长度为1648.5m。

#### 2) 取水口布置方案

取水方案经过从温排水影响、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，最终采用暗取方案。取水头部设置在-6.0m等深线海域，离岸距离约1.66km（垂直于岸线的距离）。取水施工方案采用灯泡型盾构方案。

#### 3) 取排水管线陆域部分方案

为了补充冷却塔运行过程中损耗的水量，以及将冷却塔排水与厂区其他排水一起排往大海，本项目拟建取水管线路径长度约10.42km，排水管线路径长度约11.75km。

取水：采用两根防腐钢管管线进行取水，取水泵站直接提升至厂区海水预处理站，取水泵数量为8台（6用2备），取水泵扬程约为120m，相对应的输水管道和阀门的压力等级为PN16，输水管径为 $2\times\text{DN}2000$ ，取水泵站到预处理站距离约为9.6km。

排水：采用两根HDPE管线进行排水，路径与取水相同，排水水管径为 $2\times\text{DN}1600$ 。

为了减少取排水管线对农田的占用，本阶段在选址阶段的基础上对取排水管线路由进行了局部优化。

山东招远核电厂冷却塔采用“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，冷却水的取、排水口均位于莱州湾招远市行政管辖海域，单机年平均取水量为  $2.14\text{m}^3/\text{s}$ ；单机年平均排水量为  $1.4\text{m}^3/\text{s}$ 。

## 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

根据本项目潮流泥沙数值模拟计算复核研究报告，专题单位采用二维泥沙数学模型结合 2021 年~2022 年最新的全潮水文观测结果开展了 2 台机组运行工况下的水动力和泥沙冲淤模拟计算。此外，本项目取排水工程西北侧规划建设海上光伏项目，因此在模拟计算过程中考虑了光伏项目对本项目水动力条件的影响。

本项目取、排水工程位于莱州湾龙口港附近，所在海域岸线较为复杂，北侧龙口港附近有砣姆岛，附近东北侧有裕龙岛工程，西南侧又有招远的环抱式港池码头。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。而砣姆岛及裕龙岛外端凸出位置流速较大。砣姆岛外端突出位置最大涨落潮流速可达  $1.0\text{m/s}$  左右。砣姆岛和裕龙岛外缘涨落潮水流则变得较为平顺。工程区处于裕龙岛掩护区内，流速较小，基本在  $0.3\text{m/s}$  以内。图 6.1-1 给出了工程海域典型时刻流场图。

水动力变化：本项目为暗取暗排方式，取、排水流量极小，单台机组最大取水量约  $2.48\text{m}^3/\text{s}$ ，最大排水量约  $1.6\text{m}^3/\text{s}$ 。排水口位于裕龙岛西侧  $-6.0\text{m}$  等深线海域，取水口头部布置在裕龙岛的西侧  $-6.0\text{m}$  等深线海域，距离裕龙岛相对较远。图 6.1-2 为 2 台机组取水涨落急流态图。可以看出，由于本项目取、排水流量极小， $0.01\text{m/s}$  流速影响范围局限于涨落潮方向南北  $\pm 50\text{m}$  范围内、东西方向  $\pm 30\text{m}$  范围内，预计取排水对周围流速的影响极小。

泥沙冲淤：图 6.1-3 给出工程附近海床年冲淤分布图，在常态天气偶遇小风浪作用，工程海域冲淤幅度基本在  $\pm 0.5\text{m}$  以内。外海裕龙岛突出部分前沿由于挑流作用，流速较大，会产生局部冲刷，冲刷深度  $0.5\text{m}$ 。在裕龙岛掩护区内则会发生淤积，淤积幅度小于  $0.5\text{m}$ 。在取排水口附近的近岸浅滩会发生轻微冲刷，冲刷幅度在  $0.2\text{m}$  左右，取

排水口附近会发生轻微的冲淤，冲淤幅度在±0.4m以内。光伏项目建设后，对水流的影响仅局限于桩基近区数十米范围内，引起的流速变化不足以引起海床发生冲淤，对周边海域的整体冲淤并无显著影响。

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

为分析本项目温排水对厂址附近海域的温升影响，南京水利科学研究院在本阶段结合2021年~2022年最新的全潮水文观测结果开展了冷却塔排放水数值模拟计算研究。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，此外，本项目取排水工程西北侧规划建设海上光伏项目，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以及光伏项目的影响。采用MIKE3 FM软件的温盐模块开展本项目三维温排水研究。

##### (1) 主要参数

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

根据核电厂附近海域的实际情况，通过模型率定粗糙高度 $h_s$ 选为0.01m。

##### (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，根据中国科学院海洋研究所2021年~2022年在工程海域进行的冬、夏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，冬、夏季实测潮时间及典型性见表6.1-1。

由于实测潮不满足典型性要求，中国科学院海洋研究所基于日平均潮差推算了潮差累积频率统计结果，给出了满足典型性要求的夏、冬季典型大中小潮，见表6.1-2。温排水影响预测计算采用2022年1月20日~2月3日潮位过程作为冬季半月潮水文条件，采用2022年07月9日~24日潮位过程作为夏季半月潮水文条件，所采用的半月潮时段可以涵盖典型大中小潮观测时段。

##### (3) 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，最小尺度约为 20m，水平网格总数为 27256（考虑光伏的群桩效应），整个模型沿水深方向均匀地分为 5 层。

#### （4）模型验证

结合 2021~2022 年冬、夏两季水文原型观测资料，对潮流数学模型夏、冬两季典型大中小潮典型时刻的潮位、流速流向进行了验证计算。图 6.1-4 给出了四个潮位站（砣姆岛站、招远港站、三山岛站和龙口渔港站）验证计算结果，图 6.1-5 和图 6.1-6 给出了 V01~V13 测点表、中、底分层流速、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 9cm，高低潮潮时最大 30min，表明计算得到的潮波运动与实际潮波吻合良好。流速（向）验证结果显示，各流速基本呈现由表至底略有减小的规律，各层流速过程相似，各时刻流向基本一致。各测点不同深度的计算流速、流向与实测过程吻合良好，流速、流向过程线的形态基本一致。流速误差多在 0.1m/s 以内；除转流时刻外的流向误差较小，在 30°以内。

综上所述，专题研究建立的三维潮流数学模型可以较好地反映厂址附近海域的潮流变化情况。

#### （5）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 6.1-3 给出了山东招远核电厂 2 台机组+裕龙石化联合运行期间夏、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：取水口夏季半月潮下的最大取水温升为 0.414℃，平均取水温升为 0.126℃；冬季半月潮下的最大取水温升为 0.137℃，平均取水温升为 0.052℃。

##### （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℃温升包络面积为0.003km<sup>2</sup>；
- 2℃温升包络面积为0.0032km<sup>2</sup>；
- 1℃温升包络面积为0.09km<sup>2</sup>。

#### — 冬季半月潮

- 4℃温升包络面积为0.0041km<sup>2</sup>；
- 3℃温升包络面积为0.01km<sup>2</sup>；
- 2℃温升包络面积为0.06km<sup>2</sup>；
- 1℃温升包络面积为0.27km<sup>2</sup>。

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6.1-4，温升最大包络面积分布见图6.1-7。

### （6）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)》，中广核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。

根据山东省生态环境厅《山东省生态环境厅关于调整中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划的函》（鲁环函〔2023〕29号），同意将山东招远核电厂排水口附近海域调整为混合区，调整的混合区面积为1.89km<sup>2</sup>，混合区内不设水质管控目标。本项目排水口位于调整的混合区内。

结合已开展温排水数值模拟结果，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6.1-8，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℃最大温升包络线均位于混合区内，4℃最大温升包络线也位于混合区内。因此，本项目的温升满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

### （7）海洋生态红线及环境管控单元相符性评价

本项目取排水口周围海域最近的海洋生态红线区为招远海岸防护物理防护极重要区生态保护红线，最近处位于排水口西南侧约3.8km。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海岸防护物理防护极重要区生态保护红线，预计不会对排水口附近的海洋生态红线区产生影响。

根据烟台市“三线一单”生态环境分区管控方案，本项目取排水口及温排水夏季1℃冬季2℃温升范围均位于海域重点管控单元，重点管控要求为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。本项目温排水水量及温升范围均较小，对海洋环境质量影响很小，总体上与当地海域重点管控单元的管控要求是相符的。

### 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 节相关描述。

#### 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<sup>3</sup>/s，2 台机组的年均取水量为 4.28m<sup>3</sup>/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<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。根据调查结果，评价区域内鱼卵的平均密度 1.383 粒/m<sup>3</sup>，评价区域内仔稚鱼的平均密度为 0.205 尾/m<sup>3</sup>，2 台机组循环冷却水评价取水量约为 4.28m<sup>3</sup>/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<sup>8</sup> 粒，仔稚鱼 2.21×10<sup>7</sup> 尾。

通过以上分析可知，本项目年取水量较小，同时，工程将尽可能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 1.49m<sup>3</sup>/s，冷却水温升为 4.42℃；单台机组冬季冷却水排水量为 1.13m<sup>3</sup>/s，冷却水温升为 12.80℃。经过

长约 11.75km 的排水管线输送，最终进入水体的温升也会有一定的降低。

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》，温升小于 2℃，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；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。本项目 2 台机组运行时，夏季半月潮水文条件下 2.0℃ 温升最大包络面积为 0.0032km<sup>2</sup>，冬季半月潮水文条件下 2.0℃ 温升最大包络面积为 0.06km<sup>2</sup>。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规划的禁止养殖区，预计电厂冷却塔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国家级海洋公园、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。

— 招远砂质黄金海岸国家级海洋公园：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 2km，距离生态与资源恢复区约 6km，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<sup>2</sup>，其中核心区面积 1710km<sup>2</sup>，实验区面积为 5414km<sup>2</sup>，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国家级海洋公园和招远砂质海岸海洋特别保护区，且泥沙数模显示，本项目 2 台机组正常运行期间取排水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，预计对两个保护类型为砂质海岸的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。

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）及专题论证报告相关结论，在实施了渔业资源与渔业生态环境修复措施后，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。

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<sup>2</sup>，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环形的垂直面声源。参考HJ2.4-2021中面声源几何发散衰减模式进行

预测：

当  $r \leq a/\pi$  时，衰减值接近为 0dB，距离变化，声压级几乎无变化；

当  $a/\pi < r < b$  时，按线声源考虑， $A_{div} \approx 10 \lg (r/r_0)$ ，距离加倍衰减 3dB；

当  $r \geq d$  时，按点声源考虑， $A_{div} \approx 20 \lg (r/r_0)$ ，距离加倍衰减 6dB。

其中： r—预测点距离声源的直线距离， m；

r—源强参考位置距声源的距离，取 1m；

$A_{div}$ —几何发散引起的衰减， dB；

a—冷却塔进风口高度，取 15m；

d—视冷却塔面声源视为“点声源”的距离， m。

除大型自然通风冷却塔外，根据本项目还设置3列机械通风冷却塔（BCL），A/B列分别由10格机械通风冷却塔组成，C列由8格机械通风冷却塔组成，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整个厂区较小（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，预测时还考虑了空气吸收以及地面效应引起的附加衰减。

此外，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<sup>2</sup>，本项目核岛及常规岛厂房等主要噪声源位于厂区中部位置，可采用HJ2.4-2021中的点声源几何发散衰减公式预测其对厂界噪声的贡献。

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：

$$L = 10 \lg \left[ \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right]$$

式中：L—为 n 个噪声源的合成声压级， dB(A)；

$L_i$ —为第 i 个噪声源至预测点处的声压级， dB(A)；

n—噪声源个数。

经预测计算，本项目 2 台机组正常运行时厂界噪声最大贡献值为 63.0dB(A)，位于西侧厂界；南侧厂界噪声最大贡献值为 53.0dB(A)；东侧厂界噪声最大贡献值为 47.6dB(A)；北侧厂界噪声最大贡献值小于 45dB(A)。本项目一期工程正常运行后距离

1号反应堆最近的村庄约1.8km，对其噪声贡献值小于40dB(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)，西侧厂界夜间不能满足GB12348-2008中的3类标准55dB(A)，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45dB(A))。由预测噪声分布图可知，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。

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，根据相关文献及降噪措施的调研结果<sup>[1-2]</sup>，一般采用声屏障降噪效果可达15~20dB(A)，采用绿化林带预计降噪2dB(A)左右。本项目拟主要采用隔声吸声屏障的降噪方式，降噪设施布置在部分超标的厂界附近（主要为西侧），预计降噪效果在15dB(A)以上，降噪后在厂界处的噪声可满足GB12348-2008中的3类或2类标准各时段的排放要求。

#### 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<sup>[3]</sup>）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2023年5月~2024年4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  $10\sim 2000\mu\text{m}$  范围，主要集中在  $10\sim 70\mu\text{m}$  直径范围内，约占总质量的 56%。

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  $4\sim 30\mu\text{m}$  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。

表 6.1-5 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 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 65h，出现在 NE 方位 600m 处。太阳能损失百分比最大值为 5.1%，出现在 NNE 方位 400m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 2.8%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.9%。

春季，荫屏时间最大值为 47h，出现在 W 方位 400m 处。太阳能损失百分比最大值为 2.9%，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 1.1%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 0.6%。

夏季，荫屏时间最大值为 91h，出现在 NW 方位 1600m 处。太阳能损失百分比最大值为 3.7%，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 2.1%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.3%。

秋季，荫屏时间最大值为 41h，出现在 NNE 方位 400m 处。太阳能损失百分比最大值为 2.7%，出现在 NNE 方位 400m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.5%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.1%。

全年，荫屏时间最大值为 183h，出现在 WNW 方位 400m 处。太阳能损失百分比最大值为 2.6%，出现在 NE 和 NW 方位 200m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.4%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 0.8%。

太阳辐射量的自然年际波动范围约为 1%~10%。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 5.1%（冬季）、2.9%（春季）、3.7%（夏

季），2.7%（秋季），均小于太阳能的年际变化，厂址半径 1km 范围处各季节太阳能损失最大不超过 2.8%，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 飘滴和水沉积

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，对环境明显减少；在温度低或湿度大时，则影响加强。

表 6.1-7 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。

从表中可以看出，冷却塔水沉积主要分布于 NNW、S 和 SSW 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 NNW 和 S 方位 900m~1500m 处，冬季为 70kg/(ha·月)，春季为 128kg/(ha·月)，夏季为 173kg/(ha·月)，秋季为 96kg/(ha·月)，年平均为 120kg/(ha·月)，换算成降水量，120kg/(ha·月)的年平均水沉积量相当于增加约 0.14mm/年的降水量。

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 给出了核电厂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 900m~1500m 处，冬季为 4.23kg/(ha·月)，春季为 8.71kg/(ha·月)，夏季为 8.92kg/(ha·月)，秋季为 5.54kg/(ha·月)，年平均为 6.81kg/(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)，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)，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)，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最高值区域不高于 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、芥菜等当地代表性植物受盐沉积的影响。结合实验结果，对于植物影响，盐沉积量达到 20kg/(ha·月)时可能对植物个别生长指标造成明显影响。根据预测结果，山东招远核电厂一期工程冷却塔盐沉积不超过 10kg/(ha·月)，预计不会对植物有明显影响。

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。

对于盐沉积的土壤影响，根据实验及现场调研结果，冷却塔盐沉积模拟计算的中浓度区及高浓度区，土壤为砂质土壤，透水性较好，即该区域土壤易于通过土壤淋溶转移可溶性盐，每年的7月和8月份是降雨较多的时期，降雨能够转移出大量的可溶性盐，其中包括海水冷却塔盐雾飘滴沉降的盐份。同时，该区域耕地大多具有一定坡度，排水性较好，盐碱离子可随地表径流转移到他处或随河流入海。此外，冷却塔盐沉积影响范围除村庄、采石迹地外，大多数是农田，少部分是丘陵森林。冷却塔盐雾飘滴产生的部分盐碱离子会被地面的植被截留，特别是可以随作物秸秆的利用而迁移出该区域，从而也会减缓土壤中盐碱离子的累积。因此，本项目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。

此外，设计单位针对海水冷却塔收水器、漂滴谱等开展了专项科学研究，该研究通过测试不同淋水密度、喷头及收水器等组合条件下的飘滴谱，作出了收水器能够捕捉大粒径的飘滴，但不能捕捉小粒径飘滴的假设。该研究通过建立收水器数值模型及物理模型，模拟分析了不同粒径的飘滴经过收水器片间隙时的流动过程；模拟结果表明，当粒径大于100~140微米的飘滴，将被收水器捕捉。

#### 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<sup>[4]</sup>和Zeller<sup>[5]</sup>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<sup>[6]</sup>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] 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。
- [2] 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.

- [3] USNRC, NUREG-1555, Standard Review Plans for Environmental Reviews for Nuclear Power Plants: Environmental Standard Review Plan for New Site/Plant Applications, June 2.
- [4] Broehl, K. J., "Field investigations of Environmental Effects of Cooling Towers for Large Steam Electric Plants," Portland General Electric Company, 1968.
- [5] Zeller, R. W., et al, "Report on Trip to Seven Thermal Power Plants," Pollution Control Council, Pacific Northwestern Area, 1971.
- [6] Hosler, C. L., "Wet Cooling Tower Plume Behavior," Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 1971.

表 6.1-1 夏、冬季实测潮时间及典型性

季节	潮期	观测时段	平均潮差 (m)	累积频率	是否满足典型性要求
夏季	大潮	2022 年 07 月 14 日~15 日	0.9	0.1%	否
	中潮	2022 年 07 月 19 日~20 日	0.75	8.6%	
	小潮	2022 年 07 月 09 日~10 日	0.58	59%	
冬季	大潮	2022 年 1 月 2 日~3 日	0.82	0.4%	
	中潮	2021 年 12 月 31 日~1 月 1 日	0.67	29.2%	
	小潮	2021 年 12 月 28 日~29 日	0.57	62.3%	

表 6.1-2 模型预测推荐使用的夏、冬季典型潮

季节	潮期	时段	平均潮差(m)	累积频率
夏季	大潮	2022 年 07 月 17 日~18 日	0.73	12.1%
	中潮	2022 年 07 月 20 日~21 日	0.61	49.0%
	小潮	2022 年 07 月 23 日~24 日	0.45	91.4%
	半月潮	2022 年 07 月 9 日~24 日	/	/
冬季	大潮	2022 年 02 月 3 日~4 日	0.74	11.0%
	中潮	2022 年 01 月 30 日~31 日	0.61	48.3%
	小潮	2022 年 01 月 28 日~29 日	0.48	86.1%
	半月潮	2022 年 1 月 20 日~2 月 3 日	/	/

**表 6.1-3 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**

潮型	运行方式	取水温升（℃）	
		平均值	最大值
夏季半月潮	招远 2 台机组+裕龙	0.126	0.414
冬季半月潮	石化	0.052	0.137

**表 6.1-4 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**

潮型	运行方式	垂向位置	最大温升包络面积 (km <sup>2</sup> )							
			1°C		2°C		3°C		4°C	
			招远	裕龙	招远	裕龙	招远	裕龙	招远	裕龙
夏季半月潮	招远 2 台机组 +裕龙石化	投影	0.09	74.78	0.0032	25.20	0.0030	11.84	/	6.20
冬季半月潮		投影	0.27	81.90	0.06	28.17	0.01	14.11	0.0041	9.26

表 6.1-5 全年冷却塔雾羽荫屏时间

单位：h

方位 下风向距离(m)	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	平均
200	77	72	78	87	91	118	160	149	130	138	160	124	72	72	69	71	104.2
400	71	74	85	119	175	183	162	128	115	127	126	117	125	63	67	63	112.5
600	72	81	99	135	165	169	176	121	80	89	121	109	88	64	63	69	106.3
800	69	80	111	128	145	154	162	116	68	58	106	104	80	64	61	63	98.1
1000	54	76	109	128	120	135	156	120	63	50	81	79	56	61	49	53	86.9
2000	30	45	71	92.9	106.5	113.9	131.1	83	35	15	20	43.5	48.8	41.5	28.4	26.4	58.3
3000	13	36	52.9	70.1	78.6	73.2	100.5	75.4	23	9	12.4	26.8	39	27.5	12.8	10.4	41.3
4000	8.4	20	28.4	54.8	58.7	58.7	98.1	74.4	15	3	5	22.4	27.5	19.7	3.4	6.4	31.5
5000	0	1	19.4	39.4	51.8	41.4	90	14.4	1	0	2	14.9	20.8	9.6	2.4	1.4	19.3
6000	0	0	7.4	27.5	41.1	42.5	20.3	9.4	0	0	0	5.4	9.5	6.8	2.4	0	10.8
7000	0	0	3.4	28.8	30.5	24.6	9	0	0	0	0	2.2	7.5	3.7	2.4	0	7
8000	0	0	1	22.9	17.9	3.7	7.7	0	0	0	0	2.2	5	3.7	1.4	0	4.1

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	WN W	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	平均
200	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.9	2.6	2.5	2.2	2.3	2.6	2	1	1	1	1.1	1.7
400	1.1	1.2	1.3	1.6	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.6	1.5	1.4	1.3	0.7	0.9	0.9	1.4
600	1	1.2	1.3	1.5	1.2	1.2	1.6	1.5	1	1	1.2	1	0.7	0.6	0.7	0.9	1.1
800	0.9	1.1	1.4	1.2	0.9	0.9	1.3	1.4	0.9	0.6	0.9	0.8	0.6	0.5	0.6	0.7	0.9
1000	0.7	1	1.2	1.1	0.7	0.7	1.2	1.4	0.8	0.5	0.7	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8
2000	0.3	0.6	0.7	0.5	0.4	0.4	0.8	0.8	0.4	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.4
3000	0.1	0.5	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	0.7	0.2	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
4000	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.4	0.6	0.2	0	0	0.1	0.2	0.1	0	0	0.2
5000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.2	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0.1
6000	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	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	0.1	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	WN W	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	平均
100	21.0	25.0	13.0	3.2	2.7	2.1	6.9	36.0	24.0	13.0	9.0	9.1	9.6	11.0	12.0	14.0	13.0
200	21.0	25.0	13.0	3.2	2.7	2.1	6.9	36.0	24.0	13.0	9.0	9.1	9.6	11.0	12.0	14.0	13.0
400	22.0	25.0	15.0	3.7	4.5	2.8	10.0	39.0	27.0	15.0	11.0	10.0	11.0	12.0	13.0	16.0	15.0
600	19.0	23.0	11.0	3.1	2.7	1.9	4.8	34.0	21.0	9.5	7.1	9.2	10.0	11.0	10.0	11.0	12.0
800	18.0	23.0	13.0	3.3	3.2	1.4	6.0	41.0	22.0	11.0	7.4	15.0	18.0	9.2	10.0	11.0	13.0
1000	32.0	44.0	27.0	7.2	3.1	2.3	9.2	62.0	40.0	20.0	14.0	14.0	21.0	16.0	16.0	20.0	22.0
1500	34.0	49.0	24.0	4.3	1.4	1.2	9.8	120.0	38.0	13.0	9.2	9.2	10.0	11.0	15.0	16.0	23.0
2000	25.0	30.0	15.0	3.1	0.8	1.0	5.7	50.0	26.0	7.8	7.5	5.3	5.1	6.8	9.6	8.8	13.0
2500	16.0	22.0	9.9	1.9	0.7	0.7	4.0	37.0	17.0	6.3	4.8	3.6	4.1	4.0	6.3	6.7	9.0
3000	11.0	15.0	8.8	1.8	0.6	0.6	3.9	28.0	12.0	5.6	4.1	3.9	3.7	3.8	5.1	5.3	7.1
4000	6.6	8.5	5.8	1.0	0.4	0.3	3.3	17.0	8.3	4.8	3.1	2.8	2.7	2.1	3.6	3.8	4.6
5000	5.9	7.4	5.1	1.0	0.4	0.4	2.9	15.0	7.1	4.2	2.8	2.4	2.2	1.9	3.2	3.3	4.1
6000	5.7	7.0	5.0	1.1	0.4	0.4	2.4	11.0	7.1	4.0	2.8	2.2	2.1	2.1	2.7	3.0	3.7
7000	5.6	6.7	4.8	1.2	0.4	0.4	1.6	9.5	7.1	3.3	2.4	1.9	2.0	2.1	2.0	2.6	3.4
8000	5.8	7.5	5.2	1.2	0.4	0.4	1.8	11.0	7.7	3.5	2.5	2.0	2.3	2.2	2.1	2.8	3.7
9000	5.2	6.8	5.2	1.2	0.4	0.4	1.5	9.8	7.1	2.8	2.3	1.6	2.1	2.1	1.8	2.4	3.3
10000	4.7	6.2	4.7	1.1	0.4	0.4	1.4	9.0	6.3	2.6	2.1	1.5	2.0	1.9	1.6	2.2	3.0

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	1.09	1.25	0.68	0.17	0.16	0.12	0.37	1.84	1.27	0.71	0.49	0.51	0.52	0.60	0.64	0.77	0.70
200	1.09	1.25	0.68	0.17	0.16	0.12	0.37	1.84	1.27	0.71	0.49	0.51	0.52	0.60	0.64	0.77	0.70
400	1.31	1.44	0.99	0.23	0.36	0.23	0.85	2.27	1.83	1.10	0.82	0.68	0.72	0.78	0.83	1.12	0.97
600	1.23	1.29	0.76	0.24	0.31	0.24	0.46	1.89	1.64	0.75	0.59	0.85	0.85	1.01	0.75	0.82	0.85
800	0.99	1.20	0.74	0.21	0.34	0.14	0.39	2.20	1.32	0.70	0.49	1.04	1.41	0.71	0.61	0.67	0.82
1000	2.06	2.60	1.58	0.43	0.23	0.19	0.57	3.51	2.59	1.26	0.87	1.09	1.41	1.25	1.15	1.41	1.39
1500	2.10	2.91	1.44	0.29	0.14	0.09	0.55	6.81	2.48	0.91	0.62	0.67	0.82	0.79	1.06	1.04	1.42
2000	1.45	1.79	0.91	0.20	0.07	0.07	0.33	3.26	1.79	0.53	0.46	0.42	0.38	0.52	0.63	0.61	0.84
2500	0.95	1.34	0.59	0.12	0.05	0.05	0.21	2.43	1.15	0.41	0.29	0.25	0.30	0.30	0.42	0.47	0.58
3000	0.69	0.95	0.51	0.11	0.04	0.04	0.19	1.83	0.82	0.33	0.25	0.24	0.24	0.28	0.35	0.34	0.45
4000	0.39	0.49	0.28	0.06	0.03	0.02	0.12	0.87	0.45	0.21	0.15	0.15	0.14	0.15	0.19	0.21	0.24
5000	0.31	0.40	0.22	0.05	0.02	0.02	0.09	0.69	0.33	0.16	0.11	0.11	0.11	0.12	0.15	0.16	0.19
6000	0.28	0.35	0.19	0.05	0.02	0.02	0.07	0.53	0.30	0.14	0.10	0.09	0.08	0.10	0.12	0.13	0.16
7000	0.24	0.28	0.17	0.04	0.02	0.02	0.05	0.38	0.27	0.11	0.09	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11	0.13
8000	0.22	0.28	0.16	0.04	0.02	0.01	0.05	0.41	0.27	0.10	0.08	0.06	0.08	0.08	0.08	0.10	0.13
9000	0.18	0.23	0.15	0.04	0.02	0.01	0.05	0.34	0.21	0.08	0.07	0.05	0.07	0.07	0.07	0.09	0.11
10000	0.15	0.20	0.12	0.03	0.01	0.01	0.04	0.29	0.18	0.07	0.06	0.04	0.06	0.06	0.06	0.07	0.09

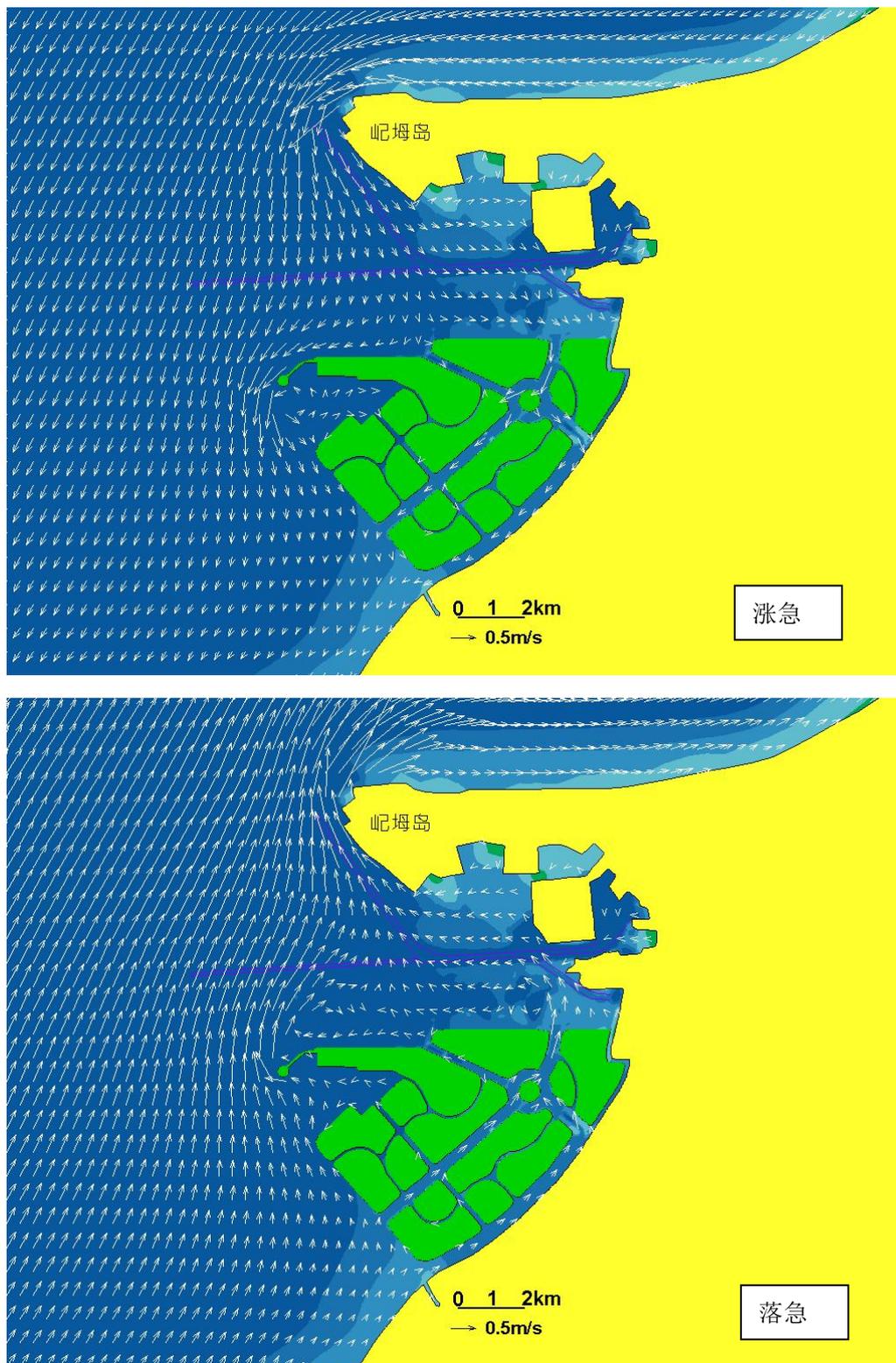


图 6.1-1 工程海域典型时刻流场图

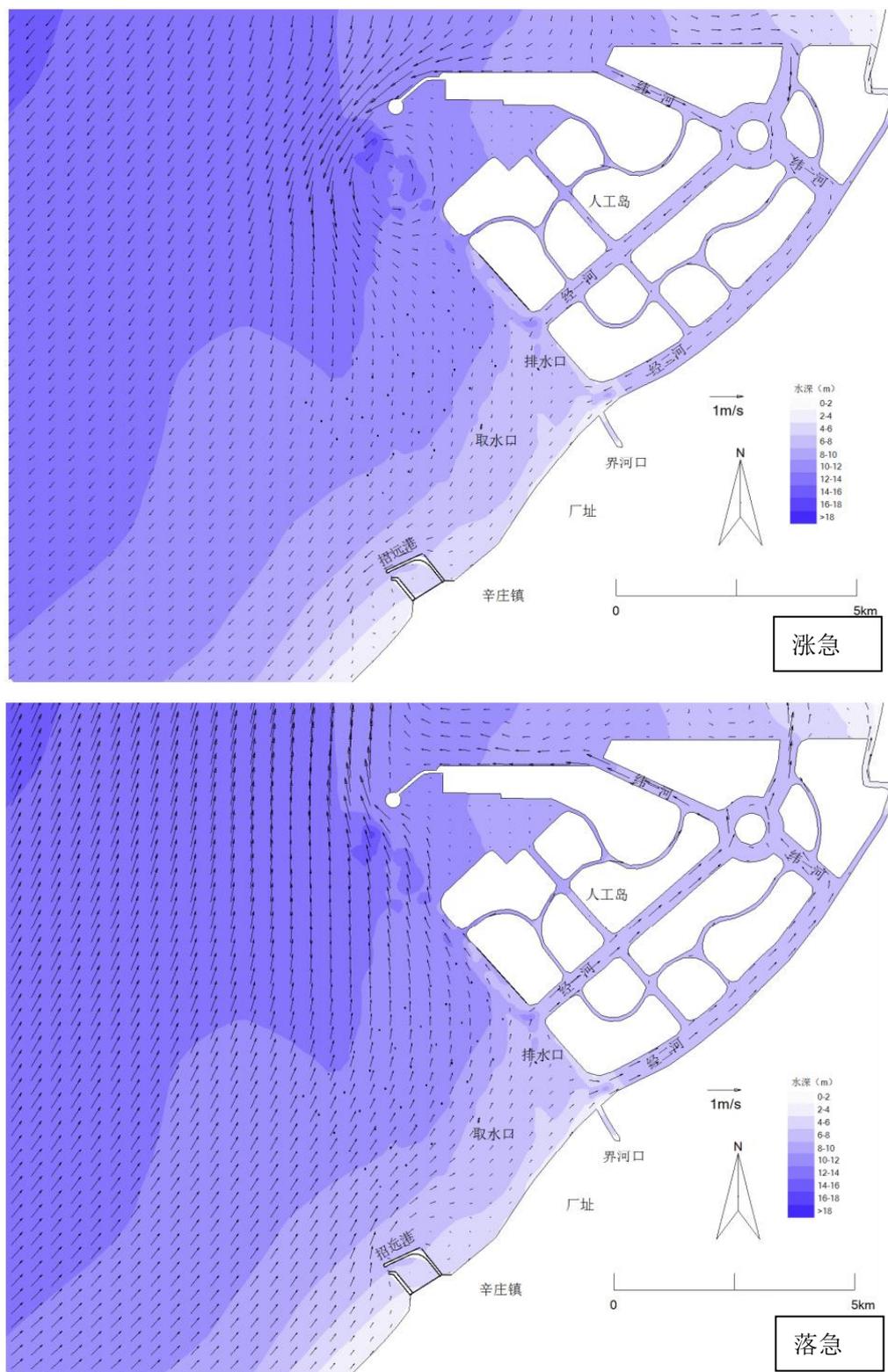


图 6.1-2 运行期间涨落急流态图

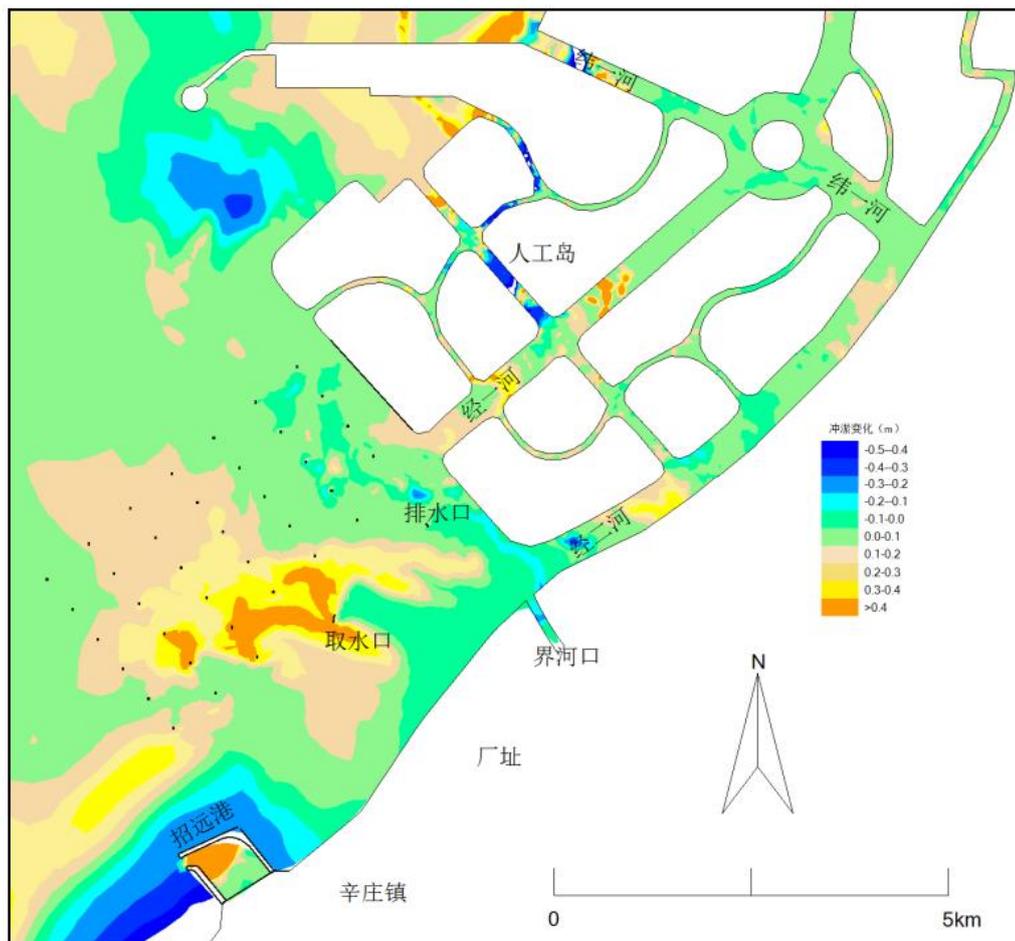
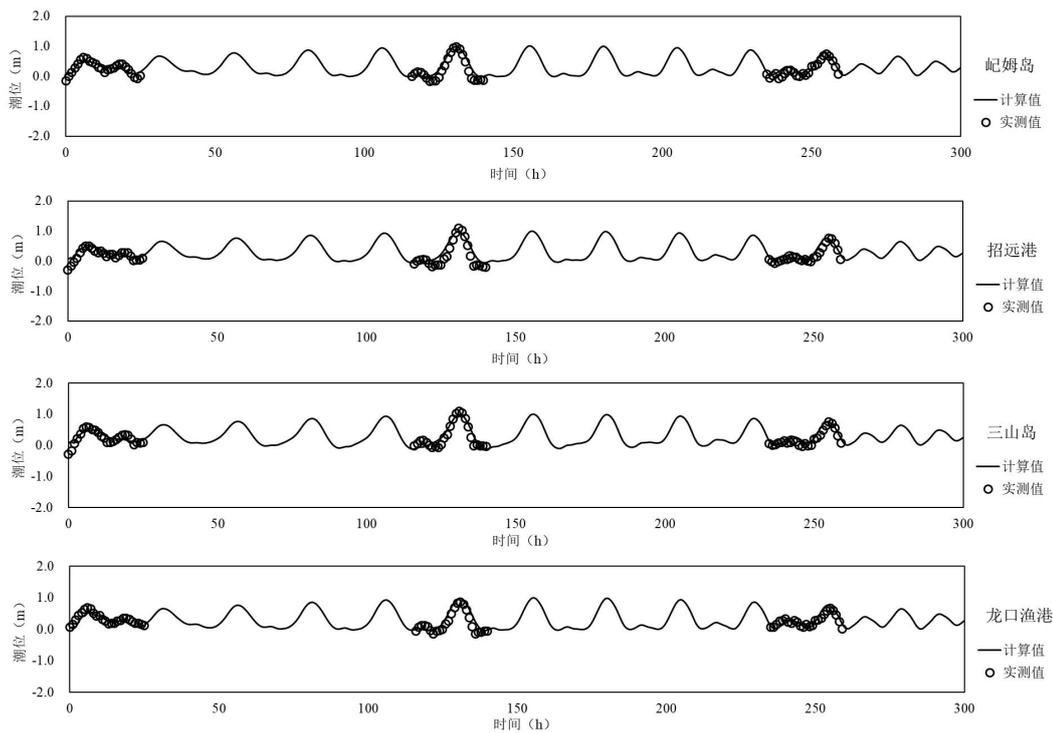
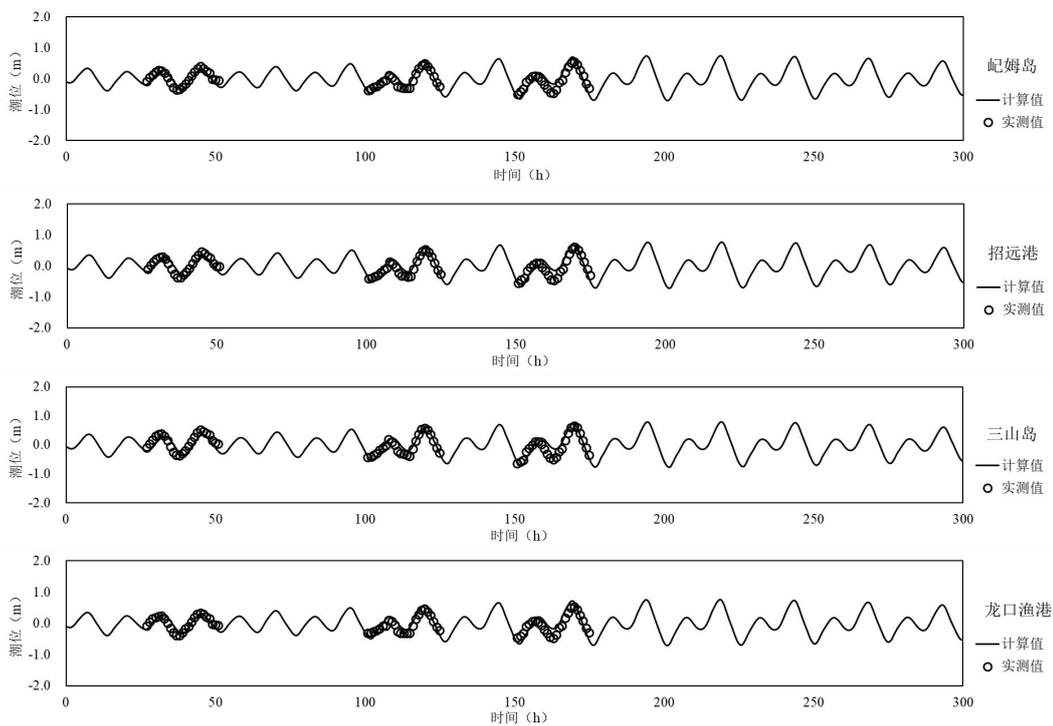


图 6.1-3 工程附近海床年冲淤分布图

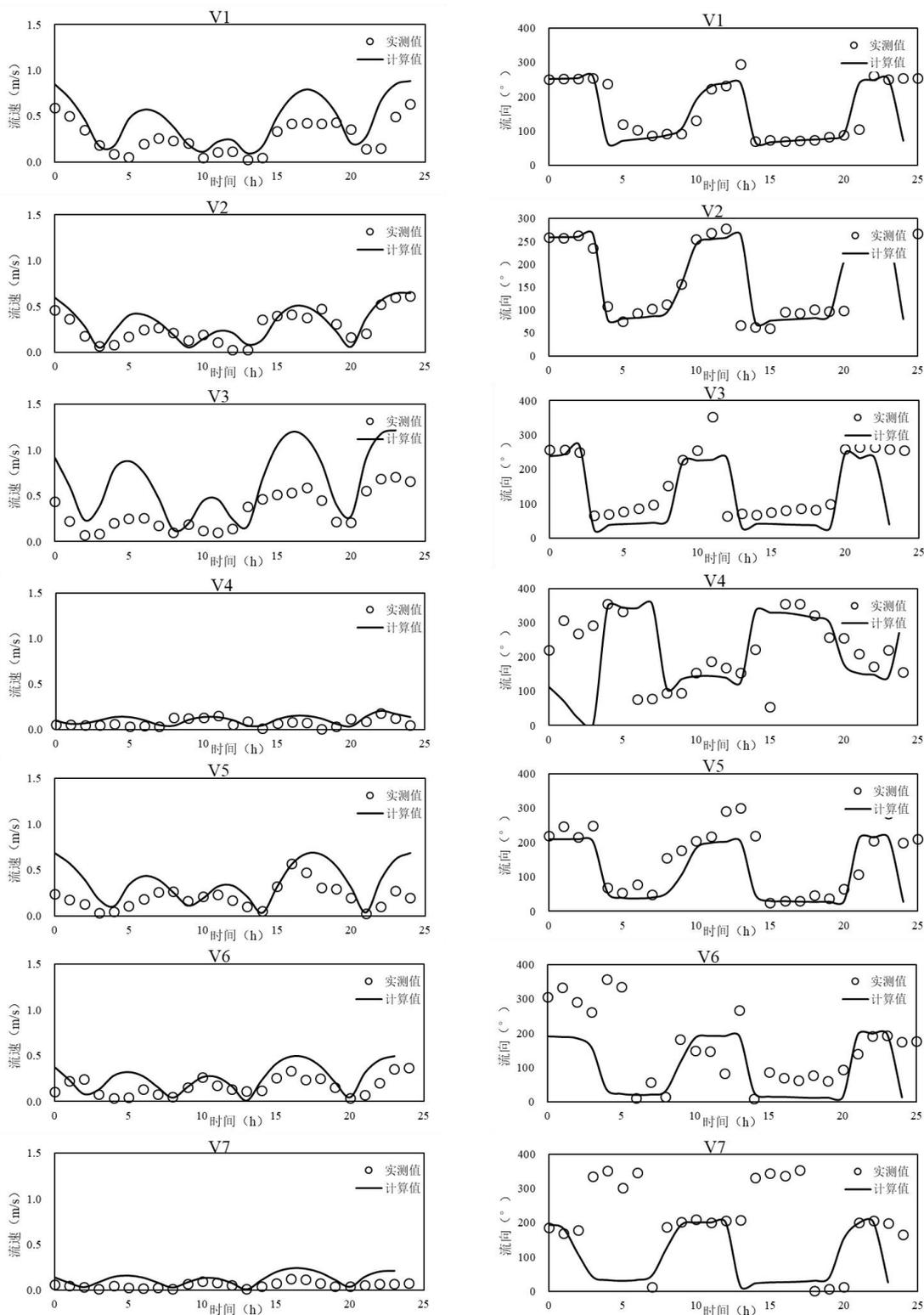


**a 夏季**



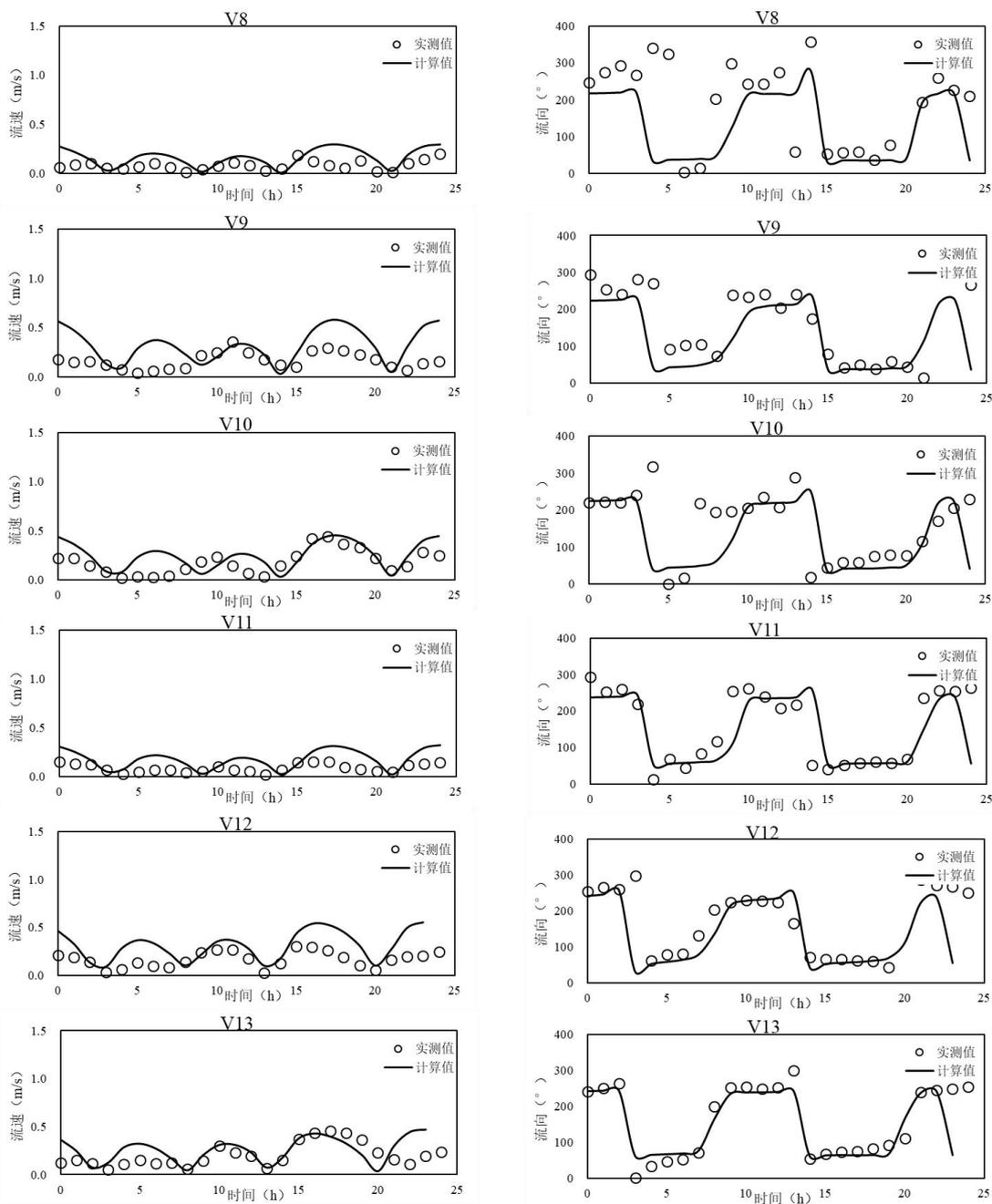
**b 冬季**

图 6.1-4 工程海域潮位验证



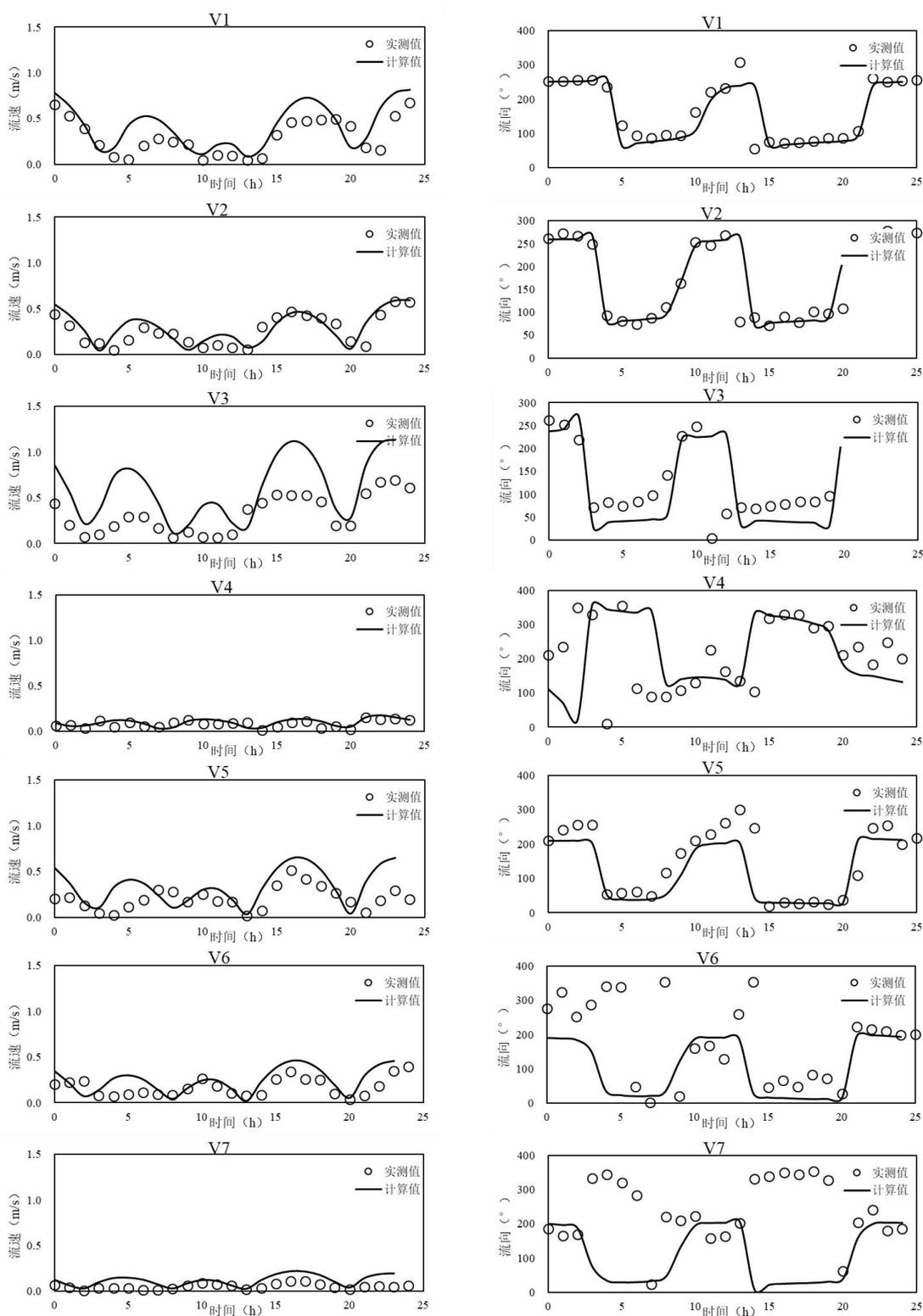
大潮表层

图 6.1-5 (1/12) 夏季工程海域流速、流向验证



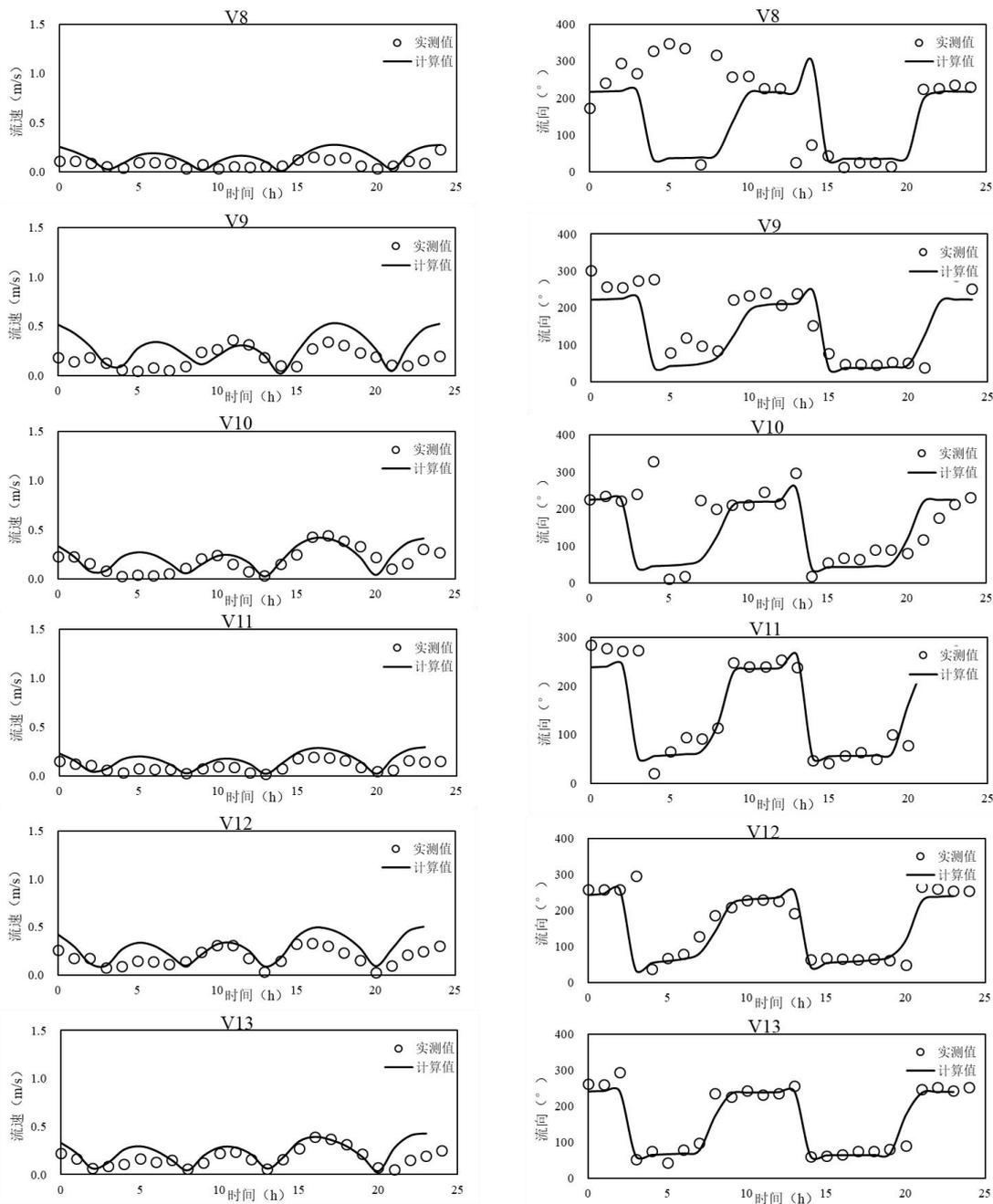
大潮表层

图 6.1-5 (2/12) 夏季工程海域流速、流向验证



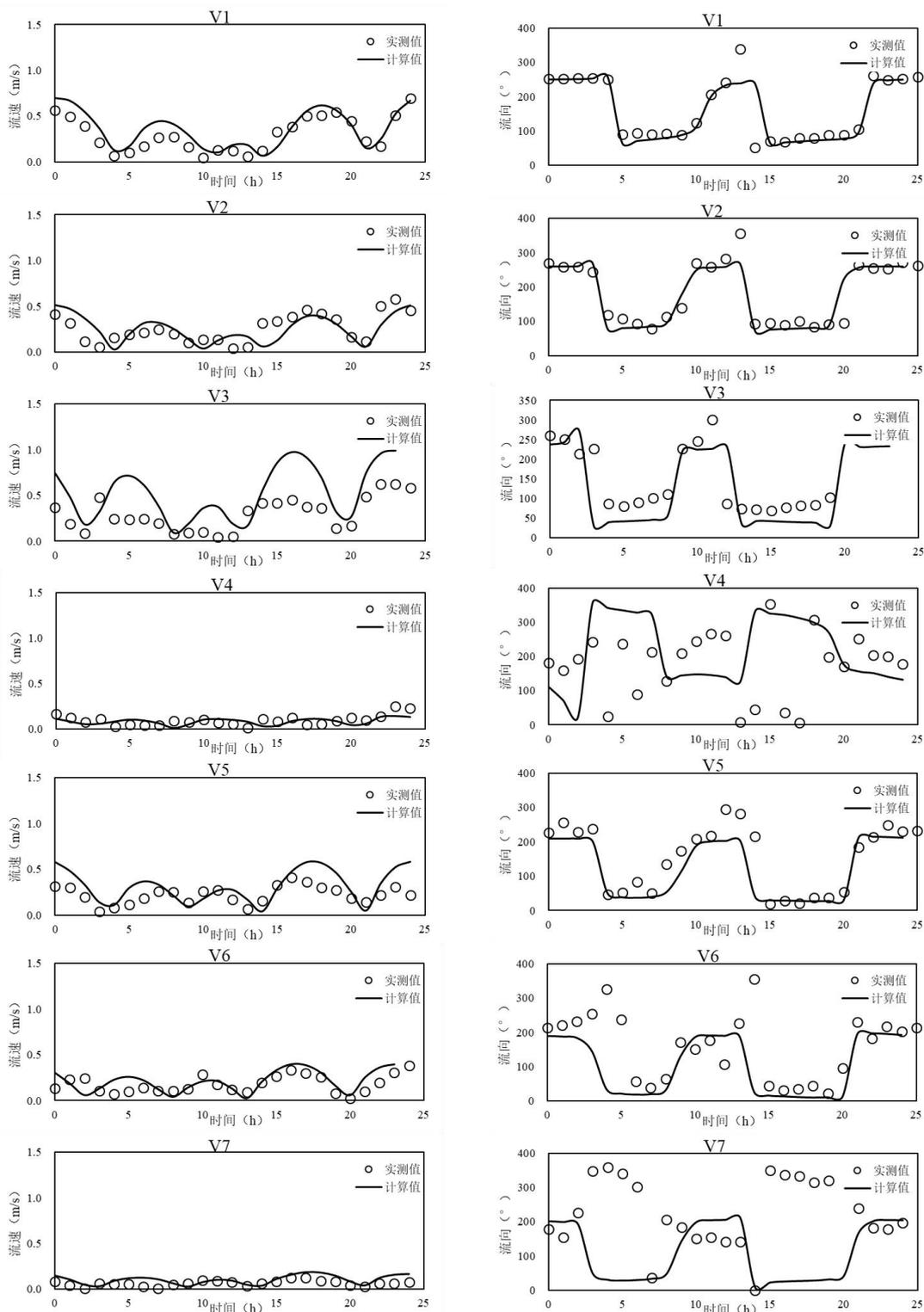
大潮中层

图 6.1-5 (3/12) 夏季工程海域流速、流向验证



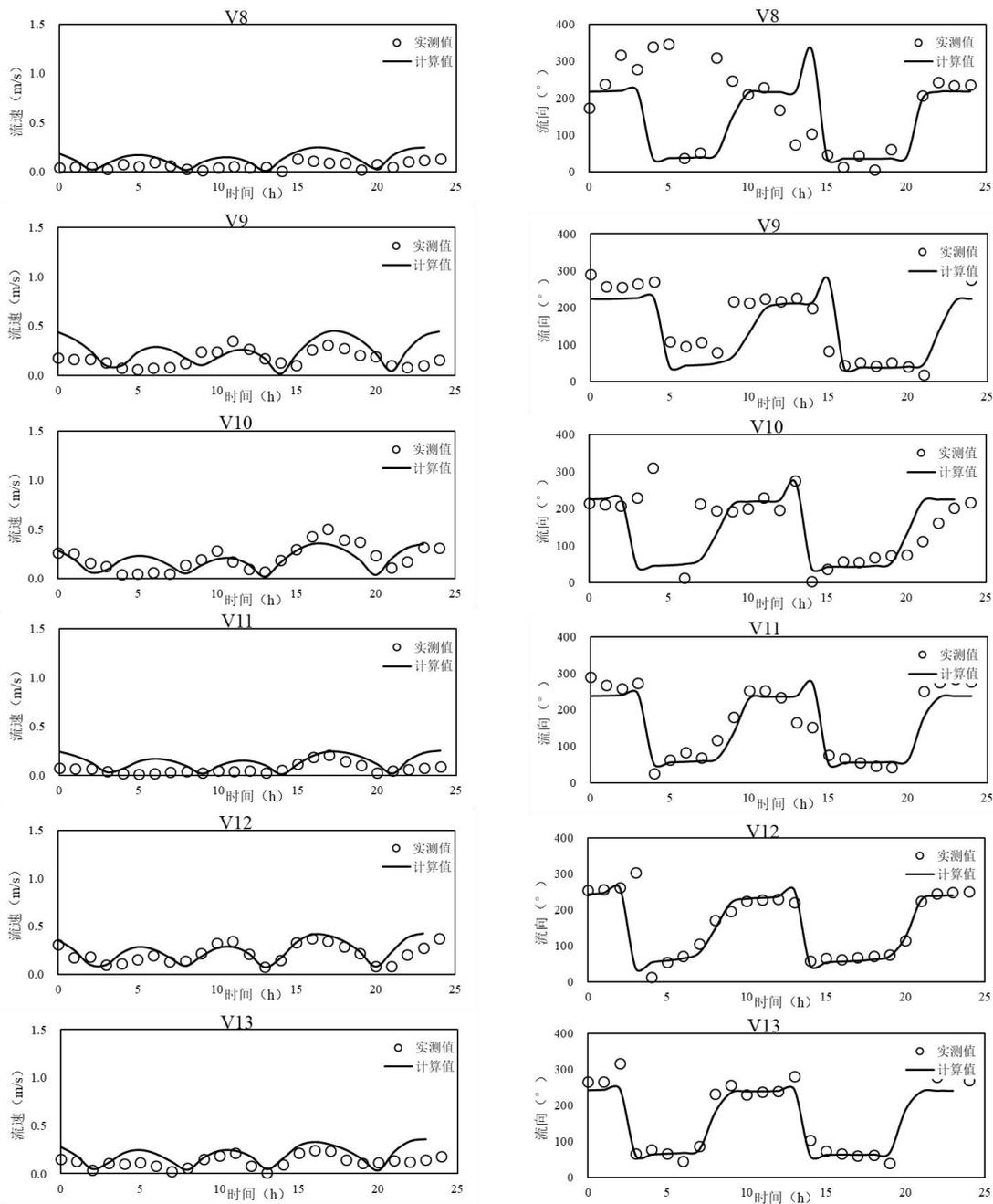
大潮中层

图 6.1-5 (4/12) 夏季工程海域流速、流向验证



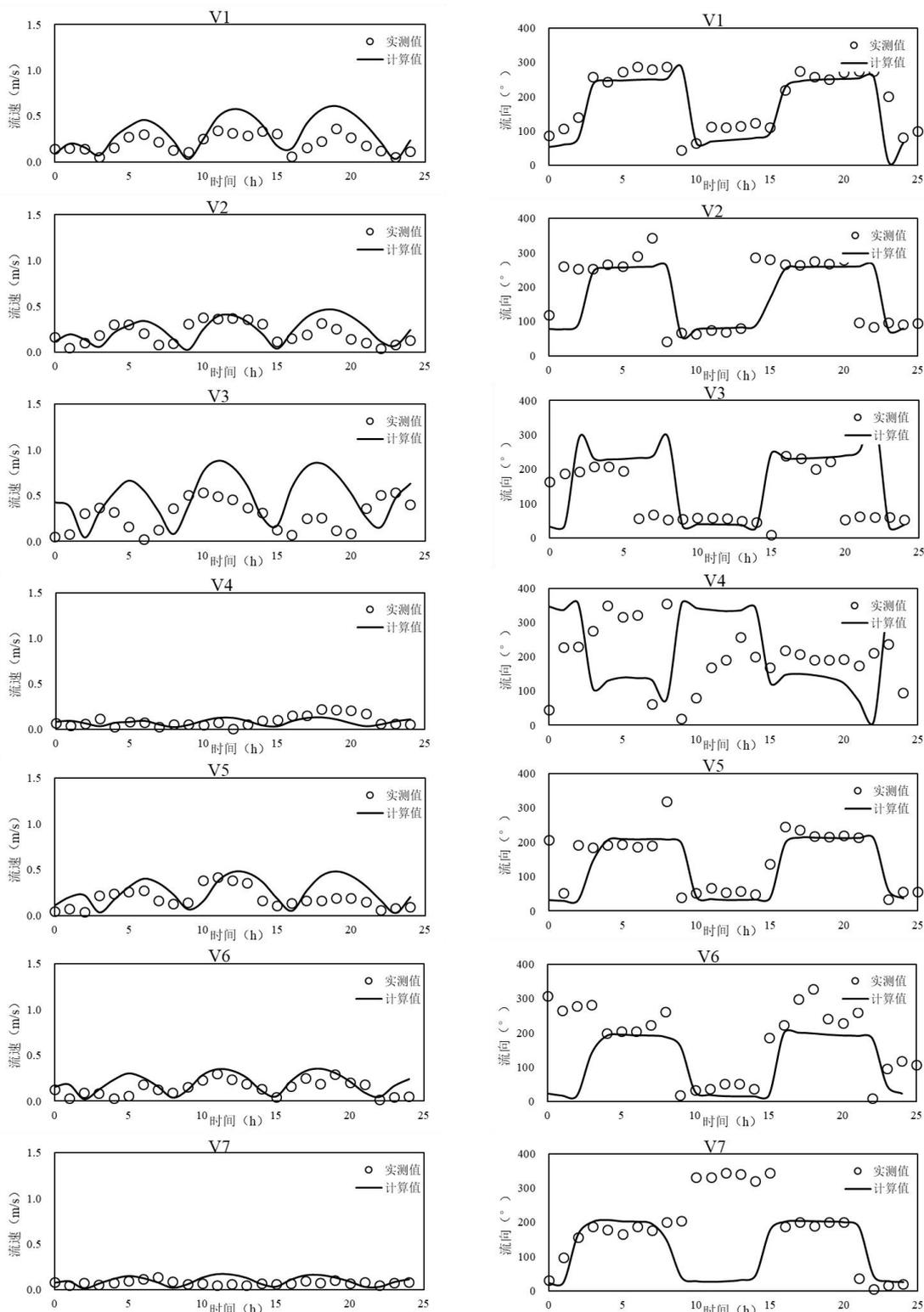
大潮底层

图 6.1-5 (5/12) 夏季工程海域流速、流向验证



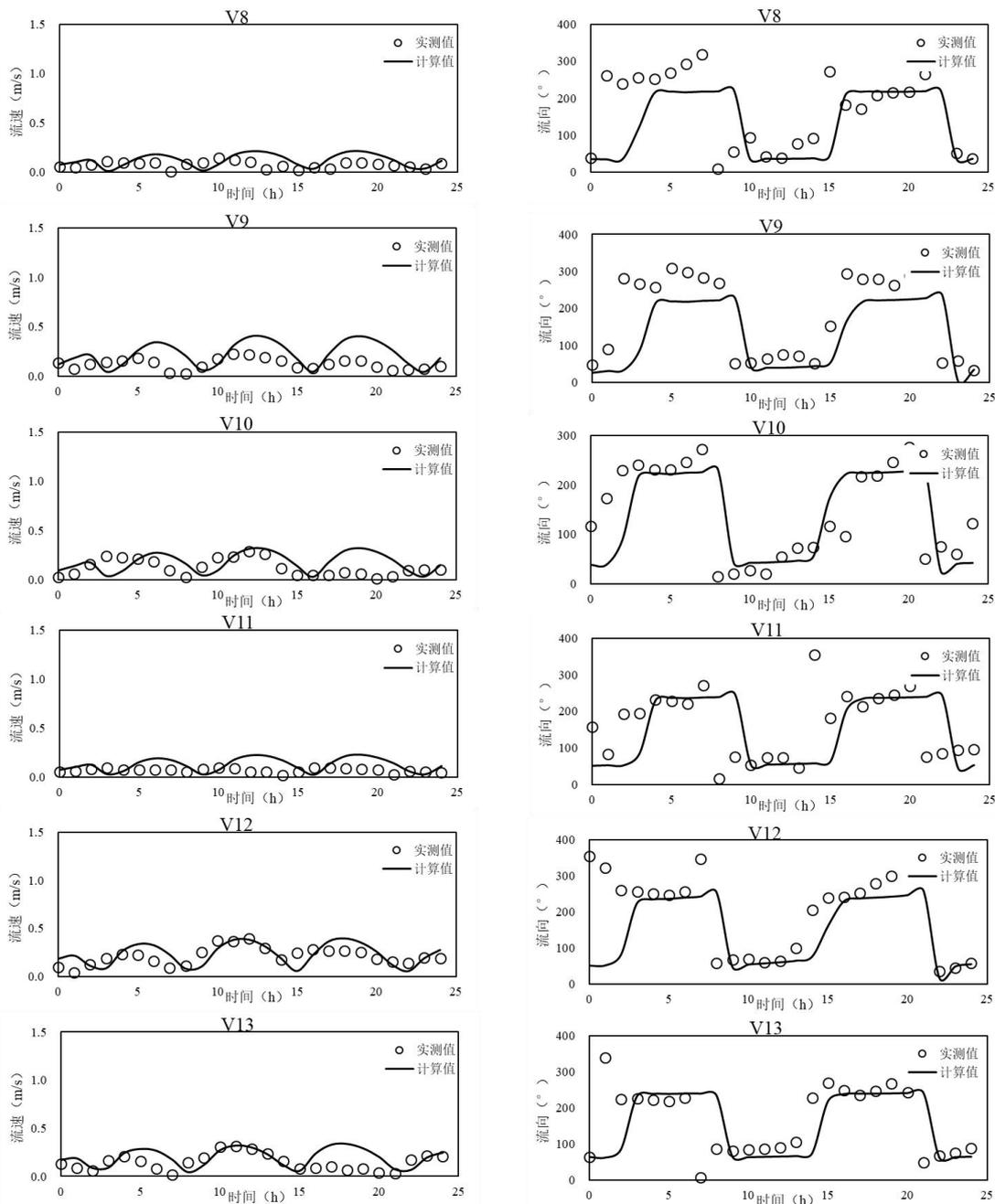
大潮底层

图 6.1-5 (6/12) 夏季工程海域流速、流向验证



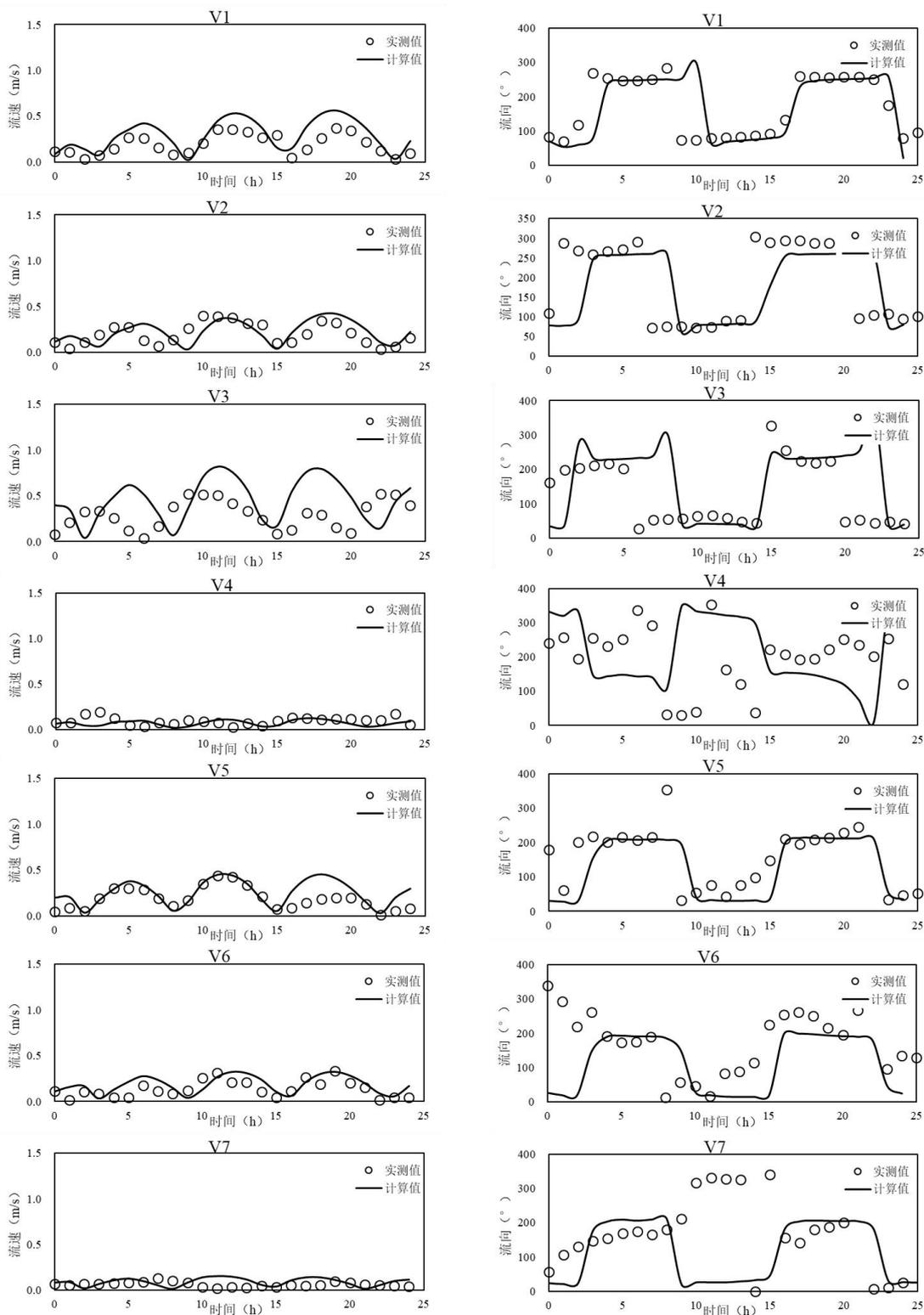
小潮表层

图 6.1-5 (7/12) 夏季工程海域流速、流向验证



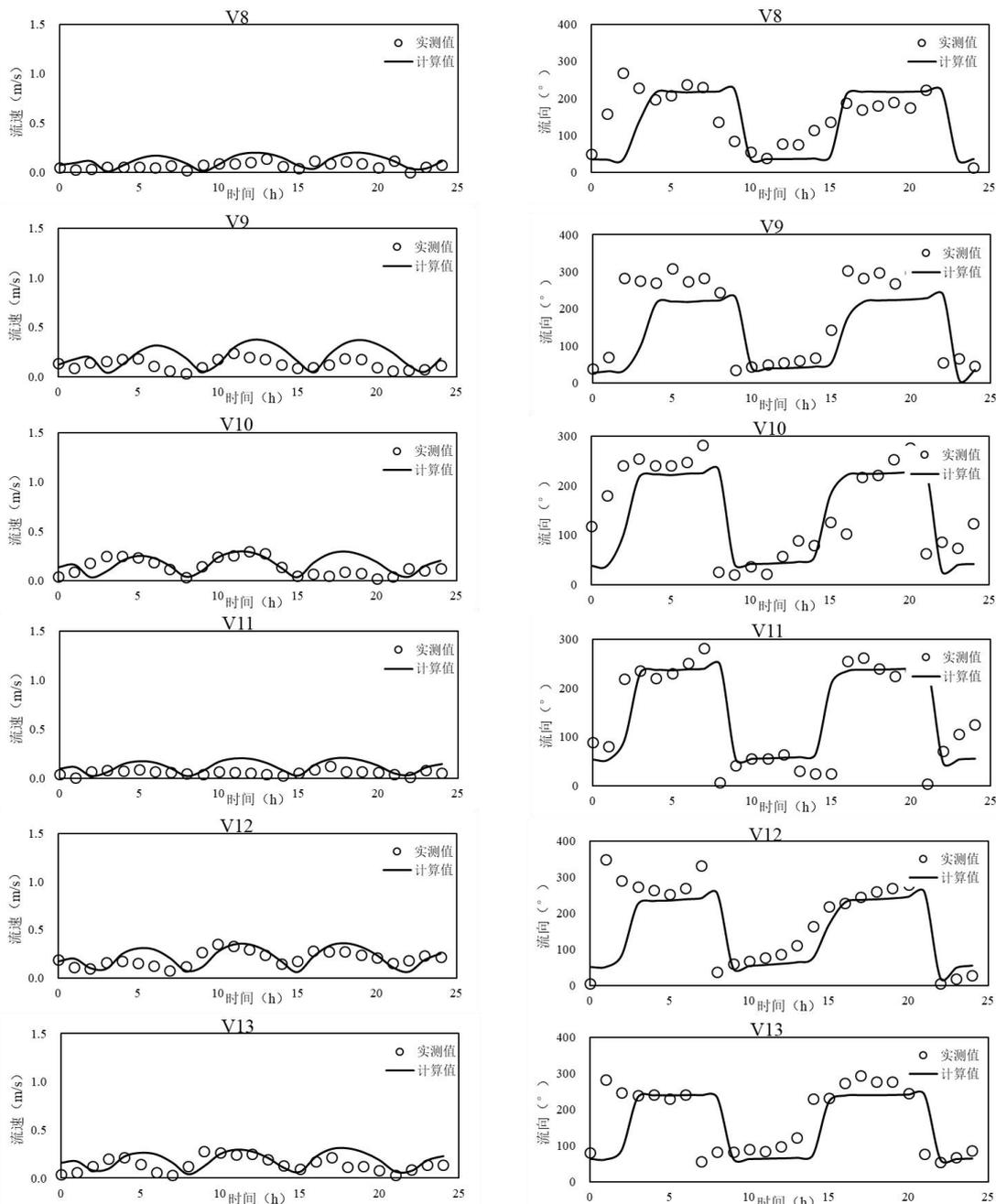
小潮表层

图 6.1-5 (8/12) 夏季工程海域流速、流向验证



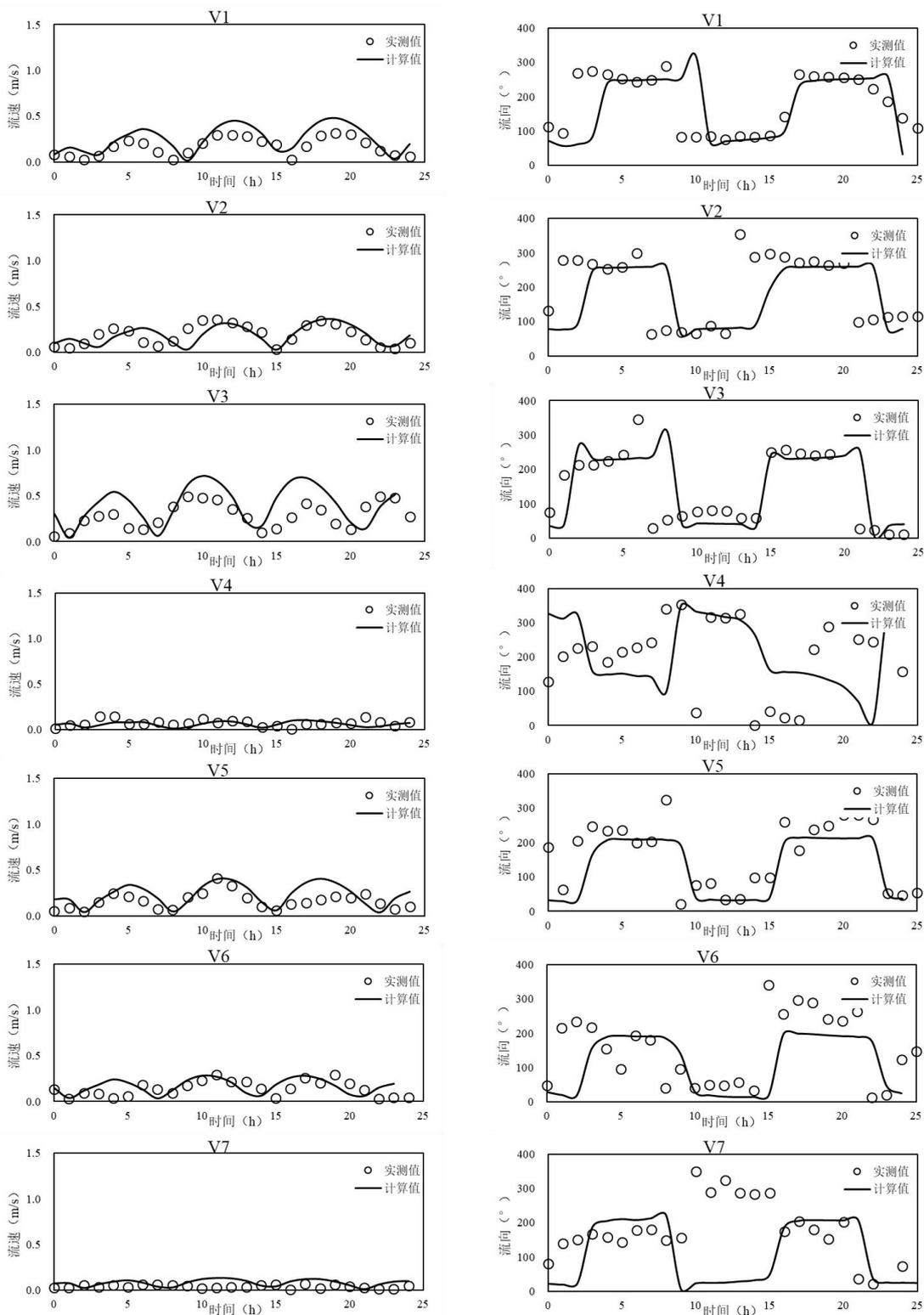
小潮中层

图 6.1-5 (9/12) 夏季工程海域流速、流向验证



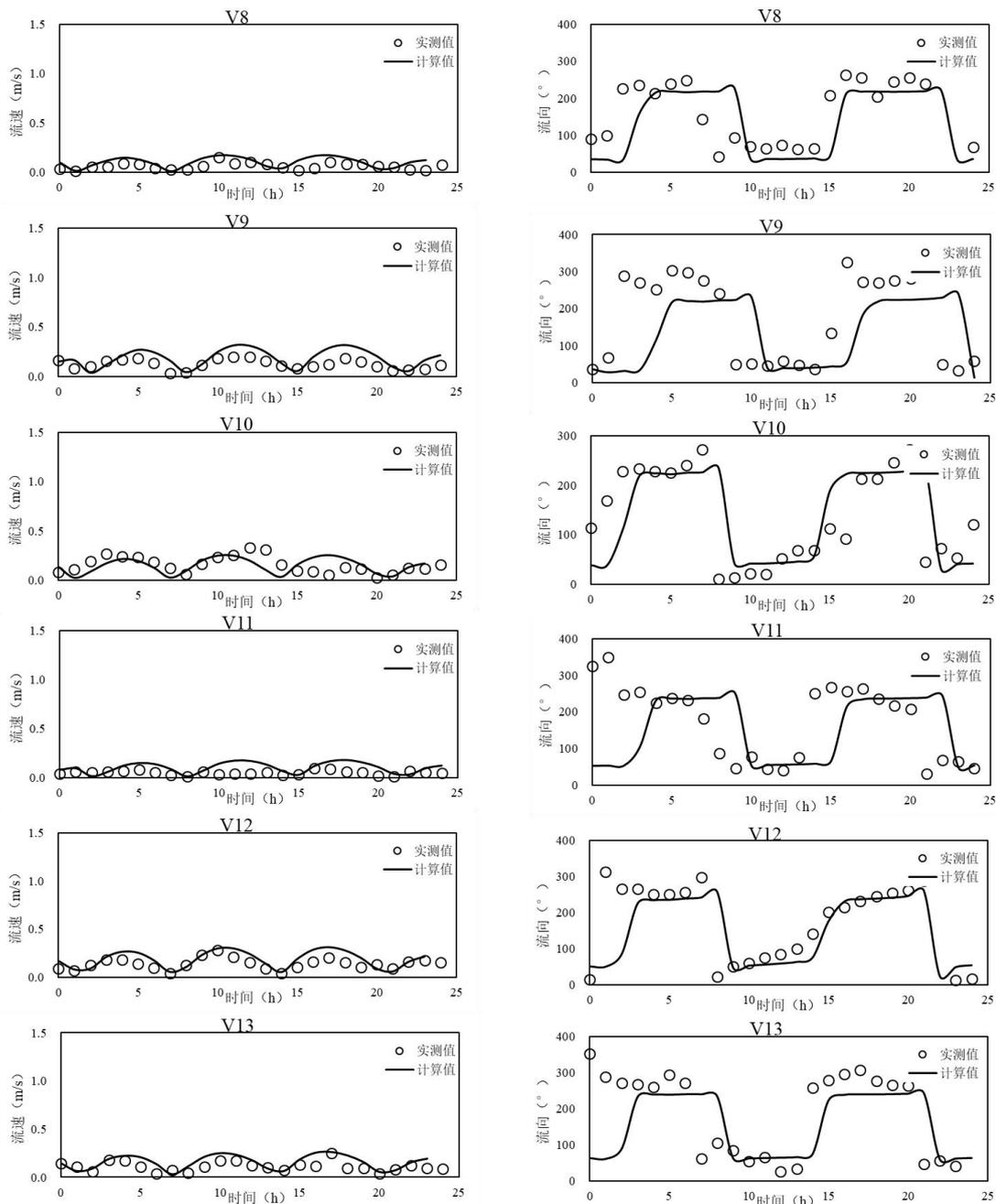
小潮中层

图 6.1-5 (10/12) 夏季工程海域流速、流向验证



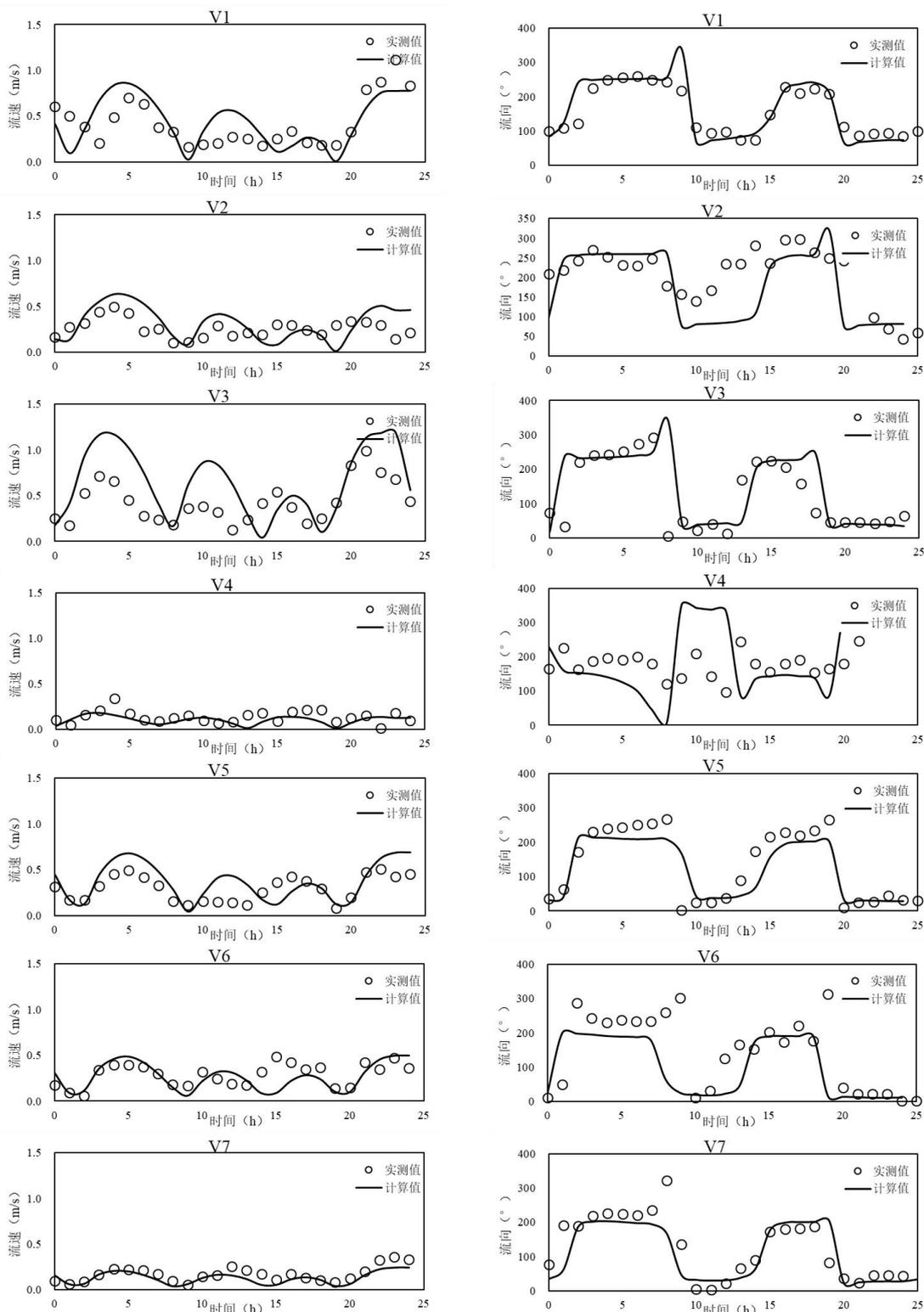
小潮底层

图 6.1-5 (11/12) 夏季工程海域流速、流向验证



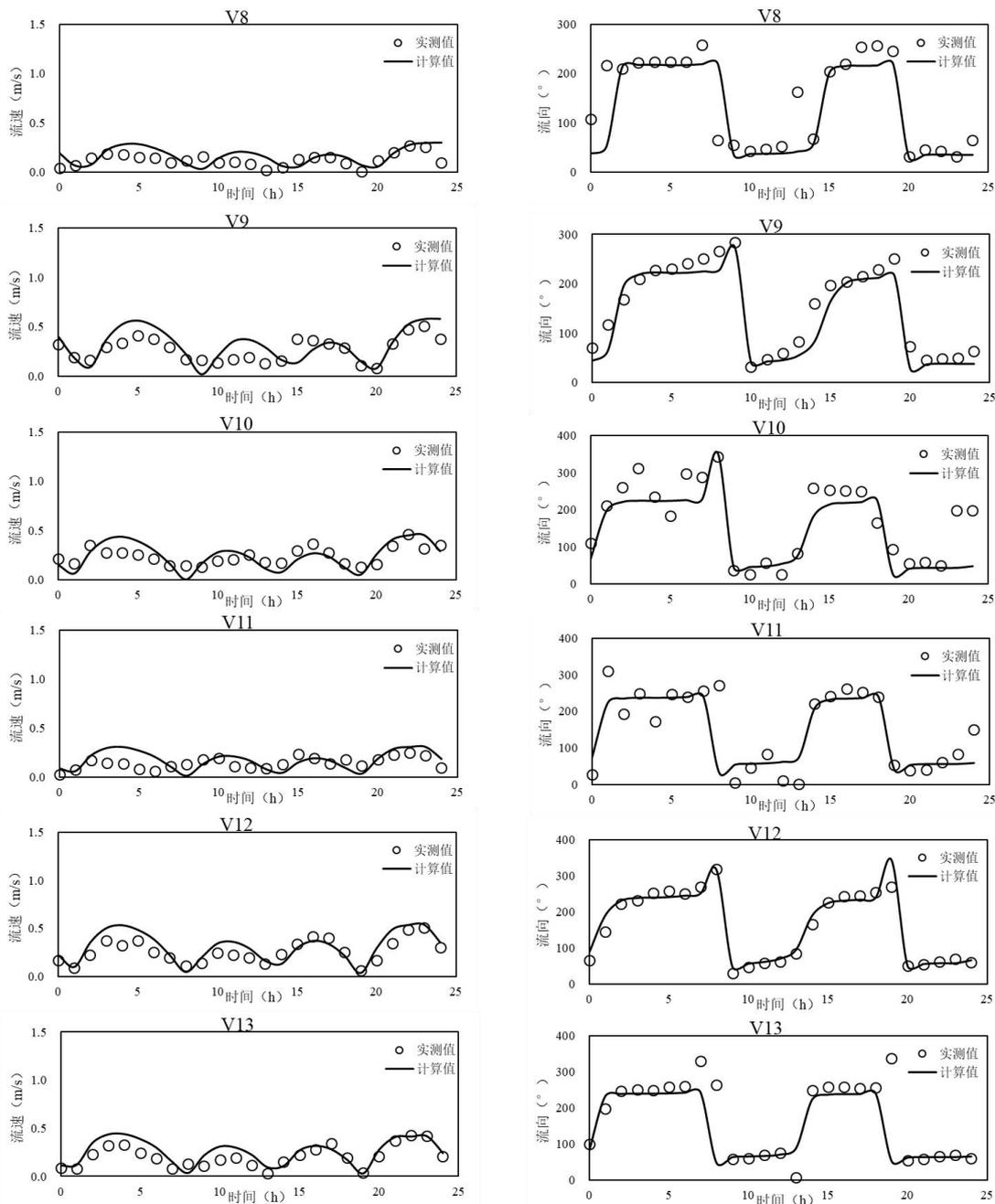
小潮底层

图 6.1-5 (12/12) 夏季工程海域流速、流向验证



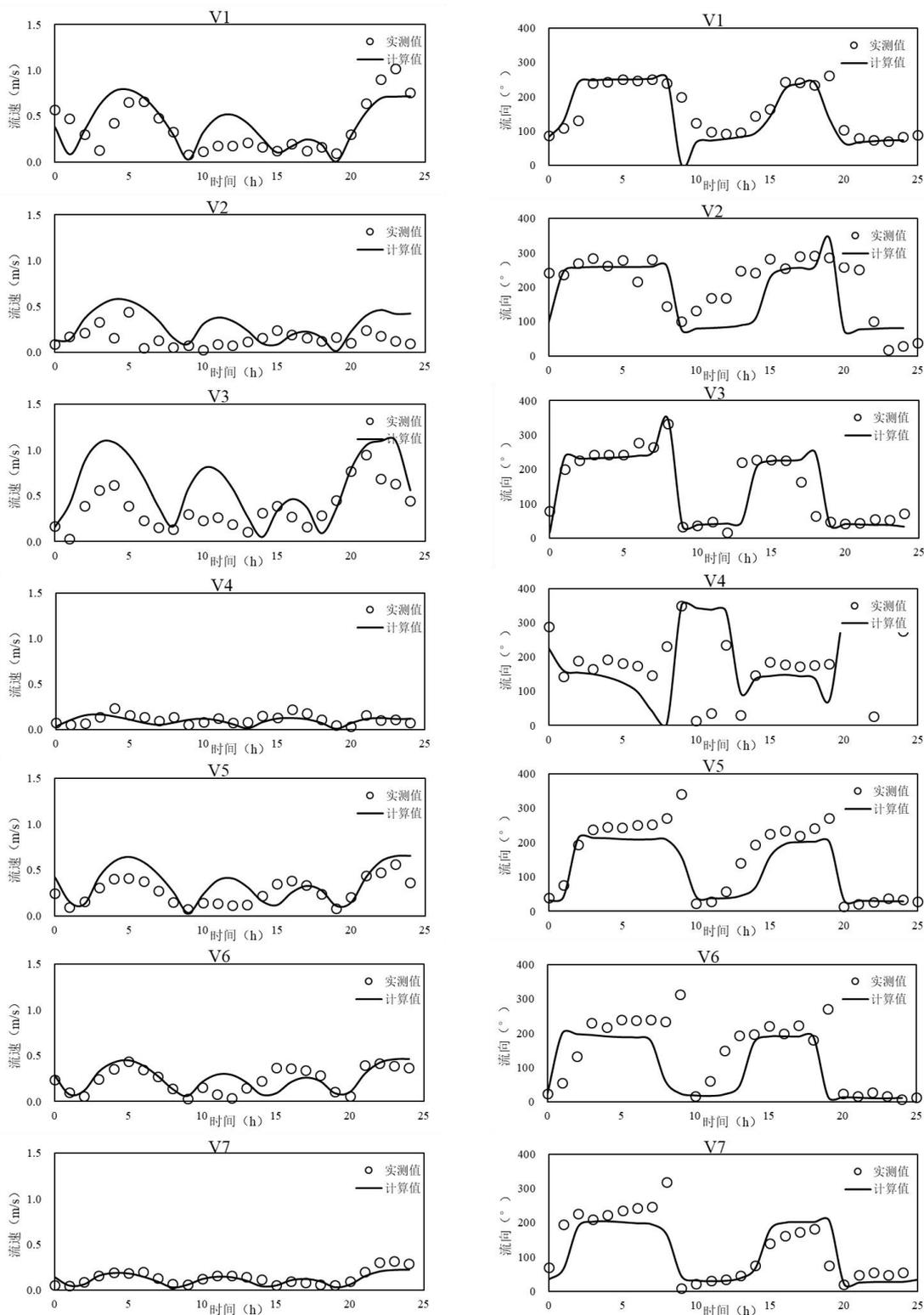
大潮表层

图 6.1-6 (1/12) 冬季工程海域流速、流向验证



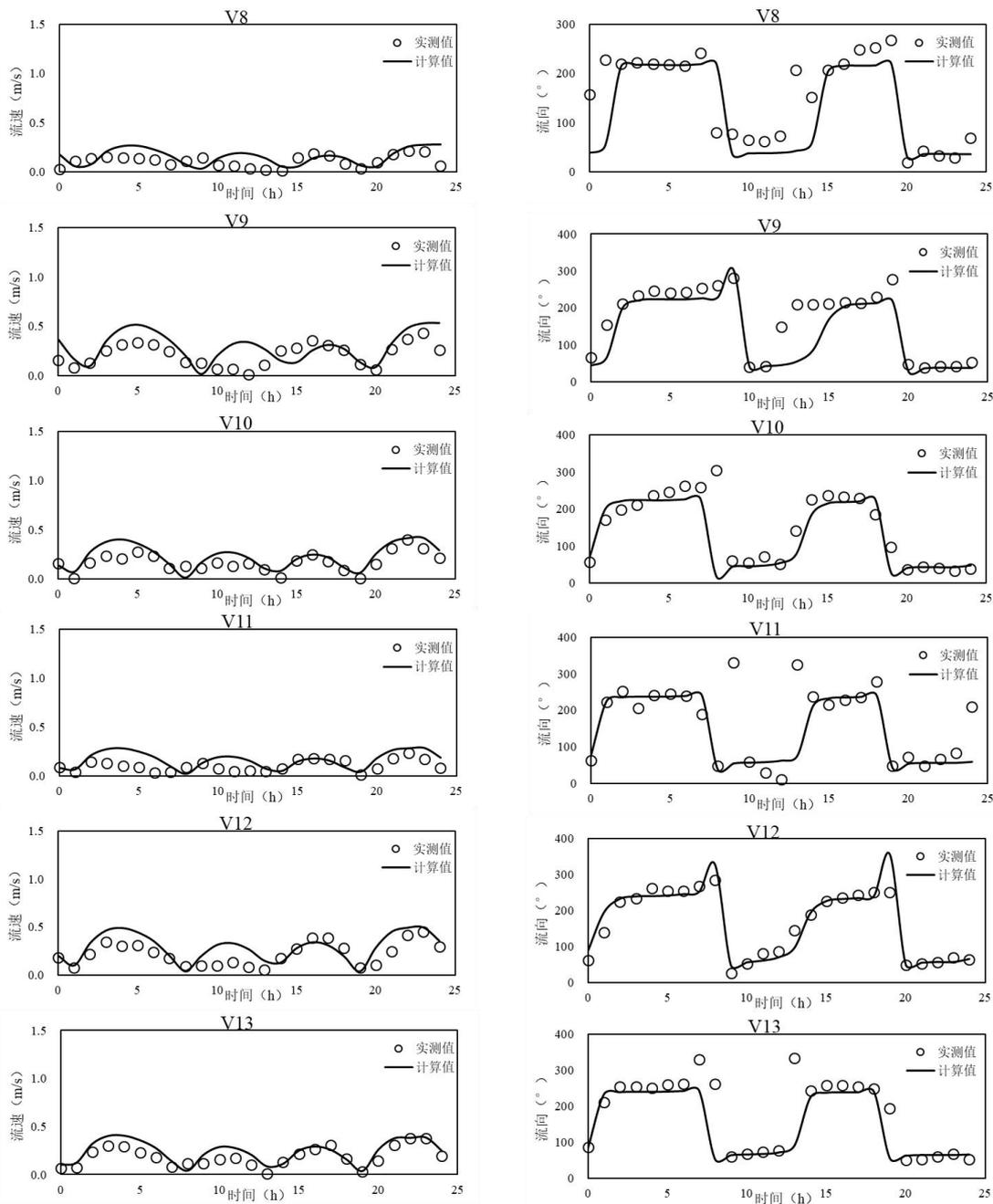
大潮表层

图 6.1-6 (2/12) 冬季工程海域流速、流向验证



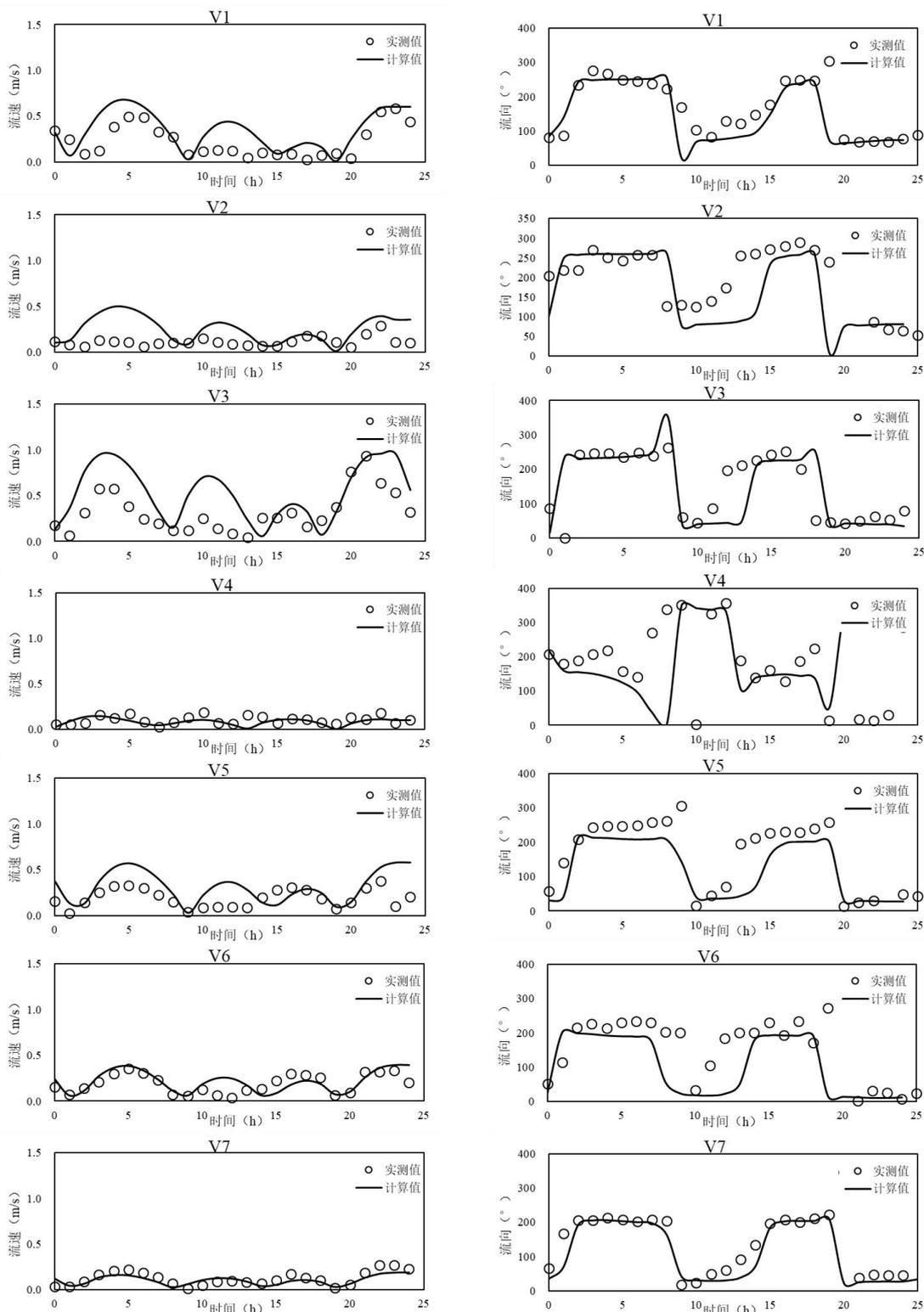
大潮中层

图 6.1-6 (3/12) 冬季工程海域流速、流向验证



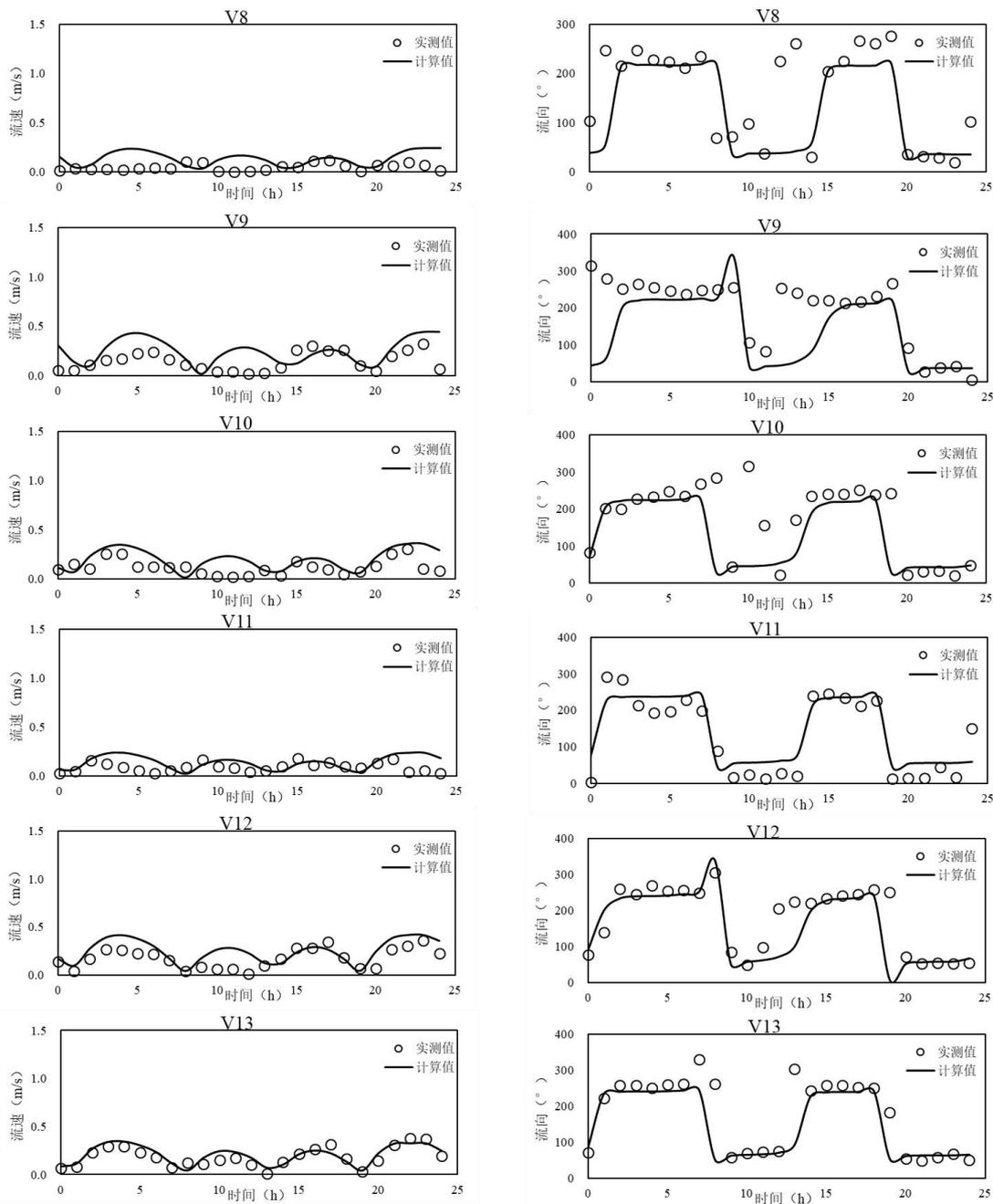
大潮中层

图 6.1-6 (4/12) 冬季工程海域流速、流向验证



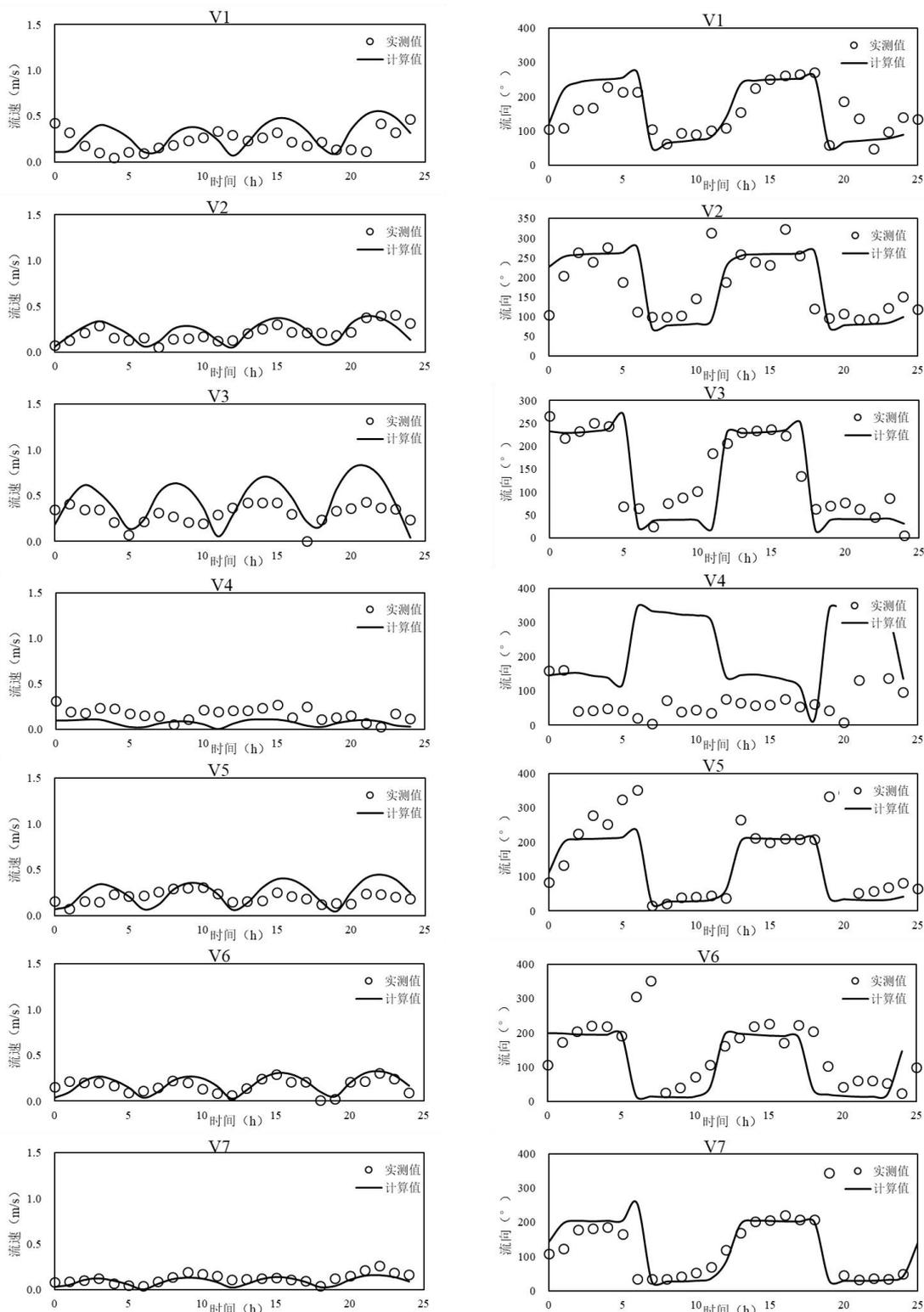
大潮底层

图 6.1-6 (5/12) 冬季工程海域流速、流向验证



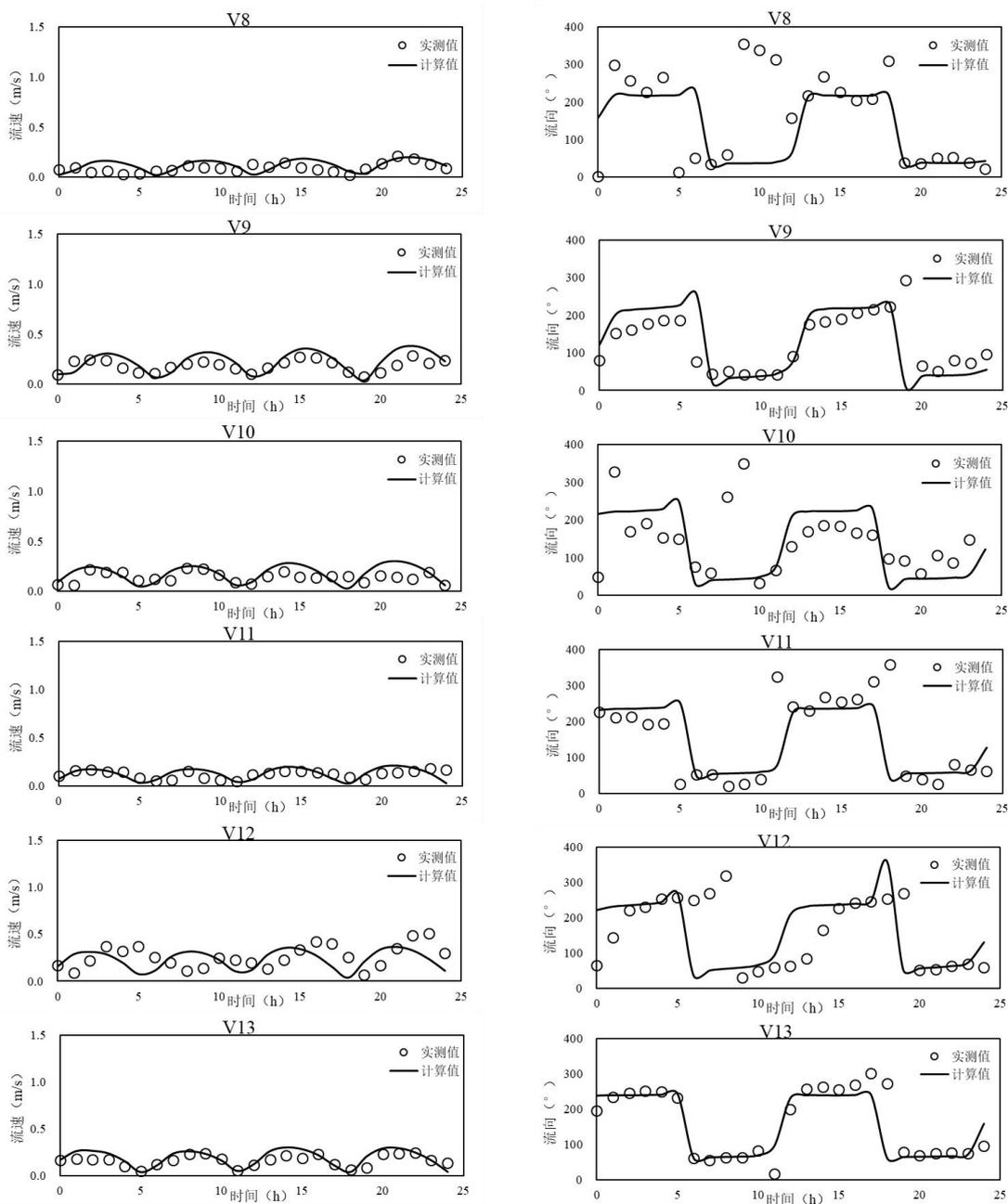
大潮底层

图 6.1-6 (6/12) 冬季工程海域流速、流向验证



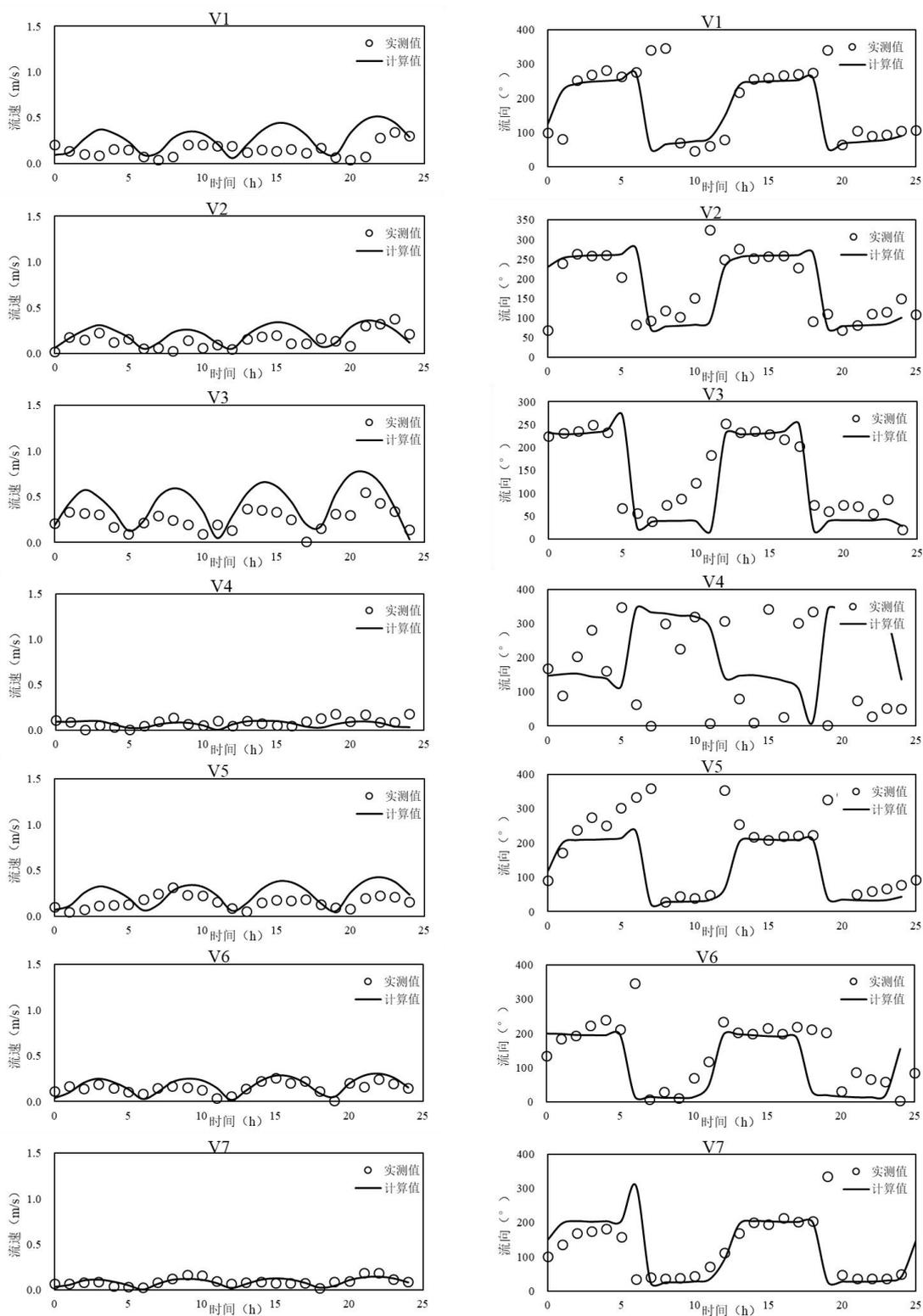
小潮表层

图 6.1-6 (7/12) 冬季工程海域流速、流向验证



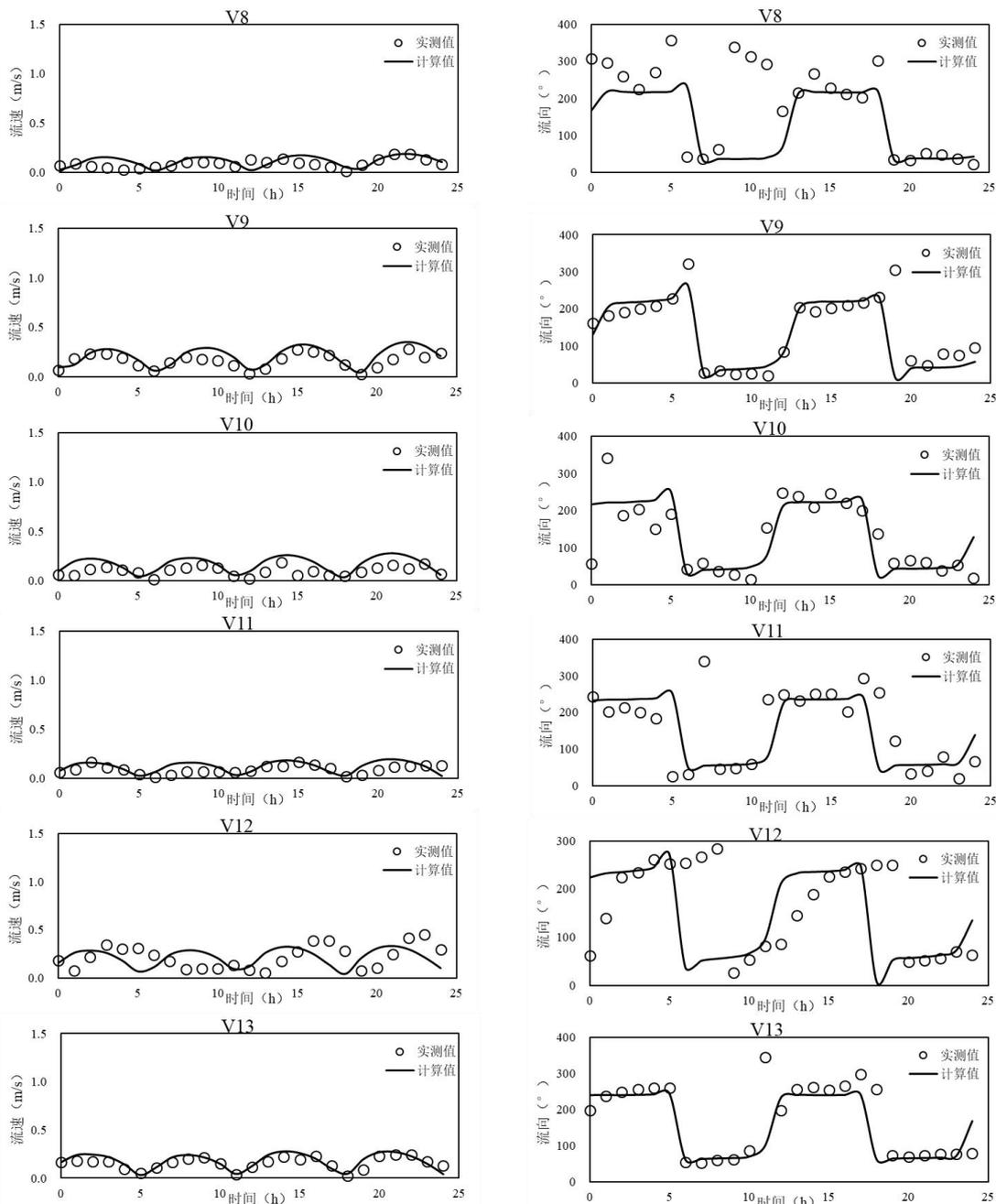
小潮表层

图 6.1-6 (8/12) 冬季工程海域流速、流向验证



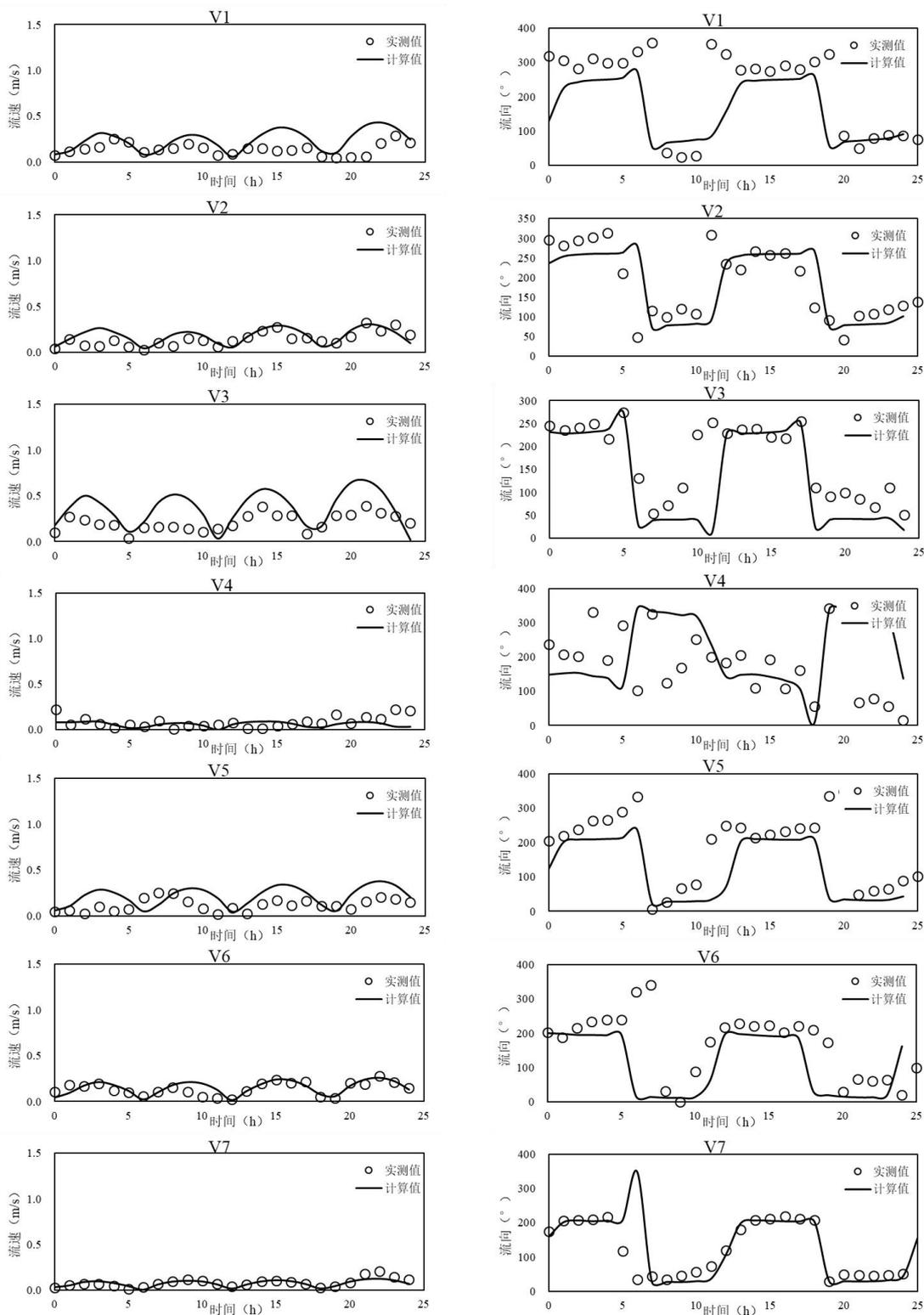
小潮中层

图 6.1-6 (9/12) 冬季工程海域流速、流向验证



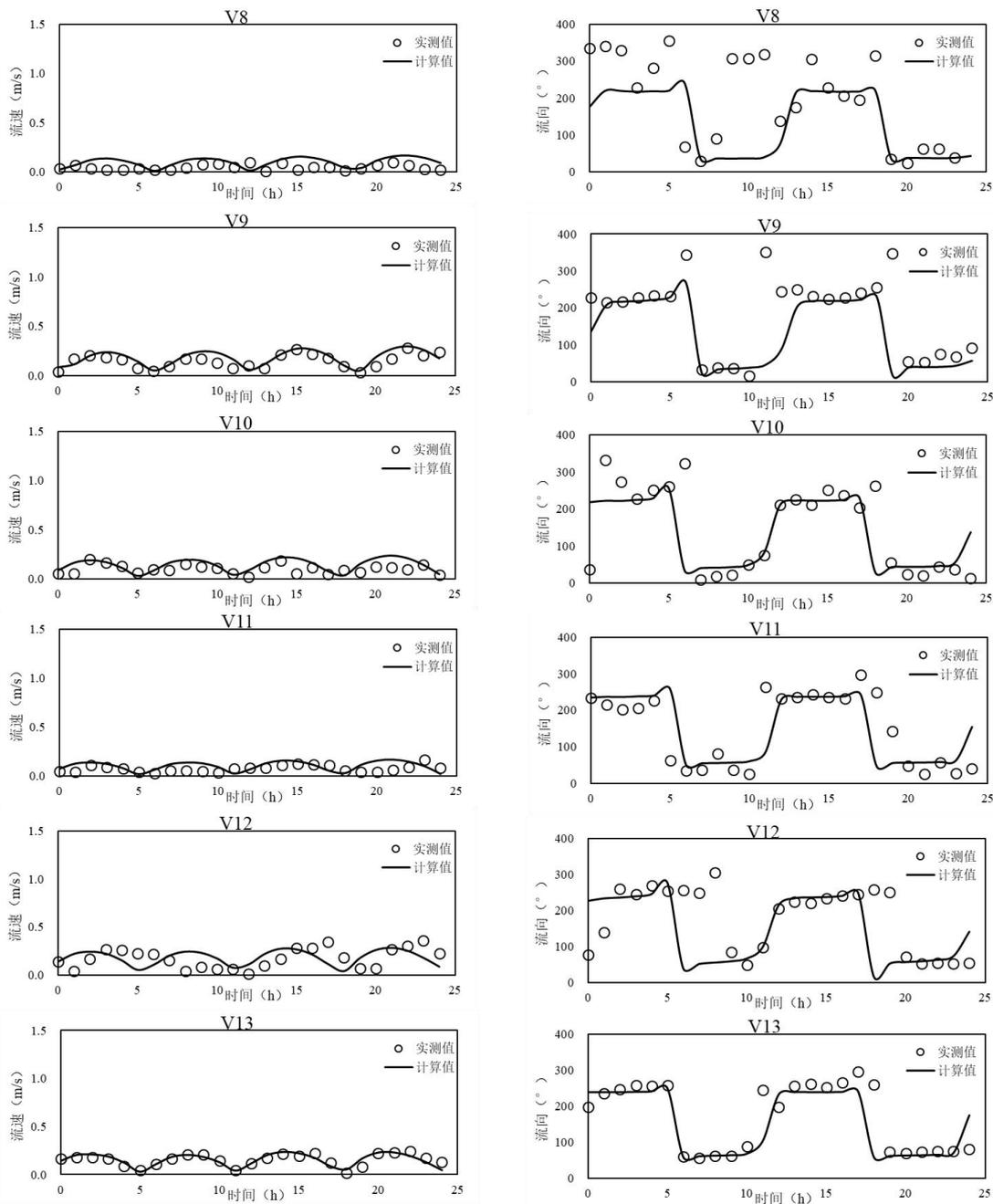
小潮中层

图 6.1-6 (10/12) 冬季工程海域流速、流向验证



小潮底层

图 6.1-6 (11/12) 冬季工程海域流速、流向验证



小潮底层

图 6.1-6 (12/12) 冬季工程海域流速、流向验证

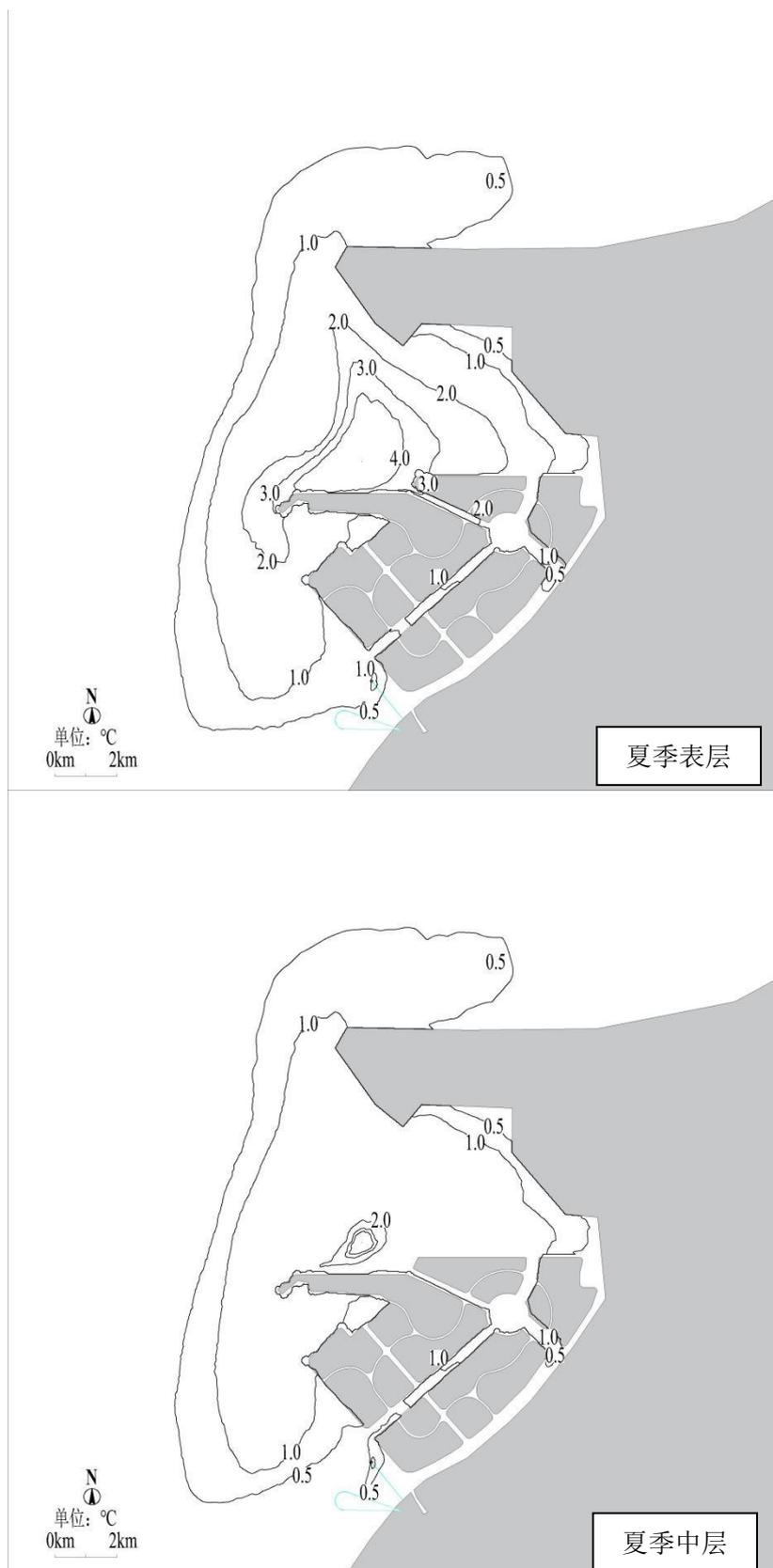


图 6.1-7 (1/4) 半月潮最大温升分布图

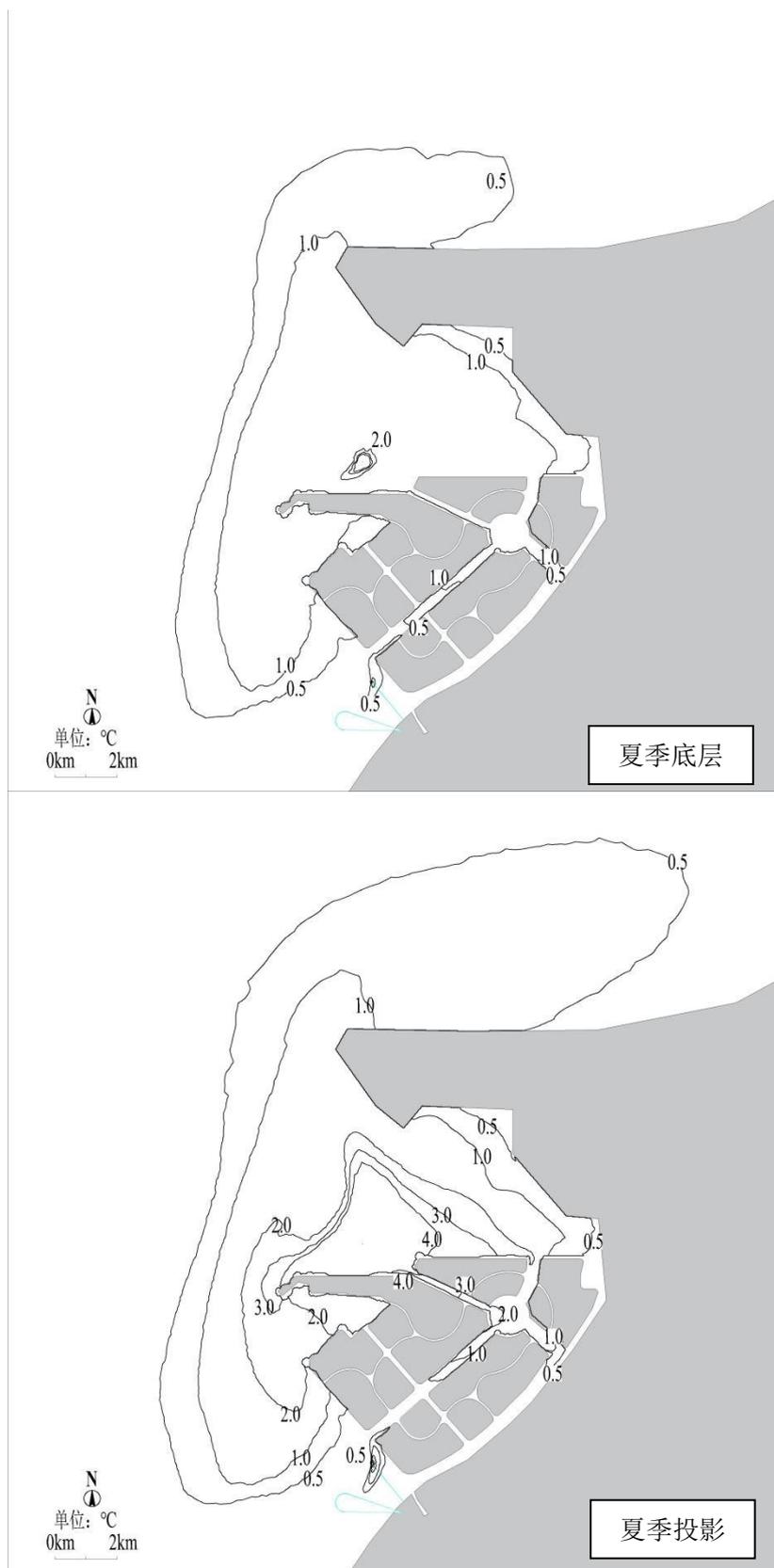


图 6.1-7 (2/4) 半月潮最大温升分布图

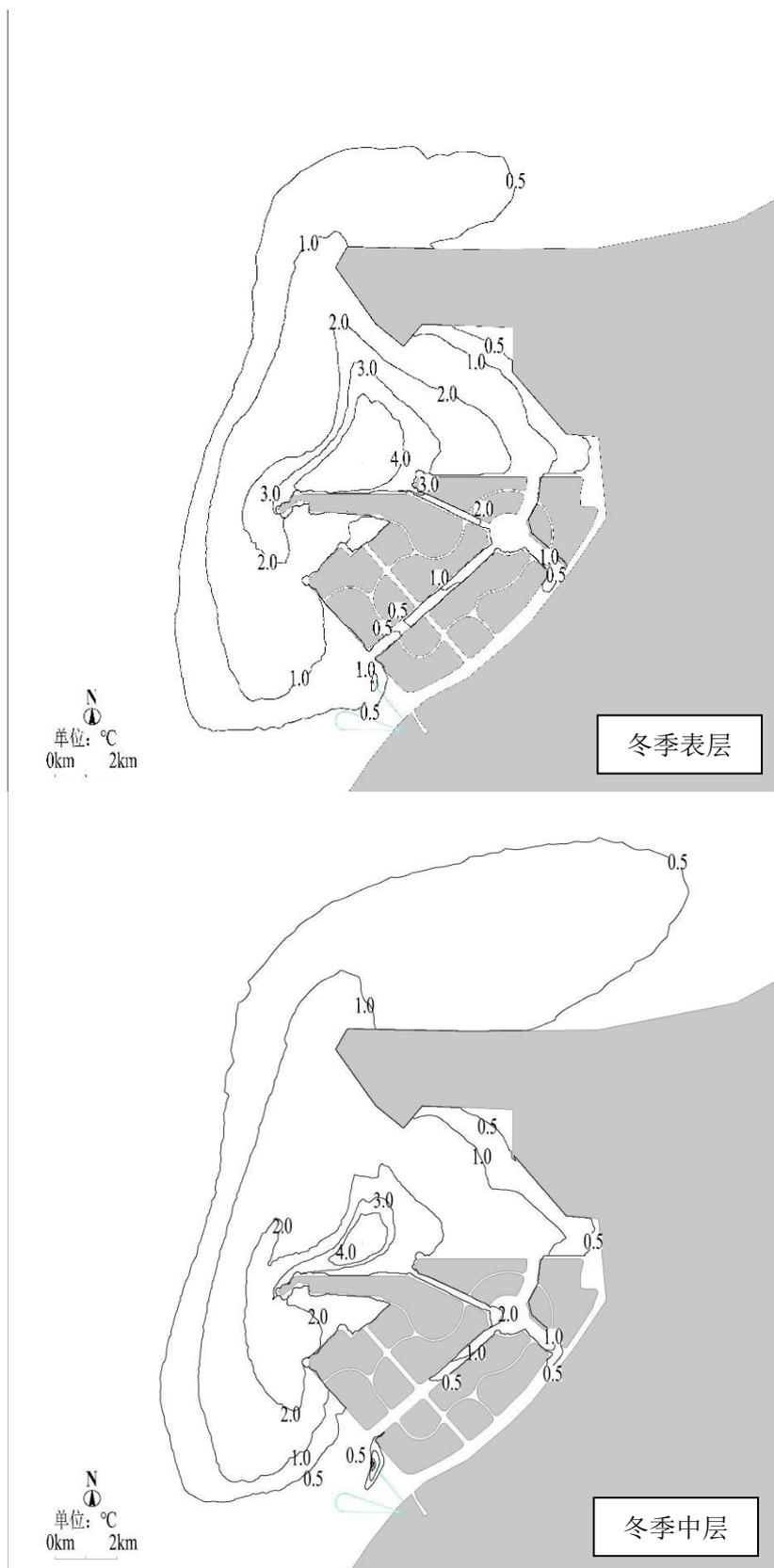


图 6.1-7 (3/4) 半月潮最大温升分布图

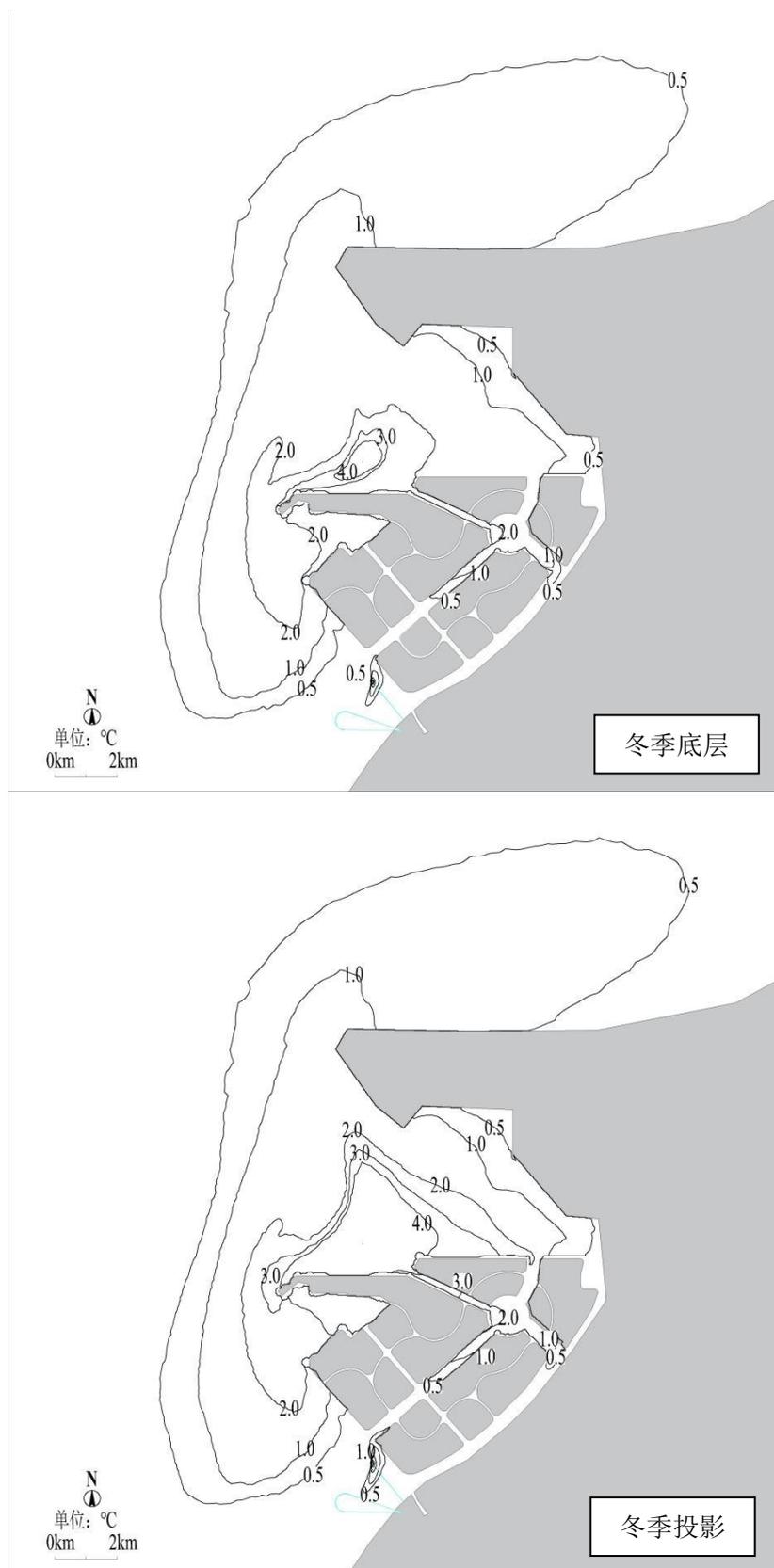


图 6.1-7 (4/4) 半月潮最大温升分布图



图 6.1-8 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

## 6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 放射性流出物排放源项

6.2.2 照射途径

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

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 管线运行期间可能的辐射影响

6.2.10 辐射影响评价

## 6.2 正常运行的辐射影响

山东招远核电厂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。本节根据本项目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 放射性流出物排放源项

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，本项目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。本工程预期和设计工况下各类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 $^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$ 外其它放射性核素浓度不超过本项目控制值500Bq/L的要求。

气载放射性流出物中的 $^{14}\text{C}$ 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 $^{14}\text{C}$ 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 $^{14}\text{C}$ 占 $^{14}\text{C}$ 总排放量的5%~25%，根据此研究结论，本节在评估气载 $^{14}\text{C}$ 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 $^{14}\text{C}$ 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

本工程液态放射性流出物采用槽式排放，经检测达标后与海水冷却塔排水混合，通过排水管线排至大海。厂外排水管线长度约11.75km，经过比选优化论证，排水管线采用高密度聚乙烯（HDPE）管。根据管材特性和相关设计资料，正常情况下排水管线一般不会发生泄漏。本报告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流出物向周围地下水渗漏，采用连续点源二维扩散模型进行保守预测。同时，保守考虑周边居民食入经管线附近灌溉水井灌溉的农作物。上述两个途径造成的年有效剂量最大值也均低于气、液态途径造成的有效剂量最大值的10%，其具体分析计算过程详见6.2.9节。

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，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估算模式的相关计算参数如下：

#### （1）大气弥散

根据《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD 101/02-1987）推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用厂址气象塔2023年5月~2024年4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超大型自然通风冷却塔对大气扩散影响、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。

#### （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）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见本报告书第二章。

### 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（ $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）、长期地面干沉积因子（ $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）和长期地面湿沉积因子（ $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）。

南京水利科学研究院对本工程液态放射性流出物的稀释扩散进行了专题模拟，针对本工程所在海域的地形、边界及水流特性，该专题研究选用在国际、国内得到广泛使用的 MIKE 21 通用商业软件开展计算分析。根据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（ $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）。环境空气中放射性年平均浓度最大值位于 N 方位 0~1km 子区，核素  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$  在该子区的年平均浓度分布为  $2.98\times 10^{-1}\text{Bq/m}^3$ 、 $6.17\times 10^{-3}\text{Bq/m}^3$ 、 $1.08\text{Bq/m}^3$ 、 $5.12\times 10^{-8}\text{Bq/m}^3$ 、 $4.47\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$ 。

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。受纳水体中放射性核素年平均浓度最大值位于排放口 0~1km 海域，核素  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  在该海域海水中的年平均浓度分别为  $6.76\text{Bq/L}$ 、 $4.67\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ 。

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。核素  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  在该海域海水中峰值浓度分别为  $50.8\text{Bq/L}$ 、 $3.5\times 10^{-2}\text{Bq/L}$ 。

《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  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{134}\text{Cs}$  和  $^{137}\text{Cs}$  五个核素，其水质指标限值分别为  $0.03\text{Bq/L}$ 、 $4.0\text{Bq/L}$ 、 $0.2\text{Bq/L}$ 、 $0.6\text{Bq/L}$  和  $0.7\text{Bq/L}$ 。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  $5.93\times 10^{-5}\text{Bq/L}$ 、 $7.70\times 10^{-8}\text{Bq/L}$ 、 $5.29\times 10^{-8}\text{Bq/L}$ 、 $4.61\times 10^{-4}\text{Bq/L}$  和  $6.35\times 10^{-4}\text{Bq/L}$ ，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  $9.10\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为  $8.71\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，通过液态途

径造成的年有效剂量为  $3.89 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 。

厂址 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  $4.74 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 。根据下文 6.2.9 节预测分析，保守考虑管线运行期间“跑冒滴漏”的影响，选取距离管线下游最近的生活用水井（厂址 W 方位约 3.7km 的圈里杨家村水井），即饮水途径造成该子区公众年有效剂量最大为  $4.30 \times 10^{-9} \text{Sv}$ ；保守假定最近的灌溉用水井与管线的距离为 10m，经预测计算，食入经地下水灌溉的农作物途径造成周边公众年有效剂量最大为  $2.78 \times 10^{-11} \text{Sv}$ 。叠加上述两个途径的剂量后，该子区公众年有效剂量也小于上述厂址 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  $9.13 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

#### （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，对该子区的儿童组公众个人造成的年有效剂量为  $8.15 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

#### （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，对该子区的婴儿组公众个人造成的年有效剂量为  $6.49 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

上述计算结果表明，本项目正常运行状态下对公众中任何个人造成的有效剂量均小于国家标准 GB6249-2011 规定的  $0.25 \text{mSv}$  的年有效剂量约束值。

#### （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年有效剂量青少年组大于成人组，成人组大于儿童组，儿童组大于婴儿组。

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相对最大，为该子区的最大受照年龄组。

#### （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 0.379 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 0.151 人·Sv 和 0.228 人·Sv。

#### 6.2.7 非人类生物辐射影响

非人类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 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 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物作为参考生物，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（ $K_d$ ）

水生生态（核电周围海域）中悬浮物分配因子  $K_d$  值取自 IAEA 422 号报告。

#### （2）浓集因子（ $B_p$ ）

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给出各放射性核素对海洋生物的内照射和外照射辐射剂量率转换因子。

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。

#### （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山东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浮游动物，为  $1.19 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。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  $10 \mu\text{Gy/h}$  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。根据上述结果可以预计，本项目正常运行对排放口周边海域中的海洋生物辐射影响总体上很小，不会对排水口周边的海洋自然保护区及莱州湾国家级水产种质资源保护区中的海洋生物造成明显的辐射影响。

## （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，山东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苔藓植物，为  $1.97 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 。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  $10 \mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值。根据上述结果可以预计，本项目正常运行对核电厂周围陆域中的生物辐射影响总体上很小，不会对厂址附近的胶东丘陵生物多样性维护生态保护红线及招远市罗山省级自然保护区、龙口大瓢山自然保护区的陆生生物造成明显的辐射影响。

## 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，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： $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$  和  $^{88}\text{Kr}$ 。

## 6.2.9 管线运行期间可能的辐射影响

### 6.2.9.1 公众辐射影响

本项目液态放射性流出物采用槽式排放，经检测达标后与海水冷却塔排水混合，通过排水管线排至大海。厂外排水管线长度约 11.75km，经过比选优化论证，排水管线采用高密度聚乙烯（HDPE）管，通过电热熔连接。根据管材特性和相关设计资料，正常情况下排水管线不会发生泄漏。

为完整考虑本项目寿期内可能出现的工况，本报告保守考虑排水管线可能发生“跑冒滴漏”，保守采用 HDPE 管材的验收规范  $0.49\text{L}/\text{min}/\text{km}$  作为排水管线的渗漏量，其

渗漏量很小，无法被泄漏监测设施短时间发现，其渗漏出的液态放射性流出物进入地下水并随之迁移，可能导致附近居民直接或间接利用受污染的地下水造成辐射影响，故需对其影响开展辐射剂量计算。在评价时分为两种影响途径：1）直接饮用管线影响范围内的地下水井的水的途径；2）食入经管线影响范围内的地下水灌溉的农作物的途径。以下就两种途径分别进行计算：

#### 1) 饮水途径的辐射影响：

根据管线周边水文地质条件，距离管线地下水下游方向最近的生活用水水井位于管线南侧约 310m，本报告重点评价管线可能发生的“跑冒滴漏”对该水井可能造成的辐射影响。

##### a) 模型及参数

在对地下水环境影响分析过程中，根据本项目周边地下水含水层分布、补径排关系、地下水水位分布等厂址水文地质环境特征，假定排水管道“跑冒滴漏”的液态流出物进入含水层后随地下水迁移至圈杨家村自来水井，并考虑含水层对核素吸附的阻滞作用，采用连续点源二维扩散模型进行预测。

##### b) 管线中液态流出物浓度及渗漏量

根据排放管线设计方案，电厂 TER 系统和 SEL 系统中的低放射性液态流出物与冷却塔排放水、海淡系统排水等其他排放水混合后通过 DN1600（内径为 1400mm）的排放管线排入大海。根据电厂流出物排放源项，TER 系统排放的放射性核素远大于 SEL 系统，因此，本报告主要考虑 TER 系统排放的液态流出物。

本项目 TER 系统为两机组共用，保守采用设计工况下源项进行评价。

在给定的厂址地下水流场条件和环境特征下，核素自身的半衰期和食入剂量转换因子是影响其辐射影响的最主要参数。根据核素浓度及辐射剂量初步计算，食入待积有效剂量贡献核素中，由高到低依次为 H-3、C-14、Cs-137、Cs-134、Co-60、Ag-110m、Mn-54 和 Sr-90，其中辐射剂量影响最大的核素为 H-3，占总剂量贡献的 95%以上，因此，将上述 8 个核素作为本次评价的重点考虑核素。

专题单位本阶段基于厂址及管线周边地区原生土壤样品和原生地下水样品，开展了重点核素的吸附特性研究，其中，Cs-137、Cs-134、Co-60 和 Sr-90 四个重点考虑核素保守选择 20℃时的分配系数统计结果，其余未进行吸附特性研究的重点考虑核素则保守采用 EPRI 于 2013 年发布的科技报告《Groundwater Protection Guidelines for Nuclear

Power Plants》中给出的各核素分配系数的最小值。

为了尽可能减小管线渗漏时排放水对周边环境的影响，本工程在地下水下游敏感水体、基本农田路径处的排水管线段外设置防渗层，根据初步设计方案，防渗层渗透系数不大于  $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。本报告在评价时考虑了防渗层对“跑冒滴漏”渗漏水的阻滞作用。

### c) 辐射影响预测

根据上述模型及参数，表 6.2-16 给出了管线“跑冒滴漏”造成生活用水水井中的核素浓度和饮用水途径造成的公众剂量的预测结果。

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，圈里杨家村水井处的 H-3 浓度为  $3.18\text{E-}01\text{Bq/L}$ ，C-14 浓度为  $2.81\text{E-}04\text{Bq/L}$ ，其余核素由于其强吸附性，其迁移范围仅在泄漏点附近，可忽略其对公众剂量的影响。

保守考虑圈里杨家村居民饮用水来源均为该水井，水井处各核素对公众造成的年总剂量为  $4.30\text{E-}09\text{Sv/a}$ ，远低于美国环保部 US EPA 对于饮用水的参考剂量水平  $0.04\text{mSv/a}$ 。

### 2) 食入经地下水灌溉的农作物的辐射影响：

本工程管线评价范围内涉及部分农田，经现场调查并咨询当地农业部门，管线所处张星镇北部区域种植的粮食作物主要为玉米和小麦；管线附近还涉及部分小规模果园，以种植苹果为主。该区域粮食作物主要以大田漫灌为主，小型果园主要以管灌为主，即灌溉用水主要通过植物根部吸收进入农作物。

根据水利部门的相关资料，管线周边农业灌溉水井的年取水量约为  $10 \text{万 m}^3/\text{a}$ ，由于农业灌溉水井距离管线较近，本次在计算灌溉用水中的核素浓度时仅考虑取水量对渗漏量的稀释作用。根据当地农业种植情况，考虑的农作物为玉米、小麦和苹果。根据预测结果（表 6.2-17），灌溉途径对公众造成的年总剂量为  $2.78\text{E-}11\text{Sv/a}$ ，对公众造成的影响很小。

综上，预计管线运行期间“跑冒滴漏”造成的极少量渗漏对周围地下水环境的辐射影响很小。

### 6.2.9.2 土壤环境辐射影响

正常情况下本项目管线一般不会发生泄漏，本报告保守考虑管线正常运行下可能发生“跑冒滴漏”，渗漏出少量液态流出物，放射性核素进入土壤后，考虑到土壤对核素的吸附解析机制，其浓度水平最终会达到平衡状态。因此，对于管线发生“跑冒滴漏”，其对周边土壤环境的辐射影响的结论为：

（1）排放管线内液态放射性流出物为处理后可达标排放的液体，核素浓度较低，若发生“跑冒滴漏”渗漏进入土壤，降水或地下水还会对其进行进一步稀释；

（2）若发生“跑冒滴漏”，泄漏的核素进入土壤被吸附后，考虑土壤对核素的吸附解析机制，其浓度水平最终会达到平衡状态，土壤颗粒固相中的浓度水平是有限的，不会因土壤中核素的累积而无限增大，且通过地下水的补给、排泄与径流机制，土壤中的核素浓度也会进一步降低；

（3）若发生管线“跑冒滴漏”，在排水管线地下水下游敏感水体、基本农田路径处设有防渗层，液态放射性流出物将大部分滞留在排水管线外侧的防渗层中，极少量透过防渗层下渗并迁移扩散，预计不会对表层土壤耕作层产生直接影响，对当地从事农业生产活动的居民造成的辐射影响很小；

（4）本项目管线建设及运行过程中将会做好工程监测、应急处置、防渗系统等措施，并对管线周边进行土壤及地下水开展环境监测，预计管线正常运行对土壤辐射影响很小。

### 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，除氡和C-14外其它液态放射性核素的排放浓度按照500Bq/L的浓度控制。

#### （1）公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）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一般公众个人最大有效剂量

为  $9.13 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（ $0.25 \text{mSv/a}$ ）的 0.36%，占本工程有效剂量约束值（ $0.08 \text{mSv/a}$ ）的 1.14%。

保守考虑正常运行管线“跑冒滴漏”的可能影响，通过饮水途径造成周边公众年有效剂量最大为  $4.30 \times 10^{-9} \text{Sv}$ ，满足美国环保部 US EPA 对于饮用水的参考剂量水平  $0.04 \text{mSv/a}$ ；通过食入经地下水灌溉的农作物途径造成周边公众年有效剂量最大为  $2.78 \times 10^{-11} \text{Sv}$ ，该途径对公众造成的影响很小。

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： $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$  和  $^{88}\text{Kr}$ 。

## （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  $1.19 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，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  $1.97 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ，均远低于 ERICA 程序推荐的  $10 \mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值，因此，可以认为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造成明显的影响。

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，对周边公众及非人类生物的辐射影响有限，是可以接受的。

表 6.2-1 (1/3) 厂址长期大气弥散因子 ( $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ )单位:  $\text{s/m}^3$ 

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	8.47E-07	3.44E-07	1.69E-07	8.80E-08	3.94E-08	1.73E-08	9.33E-09	6.15E-09	4.49E-09	3.49E-09	2.82E-09	2.35E-09
NNE	1.65E-07	7.79E-08	4.37E-08	2.57E-08	1.40E-08	7.38E-09	4.34E-09	2.91E-09	2.12E-09	1.64E-09	1.32E-09	1.09E-09
NE	7.84E-08	4.48E-08	2.74E-08	1.70E-08	9.84E-09	5.46E-09	3.32E-09	2.27E-09	1.67E-09	1.30E-09	1.05E-09	8.76E-10
ENE	7.37E-08	4.16E-08	2.54E-08	1.54E-08	8.90E-09	5.13E-09	3.19E-09	2.20E-09	1.62E-09	1.26E-09	1.02E-09	8.49E-10
E	1.14E-07	6.25E-08	3.60E-08	2.00E-08	9.25E-09	4.33E-09	2.57E-09	1.78E-09	1.34E-09	1.07E-09	8.79E-10	7.44E-10
ESE	1.54E-07	7.96E-08	4.35E-08	2.30E-08	1.03E-08	5.00E-09	3.07E-09	2.15E-09	1.62E-09	1.29E-09	1.06E-09	8.93E-10
SE	2.19E-07	1.00E-07	5.10E-08	2.60E-08	1.10E-08	4.97E-09	2.93E-09	2.03E-09	1.54E-09	1.22E-09	1.01E-09	8.53E-10
SSE	2.50E-07	1.18E-07	6.22E-08	3.28E-08	1.45E-08	6.58E-09	3.80E-09	2.61E-09	1.95E-09	1.54E-09	1.27E-09	1.07E-09
S	6.10E-07	2.77E-07	1.42E-07	7.35E-08	3.04E-08	1.23E-08	6.71E-09	4.58E-09	3.46E-09	2.75E-09	2.28E-09	1.93E-09
SSW	5.48E-07	2.58E-07	1.36E-07	7.08E-08	2.94E-08	1.17E-08	6.31E-09	4.30E-09	3.25E-09	2.59E-09	2.15E-09	1.82E-09
SW	1.11E-07	6.95E-08	4.34E-08	2.55E-08	1.30E-08	6.48E-09	3.86E-09	2.64E-09	1.96E-09	1.54E-09	1.25E-09	1.05E-09
WSW	1.27E-08	9.93E-09	7.18E-09	4.92E-09	3.59E-09	2.49E-09	1.65E-09	1.14E-09	8.41E-10	6.50E-10	5.22E-10	4.30E-10
W	6.78E-09	5.27E-09	3.81E-09	2.56E-09	1.94E-09	1.46E-09	9.95E-10	6.96E-10	5.15E-10	3.99E-10	3.20E-10	2.64E-10
WNW	3.95E-09	2.98E-09	2.24E-09	1.77E-09	1.63E-09	1.27E-09	8.57E-10	5.93E-10	4.35E-10	3.35E-10	2.68E-10	2.19E-10
NW	5.56E-08	2.91E-08	1.71E-08	1.05E-08	6.75E-09	4.26E-09	2.72E-09	1.87E-09	1.38E-09	1.07E-09	8.64E-10	7.13E-10
NNW	9.89E-07	4.59E-07	2.41E-07	1.30E-07	5.94E-08	2.61E-08	1.44E-08	9.67E-09	7.17E-09	5.63E-09	4.59E-09	3.86E-09

表 6.2-1 (2/3) 厂址长期大气弥散因子 ( $^{60}\text{Co}$ )单位:  $\text{s/m}^3$ 

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	8.40E-07	3.39E-07	1.65E-07	8.52E-08	3.78E-08	1.63E-08	8.58E-09	5.51E-09	3.93E-09	3.00E-09	2.38E-09	1.96E-09
NNE	1.62E-07	7.63E-08	4.25E-08	2.48E-08	1.35E-08	6.98E-09	3.97E-09	2.57E-09	1.81E-09	1.36E-09	1.07E-09	8.66E-10
NE	7.78E-08	4.42E-08	2.68E-08	1.66E-08	9.50E-09	5.18E-09	3.06E-09	2.02E-09	1.45E-09	1.10E-09	8.70E-10	7.09E-10
ENE	7.20E-08	4.04E-08	2.44E-08	1.47E-08	8.49E-09	4.83E-09	2.90E-09	1.92E-09	1.37E-09	1.03E-09	8.14E-10	6.59E-10
E	1.13E-07	6.19E-08	3.55E-08	1.96E-08	8.96E-09	4.10E-09	2.37E-09	1.60E-09	1.18E-09	9.24E-10	7.51E-10	6.28E-10
ESE	1.54E-07	7.89E-08	4.29E-08	2.27E-08	1.01E-08	4.78E-09	2.82E-09	1.89E-09	1.38E-09	1.06E-09	8.53E-10	7.06E-10
SE	2.18E-07	9.96E-08	5.04E-08	2.55E-08	1.08E-08	4.73E-09	2.69E-09	1.81E-09	1.33E-09	1.03E-09	8.38E-10	6.99E-10
SSE	2.49E-07	1.17E-07	6.12E-08	3.21E-08	1.41E-08	6.28E-09	3.53E-09	2.35E-09	1.72E-09	1.33E-09	1.08E-09	8.95E-10
S	6.07E-07	2.74E-07	1.40E-07	7.20E-08	2.95E-08	1.17E-08	6.20E-09	4.12E-09	3.05E-09	2.39E-09	1.95E-09	1.64E-09
SSW	5.46E-07	2.56E-07	1.34E-07	6.95E-08	2.85E-08	1.11E-08	5.83E-09	3.89E-09	2.89E-09	2.28E-09	1.86E-09	1.57E-09
SW	1.10E-07	6.88E-08	4.27E-08	2.49E-08	1.25E-08	6.02E-09	3.43E-09	2.26E-09	1.63E-09	1.24E-09	9.89E-10	8.10E-10
WSW	1.26E-08	9.79E-09	7.04E-09	4.79E-09	3.45E-09	2.32E-09	1.45E-09	9.45E-10	6.58E-10	4.84E-10	3.71E-10	2.94E-10
W	6.71E-09	5.21E-09	3.75E-09	2.50E-09	1.88E-09	1.36E-09	8.70E-10	5.69E-10	3.96E-10	2.91E-10	2.23E-10	1.77E-10
WNW	3.88E-09	2.90E-09	2.16E-09	1.68E-09	1.49E-09	1.10E-09	6.94E-10	4.49E-10	3.11E-10	2.27E-10	1.73E-10	1.35E-10
NW	5.46E-08	2.83E-08	1.64E-08	1.00E-08	6.41E-09	3.96E-09	2.41E-09	1.58E-09	1.11E-09	8.30E-10	6.46E-10	5.17E-10
NNW	9.84E-07	4.55E-07	2.38E-07	1.27E-07	5.79E-08	2.50E-08	1.35E-08	8.86E-09	6.45E-09	4.98E-09	4.01E-09	3.33E-09

表 6.2-1 (3/3) 厂址长期大气弥散因子 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $\text{s/m}^3$ 

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	7.57E-07	2.79E-07	1.25E-07	6.06E-08	2.53E-08	9.19E-09	3.58E-09	1.82E-09	1.13E-09	7.96E-10	6.03E-10	4.81E-10
NNE	1.43E-07	6.24E-08	3.29E-08	1.86E-08	9.78E-09	4.07E-09	1.55E-09	7.34E-10	4.27E-10	2.85E-10	2.09E-10	1.62E-10
NE	7.09E-08	3.89E-08	2.29E-08	1.37E-08	7.45E-09	3.21E-09	1.28E-09	6.18E-10	3.59E-10	2.39E-10	1.73E-10	1.34E-10
ENE	6.59E-08	3.58E-08	2.10E-08	1.22E-08	6.68E-09	2.95E-09	1.16E-09	5.51E-10	3.20E-10	2.14E-10	1.56E-10	1.21E-10
E	1.07E-07	5.67E-08	3.14E-08	1.66E-08	6.98E-09	2.59E-09	1.11E-09	6.12E-10	4.02E-10	2.92E-10	2.27E-10	1.83E-10
ESE	1.46E-07	7.29E-08	3.83E-08	1.93E-08	7.98E-09	2.96E-09	1.22E-09	6.77E-10	4.55E-10	3.38E-10	2.66E-10	2.18E-10
SE	2.07E-07	9.10E-08	4.43E-08	2.15E-08	8.48E-09	3.04E-09	1.29E-09	7.34E-10	5.02E-10	3.78E-10	3.01E-10	2.48E-10
SSE	2.31E-07	1.04E-07	5.18E-08	2.59E-08	1.07E-08	3.91E-09	1.65E-09	9.14E-10	6.07E-10	4.48E-10	3.51E-10	2.86E-10
S	5.67E-07	2.44E-07	1.20E-07	5.88E-08	2.24E-08	7.52E-09	3.20E-09	1.86E-09	1.28E-09	9.59E-10	7.60E-10	6.24E-10
SSW	5.20E-07	2.36E-07	1.20E-07	5.98E-08	2.31E-08	7.66E-09	3.28E-09	1.92E-09	1.33E-09	1.01E-09	8.01E-10	6.61E-10
SW	1.03E-07	6.36E-08	3.86E-08	2.17E-08	1.01E-08	3.83E-09	1.53E-09	8.07E-10	5.15E-10	3.69E-10	2.84E-10	2.29E-10
WSW	1.11E-08	8.67E-09	6.15E-09	4.08E-09	2.79E-09	1.31E-09	4.44E-10	1.81E-10	9.64E-11	6.18E-11	4.42E-11	3.39E-11
W	5.88E-09	4.57E-09	3.21E-09	2.06E-09	1.48E-09	7.48E-10	2.53E-10	9.69E-11	4.84E-11	2.96E-11	2.05E-11	1.54E-11
WNW	3.45E-09	2.59E-09	1.92E-09	1.47E-09	1.22E-09	6.13E-10	2.00E-10	7.28E-11	3.46E-11	2.02E-11	1.36E-11	9.98E-12
NW	5.12E-08	2.57E-08	1.45E-08	8.64E-09	5.20E-09	2.37E-09	8.68E-10	3.80E-10	2.10E-10	1.37E-10	9.99E-11	7.76E-11
NNW	9.30E-07	4.14E-07	2.09E-07	1.09E-07	4.71E-08	1.74E-08	7.34E-09	4.08E-09	2.68E-09	1.95E-09	1.51E-09	1.22E-09

表 6.2-2 (1/2) 厂址长期地面干沉积因子 ( $^{60}\text{Co}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

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	1.68E-09	6.77E-10	3.30E-10	1.70E-10	7.56E-11	3.26E-11	1.72E-11	1.10E-11	7.87E-12	5.99E-12	4.77E-12	3.91E-12
NNE	3.25E-10	1.53E-10	8.50E-11	4.96E-11	2.69E-11	1.40E-11	7.93E-12	5.13E-12	3.63E-12	2.72E-12	2.14E-12	1.73E-12
NE	1.56E-10	8.83E-11	5.36E-11	3.31E-11	1.90E-11	1.04E-11	6.12E-12	4.04E-12	2.89E-12	2.20E-12	1.74E-12	1.42E-12
ENE	1.44E-10	8.08E-11	4.88E-11	2.95E-11	1.70E-11	9.66E-12	5.81E-12	3.84E-12	2.74E-12	2.07E-12	1.63E-12	1.32E-12
E	2.26E-10	1.24E-10	7.09E-11	3.93E-11	1.79E-11	8.21E-12	4.73E-12	3.20E-12	2.36E-12	1.85E-12	1.50E-12	1.26E-12
ESE	3.07E-10	1.58E-10	8.59E-11	4.53E-11	2.02E-11	9.56E-12	5.63E-12	3.78E-12	2.76E-12	2.12E-12	1.71E-12	1.41E-12
SE	4.36E-10	1.99E-10	1.01E-10	5.11E-11	2.15E-11	9.46E-12	5.38E-12	3.61E-12	2.66E-12	2.07E-12	1.68E-12	1.40E-12
SSE	4.97E-10	2.34E-10	1.22E-10	6.42E-11	2.82E-11	1.26E-11	7.06E-12	4.70E-12	3.44E-12	2.66E-12	2.15E-12	1.79E-12
S	1.21E-09	5.48E-10	2.81E-10	1.44E-10	5.90E-11	2.33E-11	1.24E-11	8.25E-12	6.10E-12	4.78E-12	3.91E-12	3.28E-12
SSW	1.09E-09	5.12E-10	2.68E-10	1.39E-10	5.70E-11	2.21E-11	1.17E-11	7.79E-12	5.79E-12	4.55E-12	3.73E-12	3.14E-12
SW	2.20E-10	1.38E-10	8.55E-11	4.98E-11	2.50E-11	1.20E-11	6.86E-12	4.52E-12	3.26E-12	2.48E-12	1.98E-12	1.62E-12
WSW	2.52E-11	1.96E-11	1.41E-11	9.57E-12	6.89E-12	4.64E-12	2.90E-12	1.89E-12	1.32E-12	9.68E-13	7.43E-13	5.88E-13
W	1.34E-11	1.04E-11	7.50E-12	5.00E-12	3.77E-12	2.72E-12	1.74E-12	1.14E-12	7.93E-13	5.83E-13	4.47E-13	3.53E-13
WNW	7.76E-12	5.81E-12	4.33E-12	3.36E-12	2.99E-12	2.20E-12	1.39E-12	8.99E-13	6.22E-13	4.54E-13	3.46E-13	2.71E-13
NW	1.09E-10	5.66E-11	3.28E-11	2.01E-11	1.28E-11	7.92E-12	4.82E-12	3.16E-12	2.23E-12	1.66E-12	1.29E-12	1.03E-12
NNW	1.97E-09	9.10E-10	4.75E-10	2.54E-10	1.16E-10	5.01E-11	2.70E-11	1.77E-11	1.29E-11	9.96E-12	8.02E-12	6.66E-12

表 6.2-2 (2/2) 厂址长期地面干沉积因子 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

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	2.42E-08	8.93E-09	4.00E-09	1.94E-09	8.11E-10	2.94E-10	1.15E-10	5.83E-11	3.63E-11	2.55E-11	1.93E-11	1.54E-11
NNE	4.57E-09	2.00E-09	1.05E-09	5.95E-10	3.13E-10	1.30E-10	4.96E-11	2.35E-11	1.37E-11	9.13E-12	6.68E-12	5.19E-12
NE	2.27E-09	1.25E-09	7.33E-10	4.40E-10	2.39E-10	1.03E-10	4.10E-11	1.98E-11	1.15E-11	7.64E-12	5.55E-12	4.28E-12
ENE	2.11E-09	1.15E-09	6.71E-10	3.92E-10	2.14E-10	9.44E-11	3.71E-11	1.76E-11	1.03E-11	6.84E-12	4.99E-12	3.86E-12
E	3.41E-09	1.81E-09	1.00E-09	5.31E-10	2.23E-10	8.29E-11	3.55E-11	1.96E-11	1.28E-11	9.35E-12	7.25E-12	5.87E-12
ESE	4.69E-09	2.33E-09	1.22E-09	6.18E-10	2.55E-10	9.46E-11	3.91E-11	2.17E-11	1.46E-11	1.08E-11	8.52E-12	6.97E-12
SE	6.62E-09	2.91E-09	1.42E-09	6.88E-10	2.71E-10	9.73E-11	4.12E-11	2.35E-11	1.61E-11	1.21E-11	9.63E-12	7.95E-12
SSE	7.38E-09	3.31E-09	1.66E-09	8.30E-10	3.41E-10	1.25E-10	5.27E-11	2.92E-11	1.94E-11	1.43E-11	1.12E-11	9.16E-12
S	1.81E-08	7.82E-09	3.84E-09	1.88E-09	7.18E-10	2.41E-10	1.02E-10	5.95E-11	4.09E-11	3.07E-11	2.43E-11	2.00E-11
SSW	1.66E-08	7.56E-09	3.84E-09	1.91E-09	7.38E-10	2.45E-10	1.05E-10	6.16E-11	4.27E-11	3.22E-11	2.56E-11	2.12E-11
SW	3.31E-09	2.04E-09	1.24E-09	6.95E-10	3.24E-10	1.23E-10	4.91E-11	2.58E-11	1.65E-11	1.18E-11	9.09E-12	7.32E-12
WSW	3.54E-10	2.77E-10	1.97E-10	1.31E-10	8.91E-11	4.20E-11	1.42E-11	5.78E-12	3.09E-12	1.98E-12	1.42E-12	1.09E-12
W	1.88E-10	1.46E-10	1.03E-10	6.60E-11	4.75E-11	2.39E-11	8.08E-12	3.10E-12	1.55E-12	9.46E-13	6.56E-13	4.92E-13
WNW	1.11E-10	8.29E-11	6.13E-11	4.69E-11	3.90E-11	1.96E-11	6.39E-12	2.33E-12	1.11E-12	6.48E-13	4.35E-13	3.19E-13
NW	1.64E-09	8.21E-10	4.63E-10	2.76E-10	1.66E-10	7.59E-11	2.78E-11	1.22E-11	6.74E-12	4.40E-12	3.20E-12	2.48E-12
NNW	2.98E-08	1.33E-08	6.69E-09	3.48E-09	1.51E-09	5.57E-10	2.35E-10	1.30E-10	8.59E-11	6.25E-11	4.84E-11	3.92E-11

表 6.2-3 (1/2) 厂址长期地面湿沉积因子 ( $^{60}\text{Co}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

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	5.73E-10	2.87E-10	1.72E-10	1.07E-10	5.73E-11	2.87E-11	1.72E-11	1.23E-11	9.55E-12	7.82E-12	6.61E-12	5.73E-12
NNE	1.87E-10	9.33E-11	5.60E-11	3.50E-11	1.87E-11	9.33E-12	5.60E-12	4.00E-12	3.11E-12	2.54E-12	2.15E-12	1.87E-12
NE	2.67E-10	1.34E-10	8.02E-11	5.01E-11	2.67E-11	1.34E-11	8.02E-12	5.73E-12	4.45E-12	3.64E-12	3.08E-12	2.67E-12
ENE	8.76E-10	4.38E-10	2.63E-10	1.64E-10	8.76E-11	4.38E-11	2.63E-11	1.88E-11	1.46E-11	1.20E-11	1.01E-11	8.76E-12
E	2.93E-10	1.46E-10	8.78E-11	5.49E-11	2.93E-11	1.46E-11	8.78E-12	6.27E-12	4.88E-12	3.99E-12	3.38E-12	2.93E-12
ESE	1.93E-10	9.65E-11	5.79E-11	3.62E-11	1.93E-11	9.65E-12	5.79E-12	4.14E-12	3.22E-12	2.63E-12	2.23E-12	1.93E-12
SE	4.59E-10	2.30E-10	1.38E-10	8.61E-11	4.59E-11	2.30E-11	1.38E-11	9.84E-12	7.65E-12	6.26E-12	5.30E-12	4.59E-12
SSE	2.70E-10	1.35E-10	8.10E-11	5.06E-11	2.70E-11	1.35E-11	8.10E-12	5.78E-12	4.50E-12	3.68E-12	3.11E-12	2.70E-12
S	4.77E-10	2.39E-10	1.43E-10	8.95E-11	4.77E-11	2.39E-11	1.43E-11	1.02E-11	7.96E-12	6.51E-12	5.51E-12	4.77E-12
SSW	8.64E-10	4.32E-10	2.59E-10	1.62E-10	8.64E-11	4.32E-11	2.59E-11	1.85E-11	1.44E-11	1.18E-11	9.97E-12	8.64E-12
SW	4.64E-10	2.32E-10	1.39E-10	8.70E-11	4.64E-11	2.32E-11	1.39E-11	9.94E-12	7.73E-12	6.33E-12	5.35E-12	4.64E-12
WSW	9.91E-11	4.96E-11	2.97E-11	1.86E-11	9.91E-12	4.96E-12	2.97E-12	2.12E-12	1.65E-12	1.35E-12	1.14E-12	9.91E-13
W	2.98E-11	1.49E-11	8.93E-12	5.58E-12	2.98E-12	1.49E-12	8.93E-13	6.38E-13	4.96E-13	4.06E-13	3.44E-13	2.98E-13
WNW	3.92E-10	1.96E-10	1.18E-10	7.35E-11	3.92E-11	1.96E-11	1.18E-11	8.40E-12	6.53E-12	5.34E-12	4.52E-12	3.92E-12
NW	9.11E-10	4.55E-10	2.73E-10	1.71E-10	9.11E-11	4.55E-11	2.73E-11	1.95E-11	1.52E-11	1.24E-11	1.05E-11	9.11E-12
NNW	1.45E-09	7.24E-10	4.34E-10	2.71E-10	1.45E-10	7.24E-11	4.34E-11	3.10E-11	2.41E-11	1.97E-11	1.67E-11	1.45E-11

表 6.2-3 (2/2) 厂址长期地面湿沉积因子 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

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	3.94E-10	1.97E-10	1.18E-10	7.39E-11	3.94E-11	1.97E-11	1.18E-11	8.45E-12	6.57E-12	5.37E-12	4.55E-12	3.94E-12
NNE	1.28E-10	6.41E-11	3.85E-11	2.41E-11	1.28E-11	6.41E-12	3.85E-12	2.75E-12	2.14E-12	1.75E-12	1.48E-12	1.28E-12
NE	1.84E-10	9.19E-11	5.51E-11	3.44E-11	1.84E-11	9.19E-12	5.51E-12	3.94E-12	3.06E-12	2.51E-12	2.12E-12	1.84E-12
ENE	6.03E-10	3.01E-10	1.81E-10	1.13E-10	6.03E-11	3.01E-11	1.81E-11	1.29E-11	1.00E-11	8.22E-12	6.95E-12	6.03E-12
E	2.01E-10	1.01E-10	6.04E-11	3.77E-11	2.01E-11	1.01E-11	6.04E-12	4.31E-12	3.36E-12	2.75E-12	2.32E-12	2.01E-12
ESE	1.33E-10	6.64E-11	3.98E-11	2.49E-11	1.33E-11	6.64E-12	3.98E-12	2.84E-12	2.21E-12	1.81E-12	1.53E-12	1.33E-12
SE	3.16E-10	1.58E-10	9.47E-11	5.92E-11	3.16E-11	1.58E-11	9.47E-12	6.76E-12	5.26E-12	4.30E-12	3.64E-12	3.16E-12
SSE	1.86E-10	9.28E-11	5.57E-11	3.48E-11	1.86E-11	9.28E-12	5.57E-12	3.98E-12	3.09E-12	2.53E-12	2.14E-12	1.86E-12
S	3.28E-10	1.64E-10	9.85E-11	6.15E-11	3.28E-11	1.64E-11	9.85E-12	7.03E-12	5.47E-12	4.48E-12	3.79E-12	3.28E-12
SSW	5.94E-10	2.97E-10	1.78E-10	1.11E-10	5.94E-11	2.97E-11	1.78E-11	1.27E-11	9.90E-12	8.10E-12	6.86E-12	5.94E-12
SW	3.19E-10	1.59E-10	9.57E-11	5.98E-11	3.19E-11	1.59E-11	9.57E-12	6.83E-12	5.32E-12	4.35E-12	3.68E-12	3.19E-12
WSW	6.82E-11	3.41E-11	2.04E-11	1.28E-11	6.82E-12	3.41E-12	2.04E-12	1.46E-12	1.14E-12	9.29E-13	7.86E-13	6.82E-13
W	2.05E-11	1.02E-11	6.14E-12	3.84E-12	2.05E-12	1.02E-12	6.14E-13	4.39E-13	3.41E-13	2.79E-13	2.36E-13	2.05E-13
WNW	2.69E-10	1.35E-10	8.08E-11	5.05E-11	2.69E-11	1.35E-11	8.08E-12	5.77E-12	4.49E-12	3.67E-12	3.11E-12	2.69E-12
NW	6.26E-10	3.13E-10	1.88E-10	1.17E-10	6.26E-11	3.13E-11	1.88E-11	1.34E-11	1.04E-11	8.54E-12	7.23E-12	6.26E-12
NNW	9.95E-10	4.98E-10	2.99E-10	1.87E-10	9.95E-11	4.98E-11	2.99E-11	2.13E-11	1.66E-11	1.36E-11	1.15E-11	9.95E-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	1.00E-03	7.00E-03	7.00E-03	7.00E-03	7.00E-03
1~2km	1.00E-03	1.50E-03	2.50E-03	2.50E-03	2.50E-03
2~5km	1.00E-03	1.00E-03	1.50E-03	1.50E-03	1.50E-03
5~10km	1.00E-03	1.00E-03	1.50E-03	1.50E-03	1.50E-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 ( $^3\text{H}$ )单位:  $\text{Bq/m}^3$ 

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	2.98E-01	1.50E-01	7.10E-02	3.40E-02	1.44E-02	5.99E-03	3.13E-03	2.03E-03	1.48E-03	1.15E-03	9.25E-04	7.73E-04
NNE	5.43E-02	2.98E-02	1.65E-02	9.11E-03	4.75E-03	2.41E-03	1.39E-03	9.22E-04	6.68E-04	5.15E-04	4.15E-04	3.42E-04
NE	3.24E-02	1.68E-02	9.90E-03	5.83E-03	3.25E-03	1.74E-03	1.04E-03	7.09E-04	5.20E-04	4.04E-04	3.26E-04	2.72E-04
ENE	3.74E-02	1.68E-02	9.39E-03	5.35E-03	2.94E-03	1.64E-03	1.00E-03	6.85E-04	5.04E-04	3.91E-04	3.17E-04	2.64E-04
E	5.01E-02	2.26E-02	1.23E-02	6.65E-03	3.01E-03	1.38E-03	8.06E-04	5.55E-04	4.18E-04	3.31E-04	2.73E-04	2.31E-04
ESE	6.37E-02	2.78E-02	1.43E-02	7.49E-03	3.34E-03	1.60E-03	9.64E-04	6.70E-04	5.04E-04	4.01E-04	3.30E-04	2.76E-04
SE	7.58E-02	3.37E-02	1.67E-02	8.57E-03	3.65E-03	1.62E-03	9.30E-04	6.39E-04	4.83E-04	3.84E-04	3.16E-04	2.65E-04
SSE	9.62E-02	4.05E-02	2.04E-02	1.08E-02	4.78E-03	2.13E-03	1.20E-03	8.20E-04	6.11E-04	4.83E-04	3.98E-04	3.31E-04
S	1.96E-01	9.07E-02	4.56E-02	2.39E-02	1.00E-02	4.01E-03	2.14E-03	1.45E-03	1.10E-03	8.72E-04	7.22E-04	6.06E-04
SSW	1.77E-01	8.28E-02	4.24E-02	2.23E-02	9.37E-03	3.70E-03	1.97E-03	1.34E-03	1.01E-03	8.03E-04	6.65E-04	5.58E-04
SW	8.35E-02	2.99E-02	1.56E-02	8.62E-03	4.22E-03	2.05E-03	1.20E-03	8.15E-04	6.05E-04	4.73E-04	3.85E-04	3.19E-04
WSW	2.55E-02	7.01E-03	3.59E-03	2.05E-03	1.28E-03	8.18E-04	5.26E-04	3.59E-04	2.64E-04	2.03E-04	1.63E-04	1.33E-04
W	9.76E-03	2.33E-03	1.49E-03	9.44E-04	6.76E-04	4.80E-04	3.18E-04	2.20E-04	1.62E-04	1.25E-04	1.00E-04	8.23E-05
WNW	5.99E-03	1.46E-03	9.44E-04	6.65E-04	5.62E-04	4.15E-04	2.73E-04	1.87E-04	1.37E-04	1.05E-04	8.37E-05	6.85E-05
NW	1.58E-02	9.34E-03	5.74E-03	3.48E-03	2.20E-03	1.36E-03	8.54E-04	5.83E-04	4.30E-04	3.33E-04	2.68E-04	2.21E-04
NNW	2.57E-01	1.61E-01	8.49E-02	4.35E-02	1.95E-02	8.35E-03	4.52E-03	3.00E-03	2.22E-03	1.74E-03	1.42E-03	1.19E-03

表 6.2-5 (2/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{14}\text{C}$ )单位:  $\text{Bq}/\text{m}^3$ 

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	6.17E-03	3.10E-03	1.47E-03	7.04E-04	2.98E-04	1.24E-04	6.48E-05	4.21E-05	3.06E-05	2.37E-05	1.91E-05	1.60E-05
NNE	1.12E-03	6.18E-04	3.41E-04	1.89E-04	9.83E-05	4.99E-05	2.88E-05	1.91E-05	1.38E-05	1.07E-05	8.58E-06	7.08E-06
NE	6.70E-04	3.47E-04	2.05E-04	1.21E-04	6.74E-05	3.61E-05	2.16E-05	1.47E-05	1.08E-05	8.36E-06	6.76E-06	5.63E-06
ENE	7.74E-04	3.47E-04	1.94E-04	1.11E-04	6.08E-05	3.38E-05	2.07E-05	1.42E-05	1.04E-05	8.10E-06	6.56E-06	5.46E-06
E	1.04E-03	4.69E-04	2.55E-04	1.38E-04	6.23E-05	2.85E-05	1.67E-05	1.15E-05	8.64E-06	6.85E-06	5.64E-06	4.78E-06
ESE	1.32E-03	5.75E-04	2.96E-04	1.55E-04	6.92E-05	3.30E-05	1.99E-05	1.39E-05	1.04E-05	8.29E-06	6.82E-06	5.71E-06
SE	1.57E-03	6.98E-04	3.46E-04	1.77E-04	7.56E-05	3.34E-05	1.92E-05	1.32E-05	9.99E-06	7.94E-06	6.53E-06	5.49E-06
SSE	1.99E-03	8.39E-04	4.23E-04	2.23E-04	9.89E-05	4.40E-05	2.49E-05	1.70E-05	1.26E-05	9.99E-06	8.23E-06	6.85E-06
S	4.07E-03	1.88E-03	9.45E-04	4.95E-04	2.07E-04	8.29E-05	4.44E-05	3.01E-05	2.27E-05	1.81E-05	1.50E-05	1.26E-05
SSW	3.67E-03	1.71E-03	8.77E-04	4.62E-04	1.94E-04	7.65E-05	4.08E-05	2.76E-05	2.08E-05	1.66E-05	1.38E-05	1.16E-05
SW	1.73E-03	6.20E-04	3.23E-04	1.78E-04	8.74E-05	4.24E-05	2.48E-05	1.69E-05	1.25E-05	9.80E-06	7.97E-06	6.60E-06
WSW	5.27E-04	1.45E-04	7.42E-05	4.25E-05	2.65E-05	1.69E-05	1.09E-05	7.43E-06	5.46E-06	4.21E-06	3.37E-06	2.76E-06
W	2.02E-04	4.82E-05	3.08E-05	1.95E-05	1.40E-05	9.93E-06	6.58E-06	4.55E-06	3.35E-06	2.58E-06	2.07E-06	1.70E-06
WNW	1.24E-04	3.01E-05	1.95E-05	1.38E-05	1.16E-05	8.58E-06	5.65E-06	3.87E-06	2.83E-06	2.17E-06	1.74E-06	1.42E-06
NW	3.26E-04	1.93E-04	1.19E-04	7.20E-05	4.56E-05	2.81E-05	1.77E-05	1.21E-05	8.90E-06	6.88E-06	5.54E-06	4.58E-06
NNW	5.32E-03	3.33E-03	1.76E-03	9.00E-04	4.03E-04	1.73E-04	9.35E-05	6.21E-05	4.60E-05	3.61E-05	2.94E-05	2.47E-05

表 6.2-5 (3/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{85}\text{Kr}$ )单位:  $\text{Bq}/\text{m}^3$ 

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	1.08E+00	5.40E-01	2.56E-01	1.23E-01	5.20E-02	2.16E-02	1.13E-02	7.34E-03	5.33E-03	4.13E-03	3.34E-03	2.79E-03
NNE	1.96E-01	1.08E-01	5.94E-02	3.29E-02	1.71E-02	8.70E-03	5.01E-03	3.33E-03	2.41E-03	1.86E-03	1.50E-03	1.23E-03
NE	1.17E-01	6.04E-02	3.57E-02	2.10E-02	1.17E-02	6.29E-03	3.77E-03	2.56E-03	1.87E-03	1.46E-03	1.18E-03	9.81E-04
ENE	1.35E-01	6.04E-02	3.39E-02	1.93E-02	1.06E-02	5.90E-03	3.61E-03	2.47E-03	1.82E-03	1.41E-03	1.14E-03	9.51E-04
E	1.81E-01	8.17E-02	4.44E-02	2.40E-02	1.09E-02	4.97E-03	2.91E-03	2.00E-03	1.51E-03	1.19E-03	9.84E-04	8.32E-04
ESE	2.30E-01	1.00E-01	5.16E-02	2.70E-02	1.21E-02	5.76E-03	3.48E-03	2.42E-03	1.82E-03	1.45E-03	1.19E-03	9.95E-04
SE	2.73E-01	1.22E-01	6.03E-02	3.09E-02	1.32E-02	5.82E-03	3.35E-03	2.30E-03	1.74E-03	1.38E-03	1.14E-03	9.56E-04
SSE	3.47E-01	1.46E-01	7.36E-02	3.89E-02	1.72E-02	7.67E-03	4.34E-03	2.96E-03	2.20E-03	1.74E-03	1.43E-03	1.19E-03
S	7.09E-01	3.27E-01	1.65E-01	8.62E-02	3.61E-02	1.45E-02	7.73E-03	5.24E-03	3.96E-03	3.15E-03	2.61E-03	2.19E-03
SSW	6.40E-01	2.98E-01	1.53E-01	8.05E-02	3.38E-02	1.33E-02	7.10E-03	4.81E-03	3.63E-03	2.90E-03	2.40E-03	2.01E-03
SW	3.01E-01	1.08E-01	5.62E-02	3.11E-02	1.52E-02	7.38E-03	4.32E-03	2.94E-03	2.18E-03	1.71E-03	1.39E-03	1.15E-03
WSW	9.19E-02	2.53E-02	1.29E-02	7.40E-03	4.62E-03	2.95E-03	1.90E-03	1.29E-03	9.51E-04	7.33E-04	5.87E-04	4.81E-04
W	3.52E-02	8.40E-03	5.36E-03	3.40E-03	2.44E-03	1.73E-03	1.15E-03	7.93E-04	5.83E-04	4.50E-04	3.61E-04	2.97E-04
WNW	2.16E-02	5.25E-03	3.40E-03	2.40E-03	2.03E-03	1.50E-03	9.84E-04	6.75E-04	4.93E-04	3.78E-04	3.02E-04	2.47E-04
NW	5.69E-02	3.37E-02	2.07E-02	1.26E-02	7.94E-03	4.90E-03	3.08E-03	2.10E-03	1.55E-03	1.20E-03	9.66E-04	7.97E-04
NNW	9.28E-01	5.80E-01	3.06E-01	1.57E-01	7.02E-02	3.01E-02	1.63E-02	1.08E-02	8.01E-03	6.28E-03	5.12E-03	4.31E-03

表 6.2-5 (4/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{60}\text{Co}$ )单位:  $\text{Bq}/\text{m}^3$ 

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	5.12E-08	2.55E-08	1.20E-08	5.66E-09	2.38E-09	9.72E-10	4.95E-10	3.13E-10	2.22E-10	1.69E-10	1.34E-10	1.11E-10
NNE	9.24E-09	5.05E-09	2.76E-09	1.51E-09	7.85E-10	3.91E-10	2.18E-10	1.39E-10	9.80E-11	7.34E-11	5.74E-11	4.66E-11
NE	5.52E-09	2.84E-09	1.67E-09	9.77E-10	5.39E-10	2.85E-10	1.65E-10	1.08E-10	7.74E-11	5.85E-11	4.63E-11	3.78E-11
ENE	6.35E-09	2.82E-09	1.56E-09	8.81E-10	4.82E-10	2.65E-10	1.56E-10	1.03E-10	7.31E-11	5.50E-11	4.33E-11	3.51E-11
E	8.59E-09	3.86E-09	2.09E-09	1.12E-09	5.02E-10	2.24E-10	1.28E-10	8.57E-11	6.30E-11	4.92E-11	4.00E-11	3.34E-11
ESE	1.09E-08	4.76E-09	2.43E-09	1.27E-09	5.63E-10	2.62E-10	1.52E-10	1.01E-10	7.37E-11	5.66E-11	4.54E-11	3.74E-11
SE	1.30E-08	5.78E-09	2.84E-09	1.45E-09	6.14E-10	2.64E-10	1.47E-10	9.77E-11	7.15E-11	5.55E-11	4.51E-11	3.73E-11
SSE	1.65E-08	6.91E-09	3.46E-09	1.82E-09	7.98E-10	3.48E-10	1.92E-10	1.27E-10	9.26E-11	7.15E-11	5.79E-11	4.76E-11
S	3.37E-08	1.55E-08	7.74E-09	4.03E-09	1.67E-09	6.54E-10	3.40E-10	2.25E-10	1.66E-10	1.30E-10	1.06E-10	8.83E-11
SSW	3.05E-08	1.41E-08	7.21E-09	3.77E-09	1.56E-09	6.03E-10	3.13E-10	2.07E-10	1.54E-10	1.21E-10	9.90E-11	8.27E-11
SW	1.43E-08	5.12E-09	2.65E-09	1.45E-09	6.99E-10	3.27E-10	1.83E-10	1.20E-10	8.59E-11	6.54E-11	5.21E-11	4.23E-11
WSW	4.37E-09	1.19E-09	6.07E-10	3.44E-10	2.12E-10	1.31E-10	7.93E-11	5.10E-11	3.53E-11	2.59E-11	1.98E-11	1.56E-11
W	1.67E-09	3.96E-10	2.51E-10	1.58E-10	1.13E-10	7.69E-11	4.76E-11	3.08E-11	2.13E-11	1.56E-11	1.19E-11	9.42E-12
WNW	1.02E-09	2.44E-10	1.56E-10	1.08E-10	8.83E-11	6.17E-11	3.79E-11	2.43E-11	1.67E-11	1.21E-11	9.24E-12	7.23E-12
NW	2.68E-09	1.56E-09	9.50E-10	5.71E-10	3.60E-10	2.17E-10	1.30E-10	8.46E-11	5.93E-11	4.41E-11	3.43E-11	2.75E-11
NNW	4.41E-08	2.75E-08	1.44E-08	7.34E-09	3.27E-09	1.38E-09	7.26E-10	4.72E-10	3.43E-10	2.65E-10	2.13E-10	1.77E-10

表 6.2-5 (5/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $\text{Bq}/\text{m}^3$ 

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	4.47E-05	2.07E-05	8.84E-06	3.83E-06	1.49E-06	5.06E-07	1.92E-07	9.66E-08	5.99E-08	4.22E-08	3.20E-08	2.55E-08
NNE	7.88E-06	3.99E-06	2.03E-06	1.06E-06	5.29E-07	2.12E-07	7.91E-08	3.70E-08	2.15E-08	1.43E-08	1.05E-08	8.16E-09
NE	4.85E-06	2.38E-06	1.34E-06	7.57E-07	3.97E-07	1.66E-07	6.46E-08	3.10E-08	1.80E-08	1.20E-08	8.68E-09	6.72E-09
ENE	5.71E-06	2.40E-06	1.28E-06	6.90E-07	3.58E-07	1.52E-07	5.84E-08	2.76E-08	1.61E-08	1.07E-08	7.85E-09	6.10E-09
E	7.85E-06	3.39E-06	1.76E-06	8.99E-07	3.69E-07	1.33E-07	5.58E-08	3.08E-08	2.02E-08	1.47E-08	1.14E-08	9.25E-09
ESE	9.97E-06	4.19E-06	2.06E-06	1.02E-06	4.21E-07	1.52E-07	6.15E-08	3.41E-08	2.29E-08	1.71E-08	1.34E-08	1.10E-08
SE	1.17E-05	5.01E-06	2.36E-06	1.15E-06	4.53E-07	1.58E-07	6.54E-08	3.70E-08	2.53E-08	1.90E-08	1.52E-08	1.24E-08
SSE	1.47E-05	5.84E-06	2.76E-06	1.38E-06	5.66E-07	2.02E-07	8.32E-08	4.60E-08	3.06E-08	2.26E-08	1.77E-08	1.43E-08
S	3.02E-05	1.31E-05	6.28E-06	3.11E-06	1.19E-06	3.93E-07	1.64E-07	9.48E-08	6.54E-08	4.89E-08	3.88E-08	3.15E-08
SSW	2.77E-05	1.24E-05	6.10E-06	3.07E-06	1.20E-06	3.93E-07	1.65E-07	9.58E-08	6.64E-08	5.03E-08	3.99E-08	3.26E-08
SW	1.30E-05	4.49E-06	2.26E-06	1.20E-06	5.35E-07	1.96E-07	7.65E-08	4.01E-08	2.56E-08	1.83E-08	1.41E-08	1.13E-08
WSW	3.93E-06	1.02E-06	5.05E-07	2.78E-07	1.61E-07	6.92E-08	2.25E-08	9.12E-09	4.89E-09	3.14E-09	2.25E-09	1.72E-09
W	1.47E-06	3.25E-07	2.00E-07	1.22E-07	8.32E-08	3.92E-08	1.26E-08	4.80E-09	2.41E-09	1.48E-09	1.03E-09	7.72E-10
WNW	8.95E-07	1.95E-07	1.23E-07	8.53E-08	6.69E-08	3.19E-08	1.00E-08	3.60E-09	1.72E-09	1.01E-09	6.79E-10	5.00E-10
NW	2.40E-06	1.35E-06	7.91E-07	4.62E-07	2.74E-07	1.21E-07	4.33E-08	1.87E-08	1.03E-08	6.74E-09	4.90E-09	3.81E-09
NNW	4.02E-05	2.41E-05	1.21E-05	5.94E-06	2.50E-06	8.96E-07	3.69E-07	2.02E-07	1.32E-07	9.58E-08	7.39E-08	5.97E-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
<sup>3</sup> H	6.76E+00	2.42E+00	1.45E+00	1.45E+00	9.66E-01
<sup>14</sup> C	4.67E-03	1.67E-03	1.00E-03	1.00E-03	6.67E-04
<sup>51</sup> Cr	2.16E-05	4.62E-06	3.08E-06	3.08E-06	3.08E-06
<sup>54</sup> Mn	1.83E-06	6.55E-07	3.93E-07	3.93E-07	2.62E-07
<sup>59</sup> Fe	3.56E-06	7.63E-07	5.09E-07	5.09E-07	5.09E-07
<sup>58</sup> Co	8.18E-06	1.75E-06	1.17E-06	1.17E-06	1.17E-06
<sup>60</sup> Co	7.91E-06	2.82E-06	1.69E-06	1.69E-06	1.13E-06
<sup>89</sup> Sr	4.87E-07	1.04E-07	6.96E-08	6.96E-08	6.96E-08
<sup>90</sup> Sr	1.03E-08	3.67E-09	2.20E-09	2.20E-09	1.47E-09
<sup>91</sup> Sr	9.38E-09	9.38E-09	9.38E-09	9.38E-09	9.38E-09
<sup>92</sup> Sr	1.12E-08	1.12E-08	1.12E-08	1.12E-08	1.12E-08
<sup>90</sup> Y	1.19E-09	1.19E-09	1.19E-09	1.19E-09	1.19E-09
<sup>91</sup> Y	1.80E-08	3.86E-09	2.58E-09	2.58E-09	2.58E-09
<sup>95</sup> Zr	2.42E-08	5.18E-09	3.46E-09	3.46E-09	3.46E-09
<sup>95</sup> Nb	2.22E-08	4.76E-09	3.17E-09	3.17E-09	3.17E-09
<sup>99</sup> Mo	1.21E-07	1.21E-07	1.21E-07	1.21E-07	1.21E-07
<sup>99m</sup> Tc	1.01E-07	1.01E-07	1.01E-07	1.01E-07	1.01E-07
<sup>103</sup> Ru	2.56E-08	5.48E-09	3.65E-09	3.65E-09	3.65E-09
<sup>106</sup> Ru	7.04E-09	2.52E-09	1.51E-09	1.51E-09	1.01E-09
<sup>106</sup> Rh	1.87E-13	1.87E-13	1.87E-13	1.87E-13	1.87E-13
<sup>110m</sup> Ag	1.29E-06	4.61E-07	2.77E-07	2.77E-07	1.84E-07
<sup>122</sup> Sb	3.13E-08	3.13E-08	3.13E-08	3.13E-08	3.13E-08
<sup>124</sup> Sb	5.52E-07	1.18E-07	7.88E-08	7.88E-08	7.88E-08
<sup>131</sup> Te	7.59E-09	7.59E-09	7.59E-09	7.59E-09	7.59E-09
<sup>131m</sup> Te	3.02E-09	3.02E-09	3.02E-09	3.02E-09	3.02E-09
<sup>132</sup> Te	5.61E-08	5.61E-08	5.61E-08	5.61E-08	5.61E-08
<sup>134</sup> Te	1.50E-08	1.50E-08	1.50E-08	1.50E-08	1.50E-08
<sup>131</sup> I	4.87E-05	4.87E-05	4.87E-05	4.87E-05	4.87E-05
<sup>132</sup> I	6.12E-06	6.12E-06	6.12E-06	6.12E-06	6.12E-06
<sup>133</sup> I	2.29E-05	2.29E-05	2.29E-05	2.29E-05	2.29E-05
<sup>134</sup> I	5.28E-07	5.28E-07	5.28E-07	5.28E-07	5.28E-07
<sup>135</sup> I	5.90E-06	5.90E-06	5.90E-06	5.90E-06	5.90E-06
<sup>134</sup> Cs	6.15E-05	2.20E-05	1.32E-05	1.32E-05	8.78E-06
<sup>136</sup> Cs	2.42E-05	5.18E-06	3.46E-06	3.46E-06	3.46E-06
<sup>137</sup> Cs	8.46E-05	3.02E-05	1.81E-05	1.81E-05	1.21E-05

$^{138}\text{Cs}$	1.87E-06	1.87E-06	1.87E-06	1.87E-06	1.87E-06
$^{140}\text{Ba}$	9.08E-07	1.94E-07	1.30E-07	1.30E-07	1.30E-07
$^{140}\text{La}$	1.15E-07	1.15E-07	1.15E-07	1.15E-07	1.15E-07
$^{141}\text{Ce}$	2.62E-08	5.61E-09	3.74E-09	3.74E-09	3.74E-09
$^{143}\text{Ce}$	4.73E-09	4.73E-09	4.73E-09	4.73E-09	4.73E-09
$^{144}\text{Ce}$	1.49E-08	5.33E-09	3.20E-09	3.20E-09	2.13E-09
$^{143}\text{Pr}$	2.76E-08	5.91E-09	3.94E-09	3.94E-09	3.94E-09
$^{144}\text{Pr}$	2.06E-09	2.06E-09	2.06E-09	2.06E-09	2.06E-09

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)
	$^3\text{H}$	5.08E+01	$^{124}\text{Sb}$	4.14E-06
	$^{14}\text{C}$	3.50E-02	$^{131}\text{Te}$	5.70E-08
	$^{51}\text{Cr}$	1.62E-04	$^{131\text{m}}\text{Te}$	2.26E-08
	$^{54}\text{Mn}$	1.38E-05	$^{132}\text{Te}$	4.21E-07
	$^{59}\text{Fe}$	2.67E-05	$^{134}\text{Te}$	1.12E-07
	$^{58}\text{Co}$	6.14E-05	$^{131}\text{I}$	3.65E-04
	$^{60}\text{Co}$	5.93E-05	$^{132}\text{I}$	4.59E-05
	$^{89}\text{Sr}$	3.65E-06	$^{133}\text{I}$	1.72E-04
	$^{90}\text{Sr}$	7.70E-08	$^{134}\text{I}$	3.97E-06
	$^{91}\text{Sr}$	7.04E-08	$^{135}\text{I}$	4.43E-05
	$^{92}\text{Sr}$	8.44E-08	$^{134}\text{Cs}$	4.61E-04
	$^{90}\text{Y}$	8.91E-09	$^{136}\text{Cs}$	1.82E-04
	$^{91}\text{Y}$	1.35E-07	$^{137}\text{Cs}$	6.35E-04
	$^{95}\text{Zr}$	1.82E-07	$^{138}\text{Cs}$	1.40E-05
	$^{95}\text{Nb}$	1.67E-07	$^{140}\text{Ba}$	6.81E-06
	$^{99}\text{Mo}$	9.05E-07	$^{140}\text{La}$	8.61E-07
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	7.57E-07	$^{141}\text{Ce}$	1.97E-07
	$^{103}\text{Ru}$	1.92E-07	$^{143}\text{Ce}$	3.55E-08
	$^{106}\text{Ru}$	5.29E-08	$^{144}\text{Ce}$	1.12E-07
	$^{106}\text{Rh}$	1.41E-12	$^{143}\text{Pr}$	2.07E-07
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	9.69E-06	$^{144}\text{Pr}$	1.54E-08
	$^{122}\text{Sb}$	2.35E-07		

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	0.00E+00	0.00E+00	6.71E-07	3.15E-07	1.17E-07	4.49E-08	2.23E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.34E-08	3.77E-08	1.74E-08	9.15E-09	0.00E+00	0.00E+00	4.39E-09	4.10E-09	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	9.54E-08	0.00E+00	2.61E-08	1.27E-08	7.22E-09	4.59E-09	4.87E-09	4.47E-09	4.23E-09	0.00E+00
ENE	0.00E+00	1.76E-07	4.69E-08	0.00E+00	2.61E-08	1.32E-08	7.35E-09	4.78E-09	4.83E-09	4.50E-09	2.31E-09	1.81E-09
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.43E-08	1.02E-08	5.45E-09	4.59E-09	3.11E-09	2.05E-09	1.68E-09	2.48E-09
ESE	0.00E+00	2.69E-07	6.71E-08	6.96E-08	2.66E-08	1.13E-08	6.18E-09	4.23E-09	3.21E-09	2.75E-09	1.90E-09	1.57E-09
SE	0.00E+00	0.00E+00	1.62E-07	8.21E-08	3.06E-08	1.25E-08	6.52E-09	4.44E-09	3.22E-09	2.51E-09	2.04E-09	1.71E-09
SSE	0.00E+00	0.00E+00	1.93E-07	9.98E-08	3.83E-08	1.55E-08	8.16E-09	5.26E-09	3.96E-09	3.04E-09	2.44E-09	2.01E-09
S	0.00E+00	8.71E-07	0.00E+00	2.22E-07	8.08E-08	3.07E-08	1.50E-08	9.66E-09	7.34E-09	5.72E-09	4.63E-09	3.81E-09
SSW	0.00E+00	0.00E+00	4.10E-07	2.13E-07	7.81E-08	2.89E-08	1.45E-08	1.02E-08	7.25E-09	5.69E-09	4.65E-09	3.81E-09
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.24E-08	3.72E-08	1.54E-08	8.66E-09	5.67E-09	4.12E-09	3.42E-09	2.50E-09	2.05E-09
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.93E-08	1.08E-08	6.12E-09	3.43E-09	2.25E-09	1.59E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.49E-09	5.65E-09	3.73E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	1.38E-08	0.00E+00	6.15E-09	4.11E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.97E-08	2.17E-08	0.00E+00						
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.70E-07	6.49E-08	3.45E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

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	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.89E-08	2.17E-08	1.43E-08	1.44E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	2.18E-08	1.47E-08	1.47E-08	0.00E+00	0.00E+00	6.35E-09	6.35E-09	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	0.00E+00	2.18E-08	1.47E-08	1.44E-08	1.10E-08	1.40E-08	1.13E-08	1.21E-08	0.00E+00
ENE	0.00E+00	3.89E-08	2.34E-10	0.00E+00	2.19E-08	1.47E-08	1.47E-08	1.47E-08	7.39E-09	8.10E-09	8.45E-09	1.11E-08
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.19E-08	1.48E-08	1.47E-08	7.34E-09	8.90E-09	6.47E-09	8.67E-09	1.23E-08
ESE	0.00E+00	3.89E-08	2.34E-10	3.89E-08	2.19E-08	1.47E-08	1.47E-08	6.35E-09	1.09E-08	1.14E-08	6.35E-09	6.35E-09
SE	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.89E-08	2.19E-08	1.46E-08	1.47E-08	6.94E-09	6.35E-09	6.35E-09	7.25E-09	7.42E-09
SSE	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.89E-08	2.19E-08	1.42E-08	1.47E-08	1.47E-08	8.08E-09	7.35E-09	8.13E-09	1.04E-08
S	0.00E+00	3.89E-08	0.00E+00	3.89E-08	2.19E-08	1.46E-08	1.47E-08	1.47E-08	7.49E-09	7.02E-09	6.90E-09	6.67E-09
SSW	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.89E-08	2.19E-08	1.47E-08	1.47E-08	7.47E-09	7.29E-09	7.28E-09	7.78E-09	7.57E-09
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.49E-08	1.56E-08	8.43E-09	7.72E-09	9.60E-09	1.25E-08	8.88E-09	1.01E-08
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.89E-08	3.48E-08	8.67E-09	1.03E-08	1.00E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.89E-08	3.89E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	0.00E+00	3.27E-08	3.89E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.89E-08	3.89E-08	0.00E+00						
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.31E-08	1.43E-08	1.44E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

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	0.00E+00	0.00E+00	7.09E-07	3.54E-07	1.39E-07	5.92E-08	3.66E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.22E-07	5.95E-08	3.21E-08	2.38E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.07E-08	1.04E-08	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	1.34E-07	0.00E+00	4.79E-08	2.74E-08	2.16E-08	1.56E-08	1.88E-08	1.58E-08	1.63E-08	0.00E+00
ENE	0.00E+00	2.15E-07	4.72E-08	0.00E+00	4.79E-08	2.80E-08	2.20E-08	1.95E-08	1.22E-08	1.26E-08	1.08E-08	1.29E-08
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.61E-08	2.49E-08	2.02E-08	1.19E-08	1.20E-08	8.52E-09	1.03E-08	1.48E-08
ESE	0.00E+00	3.08E-07	6.74E-08	1.08E-07	4.85E-08	2.60E-08	2.09E-08	1.06E-08	1.41E-08	1.41E-08	8.25E-09	7.92E-09
SE	0.00E+00	0.00E+00	2.01E-07	1.21E-07	5.25E-08	2.71E-08	2.12E-08	1.14E-08	9.57E-09	8.86E-09	9.29E-09	9.12E-09
SSE	0.00E+00	0.00E+00	2.32E-07	1.39E-07	6.02E-08	2.97E-08	2.29E-08	2.00E-08	1.20E-08	1.04E-08	1.06E-08	1.24E-08
S	0.00E+00	9.10E-07	0.00E+00	2.61E-07	1.03E-07	4.53E-08	2.98E-08	2.44E-08	1.48E-08	1.27E-08	1.15E-08	1.05E-08
SSW	0.00E+00	0.00E+00	4.49E-07	2.52E-07	1.00E-07	4.37E-08	2.92E-08	1.77E-08	1.45E-08	1.30E-08	1.24E-08	1.14E-08
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.21E-07	7.21E-08	3.10E-08	1.71E-08	1.34E-08	1.37E-08	1.59E-08	1.14E-08	1.21E-08
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.82E-08	4.97E-08	4.09E-08	1.21E-08	1.26E-08	1.16E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.74E-08	4.46E-08	4.26E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	5.27E-08	0.00E+00	3.88E-08	4.30E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.86E-08	6.06E-08	0.00E+00						
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.93E-07	7.92E-08	4.89E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

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	0.00E+00	0.00E+00	7.12E-07	3.58E-07	1.51E-07	6.58E-08	4.16E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.26E-07	6.65E-08	3.64E-08	2.77E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.24E-08	1.21E-08	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	1.38E-07	0.00E+00	5.42E-08	3.13E-08	2.55E-08	1.85E-08	2.28E-08	1.89E-08	1.97E-08	0.00E+00
ENE	0.00E+00	2.15E-07	4.75E-08	0.00E+00	5.34E-08	3.15E-08	2.56E-08	2.29E-08	1.42E-08	1.48E-08	1.28E-08	1.57E-08
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.21E-08	2.85E-08	2.37E-08	1.38E-08	1.43E-08	1.01E-08	1.25E-08	1.80E-08
ESE	0.00E+00	3.11E-07	6.80E-08	1.13E-07	5.47E-08	2.99E-08	2.45E-08	1.22E-08	1.70E-08	1.72E-08	9.76E-09	9.40E-09
SE	0.00E+00	0.00E+00	2.04E-07	1.24E-07	5.86E-08	3.09E-08	2.48E-08	1.31E-08	1.11E-08	1.04E-08	1.10E-08	1.09E-08
SSE	0.00E+00	0.00E+00	2.35E-07	1.43E-07	6.70E-08	3.41E-08	2.65E-08	2.35E-08	1.42E-08	1.22E-08	1.26E-08	1.51E-08
S	0.00E+00	9.13E-07	0.00E+00	2.64E-07	1.11E-07	5.02E-08	3.38E-08	2.82E-08	1.70E-08	1.46E-08	1.33E-08	1.22E-08
SSW	0.00E+00	0.00E+00	4.51E-07	2.55E-07	1.08E-07	4.79E-08	3.30E-08	1.97E-08	1.65E-08	1.49E-08	1.44E-08	1.33E-08
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.25E-07	7.65E-08	3.50E-08	1.94E-08	1.54E-08	1.62E-08	1.92E-08	1.36E-08	1.47E-08
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.25E-08	5.41E-08	4.55E-08	1.43E-08	1.52E-08	1.42E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.19E-08	4.90E-08	4.71E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	5.59E-08	0.00E+00	4.32E-08	4.73E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.11E-08	6.40E-08	0.00E+00						
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.09E-07	8.66E-08	5.46E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

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	0.00E+00	0.00E+00	6.34E-07	3.20E-07	1.37E-07	5.96E-08	3.69E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.15E-07	5.85E-08	3.15E-08	2.33E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-08	9.71E-09	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	1.25E-07	0.00E+00	4.70E-08	2.67E-08	2.20E-08	1.55E-08	2.01E-08	1.63E-08	1.71E-08	0.00E+00
ENE	0.00E+00	1.93E-07	4.72E-08	0.00E+00	4.59E-08	2.66E-08	2.13E-08	1.88E-08	1.17E-08	1.23E-08	1.08E-08	1.36E-08
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.49E-08	2.36E-08	1.95E-08	1.14E-08	1.21E-08	8.13E-09	1.06E-08	1.58E-08
ESE	0.00E+00	2.80E-07	6.75E-08	1.03E-07	4.72E-08	2.52E-08	2.01E-08	9.97E-09	1.48E-08	1.49E-08	7.85E-09	7.55E-09
SE	0.00E+00	0.00E+00	1.84E-07	1.13E-07	5.08E-08	2.63E-08	2.04E-08	1.08E-08	9.04E-09	8.39E-09	9.10E-09	8.95E-09
SSE	0.00E+00	0.00E+00	2.12E-07	1.30E-07	5.87E-08	3.03E-08	2.21E-08	1.94E-08	1.20E-08	1.02E-08	1.06E-08	1.31E-08
S	0.00E+00	8.15E-07	0.00E+00	2.36E-07	9.94E-08	4.43E-08	2.88E-08	2.35E-08	1.45E-08	1.23E-08	1.11E-08	1.00E-08
SSW	0.00E+00	0.00E+00	4.03E-07	2.28E-07	9.48E-08	4.09E-08	2.77E-08	1.67E-08	1.38E-08	1.25E-08	1.22E-08	1.11E-08
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.14E-07	6.94E-08	3.01E-08	1.63E-08	1.29E-08	1.39E-08	1.69E-08	1.16E-08	1.26E-08
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.87E-08	5.11E-08	4.21E-08	1.21E-08	1.31E-08	1.22E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.93E-08	4.68E-08	4.51E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	5.28E-08	0.00E+00	3.98E-08	4.52E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.48E-08	6.01E-08	0.00E+00						
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-07	7.94E-08	4.88E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

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	0.00E+00	0.00E+00	5.02E-07	2.49E-07	1.04E-07	4.42E-08	2.77E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.57E-08	4.61E-08	2.51E-08	1.91E-08	0.00E+00	0.00E+00	1.34E-08	1.31E-08	0.00E+00
NE	0.00E+00	0.00E+00	9.42E-08	0.00E+00	3.76E-08	2.17E-08	1.76E-08	1.50E-08	1.54E-08	1.44E-08	1.44E-08	0.00E+00
ENE	0.00E+00	1.50E-07	6.16E-08	0.00E+00	3.72E-08	2.19E-08	1.78E-08	1.60E-08	1.39E-08	1.38E-08	1.28E-08	1.31E-08
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.64E-08	2.00E-08	1.67E-08	1.39E-08	1.34E-08	1.22E-08	1.25E-08	1.36E-08
ESE	0.00E+00	2.19E-07	8.22E-08	7.64E-08	3.82E-08	2.08E-08	1.71E-08	1.36E-08	1.40E-08	1.38E-08	1.21E-08	1.19E-08
SE	0.00E+00	0.00E+00	1.42E-07	8.50E-08	4.11E-08	2.15E-08	1.73E-08	1.40E-08	1.30E-08	1.25E-08	1.24E-08	1.22E-08
SSE	0.00E+00	0.00E+00	1.64E-07	9.75E-08	4.67E-08	2.36E-08	1.84E-08	1.64E-08	1.38E-08	1.31E-08	1.29E-08	1.31E-08
S	0.00E+00	6.49E-07	0.00E+00	1.84E-07	7.76E-08	3.42E-08	2.32E-08	1.94E-08	1.59E-08	1.47E-08	1.39E-08	1.34E-08
SSW	0.00E+00	0.00E+00	3.19E-07	1.78E-07	7.56E-08	3.34E-08	2.29E-08	1.78E-08	1.59E-08	1.48E-08	1.42E-08	1.36E-08
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.51E-08	5.15E-08	2.41E-08	1.71E-08	1.49E-08	1.43E-08	1.44E-08	1.31E-08	1.30E-08
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.12E-08	3.52E-08	2.97E-08	1.37E-08	1.33E-08	1.28E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.37E-08	3.17E-08	3.02E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
WNW	0.00E+00	0.00E+00	3.66E-08	0.00E+00	2.86E-08	3.04E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.43E-08	4.23E-08	0.00E+00						
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.44E-07	5.92E-08	3.65E-08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

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	0.00E+00	0.00E+00	1.63E-03	2.13E-03	1.76E-03	2.41E-02	5.09E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.01E-02
NNE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.54E-04	1.44E-03	5.70E-03	1.88E-03	0.00E+00	0.00E+00	7.96E-05	1.53E-04	0.00E+00	9.61E-03
NE	0.00E+00	0.00E+00	6.40E-04	0.00E+00	9.06E-04	4.00E-03	2.00E-02	6.20E-03	4.40E-03	9.85E-03	4.00E-04	0.00E+00	4.64E-02
ENE	0.00E+00	5.66E-04	3.48E-04	0.00E+00	7.03E-04	1.10E-03	4.57E-03	1.15E-03	5.33E-03	1.72E-03	3.83E-03	1.24E-03	2.06E-02
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.84E-04	9.13E-04	2.47E-03	1.14E-03	1.82E-03	2.01E-03	3.65E-03	1.49E-02	2.75E-02
ESE	0.00E+00	1.25E-03	2.60E-04	9.55E-04	3.95E-04	8.96E-04	3.87E-03	1.28E-03	1.16E-02	1.69E-03	1.26E-03	1.08E-04	2.36E-02
SE	0.00E+00	0.00E+00	4.92E-04	9.78E-04	1.46E-03	3.27E-03	4.49E-04	1.00E-03	2.27E-03	8.80E-04	5.79E-03	3.85E-03	2.04E-02
SSE	0.00E+00	0.00E+00	5.01E-04	6.35E-04	2.25E-03	1.83E-02	1.90E-03	2.78E-03	3.10E-03	3.57E-03	5.51E-03	3.32E-02	7.17E-02
S	0.00E+00	2.11E-03	0.00E+00	4.31E-03	4.79E-03	3.04E-03	4.33E-03	5.72E-03	1.29E-03	4.51E-03	3.37E-03	6.92E-03	4.04E-02
SSW	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-03	1.78E-03	2.22E-03	3.33E-03	1.13E-03	3.33E-03	4.62E-04	4.72E-03	3.32E-03	1.91E-03	2.45E-02
SW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.02E-04	1.98E-03	1.90E-03	4.61E-03	2.30E-03	3.76E-03	1.54E-02	5.00E-03	8.05E-03	4.35E-02
WSW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.36E-04	4.48E-04	2.45E-03	1.96E-03	3.63E-03	2.94E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.83E-03
W	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.22E-04	9.67E-04	1.66E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.95E-03
WNW	0.00E+00	0.00E+00	2.13E-04	0.00E+00	1.20E-03	1.53E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.43E-03
NW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-04	2.29E-03	0.00E+00	2.56E-03						
NNW	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.43E-03	7.49E-04	3.08E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.49E-03
合计	0.00E+00	3.93E-03	6.42E-03	1.26E-02	2.68E-02	7.14E-02	4.80E-02	2.85E-02	3.40E-02	4.44E-02	3.23E-02	7.02E-02	3.79E-01

表 6.2-14 海洋生物受到的剂量率

单位:  $\mu\text{Gy/h}$ 

生物	内照射剂量率	外照射剂量率	总剂量率
底栖鱼类	2.40E-03	1.03E-06	2.40E-03
甲壳类	3.98E-03	1.01E-06	3.98E-03
藻类	2.24E-03	1.26E-06	2.25E-03
软体类	3.33E-03	1.11E-06	3.33E-03
浮游鱼类	2.43E-03	1.17E-06	2.43E-03
浮游植物	1.27E-03	1.52E-06	1.27E-03
浮游动物	1.19E-02	1.37E-06	1.19E-02

表 6.2-15 陆生生物受到的剂量率

单位:  $\mu\text{Gy/h}$ 

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	6.17E-04	5.18E-04	0.00E+00	6.07E-04	1.74E-03
环节动物	0.00E+00	0.00E+00	5.39E-06	4.45E-04	4.51E-04
腐食节肢动物	0.00E+00	0.00E+00	5.50E-06	4.46E-04	4.51E-04
鸟类	4.86E-04	5.15E-04	0.00E+00	6.16E-04	1.62E-03
飞行类昆虫	7.79E-04	5.44E-04	0.00E+00	4.21E-04	1.74E-03
草本植物	7.46E-04	5.14E-04	0.00E+00	5.28E-04	1.79E-03
苔藓植物	9.10E-04	5.34E-04	0.00E+00	5.31E-04	1.97E-03
大型哺乳动物	2.53E-04	2.60E-04	0.00E+00	6.29E-04	1.14E-03
小型掘洞哺乳动物	0.00E+00	0.00E+00	5.06E-06	6.21E-04	6.26E-04
腹足纲软体动物	7.13E-04	5.44E-04	0.00E+00	4.45E-04	1.70E-03
爬行动物	0.00E+00	0.00E+00	4.86E-06	6.15E-04	6.20E-04
灌木植物	9.14E-04	4.98E-04	0.00E+00	5.29E-04	1.94E-03
乔木	9.14E-04	4.16E-04	0.00E+00	6.07E-04	1.94E-03

表 6.2-16 正常运行下管线“跑冒滴漏”造成生活用水水井中的核素浓度和  
饮用水途径造成的公众剂量的预测结果

核素	预测浓度 Bq/L	公众剂量 Sv/a
H-3	3.18E-01	4.18E-09
C-14	2.81E-04	1.19E-10
—		4.30E-09

表 6.2-17 正常运行下管线“跑冒滴漏”造成灌溉水井中的核素浓度和  
食入经地下水灌溉的农作物途径造成的公众剂量的预测结果

核素	预测水井中浓度 Bq/L	公众剂量 Sv/a
H-3	2.35E-03	1.32E-12
C-14	1.62E-06	3.74E-12
Cs-137	2.94E-08	1.65E-11
Cs-134	2.14E-08	5.54E-12
Co-60	2.75E-09	6.09E-13
Ag-110m	4.49E-10	5.07E-16
Mn-54	6.38E-10	2.48E-16
Sr-90	3.57E-12	4.30E-14
合计		2.78E-11

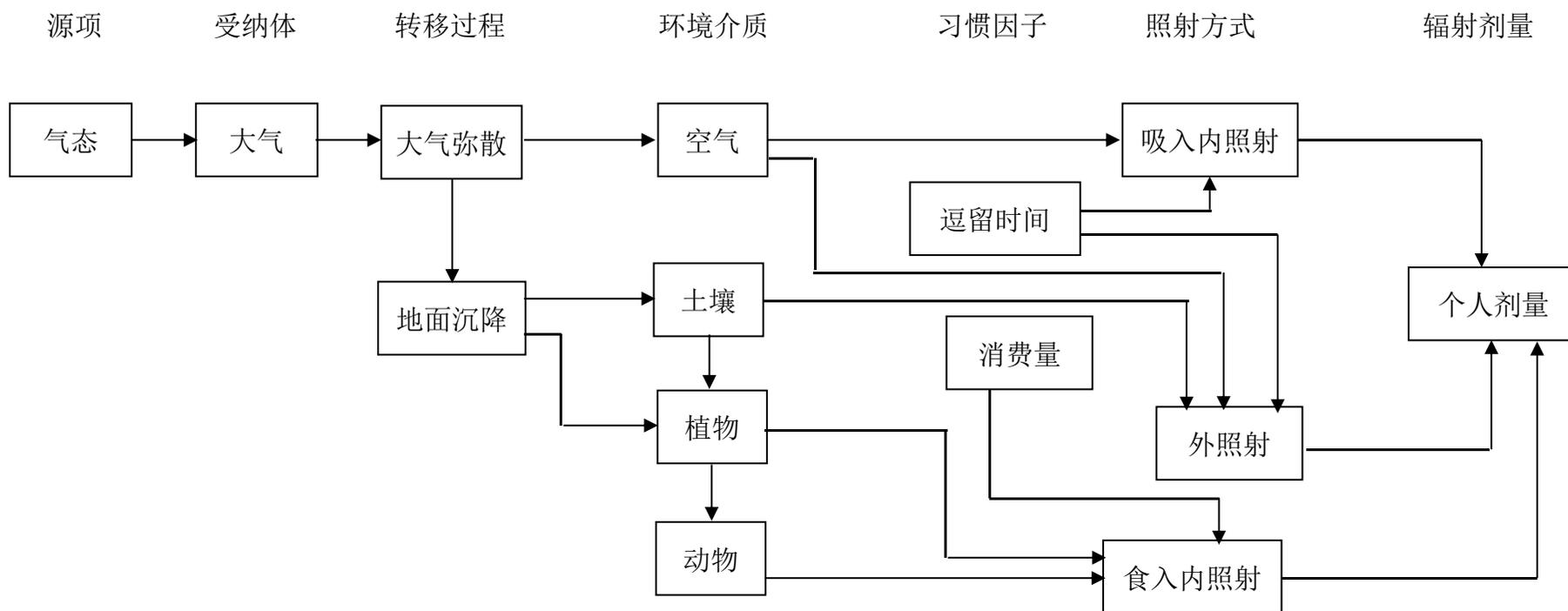


图 6.2-1 气态照射途径

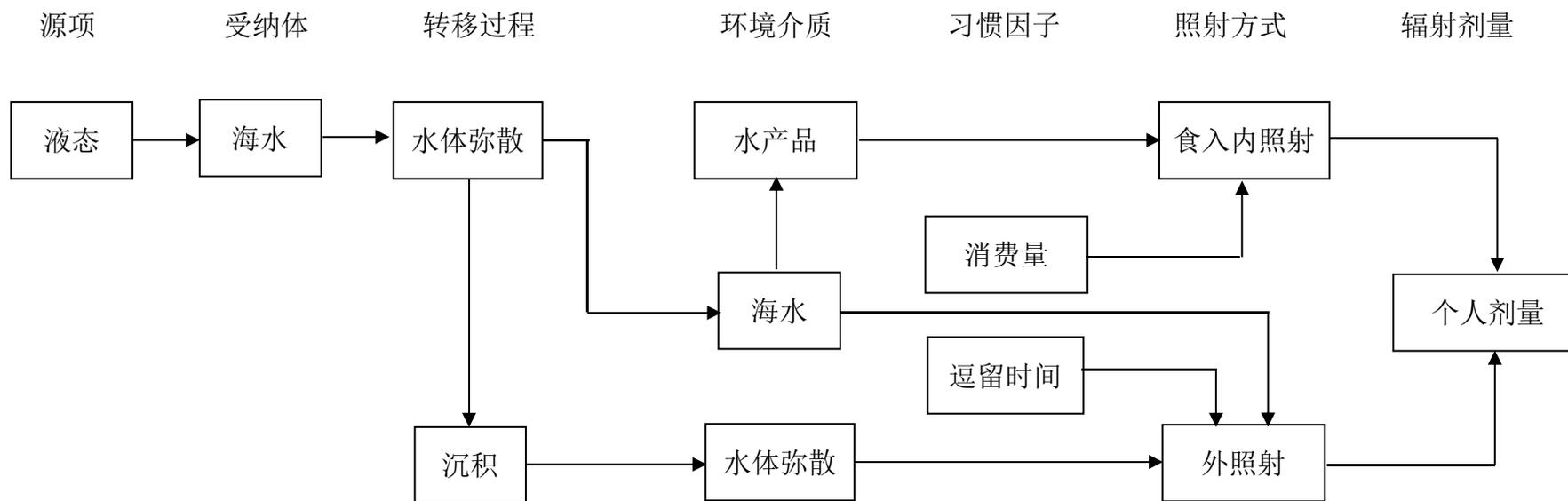


图 6.2-2 液态照射途径

注：根据前文分析，对于管线附近公众，还考虑了饮用地下水及食入农作物的内照射途径。

### 6.3 其它环境影响

#### 6.3.1 化学污染物的环境影响

#### 6.3.2 其他污染物的环境影响

## 6.3 其它环境影响

中广核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：

- 海水淡化浓盐水的排放；
- 海水连续加氯处理系统的余氯排放；
- 污水处理系统的污染物；
- 非放射性固废，包括生活垃圾、一般工业固体废物和危险废物；
- 噪声和电磁辐射。

### 6.3.1 化学污染物的环境影响

#### 6.3.1.1 浓盐水的环境影响

对于本项目海水冷却塔排放水对周边海域的盐度影响，本项目冷却塔浓缩倍率约 1.5 倍（将接纳海域本底浓度作为 1.0），根据《中广核山东招远核电厂一期工程含放射性液态流出物数值模拟计算分析报告》（2024.1），针对本工程所在海域的地形、边界及水流特性，选用在国际、国内得到广泛使用的 MIKE 21 通用商业软件开展计算分析。采用影响范围最大的不衰变核素的计算结果，夏季半月潮时，稀释 10 倍的全潮最大包络面积 0.21km<sup>2</sup>，稀释 5 倍的全潮最大包络面积 0.05km<sup>2</sup>；冬季半月潮时，稀释 10 倍的全潮最大包络面积 0.11km<sup>2</sup>，稀释 5 倍的全潮最大包络面积 0.02km<sup>2</sup>。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，对周边海域环境及海域生物不会产生明显影响。

对于海水淡化系统产生的浓盐水影响，周边海水在经海水淡化系统处理后排出的浓盐水浓缩倍率约为 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环境及海洋生物不会产生明显影响。

#### 6.3.1.2 余氯排放的环境影响

为了防止海水中微生物滋生和结垢，在循环水冷却水系统中添加了杀菌剂、阻垢缓蚀剂，杀菌剂拟选用次氯酸钠，阻垢剂拟采用丙烯酸聚合物类或者环氧琥珀酸聚合

物类阻垢缓释剂产品。因此，海水冷却塔排水中主要污染成分为余氯。

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，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<sup>-</sup>），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（NH<sub>2</sub>Cl 和 NHCl<sub>2</sub>）。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<sub>3</sub> 含量及较高的温度，都将导致余氯毒性增强；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<sub>50</sub>）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<sub>50</sub> 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。

本项目冷却塔循环冷却水中主要加入的化学物质为次氯酸等含氯的杀菌剂，对水质的主要污染因子为余氯，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，保守按照 0.1mg/L 考虑，根据《中广

核山东招远核电厂一期工程含放射性液态流出物数值模拟计算分析报告》（2024.1）相关计算结果（详见表 6.3-1 和图 6.3-1，该结果已考虑了裕龙石化的取、排水影响），由图可见，本项目余氯超过 0.02mg/L 的影响范围极小。同时，本项目 2 台机组正常运行时排放的余氯在附近海域稀释 10 倍的浓度（即相对浓度为 0.1，余氯绝对浓度值小于 10 $\mu$ g/L）最大包络面积为 0.04km<sup>2</sup>（夏季），稀释 5 倍浓度（即相对浓度为 0.2，余氯绝对浓度值小于 20 $\mu$ g/L）最大包络面积为 0.01km<sup>2</sup>（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

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。本项目运行中使用的化学物质相对较少，非放射性淡水类生产废水进行收集并处理后，将合格中水输送至冷却塔回用，预计不会对附近海域环境造成不利影响。

除此之外，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）处理满足循环冷却水标准后回用。

#### 6.3.2.2 生活污水的环境影响

中广核山东招远核电厂一期工程运行期生活污水通过集中接入市政管网至市政污水处理站集中处理。

#### 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530t。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 18597-2023）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<sup>3</sup>~266m<sup>3</sup>，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。

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

本项目噪声预测评价已在 6.1.4 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)，主要噪声源源强见表 6.1-5。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。根据 6.1.4 节的噪声预测结果，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较小，主要噪声贡献较大的为西侧厂界附近的大型自然通风海水冷却塔。

#### 6.3.2.5 电磁的环境影响

对于本项目拟建的 1000kV 开关站 (BTB) 以及 1000kV 送电线路 (厂内部分) 的电磁环境影响，采用 1000kV 浙北变电站作为本工程变电站的电磁环境影响类比对象。该变电站包含在浙北~福州特高压交流工程中，2016 年 5 月原环境保护部以环验 [2016]46 号文《关于浙北~福州特高压交流工程竣工环境保护验收意见的函》对该工程进行竣工环保验收批复。浙北变电站电压等级 1000kV，出线 6 回，位于浙江省湖州市安吉县，所在区域为丘陵地区。通过对浙北变电站的设计参数考虑，类比输变电工程的工频电磁场具备保守性。

图 6.3-2 给出了浙北变电站厂界及断面监测布点图。表 6.3-2 和表 6.3-3 分别给出了浙北变厂界及断面的工频电磁场强度监测结果。

由表可知，浙北变厂界各测点工频电场强度监测值为 18V/m~1540V/m，工频磁感应强度监测值为 0.157 $\mu$ T~1.340 $\mu$ T。在浙北变厂界监测点位中，7#点位的工频电场强度最大为 1540V/m，这主要是受 1000kV 出线的影响。其余点位的工频电场强度均低于 1000V/m。浙北变站外监测断面各测点的工频电场强度及工频磁感应强度总体上随距离越远逐渐变小。其中，浙北变断面监测结果中工频电场强度监测值最大为 28V/m，工频磁感应强度监测值最大为 0.165 $\mu$ T。

输电线路的电磁影响选择现有晋东南-南阳-荆门交流输电线路作为类比工程，类

比线路为单回路架设，电压等级为 1000kV，与本项目类似。根据监测结果显示，工频电场强度最大值为 8.84kV/m，小于非居民区 10kV/m 的限值，最大值出现在边导线外约 4m 附近，随着距边导线距离增大而减小，至边导线外约 26m 时，工频电场低于 4kV/m。工频磁感应强度的变化规律与工频电场强度的变化规律基本一致，最大值均出现在边相导线附近，随着距离的增大，磁感应强度逐步减小。断面监测工频磁感应强度最大值为 7.89 $\mu$ T。

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 220kV 施工变电站、220kV 辅助变电站、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：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 0.0289~0.2791 $\mu$ T；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 0.0093~0.2879 $\mu$ T；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 0.1353 $\mu$ T；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 0.0103 $\mu$ T；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 0.0192~0.2527 $\mu$ T，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 0.1779~0.2857 $\mu$ T。

根据上述类比监测结果表明，山东招远核电厂一期工程 1000kV 开关站及 220kV 变电站正常运行时的电磁辐射能够满足相关评价标准。

### 6.3.2.6 取排水管线的土壤环境影响

由于本项目取排水管线中主要为海水冷却塔排放水，若运行期间管线发生渗漏，需评估其对土壤可能造成的盐化影响。

参照《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ 964-2018）中相关要求开展土壤环境影响评价，根据 HJ 964-2018 附表 A，本项目为其他行业。同时，参照 HJ 964-2018 中对于土壤盐化敏感程度的判定指标，从项目所在地干燥度、常年地下水平均埋深、土壤含盐量三个维度指标进行判断：1）根据本项目气象站观测数据，本项目所在区域干燥度在 1.8~2.5；2）根据本项目水文地质勘查专题，项目所在区域常年地下水位平均埋深大于 2m；3）根据《中广核山东招远核电项目冷却塔盐沉积对植物

的影响研究报告》（2022年3月），专题单位对本项目周边区域土壤盐度背景值进行调查，多数区域的总盐含量低于1g/kg。综上，根据HJ 964-2018中对于土壤盐化的判定依据，周边土壤盐化敏感性为不敏感。

根据HJ 964-2018中表2的评价工作等级划分，本项目原则上可不开展土壤环境影响评价。从评价的保守性及完整性来说，本报告采用定性分析说明管线发生“跑冒滴漏”可能的土壤环境影响。具体结论为：

（1）若发生管线“跑冒滴漏”，泄漏的高盐分水将会在排放管线下及底部下渗并迁移扩散，并将随着地下水汇入界河后最终流入莱州湾，预计不会对表层土壤耕作层产生直接影响；

（2）由于盐碱离子会随水分移动，降水后，土壤中的盐碱离子会随水分向下层或水流方向处移动。降水停止后，随着水分的蒸发，盐碱离子又会向土壤上层移动。根据《中广核山东招远核电项目冷却塔盐沉积对植物的影响研究报告》（2022年3月）中的实验结果，降雨量对出水总体积和去除离子总量的影响极显著当降雨量为20mm或40mm时，转移出的可溶性盐总量较少，当降雨量达到80mm及以上时，能转移出的可溶性盐数量明显增多。从当地气候条件来看，厂址所在招远地区每年的7月和8月份是降雨较多的时期，降雨能够转移出大量的可溶性盐。因此，通过管线极少量的“跑冒滴漏”造成周边土壤盐碱化的可能性很小。

（3）本项目管线建设及运行过程中将会做好工程监测、事故应急、防渗等措施，并对管线周边进行土壤及地下水环境监测，预计管线正常运行对土壤影响有限。

### 6.3.2.7 进厂道路、应急道路运行的环境影响

本项目新建进厂公路和应急公路，进厂公路从S304省道接引至厂前区入口，拟采用双向四车道，采用沥青混凝土路面，全程无隧道及桥梁。采用二级公路标准。应急公路自厂区向西接入地方乡道，拟采用双向两车道，采用三级公路标准。本项目两条公路200m评价范围内无村庄集中居民区、生态保护红线等环境敏感目标，两条公路运营期的环境影响分析如下：

#### 1) 水环境影响分析

公路建设项目属生态影响类项目，其营运期自身不产生废水，只有在雨天会有路面径流产生。路面径流主要污染物是石油类、COD<sub>cr</sub>、SS和有机物，会随一部分雨水

带入附近水体。相关研究资料表明，路面径流的污染物只在降雨后短时间内污染物浓度较高，降雨 30 分钟后产生的路面径流水中的污染物含量就非常低。本项目进厂道路、应急道路按照道路相关设计要求设置排水系统，道路周边没有敏感地表水体，雨天雨水流入路基排水沟，对周边水环境影响不大。

## 2) 环境空气影响分析

公路运营期大气污染物主要为过往车辆产生的道路扬尘及汽车尾气。

### ➤ 道路扬尘

拟建公路为沥青混凝土路面，行驶车辆不易发生扬尘，过往车辆限速行驶、限制尾气排放超标的车辆上路，通过沿线植被的净化能力，扬尘影响范围较小，且 TSP 扬尘主要源于环境本底，由 TSP 现状监测结果得知：公路周边 TSP 监测值满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）2 级标准要求。不存在超标现象。同时，本项目拟建设的两条公路长度均较短，过往车辆主要为进出电厂的车辆，主要在上下班高峰期有一定车流量，其他时段通过车辆较少，预计进厂公路及应急公路通车运营后产生的道路扬尘不会对沿线环境空气产生较明显的影响。

### ➤ 汽车尾气

过往车辆主要是汽车尾气排放对沿线大气环境的影响。汽车尾气中主要污染物是一氧化碳、二氧化氮、烟尘、碳氢化合物等。其污染源类型属分散、流动的线源，排放源高度低，污染物扩散范围小。

本项目拟建设的两条公路长度均较短，过往车辆主要为进出电厂的车辆，主要在上下班高峰期有一定车流量，其他时段通过车辆较少，车辆均满足国家标准要求，因此，运行期间两条公路的车辆尾气排放量有限，汽车尾气经扩散后对沿线空气质量带来的影响轻微。

### ➤ 运营期噪声环境影响

公路运行后噪声主要来源于过往车辆行驶过程中产生的交通噪声。本项目应急公路位于厂址西侧，运营后周边 200m 范围内无居民点，进厂公路位于厂区东侧，运营后 150~200m 范围内有零星几户居民房屋，均位于北侧乡道的两侧。参考类似二级公路工程噪声预测结果，公路交通噪声贡献值经距离衰减后，夜间满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 4a 类区标准的最小达标距离为公路边界线约 20m；满足 2 类区标准的最小达标距离为距路边界线约 45m，均小于本项目进厂公路与周边居民房屋

的距离。同时，由于拟建设的两条公路过往车辆主要为进出电厂的车辆，主要在上下班高峰期有一定车流量，其他时段通过车辆较少，尤其是夜间车流量更少，且均为瞬时噪声。因此本次评价认为，本项目进厂公路及应急公路的正常运行对周边公众影响很小。同时，通过道路限速禁鸣等措施可进一步降低道路噪声影响。

综上所述，由于本项目两条公路建设长度均较短，且车流量较小，评价范围内无村庄集中居民区、生态保护红线等环境敏感目标，因此，预计进厂公路及应急公路运行期间对周边环境影响很小。

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<sup>2</sup>

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	0.71	0.47	0.26	0.10	0.04	0.03	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
冬季半月潮	0.59	0.37	0.21	0.08	0.03	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 6.3-2 浙北变厂界工频电场、工频磁场监测结果

点位编号	监测点位置	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 ( $\mu\text{T}$ )
1	南面西侧围墙外 5m	18	0.180
2	南面中部围墙外 5m	135	0.716
3	南面东侧围墙外 5m	86	0.615
4	东面南侧围墙外 5m	169	0.595
5	东面北侧围墙外 5m	892	0.523
6	北面东侧围墙外 5m	616	0.322
7	北面中部围墙外 5m	1540	1.340
8	北面西侧围墙外 5m	260	0.735
9	西面北侧围墙外 5m	809	0.299
10	西面中部围墙外 5m	119	0.206
11	西面南侧围墙外 5m	37	0.157

表 6.3-3 浙北变厂外工频电场、工频磁场断面监测结果

序号	监测点位置	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 ( $\mu\text{T}$ )
1	西面南侧围墙外 5m	28	0.164
2	西面南侧围墙外 10m	27	0.152
3	西面南侧围墙外 15m	25	0.149
4	西面南侧围墙外 20m	22	0.144
5	西面南侧围墙外 25m	20	0.140
6	西面南侧围墙外 30m	19	0.137
7	西面南侧围墙外 35m	18	0.133
8	西面南侧围墙外 40m	116	0.128
9	西面南侧围墙外 45m	9	0.126
10	西面南侧围墙外 50m	6	0.123

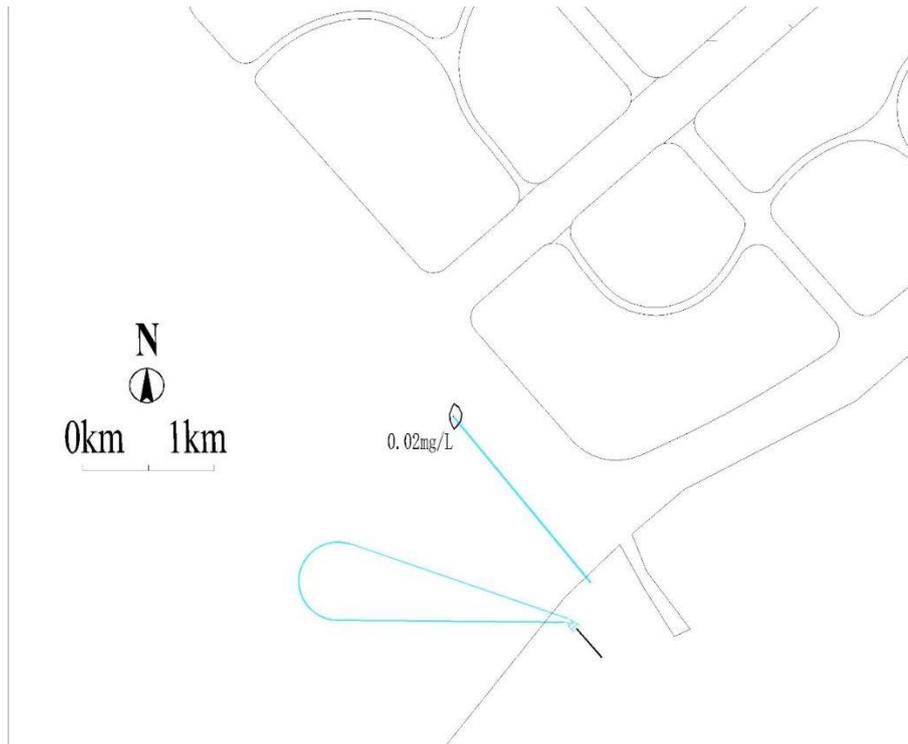


图 6.3-1 (1/2) 余氯最大相对浓度包络线 (夏季半月潮)

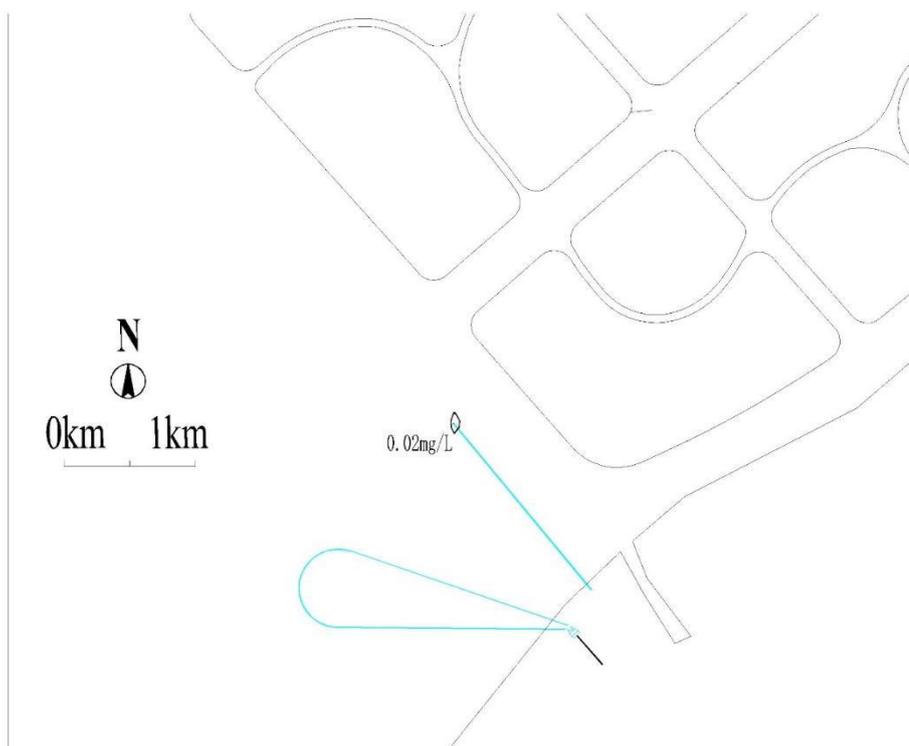


图 6.3-1 (2/2) 余氯最大相对浓度包络线 (冬季半月潮)

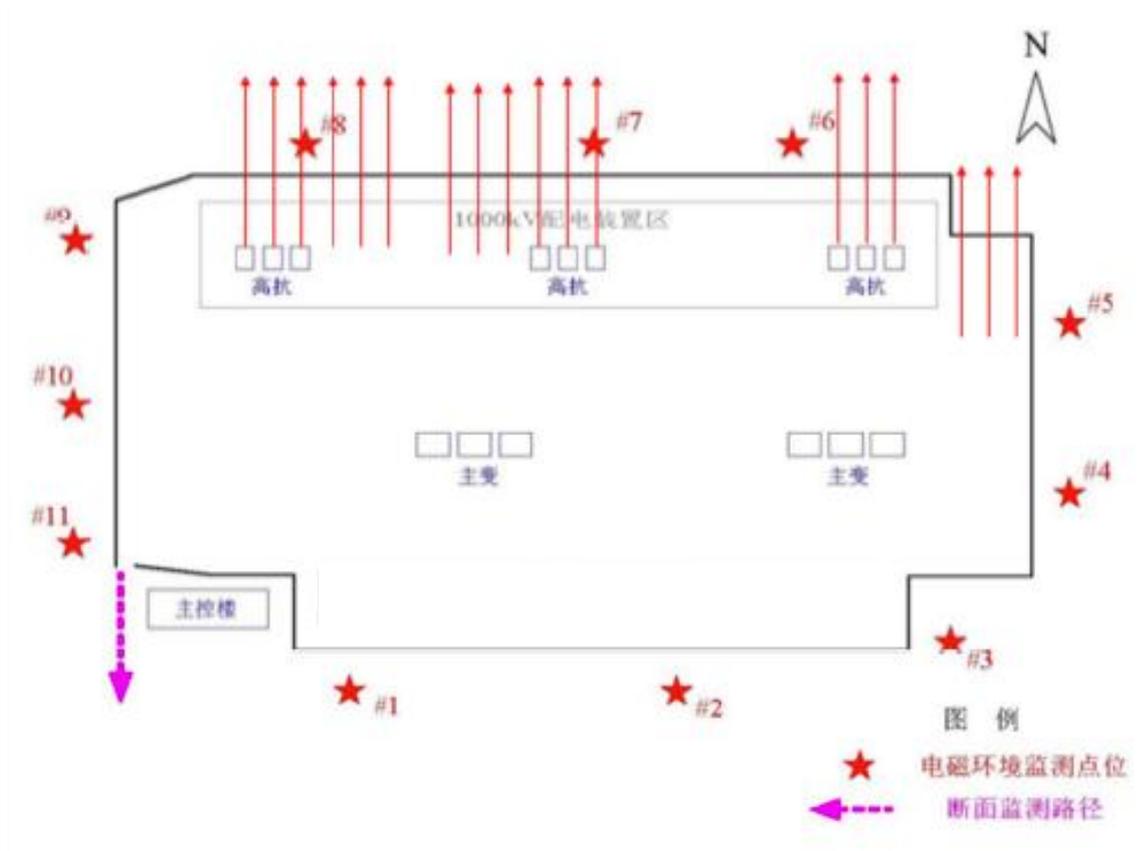


图 6.3-2 类比 1000kV 电站厂界及断面监测布点图

## 6.4 初步退役计划

### 6.4.1 退役总原则

### 6.4.2 退役策略

### 6.4.3 退役方案设想

### 6.4.4 退役技术

### 6.4.5 放射性废物管理

### 6.4.6 退役经费

### 6.4.7 文档的记录和保存

## 6.4 初步退役计划

退役是为解除核设施部分或全部监管控制所采取的行政和技术行动。在建造阶段开始，核电厂营运单位就应将设施设计、建造、运行和退役作为一个整体，对将来核电厂的退役加以考虑。初步退役计划中包含退役策略、退役技术、废物管理、退役经费考虑、知识管理、记录保存等多方面内容。

### 6.4.1 退役总原则

核电厂反应堆的退役是一项复杂的技术工作，全部退役活动将在充分保护从事退役工作的人员、周围公众的健康，以及保护环境和保证安全的情况下进行，使之免受或减少来自所关闭核电厂的辐射危害和其它危害，同时又不对后代造成不可接受的潜在危害。其最终目标是核电场址获得有限制或无限制的开放和使用。

退役活动应该准备充分、措施落实、管理严格、监督到位。为了便于核电厂的退役和拆除，营运单位在选址、设计、建造、运行期间均应考虑退役要求，注意收集、保存和修订退役所需的主要资料。

根据“废物最小化”和“安全退役”的原则，山东招远核电厂在技术设计、设备材料的选取等方面将针对退役特点进行如下考虑：

- 反应堆设计成能在最终停堆后的某些规定的时间内完成有关的拆除工作，并使在这期间所需要的监督工作量最小；
- 反应堆材料的选择，需考虑减少活化、并便于去污。核电厂的设计、布置应具备必要的可达性，容易拆除和移走大部件；
- 在退役期间对放射性物质从反应堆中实际和可能的泄漏具有控制和监督的能力；
- 具备对估算反应堆寿期内放射性积存量和退役过程中辐照剂量所需要的主要参数进行监督的能力；
- 设计上对核电厂的放射性物质和非放射性物质进行严格区分。

### 6.4.2 退役策略

根据 GSR Part 6 中的定义，退役两种策略只包含两种，即立即拆除、延缓拆除。就地掩埋不作为退役策略，该方式只在特定的情况下（如发生严重事故）时才考虑。

核电厂反应堆含有很多活化产物，其退役方案因国家不同，采取的退役方案也不同，但总的倾向为缩短封存时间。根据目前的技术经济条件，结合国际原子能机构（IAEA）提出的两种退役策略，核电厂初步考虑以下退役方案：

➤ 立即拆除策略

此策略考虑在电厂最终停闭后尽快完成立即拆除。其优点是能尽快利用场地和部分利用现场原有设备和辅助设施。但是，由于停堆的时间较短，可能还存在高放射性核素，需要采用远距离遥控操作和屏蔽来拆除构件和处理放射性废物，因此操作困难且费用昂贵。

➤ 延缓拆除策略

此策略考虑在电厂停闭后，进行长期贮存，然后完成退役。大部分放射性核素保留在生物屏蔽和压力壳内让其衰变。此方案较易于拆卸、运走带放射性的构件，但是需对遗留结构进行长期监测和维护，并应研究最终拆卸的方法和手段。

国内《核设施退役安全要求》（GB/T 19597-2004）明确要求在退役经费和退役技术能保障退役活动的安全时，应采取立即拆卸的退役策略。初步考虑到本期工程运行60年后退役，去污技术、拆卸/切割技术、废物管理技术等或有较大发展，经费也能够保障。现阶段本期工程优先考虑立即拆除策略。

### 6.4.3 退役方案设想

结合国际上退役实践经验，目前考虑本期工程退役拆除顺序为先进行常规岛、BOP等非污染区域的设备拆卸和厂房拆除工作，然后再进行放射性污染控制区的拆除作业。根据 IAEA 和国际上核电厂退役的实践经验将本期工程的退役分为如下五个阶段：

第一阶段退役前准备，该阶段工作在核电厂停闭前开展，主要工作是开展核电厂退役可行性研究、退役执照申请、退役设计和退役技术研发等；

第二阶段电厂安全停闭、乏燃料卸载及清理，该阶段是核电机组停止运行并有计划地进行一系列活动，主要工作是乏燃料卸载、源项调查、现场改造、安全维护、运行废物（包括固体废物、废液等）的清理以及主回路、辅助设施和工艺厂房的初步去污等；

第三阶段乏燃料安全贮存，是在第二阶段退役的基础上进行的，其主要任务为乏燃料在乏池内安全储存，进行部分清理及拆除工作，此阶段末期还需要更新退役计划；

第四阶段去污和拆除，主要是含放射性的系统、设备及受污染厂房的去污和拆除，并按规定处理、贮存或处置放射性废物；退役拆除工作包括主回路设备拆除，如反应堆压力容器及堆内构件、蒸汽发生器、反应堆冷却剂泵、稳压器及主回路管道，还包括辅助系统和厂房的拆除等，部分拆除工作开展前需要进行去污，去污和拆除的工作可能需要借助远程遥控技术或机器人技术；

第五阶段厂址恢复和终态验收，主要任务是厂址恢复（包括其它设施的拆除）、厂址终态调查、终态验收等。

#### 6.4.4 退役技术

一般而言，退役技术主要遵循以下几个原则：

a) 任何技术的采用与否，最为重要的判据或原则是ALARA，即需证明该技术有助于实现退役对工作人员及公众的剂量达到合理可行尽量低的目标；

b) 最佳环境可行选项（BEPO）和最佳可行方式（BPM）原则，着重关注技术的可操作性、以及采用该技术后退役活动对环境整体性影响，而不是局部的、阶段性的优劣。

退役的最佳可行技术（BAT）原则，即要求实施方必须采用退役实施时所能达到的最佳技术或技术组合，以人员、公众及环境安全为最高目标。为充分体现并切实执行上述原则，本期工程的营运单位在退役前需制定详细退役计划的阶段便应该开始进行有关退役技术的情况收集、技术评价、以及代价—利益分析，并以此作为一个重要的设计输入对最终生效的核电厂退役实施计划进行更新和完善，包括整个运行期间针对核电厂退役技术的进步及发展状况进行跟踪，以及核电厂运行期间发生重要技术变更及改造对未来退役实施的影响评估等，以保证核电厂的实际退役活动可以顺利且安全地完成。

#### 6.4.5 放射性废物管理

退役过程中不可避免产生大量的放射性废物，相关放射性废物的管理是退役阶段重要工作之一。在确保安全的前提下，要根据废物的特性、放射性核素种类和活度浓度等，进行合适的分类管理，并根据其分类进行合适的处理与处置。退役过程中需要自始至终考虑并落实废物最小化，降低对人及环境的负面影响。

#### 6.4.6 退役经费

《中华人民共和国核安全法》第四十八条规定，“核设施营运单位应当预提核设施退役费用、放射性废物处置费用，列入投资概算、生产成本，专门用于核设施退役、放射性废物处置。具体办法由国务院财政部门、价格主管部门会同国务院核安全监督管理部门、核工业主管部门和能源主管部门制定。”《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十七条规定，“核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，列入投资概算或者生产成本。费用的提取和管理办法，由国务院财政部门、价格主管部门会同国务院环境保护行政主管部门、核设施主管部门规定。”

本期工程的退役经费，将按照一定的比例逐年从项目发电收益中提取。目前由核电厂营运单位负责对退役资金的管理，以确保资金的安全。在核电厂运行过程中对退役计划等进行更新（IAEA推荐每5年对退役计划进行一次修订），修订内容包括对退役经费的测算、评估等，以确保最终机组退役前有足够的退役经费。

#### 6.4.7 文档的记录和保存

退役作为一项长期、复杂的工作，核电厂营运单位应当记录和保留核电厂的环境本底辐射水平或环境水平现状调查；在核动力厂修改和维修活动中获得的关于受污染或被活化的构筑物、系统和设备的经验与知识。除此以外，建设单位应当制定人力资源计划，以确保有足够的合格人员可用于核动力厂安全运行直至最终停堆，可用于在退役准备期间以安全的方式开展活动，以及可用于安全地进行核动力厂的退役。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》等法律法规要求及核电厂退役实践，建议核电厂的营运单位在设计和建造阶段着手编写核电厂的初步退役计划，统筹考虑退役策略、退役方案、退役进度、退役费用、退役废物管理、安全评价、环境影响评价等。

本期工程运行后，除了日常的维修、试验、检查活动外，在长达60年运行过程中可能发生工程改造和瞬态事件，对最终退役造成影响。核电厂营运单位将如实、准确做好记录，以便为核电厂退役提供详实的数据，实现安全退役及剂量最优的目标。按照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）要求，核电厂营运单位将在核动力厂的运行过程中对初步退役计划定期修订到核电厂运行寿期末（停闭前5年左右），

核电厂营运单位还需根据国家政策和当时的退役技术，对退役阶段相关安排进行详细分析，制定核电厂的最终退役计划，并准备退役安全分析报告等申请文件。

## 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 严重事故

### 7.3 场内运输事故

### 7.4 其它事故

### 7.5 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

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故剂量计算结果及评价

## 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

中广核山东招远核电厂一期工程建设两台华龙一号核电机组。稀有事故和极限事故均属于设计基准事故范畴，在核电厂设计时，针对每一类设计基准事故，均考虑了针对性的预防和缓解措施。根据 GB6249-2011 的相关要求，稀有事故和极限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。

本节有关设计基准事故的描述以本工程初步安全分析报告（PSAR）的相关内容为基础，所考虑的设计基准事故是决定压水堆安全相关设计的整个事故谱中事件序列的典型代表，这些事件序列与其对环境的放射性影响相关。

#### ➤ 功率状态下设计基准事故始发事件

功率状态下设计基准事故始发事件，依据《核动力厂安全评价与验证》（HAD102/17-2006），并参照 NUREG-0800 确定设计基准始发事件及其工况分类。

#### ➤ 停堆状态下设计基准事故始发事件

停堆状态下设计基准事故始发事件的选取通过对功率运行始发事件进行扩展（通过分析功率工况下的始发事件是否可能在停堆状态下发生），如停堆工况下的中、小破口等。同时识别由于电厂处于停堆状态可能导致的新的始发事件，如余热排出（RHR）模式下反应堆冷却剂系统（RCP）水位失控下降，余热排出（RHR）模式下失去安注系统（RIS）的一列冷却系统等。

就放射性影响而言，这些设计基准事故涵盖了其他相似事件序列，具有代表性。这些典型事故包括：

- 失水事故（LOCA）；
- RCCA 弹出事故（CREA）；
- 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）；
- 蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）；
- 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）；
- 燃料操作事故（FHA）；
- 主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）；
- 安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故。

### （1）失水事故（LOCA）

发生设计基准失水事故（LOCA）后，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊和周边厂房（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

### （2）RCCA 弹出事故（CREA）

当 RCCA 弹出事故发生时，随着假想的控制棒的弹出，燃料中部分放射性核素释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回路的放射性活度。分析中保守考虑径向峰值因子（1.65）的影响。考虑以下两条放射性释放途径：

#### a) 安全壳释放途径

RCCA 弹出事故可能造成一回路（压力容器顶盖）破口，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊和周边厂房（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

#### b) 二回路释放途径

本途径的放射性释放计算中，不考虑一回路发生破口，在 RIS 以 RHR 运行模式接入前，堆芯余热通过二回路导出。

假设事故发生同时厂外电源丧失，LOOP 导致蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

### （3）主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道破裂后，破损 SG 最终几乎完全排空，其中所有的水都以蒸汽形式被带走，一回路向二回路的泄漏直接排入大气。此过程中放射性物质随之直接释放到环境。

另外两台完好的 SG 通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

对一回路源项分别考虑事故前碘峰和事故并发碘峰。事故前碘峰模型中，假设MSLB事故发生前堆芯发生功率瞬变，一回路冷却剂活度上升至瞬态值并持续到事故结束。事故并发碘峰模型中，假设瞬态发生时碘的释放速率上升至稳态平衡值的500倍，并持续8小时，至事故结束。

二回路的蒸汽排放一直持续到RCP温度和压力降到RIS以RHR运行模式接入条件为止。

#### （4）蒸汽发生器单根传热管破裂事故（SGTR）

假设在SGTR事故发生的同时堆芯发生功率瞬态，导致RCP冷却剂中出现事故并发碘尖峰，持续时间为8小时。

完好SG的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RIS以RHR运行模式接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损SG的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后，破损和完好SG二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

在破损SG传热管裸露的情况下，保守假设10%的破口流量直接以蒸汽的形式释放入环境。

#### （5）蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）

假设在SGTR-2事故发生前堆芯发生功率瞬态，导致RCP冷却剂放射性活度达到瞬态值。瞬态的持续时间为8小时，即保守假设瞬态的影响从事故前8小时开始至事故结束。

完好SG的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RIS以RHR运行模式接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损SG的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后（从事故发生前8小时）破损和完好SG二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

#### （6）燃料操作事故（FHA）

本节分析的FHA为乏燃料池内燃料组件坠落事故。假设乏燃料在运到燃料贮存区过程中，不慎坠入乏燃料水池内。该组件内的所有燃料元件全部损坏，燃料包壳间隙中的惰性气体、碘和碱金属瞬间释放出来。惰性气体不溶于水，将释放到燃料操作厂房。由于碘的可溶性和水解作用，大部分将滞留水中。碱金属全部滞留在水中。从乏燃料水池中释放出来的碘和全部惰性气体进入燃料操作厂房大厅，随着燃料厂房通风

系统释放进入环境大气。

#### （7）主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）

当 LRA 事故发生，假设部分燃料包壳发生破损，燃料间隙中的放射性活度释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回路的放射性活度。假定事故造成 30% 的燃料棒发生破损。

假设蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

二回路的蒸汽排放一直持续到 RCS 温度和压力降到 RIS 以 RHR 运行模式接入条件为止。

分析中保守考虑径向峰值因子（1.65）的影响。

#### （8）安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故

安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故发生后，含放射性冷却剂释放到相应厂房内，随后释放到环境中。核取样系统（REN）、化学和容积控制系统（RCV）发生安全壳外管线破裂可能造成较严重的放射性后果，这两种类型破口的放射性后果可以包络其他的安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故的放射性后果。

1) 当发生安全壳外 REN 系统管线破裂事故时，一回路冷却剂中携带的放射性核素随冷却剂喷放到厂房内，随后释放到环境中。对于 REN 管线破裂，由于管线较小，破口流量能被 RCV 系统上充流量所补充，稳压器水位维持在正常运行水位。当操纵员发现并隔离破口后，向环境的放射性释放终止。假设事故前，一回路系统处于功率运行状态，正通过 REN 系统对稳压器液相区进行取样，此时管线上发生双端剪切断裂。假设破口正好发生在安全壳贯穿件下游。

2) 当发生安全壳外 RCV 系统管线破裂事故时，在破口隔离前，放射性核素随冷却剂持续释放到厂房内，随后释放到环境中。破口隔离后，向环境的放射性释放终止。假设事故前，一回路系统处于功率运行状态，两台上充泵运行且稳压器液位发生正常波动，此时 RCV 下泄流量最大。保守假设破口发生在 RCV 下泄管线，正好位于辅助厂房净化单元上游。事故发生后，在破口隔离前，冷却剂持续通过破口喷放到辅助厂房内。净化单元及相应管道中的冷却剂回流到辅助厂房内。

## 7.1.2 事故后果计算

### 7.1.2.1 事故大气弥散条件

#### (1) 气象数据

采用山东招远核电厂厂址气象观测系统 2023 年 5 月~2024 年 4 月连续 12 个月的逐时气象观测数据，各气象要素具体信息及大气扩散参数详见 2.4 节相关描述。根据 NRC 管理导则 RG1.145 推荐的用于核电站潜在事故后果评估的大气弥散模式模拟计算厂址短时大气弥散因子。

#### (2) 非居住区边界和规划限制区外边界上的大气弥散因子

- a) 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 2h 时段的事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。
- b) 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（保守值）及 50% 概率水平（现实值）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，则利用厂址 2h 时段的事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

非居住区边界和规划限制区边界上的事故剂量后果计算将采用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。

基于上述模型采用 CEIRA 程序系统进行计算，设计基准事故放射性后果分析中所采用的事故工况下非居住区边界和规划限制区边界上大气弥散因子具体见表 7.1-1 及表 7.1-2。

### 7.1.2.2 照射途径及其他计算参数

设计基准事故剂量计算模式主要参考《核事故应急情况下公众受照剂量估算的模式和参数》（GB/T 17982-2018），该标准为核事故应急情况下公众受照剂量的估算提供了可供参考的具体模式，能够准确评估核事故状态下公众所受到的辐射剂量。设计基

准事故放射性后果评估时主要考虑事故期间起主要作用的三个照射途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

计算参数主要包括剂量转换因子（DCF）、干沉积速率（ $V_d$ ）、呼吸率（Br）。

### 7.1.3 事故剂量计算结果及评价

GB6249-2011 规定，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

山东招远核电厂以各反应堆为中心、半径 500m 的包络范围作为非居住区边界，以各反应堆为中心、半径 5000m 的包络范围作为规划限制区边界。

各类设计基准事故中，DBC-3 类工况事故对应于 GB 6429-2011 中的稀有事故，DBC-4 类工况事故对应于 GB 6429-2011 中的极限事故。

表 7.1-3 和表 7.1-4 分别给出了设计基准事故在非居住区边界和规划限制区边界上造成的个人有效剂量和甲状腺当量剂量。表 7.1-5 给出了这些事故的放射性后果与国家标准相应控制值的比较。

#### （1）失水事故（LOCA）

设计基准失水事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $3.15E-03Sv$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $3.87E-02Sv$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 3.15%和 3.87%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $4.55E-04Sv$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $3.35E-03Sv$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.46%和 0.34%。

#### （2）RCCA 弹出事故（CREA）

RCCA 弹出事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $6.18E-03Sv$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $7.49E-02Sv$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 6.18%和 7.49%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）

的个人有效剂量最大值为  $8.25\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $8.60\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.82%和 0.86%。

(3) 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $3.15\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $3.82\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.32%和 0.38%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $1.62\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $2.85\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.16%和 0.29%。

(4) 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）

蒸汽发生器两根传热管破裂属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $4.36\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $7.10\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 4.36%和 7.10%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $3.67\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $5.68\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.37%和 0.57%。

(5) 燃料操作事故（FHA）

燃料操作事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $1.74\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $3.20\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.74%和 3.20%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $1.38\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $2.44\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.14%和 0.24%。

(6) 主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）

主泵转子卡死（卡轴）事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $4.65\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $4.64\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 4.65%和 4.64%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $9.92\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $1.29\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.99%和 1.29%。

(7) 蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）

蒸汽发生器单根传热管破裂事故属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $7.12\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $9.91\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占

国家标准 GB6249-2011 相应限值的 14.24%和 19.82%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $7.14\text{E-}05\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $9.43\text{E-}04\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.43%和 1.89%。

#### （8）安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故

安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故属于稀有事故，非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $5.31\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $6.11\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 10.62%和 12.22%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $4.03\text{E-}05\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $4.63\text{E-}04\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.81%和 0.93%。

#### 由上述分析可知：

所有设计基准事故剂量后果都满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

对于极限事故，RCCA 弹出事故（CREA）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 6.18%和 7.49%。主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）对规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.99%和 1.29%。

对于稀有事故，蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）以及规划限制区边界上（事故持续期间内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，非居住区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 14.24%和 19.82%；规划限制区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.43%和 1.89%。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，中广核山东招远核电厂一期工程专设安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置合理，电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

表 7.1-1 各个方位非居住区边界处的大气弥散因子

单位:  $s/m^3$ 

方位	距离(m)	0~2h
N	500	1.43E-04
NNE	500	1.29E-04
NE	500	1.05E-04
ENE	500	9.17E-05
E	500	7.92E-05
ESE	500	5.98E-05
SE	500	7.59E-05
SSE	500	1.02E-04
S	500	1.10E-04
SSW	500	8.35E-05
SW	500	6.54E-05
WSW	500	3.92E-05
W	500	4.10E-05
WNW	500	3.98E-05
NW	500	8.89E-05
NNW	500	1.21E-04
全厂址（保守值）		1.18E-04
全厂址（现实值）		3.92E-05
最大值		1.43E-04

表 7.1-2 各个方位规划限制区外边界处的大气弥散因子

单位：s/m<sup>3</sup>

方位	距离（m）	0-2h	2-8h	8-24h	24-96h	96-720h
N	5000	1.09E-05	6.91E-06	4.61E-06	2.48E-06	1.02E-06
NNE	5000	9.66E-06	5.45E-06	3.27E-06	1.49E-06	4.84E-07
NE	5000	7.22E-06	3.78E-06	2.12E-06	8.74E-07	2.45E-07
ENE	5000	4.96E-06	2.65E-06	1.52E-06	6.45E-07	1.88E-07
E	5000	3.19E-06	1.82E-06	1.10E-06	5.11E-07	1.69E-07
ESE	5000	2.34E-06	1.35E-06	8.26E-07	3.89E-07	1.32E-07
SE	5000	3.47E-06	2.01E-06	1.24E-06	5.85E-07	2.00E-07
SSE	5000	7.35E-06	4.17E-06	2.51E-06	1.15E-06	3.77E-07
S	5000	7.90E-06	4.72E-06	2.98E-06	1.48E-06	5.37E-07
SSW	5000	4.51E-06	2.69E-06	1.70E-06	8.38E-07	3.04E-07
SW	5000	2.66E-06	1.50E-06	9.00E-07	4.11E-07	1.33E-07
WSW	5000	1.25E-06	6.99E-07	4.14E-07	1.86E-07	5.88E-08
W	5000	1.45E-06	7.79E-07	4.46E-07	1.90E-07	5.59E-08
WNW	5000	1.34E-06	7.20E-07	4.13E-07	1.76E-07	5.17E-08
NW	5000	5.10E-06	2.67E-06	1.50E-06	6.16E-07	1.72E-07
NNW	5000	8.78E-06	5.36E-06	3.45E-06	1.76E-06	6.66E-07
全厂址（保守值）		8.52E-06	5.60E-06	3.85E-06	2.16E-06	9.47E-07
全厂址（现实值）		1.26E-06	1.06E-06	9.13E-07	7.24E-07	5.19E-07
最大值		1.09E-05	6.91E-06	4.61E-06	2.48E-06	1.02E-06

表 7.1-3 (1/2) 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

非居住区边界公众个人有效剂量 (2h)

单位: Sv

方位	距离(m)	LOCA	CREA	MSLB	SGTR-2	FHA	LRA	SGTR	安全壳外含一回路 冷却剂管线破裂
N	500	3.15E-03	6.18E-03	3.15E-04	4.36E-03	1.74E-03	4.65E-03	7.12E-04	5.31E-04
NNE	500	2.84E-03	5.57E-03	2.84E-04	3.93E-03	1.57E-03	4.19E-03	6.42E-04	4.79E-04
NE	500	2.31E-03	4.54E-03	2.31E-04	3.20E-03	1.28E-03	3.41E-03	5.23E-04	3.90E-04
ENE	500	2.02E-03	3.96E-03	2.02E-04	2.80E-03	1.12E-03	2.98E-03	4.57E-04	3.41E-04
E	500	1.74E-03	3.42E-03	1.74E-04	2.41E-03	9.64E-04	2.58E-03	3.94E-04	2.94E-04
ESE	500	1.32E-03	2.58E-03	1.32E-04	1.82E-03	7.28E-04	1.94E-03	2.98E-04	2.22E-04
SE	500	1.67E-03	3.28E-03	1.67E-04	2.31E-03	9.24E-04	2.47E-03	3.78E-04	2.82E-04
SSE	500	2.25E-03	4.41E-03	2.25E-04	3.11E-03	1.24E-03	3.32E-03	5.08E-04	3.79E-04
S	500	2.42E-03	4.75E-03	2.42E-04	3.35E-03	1.34E-03	3.58E-03	5.48E-04	4.08E-04
SSW	500	1.84E-03	3.61E-03	1.84E-04	2.55E-03	1.02E-03	2.72E-03	4.16E-04	3.10E-04
SW	500	1.44E-03	2.83E-03	1.44E-04	1.99E-03	7.96E-04	2.13E-03	3.26E-04	2.43E-04
WSW	500	8.63E-04	1.69E-03	8.63E-05	1.20E-03	4.77E-04	1.27E-03	1.95E-04	1.46E-04
W	500	9.03E-04	1.77E-03	9.03E-05	1.25E-03	4.99E-04	1.33E-03	2.04E-04	1.52E-04
WNW	500	8.77E-04	1.72E-03	8.77E-05	1.21E-03	4.84E-04	1.29E-03	1.98E-04	1.48E-04
NW	500	1.96E-03	3.84E-03	1.96E-04	2.71E-03	1.08E-03	2.89E-03	4.43E-04	3.30E-04
NNW	500	2.67E-03	5.23E-03	2.67E-04	3.69E-03	1.47E-03	3.93E-03	6.02E-04	4.49E-04
全厂址		2.60E-03	5.10E-03	2.60E-04	3.60E-03	1.44E-03	3.84E-03	5.88E-04	4.38E-04

表 7.1-3 (2/2) 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

非居住区边界公众个人甲状腺当量剂量 (2h)

单位: Sv

方位	距离(m)	LOCA	CREA	MSLB	SGTR-2	FHA	LRA	SGTR	安全壳外含一回路 冷却剂管线破裂
N	500	3.87E-02	7.49E-02	3.82E-03	7.10E-02	3.20E-02	4.64E-02	9.91E-03	6.11E-03
NNE	500	3.49E-02	6.76E-02	3.45E-03	6.40E-02	2.89E-02	4.19E-02	8.94E-03	5.51E-03
NE	500	2.84E-02	5.50E-02	2.80E-03	5.21E-02	2.35E-02	3.41E-02	7.28E-03	4.49E-03
ENE	500	2.48E-02	4.80E-02	2.45E-03	4.55E-02	2.05E-02	2.98E-02	6.35E-03	3.92E-03
E	500	2.14E-02	4.15E-02	2.12E-03	3.93E-02	1.77E-02	2.57E-02	5.49E-03	3.38E-03
ESE	500	1.62E-02	3.13E-02	1.60E-03	2.97E-02	1.34E-02	1.94E-02	4.14E-03	2.56E-03
SE	500	2.05E-02	3.98E-02	2.03E-03	3.77E-02	1.70E-02	2.46E-02	5.26E-03	3.24E-03
SSE	500	2.76E-02	5.34E-02	2.72E-03	5.06E-02	2.28E-02	3.31E-02	7.07E-03	4.36E-03
S	500	2.98E-02	5.76E-02	2.94E-03	5.46E-02	2.46E-02	3.57E-02	7.62E-03	4.70E-03
SSW	500	2.26E-02	4.37E-02	2.23E-03	4.15E-02	1.87E-02	2.71E-02	5.79E-03	3.57E-03
SW	500	1.77E-02	3.43E-02	1.75E-03	3.25E-02	1.46E-02	2.12E-02	4.53E-03	2.79E-03
WSW	500	1.06E-02	2.05E-02	1.05E-03	1.95E-02	8.77E-03	1.27E-02	2.72E-03	1.67E-03
W	500	1.11E-02	2.15E-02	1.10E-03	2.04E-02	9.17E-03	1.33E-02	2.84E-03	1.75E-03
WNW	500	1.08E-02	2.08E-02	1.06E-03	1.98E-02	8.91E-03	1.29E-02	2.76E-03	1.70E-03
NW	500	2.41E-02	4.66E-02	2.37E-03	4.41E-02	1.99E-02	2.88E-02	6.16E-03	3.80E-03
NNW	500	3.27E-02	6.34E-02	3.23E-03	6.01E-02	2.71E-02	3.93E-02	8.39E-03	5.17E-03
全厂址		3.19E-02	6.18E-02	3.15E-03	5.86E-02	2.64E-02	3.83E-02	8.18E-03	5.04E-03

表 7.1-4（1/2） 规划限制区外边界公众个人剂量

规划限制区外边界公众个人有效剂量

单位：Sv

方位	距离(m)	LOCA	CREA	MSLB	SGTR-2	FHA	LRA	SGTR	安全壳外含一回路冷却剂管线破裂
N	5000	4.55E-04	8.25E-04	1.62E-04	3.67E-04	1.38E-04	9.92E-04	7.14E-05	4.03E-05
NNE	5000	3.82E-04	6.84E-04	1.29E-04	3.23E-04	1.22E-04	8.18E-04	6.19E-05	3.57E-05
NE	5000	2.79E-04	4.91E-04	9.05E-05	2.40E-04	9.12E-05	5.85E-04	4.56E-05	2.67E-05
ENE	5000	1.93E-04	3.41E-04	6.33E-05	1.65E-04	6.26E-05	4.06E-04	3.14E-05	1.83E-05
E	5000	1.27E-04	2.27E-04	4.31E-05	1.07E-04	4.03E-05	2.72E-04	2.05E-05	1.18E-05
ESE	5000	9.35E-05	1.68E-04	3.19E-05	7.83E-05	2.96E-05	2.01E-04	1.50E-05	8.65E-06
SE	5000	1.39E-04	2.49E-04	4.75E-05	1.16E-04	4.38E-05	2.99E-04	2.23E-05	1.28E-05
SSE	5000	2.92E-04	5.22E-04	9.88E-05	2.46E-04	9.29E-05	6.24E-04	4.71E-05	2.72E-05
S	5000	3.20E-04	5.78E-04	1.11E-04	2.65E-04	9.98E-05	6.93E-04	5.11E-05	2.92E-05
SSW	5000	1.83E-04	3.30E-04	6.34E-05	1.51E-04	5.70E-05	3.95E-04	2.92E-05	1.67E-05
SW	5000	1.05E-04	1.88E-04	3.56E-05	8.89E-05	3.36E-05	2.25E-04	1.70E-05	9.83E-06
WSW	5000	4.93E-05	8.81E-05	1.66E-05	4.17E-05	1.58E-05	1.05E-04	7.99E-06	4.62E-06
W	5000	5.64E-05	1.00E-04	1.86E-05	4.83E-05	1.83E-05	1.19E-04	9.20E-06	5.36E-06
WNW	5000	5.22E-05	9.24E-05	1.72E-05	4.46E-05	1.69E-05	1.10E-04	8.50E-06	4.95E-06
NW	5000	1.97E-04	3.47E-04	6.39E-05	1.70E-04	6.44E-05	4.13E-04	3.22E-05	1.89E-05
NNW	5000	3.60E-04	6.50E-04	1.26E-04	2.95E-04	1.11E-04	7.80E-04	5.71E-05	3.25E-05
全厂址		3.63E-04	6.59E-04	1.31E-04	2.88E-04	1.08E-04	7.93E-04	5.62E-05	3.15E-05

表 7.1-4（2/2） 规划限制区外边界公众个人剂量

规划限制区外边界公众个人甲状腺当量剂量

单位：Sv

方位	距离(m)	LOCA	CREA	MSLB	SGTR-2	FHA	LRA	SGTR	安全壳外含一回路 冷却剂管线破裂
N	5000	3.35E-03	8.60E-03	2.85E-03	5.68E-03	2.44E-03	1.29E-02	9.43E-04	4.63E-04
NNE	5000	2.86E-03	7.01E-03	2.28E-03	5.00E-03	2.16E-03	1.05E-02	8.17E-04	4.10E-04
NE	5000	2.10E-03	4.98E-03	1.59E-03	3.73E-03	1.62E-03	7.47E-03	6.03E-04	3.07E-04
ENE	5000	1.45E-03	3.47E-03	1.11E-03	2.56E-03	1.11E-03	5.20E-03	4.15E-04	2.11E-04
E	5000	9.46E-04	2.33E-03	7.59E-04	1.65E-03	7.15E-04	3.50E-03	2.70E-04	1.36E-04
ESE	5000	6.96E-04	1.73E-03	5.62E-04	1.21E-03	5.24E-04	2.59E-03	1.99E-04	9.94E-05
SE	5000	1.03E-03	2.57E-03	8.37E-04	1.80E-03	7.77E-04	3.85E-03	2.95E-04	1.47E-04
SSE	5000	2.18E-03	5.36E-03	1.74E-03	3.81E-03	1.65E-03	8.04E-03	6.22E-04	3.12E-04
S	5000	2.38E-03	5.97E-03	1.96E-03	4.10E-03	1.77E-03	8.97E-03	6.75E-04	3.36E-04
SSW	5000	1.36E-03	3.41E-03	1.12E-03	2.34E-03	1.01E-03	5.11E-03	3.86E-04	1.92E-04
SW	5000	7.87E-04	1.93E-03	6.26E-04	1.38E-03	5.96E-04	2.90E-03	2.25E-04	1.13E-04
WSW	5000	3.69E-04	9.02E-04	2.92E-04	6.47E-04	2.80E-04	1.35E-03	1.06E-04	5.31E-05
W	5000	4.24E-04	1.02E-03	3.27E-04	7.49E-04	3.25E-04	1.53E-03	1.22E-04	6.16E-05
WNW	5000	3.91E-04	9.41E-04	3.02E-04	6.93E-04	3.00E-04	1.41E-03	1.12E-04	5.69E-05
NW	5000	1.48E-03	3.52E-03	1.12E-03	2.63E-03	1.14E-03	5.28E-03	4.26E-04	2.17E-04
NNW	5000	2.66E-03	6.74E-03	2.22E-03	4.56E-03	1.97E-03	1.01E-02	7.54E-04	3.73E-04
全厂址		2.66E-03	6.90E-03	2.30E-03	4.45E-03	1.91E-03	1.04E-02	7.43E-04	3.62E-04

表 7.1-5 事故后果与国家标准的比较

事故名称	事故类型	非居住区边界			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	DEC-4	3.15E-03	3.15%	3.87E-02	3.87%
CREA	DEC-4	6.18E-03	6.18%	7.49E-02	7.49%
MSLB	DEC-4	3.15E-04	0.32%	3.82E-03	0.38%
SGTR-2	DEC-4	4.36E-03	4.36%	7.10E-02	7.10%
FHA	DEC-4	1.74E-03	1.74%	3.20E-02	3.20%
LRA	DEC-4	4.65E-03	4.65%	4.64E-02	4.64%
SGTR	DEC-3	7.12E-04	14.24%	9.91E-03	19.82%
安全壳外含 一回路冷却 剂管线破裂 事故	DEC-3	5.31E-04	10.62%	6.11E-03	12.22%

事故名称	事故类型	规划限制区边界			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	DEC-4	4.55E-04	0.46%	3.35E-03	0.34%
CREA	DEC-4	8.25E-04	0.82%	8.60E-03	0.86%
MSLB	DEC-4	1.62E-04	0.16%	2.85E-03	0.29%
SGTR-2	DEC-4	3.67E-04	0.37%	5.68E-03	0.57%
FHA	DEC-4	1.38E-04	0.14%	2.44E-03	0.24%
LRA	DEC-4	9.92E-04	0.99%	1.29E-02	1.29%
SGTR	DEC-3	7.14E-05	1.43%	9.43E-04	1.89%
安全壳外 含一回路 冷却剂管 线破裂事 故	DEC-3	4.03E-05	0.81%	4.63E-04	0.93%

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

### 7.2.2 事故后果

### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

本节根据山东招远核电厂一期工程二级PSA资料，对各释放类工况进行描述并给出源项结果，包含安全壳完整类、安全壳隔离失效类、安全壳早期失效类、安全壳晚期失效类及安全壳旁通类等工况。各释放类描述及事故序列描述如表7.2-1所示。下文就各释放类具体假设进行说明。

#### 7.2.1.1 RC101 释放类—安全壳完整类

RC101 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 安全壳隔离成功；
- b) IVR 有效，当堆芯出口温度达到 650°C后，延迟 10 分钟启动 IVR；
- c) 安全壳喷淋有效，堆芯出口温度到达 650°C后 12h，再延迟 30min 开启安全壳喷淋；
- d) 安全壳自然泄漏率为安全壳设计压力 0.52MPa(abs)下 0.3%，保守考虑厂房通风系统不可用，从安全壳流出的源项直接释放到环境。

#### 7.2.1.2 RC201 释放类—安全壳隔离失效类

RC201 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 堆芯出口温度达到 650°C后，安全壳隔离失效，安全壳出现直径 1000mm 破口；
- b) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650°C后，延迟 10 分钟启动；
- c) 安全壳喷淋有效，堆芯出口温度到达 650°C后 12h，再延迟 30min 开启安全壳喷淋。

#### 7.2.1.3 RC202 释放类—安全壳隔离失效类

RC202 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压

力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 堆芯出口温度达到 650°C后，安全壳隔离失效，安全壳出现直径 1000mm 破口；
- b) IVR 失效；
- c) 安全壳喷淋失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在地基熔穿时，假设在 0m 位置设置一个 1m<sup>2</sup> 的安全壳破口。

根据本项目二级 PSA 分析结果，该工况可以用 RC201 的源项结果代表。

#### 7.2.1.4 RC203 释放类—安全壳早期失效类

RC203 释放类初始工况假设：功率工况，丧失主给水和辅助给水，触发停堆信号后，控制棒下插失败，卡棒 3 根，充排失效，RBS 失效，换料水池冷却失效，进入严重事故，所有缓解措施都失效，早期发生安全壳超压失效。由于该工况假设一回路超压时，故无法开展源项计算。

#### 7.2.1.5 RC301 释放类—安全壳早期失效类（氢气现象）

RC301 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 假设堆内氢气产量达到最大值时，发生氢气爆炸，导致安全壳破口，面积为 1m<sup>2</sup>；
- b) IVR 有效，堆芯出口达到 650°C后，延迟 10 分钟投运 IVR；
- c) 安全壳喷淋失效；
- d) 为使得产氢量达到最大值，假设进入严重事故后恢复低压安注向堆芯注水，通过敏感性分析，找到最大产氢量对应的恢复注入时间点。

#### 7.2.1.6 RC303 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）

RC303 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，堆芯熔化

后迁移至下封头，与其中的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸。主要假设如下：

- a) 熔融物重置下封头时发生蒸汽爆炸，导致压力容器和安全壳同时失效，失效面积均为  $1\text{m}^2$ ；
- b) IVR 失效；
- c) 安全壳喷淋失效。

#### 7.2.1.7 RC305 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）

RC305 释放类初始工况假设：功率工况下发生完全丧失主给水事故，同时辅助给水、MCD、LCD 均失效，反应堆紧急停堆成功，由于二次侧丧失冷却能力，导致一回路压力上升，直至稳压器安全阀开启压力，稳压器安全阀的开启导致一回路冷却剂不断丧失，进而堆芯开始裸露，堆芯温度不断上升，当堆芯出口温度达到  $650^\circ\text{C}$  后，严重事故卸压阀开启失败，堆芯损伤继续，当堆芯熔化迁移至下封头时，与下封头内的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸。主要假设如下：

- a) IVR 有效，堆芯出口温度达到  $650^\circ\text{C}$  后，延迟 10 分钟投运 IVR；
- b) 蒸汽爆炸导致压力容器和安全壳出现破口，面积均为  $1\text{m}^2$ ；
- c) 安全壳喷淋失效。

根据本项目二级 PSA 资料，该工况可以被 RC303 包络，可以将 RC303 的最终源项释放结果作为该工况的结果。

#### 7.2.1.8 RC401 释放类-安全壳早期失效类（堆外蒸汽爆炸）

RC401 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 非能动 IVR 有效，能动 IVR 失效，堆芯出口温度达到  $650^\circ\text{C}$  后，延迟 10 分钟投运非能动 IVR，非能动 IVR 注水结束后能动 IVR 启动失败；
- b) 由于能动 IVR 不可用，随着堆坑水位降低，压力容器内熔融物逐渐失去冷却，最终导致压力容器失效，在熔融物落入堆坑瞬间，与堆坑内剩余的水发生反应，出现蒸汽爆炸，导致安全壳失效，产生  $1\text{m}^2$  破口。

#### 7.2.1.9 RC403 释放类-安全壳早期失效类（安全壳内 DCH 现象）

RC403 释放类初始工况假设：功率工况下发生完全丧失主给水事故，同时辅助给

水、MCD、LCD 均失效，反应堆紧急停堆成功，由于二次侧丧失冷却能力，导致一回路压力上升，直至稳压器安全阀开启压力，稳压器安全阀的开启导致一回路冷却剂不断丧失，进而堆芯开始裸露，堆芯温度不断上升，当堆芯出口温度达到 650°C 后，严重事故卸压阀开启失败，堆芯继续损伤，堆芯熔化后迁移至下封头。主要假设如下：

- a) IVR 失效；
- b) 堆芯损伤后，由于 IVR 失效，压力容器失去冷却，最终导致压力容器失效，在压力容器失效瞬间发生 DCH 现象导致安全壳失效（安全壳失效面积为 1m<sup>2</sup>）；
- c) 安全壳喷淋失效。

#### 7.2.1.10 RC501 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 有效）

RC501 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) IVR 有效；
- c) EUF 有效，安全壳压力达到设计压力 0.52MPa(abs)后延迟 30min 开启 EUF。

#### 7.2.1.11 RC502 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 无效）

RC502 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。

主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) IVR 有效；
- c) EUF 无效，安全壳压力达到设计压力 0.52MPa(abs)后，安全壳失效，安全壳出现 1m<sup>2</sup> 破口。

#### 7.2.1.12 RC503 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC503 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安

注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋有效；
- b) EUF 失效；
- c) IVR 失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个  $1\text{m}^2$  的安全壳破口。并考虑基岩及土壤对气态的裂变产物和悬浮的裂变产物（惰性气体除外）具有 90% 的过滤效应。这种模拟方式无法真实反映地基熔穿后源项向地下水的释放过程，在裂变产物释放的量上会存在较大的差异。

#### 7.2.1.13 RC504 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC504 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) EUF 失效；
- c) IVR 失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个  $1\text{m}^2$  的安全壳破口，并考虑基岩及土壤对气态的裂变产物和悬浮的裂变产物（惰性气体除外）具有 90% 的过滤效应。这种模拟方式无法真实反映地基熔穿后源项向地下水的释放过程，在裂变产物释放的量上会存在较大的差异。

#### 7.2.1.14 RC601 释放类-安全壳旁通类

RC601 释放类初始工况假设：功率工况下，发生安全壳外主蒸汽管道双端破口，在一二回路压差最大时诱发 2 根蒸汽发生器传热管破裂。紧急停堆成功，二次侧冷却失效，破损环路主蒸汽隔离阀隔离失败，一回路冷却剂通过破损环路主蒸汽管线不断丧失，由于中压安注失效，无法维持一回路冷却剂装量，导致堆芯裸露进而堆芯损伤，当堆芯出口温度达到  $650^\circ\text{C}$  且一回路压力大于  $2\text{MPa}$  时，延迟 10 分钟开启严重事故卸压阀，一回路压力随之快速下降，安注箱投运成功，但由于低压安注失效，待安注箱冷却水耗光后，堆芯最终失去冷却而进一步损伤。主要假设如下：

- a) IVR 有效，当堆芯出口温度达到 650°C 后，延迟 10 分钟投运 IVR；
- b) ASG 失效；
- c) LCD 失效；
- d) MCD 失效。

#### 7.2.1.15 RC701 释放类-安全壳旁通类（ISLOCA）

RC701 释放类初始工况假设：功率工况，RCV 系统上充管线位置发生直径为 100mm 的 ISLOCA 事故，导致一回路冷却剂直接向环境排放，一回路冷却剂装量不断丧失，由于中压安注失效，冷却剂无法得到补偿，出现堆芯裸露，随着一回路压力的不断下降，安注箱投运成功，堆芯淹没，但由于低压安注的丧失，随着安注箱的排空，堆芯最终丧失全部冷却剂，堆芯熔化后迁移至下封头内。主要假设如下：

- a) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650°C 后，延迟 10 分钟投运 IVR 成功；
- b) 严重事故卸压阀有效，堆芯出口温度达到 650°C 且一回路压力大于 2MPa 时，延迟 10 分钟开启 SADV 成功。

#### 7.2.1.16 RC801 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC801 释放类初始工况假设：功率工况下发生压力容器破口，破口位于直筒段底部，破口面积 1m<sup>2</sup>，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，由于破口面积较大，且位置很低，注入堆芯的水很快从破口流出，安注箱快速排空。此外，中、低压安注失效，没有持续的安注水进入堆芯，堆芯最终失去冷却而损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) EUF 失效；
- c) IVR 失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个 1m<sup>2</sup> 安全壳破口。

根据本项目二级 PSA 分析结果，该工况源项可以用 RC502 代表。

### 7.2.2 事故后果

根据本项目二级 PSA 资料，严重事故 RC101 释放类（安全壳完整）发生频率最高。

本报告对于严重事故后果评价模式采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模

式，模拟放射性物质释放入大气造成的场外后果，主要考虑烟云浸没外照射、地面沉积外照射、空气吸入内照射及污染食物和水的摄入内照射。该模式分为三个模块：ATMOS，EARLY 和 CHRONC。ATMOS 模块模拟放射性物质的大气扩散、输送、沉降过程；EARLY 模块模拟应急阶段的直接照射途径、剂量、缓解措施和健康效应；CHRONC 模块模拟中期和长期阶段的直接和间接照射途径、剂量、缓解措施和健康效应。计算时采用了厂址气象观测系统 2023 年 5 月至 2024 年 4 月逐时数据。

根据国家标准 GB18871-2002，事故后两天、一周、一月和一年内有效剂量的限定阈值分别为 10mSv、50mSv、30mSv 和 1Sv。通过计算，在整个评价范围内：各释放类事故发生后两天、一周、一月内的有效剂量将超过上述限值的概率如表 7.2-2 所示，表中根据各释放类事故的发生频率权重，给出加权平均后的超越概率结果，由表可知，随距离增大，超越概率逐渐减小。

### 7.2.3 严重事故预防和缓解措施

#### 7.2.3.1 严重事故专用卸压阀

严重事故后的一回路卸压功能主要通过严重事故专用卸压阀实现。

严重事故专用卸压阀组位于稳压器顶部，每列管线包括两个串联的阀门。先导式安全阀组和严重事故卸压系统共用的一条卸压管线，排往卸压箱。除正常电源供电外，应急柴油机、SBO 柴油机和严重事故专用电源都可以向严重事故专用卸压阀供电。因此，即使在全厂断电且所有柴油机失效的情况下，严重事故专用卸压阀门也能够开启且保持在开启状态，实现一回路的卸压功能。

严重事故专用卸压阀的启动条件为：当堆芯出口温度达到 650°C 且一回路压力高于 2MPa（严重事故管理导则中设定）。其设计时即考虑可以保证在气体温度较高时仍能启动阀门卸压，在全厂断电和应急柴油机不可用的情况下，也能够保证卸压功能的实现，并且一旦启动严重事故专用卸压阀，即使事故升级，卸压路径也能确保畅通。

#### 7.2.3.2 熔融物堆内滞留系统

堆芯熔融物滞留系统在核电厂发生严重事故以后，堆芯熔融物坍塌到反应堆压力容器下封头内，通过非能动（从 IVR 水池取水）+能动（从 IRWST 取水）的方式，向堆坑内注水进行反应堆压力容器外部冷却，并通过安全壳热量导出系统将热量导出安全壳，以保持压力容器完整性。并将堆芯熔融碎片滞留于压力容器中，防止大多数可

能威胁安全壳完整性的堆外现象（安全壳直接加热、蒸汽爆炸、熔融物-混凝土反应等）。

为了保证压力容器外部冷却的效率，专门设计了适用于堆坑注水系统的 RPV 保温层。该保温层设置了相应的入水口和出汽口。严重事故工况下堆坑注水后，在一定压差下保温层的入水口和出汽口将会打开，为堆坑注水提供较好的流道，确保压力容器得到良好的冷却，保证其完整性。保温层的流道优化设计将在相应试验分析的基础上开展。此外，反应堆堆坑结构的设计也做了相应考虑，以保证 RPV 保温层的设计不受堆坑结构的影响。

堆坑注水系统投入后，绝大部分堆芯余热由 RPV 壁面导出，再由堆坑水或蒸汽带回 IRWST，最后经换热器排至最终热阱，从而使得堆内熔融物可以滞留在 RPV 内，并达到长期稳定状态。

堆坑注水功能含非能动和能动两种方式。非能动方式通过 IVR 水池取水，能动方式从 IRWST 取水。

设置堆坑注水专用管线，严重事故工况下，当堆芯出口温度超过 650°C 时且一回路过充分卸压，打开 IVR 水池与堆坑之间连接管道的阀门，通过非能动方式向堆坑内注水，建立早期水位；随后由操纵员手动启动能动堆坑注水系统，包括：解除堆坑注水行政隔离，启动注水泵，开启堆坑注水管线上的电动隔离阀，向反应堆堆坑能动注水。

早期阶段，要求以较大流量注入堆坑，在相当短的时间内将堆坑充满水（约 30 分钟），由堆坑液位监测仪表探测堆坑水位，当堆坑满水时可以转入小流量注入模式，以补偿堆坑内水的蒸发损失。在运行过程中，若堆坑水位低于整定值，将重新切换至大流量模式。

### 7.2.3.3 安全壳热量导出系统

严重事故下，从主回路释放的大量水蒸汽将会安全壳内积蓄大量的热量，同时，由于衰变热的持续产生，需要对安全壳进行有效的持续热量导出。

设置安全壳热量导出系统，作为严重事故预防和缓解措施的一部分，在专设安全设施失效、堆芯熔化的情况下，安全壳热量导出系统是限制安全壳超压，保证安全壳和安全壳内换料水箱（IRWST）散热的最终缓解手段。

安全壳热量导出系统（EHR）除非能动堆坑注水子系统外，包括两个相同的系列，每个系列包括：

- a) 一条通过 EHR 专用从 IRWST 取水的管线，地坑滤网属于 RIS 系统；

b) 设置在安全厂房 A (B) 的一台安全壳热量导出泵和一台热交换器。热交换器用于导出安全壳内的热量，由设备冷却水系统 (RRI) 或额外冷却系统 (ECS) 提供冷却；

c) 热交换器下游的三条排放管线（喷淋、堆坑注水和反冲洗），每一条管线上在安全壳厂房外均设有安全壳电动隔离阀；

d) 喷淋支路上的穹顶喷淋子系统，由喷淋环管和若干喷嘴组成，喷淋时可以降低安全壳内的温度和压力。

EHR 系统在下列工况下，将衰变热从安全壳导出至最终热阱：

- 严重事故 (DEC-B)；
- 功率工况小破口叠加低压安注失效 (RP)；
- 停堆工况小破口叠加低压安注失效 (NS/RIS-RHR、MCS)；
- 停堆工况下，丧失余排或 LOOP 后恢复余排失效 (MCS)；
- 功率工况完全丧失冷链叠加轴封破口失效 (RP)；
- 停堆工况完全丧失冷链 (MCS)；
- SBO 工况 (MCS)。

在发生完全丧失交流电的事故且二次侧带热不可用的工况下，EHR 系统可以通过与安全注入系统 (RIS) 的接口向堆芯临时注水，应急冷却堆芯。

EHR 系统保证安全壳的完整性及包容放射性物质：

— 当发生严重事故 (DEC-B) 时，EHR 系统可以将安全壳内的热量通过 IRWST 传递给最终热阱，从而限制安全壳内温度和压力，保证安全壳的完整性；

— 在严重事故 (DEC-B) 期间，为了维持安全壳完整性，EHR 系统向堆坑注水对压力容器进行外部冷却，将熔融物碎片和放射性物质滞留于压力容器中；

— 在设计基准事故 (DBC) 的长期阶段（事故 24h 后），EHR 系统的安全壳喷淋具有放射性碘去除功能，能够有效降低安全壳内的放射性；

— 在发生不需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统参与安全壳的隔离；

— 在发生需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统位于安全壳外的部分构成第三道屏障的一部分，保持安全壳的完整性并包容放射性物质。

#### 7.2.3.4 安全壳可燃气体控制系统

严重事故工况下，由于堆芯得不到足够的冷却，堆芯温度比较高，造成燃料元件

包壳破损，锆合金与水反应，会产生大量的氢气。当空气中所含氢气的体积浓度大于10%以后，就有可能发生较严重的火焰加速现象甚至发生燃爆转换引发氢气爆炸，造成安全壳失效的风险。

为应对事故工况下的氢气燃烧风险，设置安全壳可燃气体控制系统，控制安全壳内的可燃气体的浓度，以确保维持安全壳的完整性。

安全壳可燃气体控制系统包括非能动氢气复合器子系统和氢气监测子系统，系统功能如下：

a) 非能动氢复合器子系统：氢气还原作用。限制严重事故下安全壳内整体平均氢气浓度低于10%，以此来限制其燃烧引起的安全壳失效风险；限制和降低局部氢气积聚及其燃烧引起的安全壳风险；确保严重事故下的安全壳完整性。

b) 氢气监测子系统：用于严重事故下安全壳大气的氢气浓度测量。

在安全壳相关的位置安装29台非能动氢气复合器。其特点为：非能动，不需任何支持系统；其复合反应可在低温下自启动，复合效率高；可在高温高压下正常工作；催化剂板防水、耐热，可长时间有效。

### 7.2.3.5 安全壳过滤排放系统

安全壳过滤排放系统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，尽最大可能的减少放射性产物向环境释放。

安全壳过滤排放系统主要的安全功能是放射性物质的包容，其采用文丘里水洗器和金属过滤器两级过滤的方案。发生严重事故后安全壳大气通过两级过滤设备进行净化，首先通过文丘里水洗器进行第一级过滤，过滤掉大部分的气溶胶和碘；然后通过文丘里水洗器下游的金属过滤器进行第二级过滤，从而达到系统过滤要求。

当安全壳热量导出系统不可用时，安全壳过滤排放系统可以防止严重事故后长期阶段由于压力逐渐升高引起的安全壳破坏，降低安全壳晚期超压失效的风险；此外，通过降低安全壳内的压力也可以减少安全壳在高压状态下的泄漏。

表 7.2-1 各释放类描述及事故序列描述

释放类编码	释放类描述	序列描述
RC101	安全壳完整类	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，严重事故缓解措施都成功。
RC201	安全壳隔离失效，RPV 完整	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，安全壳隔离失效（EBA，直径 1000mm），堆坑注水成功，低压安注失败，EHR 喷淋有效。
RC202	安全壳隔离失效，RPV 失效	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，安全壳隔离失效（EBA，直径 1000mm），堆坑注水失败，EHR 喷淋和冷却失效，最终发生底板熔穿。
RC203	安全壳早期超压	功率工况，丧失主给水和辅助给水，卡棒 3 根，充排失效，RBS 失效，换料水池冷却失效，进入严重事故，所有缓解措施都失效，早期发生安全壳超压破裂。
RC301	T1 阶段氢气现象导致的安全壳失效	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，堆坑注水成功，低压安注成功，但是氢气复合器失效，发生氢气燃烧或者爆炸现象导致安全壳失效，不考虑 EHR 喷淋。
RC303	T1 阶段低压情景蒸汽爆炸导致的安全壳失效的释放类	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，堆坑注水失败，低压安注失败，氢气复合器成功，堆芯熔化和再定位时，熔化的堆芯坍塌后落入下封头，与其中的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸，导致安全壳失效，不考虑 EHR 喷淋。
RC305	T1 阶段高压情景蒸汽爆炸导致的安全壳失效的释放类	功率工况，发生完全丧失主给水事故，ASG 失效，充排失效，堆芯损坏进入严重事故，严重事故卸压阀失败，非能动注水成功，但是能动堆坑注水失败，低压安注失败，堆芯熔化和再定位时，熔化的堆芯坍塌后落入下封头，与其中的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸，导致安全壳失效，不考虑 EHR 喷淋。
RC401	T2 阶段低压情景压力容器破裂时安全壳失效的释放类	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，非能动堆坑注水成功，但能动堆坑注水失败，低压安注失败，氢气复合器成功，压力容器失效，熔融物落入堆坑，出现蒸汽爆炸，导致安全壳失效，不考虑 EHR 喷淋和冷却。

释放类编码	释放类描述	序列描述
RC403	T2 阶段高压情景压力容器破裂时安全壳失效的释放类	功率工况，发生完全丧失主给水事故，ASG 失效，充排失效，堆芯损坏进入严重事故，严重事故卸压阀失败，堆坑注水失败，低压安注失败，压力容器失效时，发生 DCH 现象导致安全壳失效，不考虑 EHR 喷淋和冷却。
RC501	T3 阶段，压力容器完好，安全壳超压，EUF 卸压	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，堆坑注水成功，低压安注失败，氢气复合器成功，压力容器完整，EHR 喷淋带热失效，安全壳压力超过设计压力，成功开启 EUF 卸压。
RC502	T3 阶段，压力容器完好，安全壳超压，EUF 卸压失败	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，堆坑注水成功，低压安注失败，氢气复合器成功，压力容器完整，EHR 喷淋带热失效，安全壳压力超过设计压力，开启 EUF 失败。
RC503	T3 阶段安全壳发生 MCCI，底板熔穿的释放类，有喷淋的释放类	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，堆坑注水失败，手动启动低压安注失败，氢气复合器成功，压力容器失效，MCCI 发生，发生底板熔穿失效，达到喷淋启动条件后，启动 EHR 喷淋对源项水洗。
RC504	T3 阶段安全壳发生 MCCI，底板熔穿的释放类，无喷淋的释放类	功率工况，一回路（热段/冷段，从后果上以更保守的位置开展计算）双端剪切破口，安注箱成功，低压和中压安注失效。进入严重事故，堆坑注水失败，手动启动低压安注失败，氢气复合器成功，压力容器失效，MCCI 发生，发生底板熔穿失效，EHR 达到喷淋启动条件后，启动 EHR 喷淋对源项水洗失败。
RC601	发生 SGTR，供给水失败的释放类	功率工况，发生安全壳外主蒸汽管道双端破口事故，诱发 SGTR（2 根），破损环路主蒸汽隔离阀隔离失败，中压安注失败。进入严重事故后，严重事故卸压阀开启成功，堆坑注水成功，低压安注失败。
RC701	发生 ISLOCA 的释放类	功率工况，发生 ISLOCA 事故（位置，RCV 上充和下泄管线，破裂直径 100mm），中压快速冷却失效，安注箱压力达到可自动投运，但是中压安注失效，低压安注失败，进入严重事故，严重事故卸压阀开启成功，堆坑注水成功，低压安注失败。
RC801	压力容器破裂的释放类	RPV 破裂（超过补水能力的破口），安注箱成功，其他缓解措施均不考虑，最终发生 MCCI，底板熔穿失效。

表 7.2-2 各释放类事故超越指定剂量的概率（%）计算结果

距离 (km)	2 天超越 10mSv 概率	7 天超越 50mSv 概率	30 天超越 30mSv 概率	1 年超越 1Sv 概率
0.5	12.21%	10.56%	21.96%	6.69%
1.5	10.61%	4.67%	10.95%	2.78%
2.5	6.63%	3.26%	10.40%	1.84%
4	4.24%	2.25%	10.08%	1.46%
7.5	2.47%	1.63%	9.90%	0.87%
15	1.65%	1.34%	8.15%	0.98%
25	1.37%	1.22%	3.75%	0.76%
35	1.26%	1.14%	2.16%	0.34%
45	1.19%	1.11%	1.76%	0.15%
55	1.15%	1.01%	1.68%	0.07%
65	1.13%	0.84%	1.65%	0.04%
75	1.12%	0.68%	1.63%	0.03%

### 7.3 场内运输事故

#### 7.3.1 新燃料运输事故

#### 7.3.2 乏燃料运输事故

#### 7.3.3 固体废物运输事故

### 7.3 场内运输事故

#### 7.3.1 新燃料运输事故

新燃料运输货包的设计和制造应满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）及交通运输管理部门的相关管理要求。

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。

#### 7.3.2 乏燃料运输事故

乏燃料的厂内运输由容器吊车、乏燃料水池吊车、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、检查在装载井和清洗井内进行。装载井和清洗井为两个毗邻的水池，均位于燃料厂房内乏燃料水池旁侧。它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与乏燃料水池连成整体结构。其中装载井与存储水池相通，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 2.8m 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》（HAF 501-1987）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）、《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）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。

### 7.3.3 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，厂外运输可通过铁路、公路、船舶等方式，符合《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）及交通运输管理部门的相关管理要求，以防范运输过程中的环境风险。

## 7.4 其它事故

### 7.4.1 建设期间其它事故环境影响分析

### 7.4.2 运行期间其它事故环境影响分析

## 7.4 其它事故

### 7.4.1 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，化学物质使用量不大，因此需后续处理的过程较少。因化学品的使用产生的危险固废需按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）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。根据类似项目施工管理经验，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部分村庄，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。

### 7.4.2 运行期间其它事故环境影响分析

### 7.4.2.1 危险化学品环境风险影响分析

本节主要依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）相关要求对环境风险分析与评价。

#### 7.4.2.1.1 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。

#### 7.4.2.1.2 环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（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，本项目各危险物质最大存在量与临界量的比值之和 Q 为 25.5（ $10 \leq Q < 100$ ）。

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。

本项目周边 5km 范围居住人口大于 1 万人小于 5 万人，依据 HJ169-2018 附录 D 的环境敏感程度（E）分级，大气环境敏感程度分级为 E2。同时，本项目周边无敏感或较敏感地表水体，发生危险化学品环境事故时，危险化学品不会泄漏至敏感或较敏感的地表水体，故地表水环境敏感目标分级为 S3，根据 HJ169-2018，本项目地表水环境敏感程度分级为 E3。本项目储存危险化学品的厂区附近的包气带岩性以粉质黏土为主，平均厚度大于 1m，渗透系数 k 在  $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，且分布连续、稳定，包气带防污性能分级为 D2，本项目附近有农村分散式饮用水源，地下水功能敏感性分

区为 G2，根据 HJ169-2018，地下水环境敏感程度分级为 E2。

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。

本项目危险性相对较大的危险化学品均按照危化品行业规范配备泄漏应急处理设备，地面为混凝土防渗地面，并根据相关规范设置围堰，危险化学品泄漏后不会污染周边地表水或地下水，有毒气体(主要是挥发性较强的氨水泄漏)储存场所不临近厂界，即使发生泄漏，其挥发的气体也不会大量飘散至厂界外造成严重的大气环境污染。同时，本项目储存的稀盐酸（31%）相对较多，但其物化性质与浓盐酸（37%）差异较大，其挥发性及毒性相对于浓盐酸（37%）低很多，且稀盐酸主要分布在凝结水精处理间及化学品库，有独立的储存设备或仓库，其环境风险实际上较小，本报告从保守角度考虑将稀盐酸（31%）按照 HJ169-2018 中浓盐酸（37%）临界量进行折算。同时，针对各类危险化学品，山东招远核电厂还制定了一系列管控措施，详见下节描述。

#### 7.4.2.2 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行业相关标准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国家相关标准进行分类、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《核动力厂防火与防爆设计》（HAD 102/11-2019）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。

综上所述，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。

### 7.4.2.3 管线环境风险影响分析

本项目采用的液态流出物排放方案为：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排水混合井，在厂区排水混合井与冷却塔循环冷却水混合后经陆域排水管线最终排入大海。

在核电厂排水管线运行过程中，为考虑管线事故工况下泄漏对环境造成的风险，本次假设两种泄漏工况：1、管线发生小破口泄漏短时间未发现；2、管线发生较大破口泄漏（大于 0.5%Q）或整管极端断裂泄漏，短时间发现并处置。根据管线周边水文地质条件，本节重点评价管线泄漏事故对圈里杨家村的辐射影响，保守假设泄漏点为距离圈里杨家村最近位置。

#### 7.4.2.3.1 小破口泄漏环境风险

根据本项目管线泄漏监测设计方案，较大破口泄漏（大于 0.5%Q）短时间可发现，并采取及时止漏措施，而针对破口泄漏量小于 0.5%Q 的情形，可能无法短时间监测到。根据目前工程设计方案，在排水管线地下水下游敏感水体、基本农田路径处设有防渗层，防渗层渗透系数按照不大于  $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$  设计。在评价中考虑防渗层的阻滞作用，

泄漏的含液态流出物的排放水在一定范围内会滞留在防渗层中，根据渗透系数（按  $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ）可计算其下渗至地下水的量。同时，综合考虑防渗系统与管线监测、处置方案的联动，保守按照 10 天内发现并妥善处理小破口泄漏及防渗层中的积水。根据上述小破口泄漏及后续处置情景，本报告采用二维点源短时泄漏模型进行预测评价发生小破口泄漏后对公众剂量的可能影响。

重点考虑核素与 6.2.9 节筛选出的一致，即考虑 H-3、C-14、Cs-137、Cs-134、Co-60、Ag-110m、Mn-54 和 Sr-90 共 8 个核素。其中，圈里杨家村水井处地下水的 H-3 浓度为  $8.79 \text{Bq/L}$ ，满足美国环保部 EPA 规定的饮用水中 H-3 浓度限值  $740 \text{Bq/L}$ ，C-14 浓度为  $1.28 \text{E-}03 \text{Bq/L}$ ，其余核素由于吸附作用，其迁移范围仅在泄漏点附近，对公众剂量影响基本可忽略。

由表可知，在公众受照剂量方面，假定全部饮用水均来自于圈里杨家村水井，并保守采用预测的峰值浓度计算，则对该地公众可能造成的年有效剂量为  $1.16 \text{E-}07 \text{Sv/a}$ ，小于美国环保部 US EPA 对于饮用水参考剂量水平  $0.04 \text{mSv/a}$ 。

#### 7.4.2.3.2 极端断裂泄漏环境风险

根据本项目设计资料，管线发生较大破口泄漏（大于  $0.5\%Q$ ）或整管极端断裂泄漏均可以短时间发现，本报告保守评价排水管线发生极端断裂泄漏的环境风险。对于极端断裂泄漏主要有如下假定：

- 1) 假定管道某处发生完全断裂，两个联络点之间（ $2 \text{km}$ ）管道内液体完全泄漏；
- 2) 根据设计单位提供的截断措施要求，发生断裂后，上游隔离阀关闭及响应时间保守考虑为  $240 \text{s}$ ，因此极端断裂泄漏时考虑  $240 \text{s}$  内的泄漏量（电动阀关阀时间与阀门直径相关，关阀时间不超过  $50 \text{s}$ ）。
- 3) 评价中考虑防渗层的阻滞作用，防渗层渗透系数保守按照  $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ；
- 4) 综合考虑防渗系统与管线监测、处置方案的联动，保守按照 5 天内妥善处理完成管线极端断裂泄漏及防渗层中的积水。

根据上述极端断裂泄漏及后续处置情景，本报告采用二维点源短时泄漏模型进行预测评价发生极端断裂泄漏后对公众剂量的可能影响。

其中，圈里杨家村水井处地下水的 H-3 浓度为  $4.43 \text{Bq/L}$ ，满足美国环保部 EPA 规定的饮用水中 H-3 浓度限值  $740 \text{Bq/L}$ ，C-14 浓度为  $6.39 \text{E-}04 \text{Bq/L}$ ，其余核素由于吸附作用，其迁移范围仅在泄漏点附近，对公众剂量影响基本可忽略。

由表可知，在公众受照剂量方面，假定全部饮用水均来自于圈里杨家村水井，并保守采用预测的峰值浓度计算，则对该地公众可能造成的年有效剂量为  $5.85E-08Sv/a$ ，小于美国环保部 US EPA 对于饮用水参考剂量水平  $0.04mSv/a$

#### 7.4.2.3.3 管线泄漏对土壤、地下水、地表水体的其他环境风险

本项目取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，常年水质为V~IV类水体。根据前文分析评价结果，本项目管线中主要为海水，在做好相关监测及防护措施后，预计本项目管线对界河环境风险影响较小。若管线存在较大泄漏后，可能造成周边土壤及地下水盐分短时间异常增高，为降低环境风险，建设单位制定了相关监测及防护措施（详见下节描述），预计相关措施落实后对周边环境的影响可接受。

#### 7.4.2.4 管线风险防护措施

为确保本项目陆域管线的安全稳定运行、降低管线泄漏风险，开展了有效的监测及控制措施设计，从设计源头降低泄漏风险、合理可行的在线监测技术、经济有效的离线监测技术、泄漏管控与处置等4个维度，实现对管线泄漏的可防、可控。

##### 7.4.2.4.1 从设计源头降低泄漏风险

（1）选取整体防泄漏性能最优管材。陆域排放管线管材拟考虑选用高密度聚乙烯（HDPE）管，该管材具有优秀的耐海水腐蚀性能、防泄漏性能和一定的抗变形能力，不需要采取额外的防腐措施，可有效避免因海水腐蚀导致的管道泄漏。HDPE管采用热熔对接焊接，为整体性连接的管系，焊接工艺全部由自动化设备完成，可有效保证焊口质量。HDPE管的实验室破坏试验结果表明，焊口通常不是HDPE管系破坏的薄弱点。整体而言选取的HDPE管材的整体防泄漏性能是各类管材中最优的。

（2）制定合理液态流出物排放策略：①液态流出物需在厂区内经冷却塔排水混合稀释，降低液态流出物中核素浓度，无冷却塔排水时，液态流出物不排放；②通过减少液态流出物排放系统的设计流量，进一步降低稀释后液态流出物中核素浓度，按该流量与冷却塔排水混合稀释后，核素浓度满足《海水水质标准》（GB 3097-1997）中相关水质环境的要求；③采用槽式排放，液态流出物排放前经循环混匀、取样监测合格后方可排放。

#### 7.4.2.4.2 泄漏监测及安全防护设计

##### ➤ 对于管道断裂、较大破口泄漏（大于 0.5%Q）的监测及应对措施：

该类泄漏一般是管道破口、管道断裂、爆管等，属于突发性的较大泄漏，可能是由于阀门连接密封局部失效、由于管道/管道附属设施的局部缺陷、管道遭外部侵入或伤害等导致的泄漏。对于管道泄漏量大于 0.5%流量时采用智能音波检测法，设置音波传感器及配套设施对管道进行实时监测，实现对管道监测泄漏噪音和泄漏点定位。

根据管道自身特征，2 条取水管道目前考虑分别设置 7 个监测点，监测点分别为排泥阀室-1、连通阀门室（二）-1、连通阀门室（二）-2、连通阀门室（四）-1、连通阀门室（四）-2、海水预处理站、排气井组-14。因为首站有泵，因此在首站设置 2 台音波传感器，末站设置 1 台传感器，中间站在进站口和出站口分别设置 1 台传感器，相同站点位置共用采集主机。每条管道安装 13 台传感器和 7 台数据采集主机（2 条管道共用）。

2 条排水管道目前考虑分别设置 7 个监测点，监测点分别为排气井组-15、连通阀门室（三）-2、连通阀门室（一）-3、连通阀门室（三）-1、连通阀门室（一）-2、连通阀门室（四）、排气井组-29。因为首站有泵，因此在首站设置 2 台音波传感器，末站设置 1 台传感器，中间站在进站口和出站口分别设置 1 台传感器，相同站点位置共用采集主机。每条管道安装 13 台传感器和 7 台数据采集主机（2 条管道共用）。

监测系统分为以下几个内容

数据采集层：由安装在管道两端（首末站）、中间站（连通阀门室、排气井组等）的音波传感器、数据采集主机及 GPS/北斗授时系统组成。

服务器层：由安装在中心监控室的服务器主机及报警定位软件组成。作用是与各数据采集主机进行数据交换，将各采集主机数据通过通信设备传输到中心控制室的服务器中进行处理和分析，判断管线上是否有泄漏发生并对泄漏点定位，给出漏点位置信息。

监控层：由监控终端主机及监控终端软件及组态软件组成，提供管道运行状况，当发生管道泄漏时，发出声光报警。

管道泄漏监测系统主要性能指标包括：可测最小泄漏孔径、反应时间、定位精度、系统误报率等。

##### ➤ 小于 0.5%流量的泄漏的监测及应对措施

针对小于 0.5%流量的泄漏，目前本项目拟采用以下措施进行检测：

1) 在阀门、仪表法兰连接处设置阀门井，通过摄像头 24 小时监控以及人员的日常巡检，防范和发现法兰泄漏；

2) 运行期间采用管道内探测方式增加对管道的防渗漏措施，检测管道壁厚，腐蚀程度等方式，定期对管道进行检测和跟踪管理，发现焊缝、壁厚腐蚀破坏严重时预警或及时更换管道，避免出现管道泄漏。

➤ **发现异常泄漏后的应急处置手段：**

a) 立即切断液态流出物排放（如正在排放中）；

b) 远程或现场关闭泄漏段两端的排水管道隔离阀，防止泄漏扩大；

c) 对已隔离的泄漏段，实施低点快速排空，排空液通过排放管道排至大海，不造成二次污染；

d) 对泄漏点附近受污染的水体、土壤等进行隔离、回收处置；

e) 单段排水管道隔离检修时，并不影响电厂功率运行，安排对管道漏点进行彻底修复；

f) 已知的泄漏未修复前，不得通过泄漏段排放液态流出物；

g) 追踪泄漏的流出物去向，采取降低泄漏污染的其他必要措施，及时上报主管部门。

h) 如异常泄漏发生时，没有流出物排放，则无需考虑液态流出物的污染问题，此时，需及时隔离及修复破损管道。

➤ **其他运维控制措施：**

为给电厂运维预留丰富的手段，设计考虑了如下措施：

1) 在排水管道设计中，采用了两条排水管道，当其中一条排水管道的某段需要关停检修或故障时，剩余管线仍可保证电厂 100%的排水流量需求；

2) 两条排水管线每隔一定间距（约 2km），均设置有主管道电动隔离阀门（同时具备手动功能），当发现泄漏时，可以实现自动关闭或手动关闭，避免泄漏扩大。

3) 沿压力管道铺设振动光缆。管线遭到意外破坏、撞击等运行监测系统可将检测数据及分析结果传入管道安全监测平台。

通过上述运维控制措施，为排水管道的检修、运维等预留了足够的时间窗口，提供了快速响应的手段。

### ➤ 管线防渗措施：

为了尽可能降低发生泄漏后的水体进入地下水及周边土壤的环境风险，目前初步考虑在管线路径上的地下水下游敏感水体、基本农田路径处设置防渗工程方案，采用防渗性能不低于  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$  防渗层铺设在排水管线外，尽可能降低泄漏后进入周边环境的水量，同时配备必要的导流及收集系统。

综上，在陆域取排水管道泄漏监测及应对措施上，基于“纵深防御”的整体防控策略，采用多种技术手段的综合应用，可满足“可监测、可运维”的整体目标，从而实现管线泄漏的可防、可控。

#### 7.4.2.5 厂区 SSCs 失效风险环境影响分析

在核电厂运行过程中，放射性废液的非正常释放来源可能包括一系列的构筑物、系统和部件（SSCs），如废液储罐、乏燃料水池、排污管线阀门及其他地埋管线等，针对本工程开展了放射性废液储罐破口事故对地下水影响分析专题。

根据《中广核招远核电项目放射性废液储罐破口事故对地下水影响分析专题报告》（2022.11），结合相关导则、标准的要求，以及本工程华龙机组特点，选取运行期间位于反应堆安全壳外的放射性废液储罐假定发生破口事故而导致废液释放造成最不利潜在后果的景象进行分析。

根据地下水数值模拟预测结果显示，拟建项目在事故工况下放射性核素 Cs-137、Cs-134、Co-60 和 Sr-90 由于含水介质的吸附作用，其迁移范围仅在泄漏点周边，尚未迁移至厂区以外范围。放射性核素 H-3 由于半衰期长，且不具有吸附特征，同时释放源项中浓度最高，故其对周边地下水环境影响相对较大。事故后随着时间的增加，H-3 将从厂区内不断随着地下水流场向下游东南方向迁移，厂址区外地下水中氚浓度不断升高，在 30 年时废液释放的污染羽中心已达到厂区边界，此后随着事故时间增加，地下水中氚浓度由于放射性衰变反应不断减小，地下水浓度在 100 年后最大不超过  $5.12 \text{Bq/L}$ 。根据厂址附近村庄地下水井分布，地下水井不在污染羽影响区域内，预计不会产生不利影响。

7.5 事故应急

7.5.1 应急组织

7.5.2 应急设施

7.5.3 应急计划区

## 7.5 事故应急

核事故应急的目的是在核电厂发生导致放射性物质可能向环境大量释放的事故时，能及时有效地实施各种应急响应行动，控制事故状态的发展并努力维持和恢复电厂的安全状态，最大限度地限制和减少事故的后果与影响，以保护公众、保护环境。

根据《中国广核集团山东招远核电厂一期工程厂址区域核应急方案》（报批稿），山东招远核电厂一期工程厂址区域核应急方案从区域自然环境条件、核应急设施和设备、应急计划区划分、核应急组织、实施核应急方案可行性、发展规划等方面综合论证了厂址区域实施应急预案的可行性，分析表明厂址区域核应急准备和响应工作不存在难以克服的困难。

### 7.5.1 应急组织

中广核山东招远核电厂一期工程将成立专门的核应急组织机构，以统一指挥应急状态下的应急响应，并负责与国家、地方应急组织，主管部门和国家核安全部门的联系。厂区内应急组织指挥部由总指挥、副总指挥和若干名成员组成。应急总指挥由核电厂法人代表或法人代表指定的代理人担任。

根据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-2011），我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级应急管理体系。山东招远核电有限公司场内外三级应急组织机构示意图见图 7.5-1。核事故应急期间，核电厂应急指挥部将及时与国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、国家能源局、中华人民共和国生态环境部（国家核安全局及华东核与辐射安全监督站）、山东省核事故应急委员会、中国广核集团有限公司等单位 and 部门建立报告联系，通报应急状态，并密切配合，协调一致地实施应急响应行动，必要时请求和获得场外支援。

山东招远核电有限公司将积极推动建立与省内其他相邻核电厂的沟通机制，建立信息通报通道，利于各核电厂之间的相互支援。中国广核集团有限公司（CGNPC）作为山东招远核电有限公司的上级主管单位，对山东招远核电有限公司的应急工作提供协调、指导、支持。在核事故应急情况下，核电厂应急指挥部将向中国广核集团有限公司报告事故情况和应急信息，中国广核集团有限公司将对山东招远核电有限公司提供外部应急专业力量协调，重大应急决策行动指导，和提供应急技术及信息发布方面的支持。在应急状态下，中国广核集团下属的核应急与救援中心将向山东招远核电有限公司提供机组状态诊断和应急行动建议等技术支持。

## 7.5.2 应急设施

应急设施与设备是核电厂进入应急状态后应急响应人员需要使用的设备、工具和停留的空间，是核电厂实现应急功能的物质基础。

山东招远核电厂主要应急设施包括：主控制室、辅助控制室、应急指挥与行动中心、应急监测与评价设施、职业医疗室、应急网络系统、应急通信系统、应急集合点、应急撤离道路等。

### 1) 主控制室

主控制室是核电厂正常和事故工况下实施电站运行控制的中心，也是应急响应期间运行控制组的工作场所，其应急响应期间的主要功能为：

一对反应堆运行状态进行集中控制和监测，显示并提供安全参数；

一在应急初始阶段应急指挥部启动到位之前可作为应急指挥的中心，采取控制措施保持核动力厂的安全状态或使之返回安全状态。

主控制室的设计中考虑了完整的可居留性系统，能够抵御放射性物质释放事故、火灾、内部水淹、内部爆炸、内部飞射物以及外部事件（包括：地震、洪水、龙卷风等自然灾害，以及飞机撞击等人为事件）的影响，可为操作员提供一个良好的可居留环境，满足法规标准中要求的可居留性条件。

### 2) 辅助控制室（远程停堆站）

辅助控制室（远程停堆站）内设有足够的仪表及控制设备，以便在主控制室丧失执行重要安全功能时，能使反应堆进入并保持在停堆状态，排出余热并监测电厂主要参数。辅助控制室（远程停堆站）位于安全厂房内，与主控制室实行电气分隔和实体隔离，与主控制室分属不同的防火分区。从主控制室到辅助控制室（远程停堆站）有安全、可靠、快捷的连接通道，以便紧急情况下工作人员的转移。

### 3) 技术支持中心

技术支持中心设置在主控制室可居留区内，是在应急响应期间对主控制室和应急指挥部提供技术支持的场所，应具备足够的获取机组状态参数及其他应急相关信息的手段，以便进行事故分析，制定事故对策。这些技术支持包括机组工况的完整信息（实时数据或历史数据）和必要的通信手段，以便技术支持团队能够完成其职责。技术支持中心也可作为主控制室操作不直接相关的应急工作人员的会议地点。应急指挥中心设置了应急技术支持中心，配备事故状态诊断系统、事故后果评价系统等。

#### 4) 运行支持中心（应急行动中心）

运行支持中心是在应急响应期间供执行设备检修、系统或设备损坏探查、堆芯损伤取样分析和其他执行纠正行动任务的人员以及有关人员集合与等待指派具体任务的场所。运行支持中心可设置在保护区内或能够快速进入保护区的其他合适位置。

#### 5) 应急指挥中心

应急指挥中心是应急响应期间指挥和协调核电厂内一切应急响应行动的场所，具有应急指挥、技术支持以及对外联络等应急功能。应急指挥中心为应急状态下的指挥枢纽，该中心应配置可发布通知、广播和报警信号的设备，配置可以获取机组参数、实时辐射监测参数、气象信息、防护行动信息以及向场内外应急组织机构发送和接收应急信息的应急计算机局域网络和通信设施设备。

应急指挥中心配备辐射监测、洗消去污设备以及各种防护服装等防护用品。中心应具备有独立的应急柴油发电机和蓄电池组，可确保外电源丧失后应急指挥中心内重要应急设备和求生安全设备的电源供电。

#### 6) 环境辐射监测设施

核电厂环境监测设施包括：固定 $\gamma$ 监测站、环境实验室、气象塔及地面站、现场辐射防护值班室、环境监测车和应急移动组网监测设备。环境实验室属于一次建成，全厂共用的环境监测设施。环境实验室主要用于核电厂正常运行工况下分析和测量放射性很低的环境样品（大气飘尘、海水、雨水、土壤、食物链和热释光剂量仪表的样品），并尽可能的兼顾应急期间的环境监测功能。

环境实验室配备环境监测车，在事故应急状况下，监测车作为应急辐射监测系统，可快速前往核电厂下风向方向测出所经过地区环境 $\gamma$ 辐射水平，实时显示在电子地图上，并具有采集气溶胶、碘样品的功能。

电厂现场辐射防护人员值班室，专门对出辐射控制区的人员服装及体表进行监测，测量工作服的 $\gamma$ 剂量率，测量人体表面 $\beta$ 污染。固定 $\gamma$ 监测站采集、处理和记录气象和环境 $\gamma$ 辐射数据。

在应对极端环境条件时，应急监测设备（监测船和环境监测车等）将作为传统固定式环境辐射监测站点的补充，执行应急监测功能，实时将环境辐射水平及气象参数信息传输至应急指挥中心，为应急预案的执行提供决策依据。

#### 7) 应急指挥系统

应急指挥系统需要常年监视核电厂的运行状态、核电厂周围的环境，以防核电厂在出现事故的情况下能够及时采取行动，将事故危害减到最小。应急指挥网络系统为应急指挥与运行中心提供完整的信息支持，包括实时指挥、环境监测、综合评价、应急报警、与国家核应急及地方核应急指挥部门通讯等。设备组成包括服务器、工作站、交换机、路由器、网络投影机、网络打印机、多媒体设备、实物保护系统监测终端。

#### 8) 应急通信系统

应急通信是指挥、管理和协调场内应急响应以及保持场内与场外应急组织联系的一个极其重要的方面。核电厂应急通信系统的主要功能包括保障核电厂应急设施、应急组织间的通信联络和数据信息传输；保障场内与场外应急组织间的通信联络；按有关规定保障核电厂向国家有关部门和场外应急组织传输数据信息。

核电厂厂区通信系统包括无线电话系统、自动电话系统、应急自动电话系统、呼叫通话系统、有线广播系统、警报系统、检修电话系统、计算机网络系统、综合布线系统、时钟系统、电力调度电话系统和开关站通信系统等。

#### 9) 职业医疗室

职业医疗室是应急状态下进行伤员现场救护和体表污染洗消的场所以及实施或者协调医疗急救的工作人员的工作场所。职业医疗室应能够调用救护车，以及配备必要的急救和去污洗消设备。

#### 10) 应急集合点

山东招远核电有限公司将在厂区内适当设置应急集合点，用于核电厂放射性事故工况下有组织的撤离厂区人员。保卫控制区内每一个应急集合点将配置读卡器、电话、应急物品柜以及指示标识等，方便人员集合清点。集合清点数据能够实时传输到应急指挥中心，能进行集合清点情况的分析判断，结果能够打印输出。通过集合清点数据，应急指挥部能够及时了解人员集合情况。

#### 11) 应急撤离道路

中广核山东招远核电厂一期工程对外交通规划拟建进厂道路、应急道路两条主要道路。招远核电厂进厂道路从 S304 省道接引至厂前区入口，应急道路自厂前区向西接地方乡道。

#### 12) 应急设施存贮与燃油补给中心

应急设施存贮与燃油补给中心主要满足新增应急设施、设备的存储以及燃油的补

给任务，其存储房间包括车载式移动泵存储间、手抬泵存储间、移动电源存储间、油罐车存储间、柴油汽油罐存储间以及应急物资存储间和其它相关辅助用房（包括环境监测设施）等。应急设施存贮与燃油补给中心的设置使得应急状态下各相关必要的物资能即时迅速产生作用，避免和减少自然灾害危害核电厂。

### 7.5.3 应急计划区

根据《中国广核集团山东招远核电厂一期工程厂址区域核应急方案》（报批稿），山东招远核电厂一期工程应急计划区推荐值为：

#### 1) 烟羽应急计划区

以中广核山东招远核电厂一期工程 1 号和 2 号机组反应堆为中心，半径 10km 的包络区域推荐作为烟羽应急计划区外区；以 1 号和 2 号机组反应堆为中心，半径 5km 的包络区域推荐作为烟羽应急计划区内区。

#### 2) 食入应急计划区

以中广核山东招远核电厂一期工程 1 号机组反应堆为中心，半径 50km 的包络区域。食入应急计划区不涉及多个省级行政区。图 7.5-2 给出食入应急计划区示意范围。

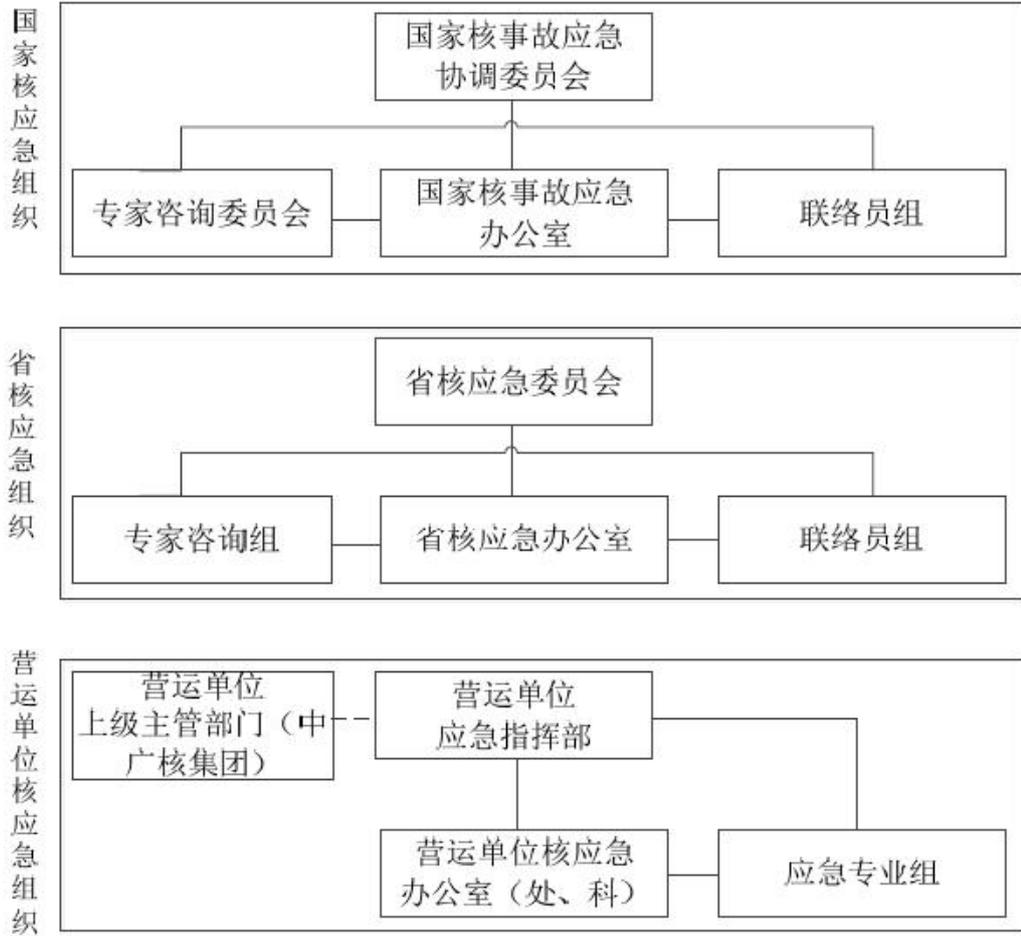


图 7.5-1 山东招远核电厂场内外三级应急组织机构示意图



## 第八章 流出物监测与环境监测

### 8.1 辐射监测

### 8.2 其它监测

### 8.3 监测设施

### 8.4 质量保证

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

## 8.1 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。核电厂运行期间流出物有气态和液态两种，即气态流出物和液态流出物。流出物监测系统分为连续在线监测和取样分析监测，连续在线监测系统同时设置有报警装置和报警阈值，根据流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中控制值的要求，当监测通道测量值超过报警阈值时，按照相关的报警程序处理。

#### 8.1.1.1 气态流出物监测系统

山东招远核电厂一期工程两台华龙一号机组属单堆布置，每台机组设有两套气态流出物监测系统（冗余设计，互为备用），对烟囱排放的气态流出物进行连续在线监测和采样。每台机组各监测系统情况如下：

##### （1）烟囱排气低量程惰性气体放射性浓度监测

烟囱排气低量程惰性气体放射性浓度监测通道为 KRT8101MAI 和 KRT8201MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱气载排出流中惰性气体的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体依次经过气溶胶过滤、碘吸附后，将过滤后的气体送往惰性气体测量装置，使用 $\beta/\gamma$ 灵敏探测器测量惰性气体释放出的 $\beta$ 和 $\gamma$ 射线，得出烟囱气载排出流中惰性气体放射性浓度（等效为 Xe-133 的放射性浓度  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ）。测量烟囱内气体的排放速率，结合惰性气体的放射性浓度得出单位时间内惰性气体排放总活度（ $\text{Bq}/\text{h}$ ）。

##### （2）烟囱排气气溶胶放射性浓度监测

烟囱排气气溶胶放射性浓度监测通道为 KRT8111MAI 和 KRT8211MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中气溶胶的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体送往气溶胶测量装置，气体中的气溶胶被过滤在滤纸上，设置在滤纸上方的 $\alpha/\beta$ 灵敏探测器测量沉积在滤纸上的气溶胶释放的 $\alpha$ 和 $\beta$ 射线，得出烟囱气载排出流中气溶胶放射性浓度（等效为 Cs-137 的放射性浓度  $\text{Bq}/\text{m}^3$ ）。测量烟囱排放气体的速率，结合气溶胶的浓度得出单位时间内气溶胶排放的总活度（ $\text{Bq}/\text{h}$ ）。

##### （3）烟囱排气碘放射性浓度监测

烟囱排气碘放射性浓度监测通道为 KRT8121MAI 和 KRT8221MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中碘的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体经过气溶胶过滤后送往放射性碘测量装置，气体中的碘被活性炭吸附，设置在活性炭盒上方的 $\gamma$ 灵敏探测器测量在碘盒中放射性碘释放的 $\gamma$ 射线，得出烟囱排放管道内的碘放射性（等效为 I-131 的放射性浓度  $\text{Bq/m}^3$ ）。测量烟囱排放气体的速率并结合碘的放射性浓度得出单位时间内放射性碘排放的总活度（ $\text{Bq/h}$ ）。

#### （4）烟囱排气气溶胶取样监测

烟囱排气气溶胶取样装置编码及名称为 KRT8141MAL 和 KRT8241MAL，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，将取样气体中的气溶胶过滤在取样装置内。取样点布置在烟囱内。取样方法是连续从烟囱排放管内抽取空气并将取样空气送往气溶胶取样装置。空气中的气溶胶被取样装置的滤纸过滤并沉积在滤纸上，根据电厂运行的需要，将滤纸上沉积的气溶胶送往实验室测量分析。

#### （5）烟囱排气碘取样监测

烟囱排气碘取样装置编码及名称为 KRT8151MAL 和 KRT8251MAL，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，将取样气体中的放射性碘吸附在碘盒内。取样点布置在烟囱内。取样方法是连续从烟囱排放管内抽取空气并将取样空气中的气溶胶过滤后，再将空气送往碘吸附器，空气中的碘被吸附并沉积在活性炭的碘盒内，根据电厂运行的需要，将活性炭盒送往实验室测量分析。

#### （6）烟囱排气 $^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$ 取样监测

烟囱排气  $^3\text{H}$  取样装置为 KRT8171MAL 和 KRT8271MAL，烟囱排气  $^{14}\text{C}$  取样装置为 KRT8181MAI 和 KRT8281MAI，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，将取样气体中的  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  滞留在取样装置内。取样点布置在烟囱内。取样方法是连续从烟囱排放管内抽取空气，利用  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  取样回路自带的过滤器将取样气体中的气溶胶过滤后，再将过滤后气体依次送往  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  取样装置。空气中的  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  分别被滞留在  $^3\text{H}$  取样瓶与  $^{14}\text{C}$  取样瓶内，根据电厂运行的需要，将 H-3 和 C-14 的取样样品送往实验室利用液体闪烁探测器测量分析 H-3 和 C-14 的放射性活度。

#### （7）事故及事故后烟囱排气惰性气体监测

事故及事故后烟囱排气惰性气体监测通道为 KRT9501MAI 和 KRT9502MAI，其

主要任务是监测事故及事故后经烟囱排放惰性气体的放射性浓度。测量对象是事故及事故后烟囱排气中放射性惰性气体，主要核素为 Kr 和 Xe 的放射性同位素。被测惰性气体由管道引自烟囱。测量方法为从烟囱中抽取气体依次经过气溶胶过滤、碘吸附后，将过滤后的气体送往惰性气体测量装置气体取样室内，使用探测器测量惰性气体的活度，同时测量取样气体流量，计算得出烟囱气态排出流中惰性气体的放射性浓度。

#### （8）事故及事故后烟囱排气气溶胶取样监测

事故及事故后烟囱排气气溶胶取样装置为 KRT9541MAL 和 KRT9542MAL，其主要任务是连续从烟囱排气中抽取空气，将取样空气中的气溶胶过滤在取样装置的滤纸上。取样的气溶胶由管道引自烟囱。测量对象为事故及事故后烟囱排气中放射性气溶胶。测量方法为设置专门的取样器和配套装置对放射性气溶胶进行取样，样品送实验室进行分析测量。

#### （9）事故及事故后烟囱排气碘取样监测

事故及事故后烟囱排气碘取样装置为 KRT9551MAL 和 KRT9552MAL，其主要任务是连续从反应堆厂房内抽取空气，将取样空气中的气溶胶过滤后送往碘取样装置，碘吸附在取样装置内的活性炭上。取样的碘由管道引自烟囱。测量对象为事故及事故后烟囱排气中放射性碘同位素。测量方法为设置专门的取样器和配套装置对放射性碘同位素进行取样，样品送实验室进行分析测量。

现阶段参考《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》（国核安发〔2020〕44号）。

### 8.1.1.2 液态流出物监测系统

山东招远核电厂一期工程两台华龙一号机组的液态流出物将按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的要求进行槽式排放，废液向环境排放前先送往储存槽逐槽取样测量，符合排放标准后方可排放。

核岛与常规岛废液放射性浓度在线连续监测系统主要是对 TER 系统和 SEL 系统排放废液的放射性浓度进行连续监测，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。

#### （1）核岛废液放射性浓度在线连续监测

核岛废液放射性浓度在线连续监测通道为 9KRT8301MAI，主要是在正常运行与预期运行事件条件下，监测核岛废液排放系统（TER）排放管道内废液的放射性浓度。

监测点位置是 TER 系统的 9TER1243TY 垂直管线上。测量方法为采用 $\gamma$ 辐射灵敏探测器在线监测 TER 系统排放管道内废液放射性浓度（ $\text{Bq}/\text{m}^3$ ）。探测器需采用  $4\pi$  角度铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量的影响。

#### （2）常规岛废液放射性浓度在线连续监测

常规岛废液放射性浓度在线连续监测通道为 9KRT8401MAI，主要是在正常运行与预期运行事件条件下，监测常规岛废液排放系统（SEL）排放管道内废液的放射性浓度。监测点位置是 SEL 系统的 9SEL1243TY 垂直管线上。测量方法为采用 $\gamma$ 辐射灵敏探测器在线监测 SEL 系统排放管道内废液放射性浓度（ $\text{Bq}/\text{m}^3$ ）。探测器需采用  $4\pi$  角度铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量的影响。

现阶段参考《核电厂流出物放射性核素监测技术规范（试行）》（国核安发〔2020〕44号）。

### 8.1.1.3 取样代表性

#### （1）气态流出物取样代表性分析

山东招远核电厂一期工程采用华龙一号技术，属单堆布置，每台机组设有两套气载放射性流出物监测系统（冗余设计，互为备用），对烟囱排放的气载放射性流出物进行连续在线监测和采样，取样系统的设计满足 ANSI/HPS N13.1-2011。

#### （2）液态流出物取样代表性分析

在每台废液排放泵出口管线上设有就地取样点，在排放前通过取样对液态流出物进行分析。在取样前将开启废液排放泵对废液贮存槽内废液进行循环混匀。为确保混匀效率，每台废液贮存槽底部循环管线上配置喷射器，在调试期间对喷射器效率将进行验证。取样前先开启取样阀将取样管线内原有的废液排出再进行取样，确保取得废液贮存槽内混匀后的样品。通过以上措施确保液态流出物取样具有代表性。

### 8.1.1.4 流出物监督性监测系统

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。

为配合地方生态环境部门监督性监测工作，核电厂将按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（2012年2月）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）》（2014年4月）建设监督性监测系统，并为监督性监测系统流出物在线监测提供数据接口和为地方生态环境部门到电厂内进行流出物取样提供便利和支持。

## 8.1.2 辐射环境监测

### 8.1.2.1 监测目的

核电厂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

山东招远核电厂运行期间环境放射性监测范围为：

- 环境 $\gamma$ 辐射水平监测：厂址半径 20km 区域；
- 其余项目监测范围：一般取厂址半径 10km 区域。

### 8.1.2.3 布点原则

运行期间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；
- 厂址周边海域潮汐特点；
- 年平均最大剂量点及浓度点；
- 核电厂排水口及其附近海域；

- 尽可能与本底调查时的监测布点一致。

#### 8.1.2.4 监测项目

##### （1）环境 $\gamma$ 辐射水平的监测

###### ➤ 环境 $\gamma$ 剂量率连续监测

设立厂区环境 $\gamma$ 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中产生的 $\gamma$ 剂量率，详见 8.3.2.2 节。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 $\gamma$ 剂量率连续监测的点位布设与监测设备与应急监测相兼容。

###### ➤ 瞬时 $\gamma$ 剂量率测量

参考本底调查的结果，确定 $\gamma$ 剂量率瞬时测量点位或路线，采用便携式 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 剂量率监测的补充。

##### （2）环境介质放射性监测

对于环境介质放射性的监测主要参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及类似电厂经验制定监测大纲及方案，详细监测方案将在运行阶段环评中给出。

#### 8.1.2.5 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）》（2012年2月）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）》（2014年4月）进行建设。

#### 8.1.3 应急监测

### 8.1.3.1 应急监测初步方案

#### （1）环境 $\gamma$ 剂量率监测

事故情况下，核电厂周围环境 $\gamma$ 剂量率的监测通过两种方式进行：固定式环境 $\gamma$ 辐射连续监测系统 and 环境监测车移动监测。

固定式环境 $\gamma$ 辐射连续监测系统包括环境 $\gamma$ 辐射监测站和中央站，设计方案详见 8.3.2.2 节，在环境 $\gamma$ 辐射监测站由于外部环境条件的原因导致其不可用的情况下，利用临时组网系统替代固定式环境 $\gamma$ 辐射监测站，实现事故及事故后情况下的环境监测。

环境监测车移动监测由两辆监测车组成，设计方案详见 8.3.2.2 节。

#### （2）气溶胶和碘的监测

空气中气溶胶和放射性碘的采集通过两种途径进行：一是固定辐射监测站的空气取样泵和碘取样器，另一途径通过监测车的空气取样泵和碘采样器。对重点关注区域采集气溶胶和碘样品。

#### （3）环境 TLD 的布放与监测

主要是利用正常情况监测 TLD 的点位更换新片，并在监测车巡测路线上沿途各点布放 TLD，监测车上备有伴随片和小铅室存放 TLD，必要时在核电厂下风向居民密集区布放 TLD。

#### （4）地面污染监测

地面污染监测采用两种方法监测：一是采用便携式 $\gamma$ 谱仪，进行地面沉积 $\gamma$ 核素和 $\gamma$ 剂量率的监测；二是采用 $\beta/\gamma$ 剂量率仪进行地面剂量率的监测，探测器的测量条件要求在距地面 1m 和 3cm 处分别进行。

#### （5）环境样品及食品样品的采集与监测

监测车出动采集地表水、土壤以及关键居民区的饮用水和蔬菜等食品，将采集的样品做好标签记录，送回实验室进行分析。

### 8.1.3.2 应急监测仪器设备配备方案

#### （1）厂区辐射和气象监测系统（KRS）

厂区辐射系统由 17 个固定监测站组成，包括厂内点 8 个，厂外点 9 个，对核电厂气环境中的 $\gamma$ 辐射水平进行连续监测，其中部分站还配有气溶胶、碘、空气碳-14、空气氡和干湿沉降取样设备。具体方案详见下文 8.3.2.2 节描述。

## （2）应急环境监测车及便携式仪器

应急环境辐射监测车系统由两辆环境监测车和应急环境辐射监测网络系统组成，主要担负事故期间场区周界及电厂周围环境辐射巡测任务，及时地确定电厂下风向放射性烟羽扩散的剂量率分布情况。监测车主要配置有： $\gamma$ 辐射剂量率仪、便携式 $\alpha/\beta$ 表面污染监测仪、便携式 $\beta/\gamma$ 辐射剂量率仪、气溶胶和碘取样装置、便携式 $\gamma$ 谱仪、GPS卫星定位仪、无线通讯设备、车载供电设备以及防护用品。

## （3）临时组网系统

临时组网系统是用于 KRS 系统不可用时的备用系统，每套监测设备可监测 $\gamma$ 辐射、风向、风速等参数，应急情况下能够快速的取出投放到监测点使用。

## （4）后备监测实验室

建设单位目前考虑将监督性监测系统的前沿站作为后备监测手段。

## 8.2 其它监测

### 8.2.1 热影响监测

### 8.2.2 化学污染物监测

### 8.2.3 气象观测

### 8.2.4 水文观测

### 8.2.5 盐沉积监测

## 8.2 其它监测

### 8.2.1 热影响监测

由 6.1 节的分析结果可知，本工程取排水量较小，排水温升较低，运行期间由二次循环系统产生的温排水引起排放口周围海域的温升影响很小，对排放口周围海域的水体及海洋生物造成的影响非常有限。

为验证本工程温排水排放的实际影响，本工程运行期间的热影响监测点位可设置于核电厂二次循环系统的取水口（对照点）和排水口。

### 8.2.2 化学污染物监测

本项目非放射性生产废水需经过调质、混凝、澄清等处理，出水达到《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）中的二级标准及《海水循环冷却水处理设计规范》（GB/T 23248-2020）中表 2 海水循环冷却水水质指标要求后全部回用至海水冷却塔补水。

非放射性工业废水处理厂房（BST）监测方案按照《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）监督要求执行，工业系统的出水管道需设置流量、pH、水温、化学需氧量、氨氮、总磷以及总氮的连续监测仪表，其余系统回用指标按照定期人工取样监测执行。

对于排水口附近的海水水质监测，建设单位在运行期将委托监测单位定期开展相关水质指标的监测。

### 8.2.3 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影响所需的气象资料。核电厂已建气象观测站包括厂址地面观测站和 100m 气象塔，气象塔的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，用于厂址区域的大气环境影响评价。地面观测站观测项目有降雨量、大气压、太阳总辐射、净辐射、温湿度和地表温度。气象站具体位置及相关仪器性能等描述详见 2.4 节相关内容。

#### 8.2.4 水文观测

山东招远核电厂目前考虑在排水口附近定期开展受纳水体的水文要素监测，并在运行前制定详细的监测计划，适时开展观测。

同时，对于厂址区域及取排水管线周边地下水监测初步方案详见下文 8.3.2.3 节相关内容。

#### 8.2.5 盐沉积监测

本项目拟按照海洋行业标准《海水冷却塔飘滴盐沉积监测方法》（报批稿）的布点原则及相关要求在近地面处设置采样器，定期监测盐沉积量，以单位面积上单位时间内采集样品中氯化钠的质量作为海水冷却塔飘滴盐沉积的监测指标。在本项目冷却塔运行期每季度开展一次大气盐沉积的监测，每次监测时间为 15d。

针对盐沉积对植物的可能影响，选择乔木林地、灌木林地、草地、果园、水浇地、旱地等不同地类，垂直分层选取叶片、花、果实，观察表面受损伤情况。如发现明显盐损伤特征，则设置样方定量分析。植物选取监测点周边半径 50m 范围内的代表植物，即从监测点周边选乔木、灌木、草本、农作物分类别观测。具体植物种类，根据监测点周边的优势植物确定。前 5 年，每年开展一期监测；之后每 3 年开展一期监测，每期开展 2 次，每期春季和秋季各一次。

针对土壤盐分的监测，因耕地、园地受人为施肥或灌溉影响较大，本监测不选择这两类土地。由于坡度影响土壤中盐分随降水的迁移，因此选择坡地、平地和低洼地设置样点，根据土层深度，在 0-30cm 内取土样，测定总盐含量，并测定  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  等离子的含量。前 5 年，每年开展一期监测；之后每 3 年开展一期监测，每期开展 2 次，每期雨季前和雨季后各一次。

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

#### 8.3.2 环境监测设施

## 8.3 监测设施

### 8.3.1 流出物实验室

核电厂流出物的准确排放量主要来自于流出物实验室的测量与分析，流出物实验室作为厂区实验室（BBL 实验室）的一部分，属于两台机组共用设施。流出物分析实验室包括流出物测量间（2416ZRM）、热准备室（2415ZRM）、冷准备室（2417ZRM）等，承担电厂排放废水的放射性活度和排放废气的放射性浓度检测，使其按规定排放。

流出物实验室共分 3 个房间：热准备室、流出物测量间和冷准备室。

- 热准备室：主要用于放射性样品的制样过程。
- 流出物测量间：主要用于样品的放射性活度和放射性核素的分析。
- 冷准备室：主要用于非放射性样品制样和准备过程。

### 8.3.2 环境监测设施

核电厂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

山东招远核电厂的环境实验室为 BEE 子项。在核电厂正常运行期间，环境实验室承担核电厂厂区及周边的辐射环境监测及常规环境监测职能，其功能如下：

- 接收各厂区辐射与气象监测系统的监测数据并进行分析处理，及时发现环境异常数据并将有关信息发送到应急指挥中心/应急行动中心和主控室、辐射环境监督管理部门等；当环境实验室内的 KRS 中央站不可用时，其功能转移至应急指挥中心/应急行动中心；
- 定期进行环境介质样品的采样、制样及测量分析工作。

在事故情况下且环境实验室未受到污染时，可对周围环境介质进行采样和测量分析，执行一定的应急监测功能。如在事故早期对核电厂周围环境介质进行采样和测量分析；应急状态下接受应急技术支持组的指令，启用环境监测车，结合风向及源项释放情况，对设定路线环境辐射水平进行测量，并将有关信息发送至环境实验室、应急指挥中心/应急行动中心及其他相关部门。环境实验室不考虑事故下的可用性。

#### （1）拟建位置

山东招远核电厂环境实验室位于厂区东北侧角落。

## （2）设计方案

环境实验室主要功能为环境样品制备、测量及 KRS 系统监测数据接收、处理与传输。各主要工艺用房的基本功能如下：

- 样品制备间：对所采集的环境样品进行预处理；
- 海水样品蒸发室、海产品碳化室：分别对海水和海产品进行蒸发和碳化、灰化，得到蒸馏液、蒸残液、碳化样；
- 淡水样品蒸发室、陆生生物碳化室：分别对淡水和陆生生物进行蒸发和碳化、灰化，得到蒸馏液、蒸残液、碳化样；
- 放化实验室：通过使用化学试剂对蒸馏液、蒸残液、碳化样进行萃取、溶解、浓缩等操作，制成满足测量要求的样品；
- 天平室：为精确称量样品的质量和配置合适的化学组分设置；
- 放射源室：用于贮存仪器校验用标准放射源和配置放射性标准物质；
- 总放测量室：用于环境样品中总 $\alpha$ 、 $\beta$ 的测量；
- 液闪测量室：低能 $\beta$ 测量室，用于环境样品中碳-14、氚等的测量；
- 谱仪室：用于环境样品的放射性 $\gamma$ 能谱测量及其核素分析；
- 热释光测量室：测量环境累积剂量；
- 非放仪器室：非放射性环境监测项目的测量间；
- 非放化实验室：测量常规的非放项目；
- KRS 中央站：接收处理监测子站监测数据；
- 制成样品档案库：存放制成的样品及平行样；
- 便携式仪器间：用于便携式仪器的存放；
- 实验用品储存室：用于一般实验用品的贮存；
- 资料室：用于监测报告、有关文件及资料等的贮存；
- 会议室、办公室：人员办公场所；
- 供气站：为各实验室用气点提供压缩气体；
- 其他：按照有关建筑设计规范设置的配套设施（值班室、洗手间、开水间等）。

### 8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

山东招远核电厂拟建立厂区辐射与气象监测系统（KRS 系统），包括 KRS 中央

站、气象站、环境监测站和环境监测车。其中，KRS 中央站连续采集、处理、记录和传输气象和大气 $\gamma$ 辐射数据。KRS 系统一次建成，全厂共用。

a) KRS 中央站

KRS 中央站连续采集、处理和记录气象和大气 $\gamma$ 辐射数据；发送处理后的数据到主控室、环境实验室、应急指挥中心/应急行动中心；接收并处理传感器故障报警、电源故障报警及阈值报警信号。

b) 气象站

气象站测量、记录和发送现场风向、风速、温度和湿度等气象数据用于计算、评价核电厂气态放射性物质排放对该地区环境的影响；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急行动。

c) 环境监测站

环境监测站连续记录厂区及其周围大气 $\gamma$ 辐射数据，获取气溶胶、碘和雨水的样品，测量大气 $\gamma$ 辐射监测站降雨量，当 $\gamma$ 辐射剂量率超过阈值时报警。

山东招远核电厂 KRS 系统的监测范围重点考虑以核电厂为中心半径 10km 的陆域区域，结合厂址特征，考虑布设 17 个环境监测站，厂内 8 个，厂外 9 个。

厂内 8 个监测站点别布置在 1 号机组 N、NNE、NE、E、ESE、SW、W 和 NW 方位，厂外 9 个监测站点别布置在 1 号机组 ENE、SE、SSE、S、SSW、WSW、WNW、NW、NNW 方位，在后续监督性监测系统子站选址过程中考虑和核电厂监测站点互补原则，保证陆域所有方位均有子站覆盖。

d) 环境监测车

在核电厂正常运行期间，环境监测车作为移动式的环境辐射监测站，定期地对核电厂周围环境 $\gamma$ 辐射进行巡测。在事故应急状态下，监测车作为应急辐射监测系统的一部分，可快速前往核电厂下风向方向测出所经过地区环境 $\gamma$ 辐射水平，实时显示在电子地图上，并具有采集气溶胶、碘样品的功能。

### 8.3.2.3 地下水监测设施

(1) 监测范围及监测要求

为有效监测山东招远核电厂一期工程核岛及其周边、陆域排水管线附近地下水水质，及时发现可能的泄漏风险，拟在一期工程及陆域排水管线周围设置地下水监测井。

山东招远核电厂一期工程地下水环境监测的总体要求为：

a) 掌握一期工程厂区及陆域排水管线潜在污染源附近区域地下水环境中可能的放射性物质的积蓄趋势；

b) 能够监测并鉴别由一期工程及陆域排水管线潜在污染源对地下水环境可能造成的影响。

## （2）布点原则

山东招远核电厂一期工程厂内地下监测井布点应遵循以下基本原则：

- 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免受地表水汇流影响的区域；
- 在反应堆厂房地下水流向的下游应布设监测点。

山东招远核电厂一期工程排水管线周边地下水监测井遵循以下基本原则：

- 基于工程方案、水文地质调查，在地下水流向的下游应布设监测点；
- 需重点考虑有高泄漏风险的系统；
- 重点考虑环境敏感区域、工程交互点（潜在风险区域）
- 在适用的情况下尽量利用现有的水井。

## （3）点位布置

### ➤ 厂内地下水监测井

根据一期工程总平面布置、厂区地下水分布特征，一期工程拟设置 6 个地下水监测井。

### ➤ 陆域排水管线周边地下水监测井

根据本项目陆域排水管线路径规划、穿越的工程、管线周边地下水分布特征，本工程管线周边拟设置 14 个地下水监测井。

## 8.3.2.4 监督性监测设施

核电厂辐射环境监督性监测系统由核电厂外围辐射环境监测系统和核电厂流出物监测系统两部分组成。其中，核电厂外围辐射环境监测系统由监测子站和前沿站两部分构成；流出物监测系统包括流出物实验室和核电厂在线监测数据的传输系统。目前，

初步考虑在核电厂区内单独额外建设监督性监测系统的流出物实验室，在厂区外建设监督性监测系统的前沿站（包括环境实验室和流出物实验室）。

山东招远核电厂将在装料前按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（2012年2月）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）》（2014年4月）建成监督性监测系统。

#### **8.3.2.5 监测设施总体进度安排**

根据“三同时”的要求，与本项目相关的厂区内外环境监测系统及设施将会在装料前投入运行，其设备采购、建设和安装进度将会根据项目进度进行详细策划。

## 8.4 质量保证

### 8.4.1 质量管理

### 8.4.2 质量控制

## 8.4 质量保证

为保证山东招远核电厂一期工程流出物和环境监测设备的可靠性，确保流出物和环境监测数据的准确性，核电厂应依据国家有关标准，制订流出物与环境监测质量保证程序，确保测量结果的可信性、有效性和可比性。本节主要描述一期工程运行期间流出物与环境监测质量保证的主要内容。

### 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；通过对电厂环境工作的监督与管理，确保核电厂各种废物处理、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

为了确保监测结果的准确性，必须建立完整有效的数据审查制度，并对数据进行

有计划的审查，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 $\pm 10\%$ 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。测量过程使用的标准源应经过国家剂量监督部门或国家权威部门认定并有证书，国外生产的放射性源需有相应的证明文件。

#### （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 利益代价分析

### 9.1 利益分析

### 9.2 代价分析

## 9.1 利益分析

### 9.1.1 电厂运行带来的直接利益

### 9.1.2 电厂建设和运行带来的间接利益

## 9.1 利益分析

### 9.1.1 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，上缴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。

除创造显著的经济利益外，中广核山东招远核电厂一期工程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的同时，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。

## 9.1.2 电厂建设和运行带来的间接利益

### 9.1.2.1 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。

核工业是综合性很强的高新技术产业，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

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。

中广核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。

在中广核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。

#### 9.1.2.2 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70%以上，火电厂排放的二氧化硫已成为我国大气的主要污染源之一。同时，火电厂释放的二氧化碳是全球二氧化碳重要来源，我国政府承诺到2030年，单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上。

以本项目2台1200MW的发电机组计算，按照2022年全国单位火电发电量二氧化碳排放约824克/千瓦时考虑，相比于同规模的燃煤发电机组，本项目投产后预计可实现二氧化碳减排约1424万吨/年，减少二氧化碳排放的同时，还会有效减少二氧化硫、氮氧化物、烟尘等污染物排放，降低有害气体对环境的污染，缓解酸雨的发生。

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。

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 直接代价

### 9.2.2 间接代价

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 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。

### 9.2.2 间接代价

#### 9.2.2.1 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亟待解决的社会问题。

##### — 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。

#### 9.2.2.2 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。

本工程采用二次循环冷却方案，冷却水为海水，取水量相对直流循环冷却方案较小。同时，本工程已开展水资源论证专题，运行期工业用淡水采用自建海水淡化系统提供，生活用水采用辛庄水厂供水，对周边淡水供应产生的负担在可接受范围内。

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，会有一些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，并通过空气浸没外照射、地面沉积放射性外照射、吸入空气内照射和食入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。根据本报告对核电厂放射性事故后果评价结果，核电厂发生设计基准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。

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。

## 第十章 结论与承诺

### 10.1 核电厂建设项目

### 10.2 环境保护设施

### 10.3 放射性排放

### 10.4 辐射环境影响评价结论

### 10.5 非辐射环境影响评价结论

### 10.6 公众参与和调查结论

### 10.7 承诺

## 10.1 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、季山东南侧的丘陵地带，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。

## 10.2 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，根据电厂设计资料，环境保护设施的设计性能和效能可以满足电厂运行的要求。

（1）每台机组设置一套废气处理系统（TEG），设置氢氧复合、废气压缩、废气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）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，以保证对放射性气载流出物排放的有效控制。

（3）每两台机组设置一套废液处理系统（TEU），采用过滤、蒸发、除盐和反渗透等较为成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，确保处理后排放的液态流出物活度浓度和总量满足国家有关标准的要求。

（4）每两台机组设置一套核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL），采用槽式排放的方式废液，待排放的废液经取样分析放射性活度浓度满足排放要求后，才能排放，同时在排放管线上设置 KRT 在线监测仪表，辅助监测排放管线中废液的放射性水平，并与排放管线的隔离阀进地联锁控制，当监测放射性水平超过报警阈值时，联锁关闭排放管线的隔离阀，停止排放。通过上述措施可以确保运行过程中废液的排放浓度（除氚和碳 14 外核素）不超过 500Bq/L 控制值。

（5）每两台机组设置一套水泥固化线，全厂设置一套分拣压缩打包线，对放射性固体废物进行处理和整备。放射性固体废物经整备后形成 400L 钢桶废物包，通过厂内专用运输车送至废物暂存库暂存，废物包暂存时间不超过五年，之后运往处置场进行最终处置。

（6）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等环境监测设施，并开展辐射环境监测、非放环境质量监测、盐沉积监测等运行期环境监测。

（7）对于非放射性污染物，将配套建设一系列的环保设施，包括非放射性工业废水处理站、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。

（8）为确保本项目陆域管线的安全稳定运行、降低管线泄漏风险，本项目选取了防泄漏性能最优的 HDPE 管材。通过采用智能音波检测法，设置音波传感器及配套设施对管道进行实时监测，实现对管道监测泄漏噪音和泄漏点定位。在发现异常泄漏后立即切断液态流出物排放、远程或现场关闭泄漏段两端的排水管道隔离阀。为了进一步降低管道泄漏的环境风险，本项目针对管线附近敏感地下水体、基本农田集中区域周边设置有防渗、导流等工程防护措施。在基于“纵深防御”的整体防控策略下，采用多种技术手段的综合应用，可满足“可监测、可运维”的整体目标，从而实现对管线泄漏的可防、可控。

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。

### 10.3 放射性排放

山东招远核电厂一期工程两台机组正常运行状态下，本工程各类放射性流出物的年排放量均能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）相应控制要求。根据本项目设计资料，本项目槽式排放出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按照不超过 500Bq/L 控制，可以满足 GB 6249-2011 中规定的浓度控制要求。

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。

### 10.4 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  $9.13 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占 GB 6249-2011 中年剂量约束值（0.25mSv/a）的 0.36%，占本工程有效剂量约束值（0.08mSv/a）的 1.14%。计算结果表明，本项目正常运行状态下对公众中任何个人造成的有效剂量均符合国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

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以及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均远低于  $10\mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值，因此，可以认为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造成明显的影响。

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，对周边公众及非人类生物的辐射影响有限，是可以接受的。

### （2）电厂事故状态下的辐射环境影响

本报告根据 GB 6249-2011 的相关要求，将稀有事故和极限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，中广核山东招远核电厂一期工程专设安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置合理，电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB 6249-2011 的相应要求。

### （3）液态流出物管线的辐射环境影响

本项目液态放射性流出物采用槽式排放，经检测达标后与海水冷却塔排水混合，通过排水管线排至大海。厂外排水管线长度约 11.75km，排水管线采用低渗漏率的高密度聚乙烯（HDPE）管。根据管材特性和相关设计资料，正常情况下排水管线一般不会发生泄漏。本报告保守考虑排水管线可能发生“跑冒滴漏”，在评价时考虑两种影响途径：1）直接饮用管线影响范围内的地下水井的水的途径；2）食入经管线影响范围内的地下水灌溉的农作物的途径。经保守评估计算，通过饮水途径对周边公众可能造成的年有效剂量最大为  $4.30\times 10^{-9}\text{Sv}$ ，低于饮用水的参考剂量水平  $0.04\text{mSv/a}$ ；通过食入经地下水灌溉的农作物途径可能造成周边公众年有效剂量最大为  $2.78\times 10^{-11}\text{Sv}$ ，对公众造成的影响很小。

本报告结合管线监测及防护措施设计资料及周边环境特征，对本项目管线发生异常泄漏情况下的环境风险进行评价，根据管线监测系统性能，分为小破口泄漏（0.5%Q）和整管极端断裂泄漏两种工况。经预测评价，管线发生小破口泄漏及极端断裂泄漏工况后，通过有效的监控、防渗及处理措施，其对周边地下水井的氡浓度贡献值能满足美国环保部 EPA 规定的饮用水限值  $740\text{Bq/L}$ 。保守假定附近居民全部饮用

地下水，并保守采用预测的峰值浓度计算，其对该地公众可能造成的年有效剂量最大远小于美国环保部 US EPA 对于饮用水参考剂量水平 0.04mSv/a。

## 10.5 非辐射环境影响评价结论

### 10.5.1 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，正常期间在取排水口附近的近岸浅滩会发生轻微冲刷及冲淤，预计对周边海域的整体冲淤无显著影响。

本项目采用二次循环冷却方案，根据温排水数模结果，冬季半月潮 4℃最大温升包络面积为 0.0041km<sup>2</sup>，夏季没有 4℃最大温升包络面积。根据《山东省生态环境厅关于调整中广核山东招远核电厂近岸海域环境功能区划的函》（鲁环函〔2023〕29号），山东招远核电厂排水口附近海域为混合区，混合区内不设水质管控目标。本项目2台机组运行时的夏季全潮 1℃、冬季全潮 2℃最大温升包络线均位于混合区内，4℃最大温升包络线也位于混合区内。因此，本项目的温升满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

#### （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。

同时，本项目取水量较小，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设施，预计取水对周边水生生物造成的卷吸碰撞影响较小。

#### （3）散热系统对大气的环境影响

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为太阳辐射量的 5.1%，该值在太阳辐射量的自然年际波动范围内。因此，预计山东招远核电厂一期工程冷却塔形成雾羽“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，模拟计算的盐沉降量总体均小于  $10 \text{ kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ ，参照相关评价准则及专题研究结论，预计不会对周边植物生长造成明显影响。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对厂界周边村庄环境敏感点噪声的贡献值可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准。

本项目主要采用隔声吸声屏障等降噪措施，降噪设施主要布置在西侧厂界附近，通过采用设计合理的降噪措施后本项目厂界处的噪声排放预计可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的相应要求。

### 10.5.2 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  $20\mu\text{g}/\text{L}$  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  $10\mu\text{g}/\text{L}$  的最大包络面积为  $0.04\text{km}^2$ ，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。

本项目运行期生活污水通过接入市政管网至市政污水处理站集中处理。

本项目运行期间海水冷却塔及海水淡化系统产生的浓盐水在排入海域后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。

## 10.6 公众参与和调查结论

在本项目环境影响报告书编制过程中，建设单位根据《环境影响评价公众参与办法》（2018年7月16日生态环境部部令第4号公布，自2019年1月1日起施行）相关要求开展了公众参与工作，公众参与过程中未收到公众意见和建议，建设单位按照要求编制了公众参与说明。

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，努力营造项目良好的周边关系环境。

## 10.7 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） 将进一步完善取排水管线防护与监测设计，加强运行期间取排水管线的防渗监测及周边环境监测；
- （2） 将进一步完善大型自然通风海水冷却塔高效除水器及厂界噪声防治设计；
- （3） 施工初期阶段生活污水将充分收集，外运合规处理。在市政污水处理厂建成具备接纳条件后，施工期和运行期生活污水均处理达到市政污水处理厂接管标准后接入市政管网至市政污水处理厂处理。
- （4） 将借鉴国内在役核电厂的良好经验，制定合理的施工方案，做好本项目施工期环境影响的控制，并针对取排水管线工程施工区域涉及的环境保护目标（如南水北调渡槽等）做好相应的防护措施。