

辽宁庄河核电厂一期工程

环境影响报告书

(建造阶段)

中核大唐庄河核电有限公司
二〇二六年七月



图册(文件)编号	
2243XEIRHYC01	
共 1 册 第 1 册	
版次: A	状态: DES

庄河核电厂一期工程

工 程 号	2243
子项号或系统号	
子项或系统名称	
设 计 阶 段	初步设计
工 种	综 合
图册(文件)名称	环境影响报告书 (建造阶段)
图册(文件)序号	
批 准	侯树强

Z	H	X	0	0	5	1	0	0	0	1	B	2	2	B	0	2	G	N
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

本文件产权属中国核电工程有限公司（CNPE）所有，未经书面许可，不得以任何方式复制、传播、发表和外传。



编制单位和编制人员情况表

项目编号	h52tg1		
建设项目名称	辽宁庄河核电厂一期工程（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		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中核大唐庄河核电有限公司		
统一社会信用代码	91210283MACGCQDB23		
法定代表人（签章）	王爽		
主要负责人（签字）	高明石		
直接负责的主管人员（签字）	仇如意		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国核电工程有限公司		
统一社会信用代码	911100001000027329		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陈春燕	08351143507110054	BH009721	陈春燕
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王欣	3.1/第八章	BH026929	王欣
王彦龙	2.5/3.2 3/5.2/6.1	BH078086	王彦龙
郑莉	6.4	BH078087	郑莉
周超	4.8	BH077862	周超

孙超杰	4.2/4.5	BH079975	孙超杰
林佳逸	4.6	BH079974	林佳逸
高桂玲	第七章	BH026937	高桂玲
张近	4.4	BH079944	张近
白晓平	2.2/2.3/2.4/3.2.1/3.2.2/6.2	BH074654	白晓平
陈春燕	第一章、第十章	BH009721	陈春燕
李嘉	3.2.4	BH078083	李嘉
王瑞	4.7/6.3	BH079403	王瑞
孙飞	4.3	BH079973	孙飞
王乐	第九章	BH075690	王乐
苏宇琪	2.1/2.6/4.1/5.1/5.3	BH076470	苏宇琪



文件修改记录

版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2026-07	-	-	首次出版

总 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 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

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 结论

10.2 承诺

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

1.1.2 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

1.6.1 编制依据文件

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.11 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 核电厂名称

项目名称：辽宁庄河核电厂一期工程；

项目建设和运营管理单位：中核大唐庄河核电有限公司。

1.1.2 建设性质

辽宁庄河核电厂一期工程由中核大唐庄河核电有限公司作为业主，全面负责建设、调试、运营和管理。该公司成立于 2023 年 4 月 14 日，由中国核能电力股份有限公司、中国大唐集团核电有限公司、大连市国有资本管理运营有限公司分别按 51%、39%、10% 股比共同出资组建。

目前，公司积极按照民资入股的相关要求，与上海重工实业投资有限公司（民营企业）达成投资意向，并按照中国核能电力股份有限公司、中国大唐集团核电有限公司、大连市国有资本管理运营有限公司和上海重工实业投资有限公司分别占股 51%、35.1%、3.9%、10% 的方案，推动相关方完成了投资框架协议签署。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

辽宁庄河核电厂厂址规划建设六台“华龙一号”百万千瓦级压水堆核电机组，其中一期工程（本工程）拟建设 2 台“华龙一号改进型”核电机组及其配套辅助设施。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

辽宁庄河核电厂一期工程堆型采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组。按照工程固定价总投资资金需求，项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资（包含换汇所需资金）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。其中，直接和间接用于环境保护的费用的建设投资约占总项目计划总资金的 3.0%。

1.4 建设目的

（1）符合我国的能源战略

核电是一种安全、可靠、清洁、经济的能源，由于其具备资源消耗少、环境影响小和供应能力强等优点，已成为与火电、水电并列的世界三大电力供应支柱，在世界能源结构中有着重要的地位。在中国，加快发展核电，逐步提高核电在能源供应中的比例，已成为国家重要的能源发展战略。

从地方落实来看，辽宁省正全力建设“风光火核储一体化能源基地”，2024 年已实现清洁能源发电装机和发电量占比双破 50%，2025 年更提出将两项指标分别提升至 55%、53% 的新目标。庄河核电项目建设既是对国家核电发展战略的精准承接，也是辽宁省完善

能源体系、推进绿色低碳转型的核心抓手，对优化能源结构、实现能源与经济生态协调发展、提升我国综合实力及工业科技水平具有重要意义。

（2）满足厂址所在地区的电力需求

截止 2022 年底，辽宁省全口径发电装机容量 65082.4MW；累计完成发电量 2148.25 亿千瓦时，同比降低 0.52%；完成全社会用电量 2550.69 亿千瓦时，同比降低 0.97%；全社会最大负荷 34690MW，同比降低 2.7%。

从需求结构来看，第二产业用电量将继续维持平稳增长；第三产业及城乡居民生活用电保持中高速增长，已成为全社会用电量发展的重要支柱；更关键的是，东北地区正大力发展新能源、新材料、大数据、节能环保、高端装备、生物科技等战略性新兴产业，尽管目前尚未形成规模，但前景看好，预计远期将取代传统产业成为用电增长的核心驱动力。庄河核电一期工程投产后，每年可新增发电量超 200 亿千瓦时，不仅能直接填补辽宁南部地区电力缺口，还可通过电网互联为整个东北地区电力互济提供支撑，为区域产业升级和经济复苏提供稳定的电力保障。

（3）有利于环境保护

根据辽宁省 2024 年环境状况公报，全省 14 个地级以上城市环境空气质量优良天数比例在 83.3%-97.5%之间。全省城市环境空气中细颗粒物（PM_{2.5}）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）年均浓度分别为 31 微克/立方米、53 微克/立方米、13 微克/立方米、25 微克/立方米；臭氧（O₃）日最大 8 小时第 90 百分位数浓度为 141 微克/立方米，一氧化碳（CO）日均值第 95 百分位数浓度为 1.4 毫克/立方米。全省城市环境空气质量持续改善，优良天数比例同比增加，污染物浓度同比下降，综合指数同比下降。2022 年全省酸雨频率为 0.3%，降水年均 pH 值为 6.59，高于 pH 值 5.6 的酸雨限值。

为了继续改善辽宁省环境，仍需有效地采取减排措施。辽宁省以火电为主的能源结构对社会环保造成较大压力，随着人们对经济与环境关系和对环境保护重要性认识的不断提高，必须扭转传统的非持续性的能源发展模式，确立发展能源必须坚持可持续发展方针，明确清洁能源是今后能源发展的主要方向。

辽宁庄河核电厂一期工程的建设，对于改善治理环渤海区域环境，将起到巨大作用；同时也能够减少我国在治理污染、保护环境方面的经济投入。

1.5 建设项目的进度

辽宁庄河核电厂一期工程建设两台机组，单台机组建设周期为 60 个月，两台机组开工日期相隔 11 个月，首台机组计划于 2027 年 10 月开工浇灌第一罐混凝土（FCD），在

2032 年 10 月建成投产，第二台机组计划于 2028 年 9 月开工浇灌第一罐混凝土（FCD），在 2033 年 9 月建成投产。实际开工时间以国家批准的开工时间为准。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 主要法规

- 1. 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 8 月 15 日）；
- 2. 《中华人民共和国原子能法》（2026 年 1 月 15 日）；
- 3. 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日）；
- 4. 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日）；
- 5. 《中华人民共和国土地管理法》（2020 年 1 月 1 日）；
- 6. 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- 7. 《中华人民共和国突发事件应对法》（2024 年 11 月 1 日）；
- 8. 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月 1 日）；
- 9. 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）；
- 10. 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）；
- 11. 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日）；
- 12. 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；
- 13. 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010 年 12 月 22 日）；
- 14. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（2021 年 1 月 1 日）；
- 15. 《国家危险废物名录（2025 年版）》（2025 年 1 月 1 日）；
- 16. 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF 002，2011）；
- 17. 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF 101，2023）；
- 18. 《放射性废物安全监督规定》（HAF 401，1997）；
- 19. 《辽宁省环境保护条例》（2022 年 4 月 21 日）；
- 20. 《辽宁省大气污染防治条例》（2022 年 4 月 21 日）；
- 21. 《辽宁省海洋环境保护办法》（2019 年 11 月 27 日）。

1.6.2 技术导则、标准

- (1) 《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）；
- (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；
- (3) 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；

- (5) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ 2.3-2018);
- (6) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016);
- (7) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021);
- (8) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022);
- (9) 《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ 24-2020);
- (10) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》(HJ 964-2018);
- (11) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025);
- (12) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018);
- (13) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD 101/02, 1987);
- (14) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》(HAD 101/03, 1987);
- (15) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》(HAD 101/04, 2025);
- (16) 《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》(HAD 101/05, 1991);
- (17) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》(HAD 101/06, 1991);
- (18) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》(HAD 101/09, 1990);
- (19) 《核电厂厂址选择的极端气象事件》(HAD 101/10, 1991);
- (20) 《核电厂设计基准热带气旋》(HAD 101/11, 1991);
- (21) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD 002/01, 2019);
- (22) 《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025);
- (23) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);
- (24) 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》(HJ 969-2018);
- (25) 《海洋监测规范》(GB 17378.1~7-2007);
- (26) 《海洋调查规范》(GB 12763.1~7-2007);
- (27) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局, 2002);
- (28) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);
- (29) 《核设施流出物监测的一般规定》(GB 11217-1989);
- (30) 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB 11215-1989);
- (31) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);
- (32) 《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019);
- (33) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》(GB/T 17230-1998);
- (34) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021);
- (35) 《海水水质标准》(GB 3097-1997);

- (36) 《污水综合排放标准》(GB 8978-1996);
- (37) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2026);
- (38) 《挥发性有机物无组织排放控制标准》(GB 37822-2019);
- (39) 《工业涂装工序挥发性有机物排放标准》(DB 21/3160-2019);
- (40) 《施工及堆料场地扬尘排放标准》(DB 21/2642-2016);
- (41) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (42) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- (43) 《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025);
- (44) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002);
- (45) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023);
- (46) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ 1186-2005);
- (47) 《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》(EJ 1042-2014);
- (48) 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》(GB 12711-2018);
- (49) 《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014);
- (50) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T 10.2-1996);
- (51) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T 10.3-1996);
- (52) 《大气污染物无组织排放监测技术导则》(HJ/T55-2000);
- (53) 《海水冷却水排放要求》(GB/T39361-2020);
- (54) 《辽宁省污水综合排放标准》(DB 21/1627-2008)。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

本报告运行状态和事故工况下的剂量评价标准，遵循《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)中的有关规定。

(1) 运行状态下公众剂量

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)第6.1条规定，任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过0.25mSv。

本工程两台机组运行状态下对公众的个人剂量贡献不超过0.08mSv/a。

(2) 运行状态下排放量、排放浓度控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）第 6.2 条规定，核动力厂必须按每堆实施流出物年排放量控制，单堆流出物控制值如下：

气态流出物：

- 惰性气体： $1.0 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；
- 碘： $3.0 \times 10^9 \text{Bq/a}$ ；
- 粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）： $9.0 \times 10^9 \text{Bq/a}$ ；
- 碳-14： $7.0 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 氚： $1.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态流出物：

- 氚： $7.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；
- 碳-14： $1.5 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 其余核素： $9.0 \times 10^9 \text{Bq/a}$ 。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）第 6.5 条中规定液态流出物排放浓度的要求，本厂址属于滨海厂址，槽式排放出口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的活度浓度不应超过 $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L ，各核素活度浓度不应超过附录 D 的要求。

（3）事故工况下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25 Sv ；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25 Sv 。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 $2 \times 10^4 \text{ 人} \cdot \text{Sv}$ 。

（4）海水中的放射性核素浓度标准

海水中的核素浓度需满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中所规定的放射性核素浓度要求。

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

本工程非放射性评价标准如下：

（1）环境空气质量标准和大气污染物排放标准

环境空气质量：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中的二级标准。

大气污染物排放：项目施工期大气污染物执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中无组织排放监控浓度限值及《施工及堆料场地扬尘排放标准》（DB21/2642-2016）。

（2）近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

根据《关于<大连市部分近岸海域环境功能区划调整方案>的批复》（辽环函〔2024〕219 号），将庄河核电厂附近近岸海域环境功能区划现行的二类环境功能区面积 39.80km² 调整为：混合区（辽宁庄河核电厂排放口）面积 0.54 km²、三类环境功能区（辽宁庄河核电厂）面积为 39.17 km²、四类环境功能区（辽宁庄河核电厂大件码头）面积为 0.09km²。调整后的各类环境功能区中，混合区（辽宁庄河核电厂排放口）水温指标执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中关于混合区的相关规定，其他指标执行第二类海水水质标准。三类环境功能区（辽宁庄河核电厂）和四类环境功能区（辽宁庄河核电厂大件码头）水温指标执行第三类海水水质标准，其他指标执行第二类海水水质标准。

（3）污水排放标准

生活污水外送至厂外污水处理站进行处理。其他非放射性生产废水排放执行《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1），主要污染物指标及其排放限值为：

指标	限值	指标	限值
色度（稀释倍数）	30	氨氮	8（10）mg/L
悬浮物（SS）	20mg/L	磷酸盐（以 P 计）	0.5mg/L
五日生化需氧量（BOD ₅ ）	10mg/L	石油类	3.0mg/L
化学需氧量（COD _{Cr} ）	50mg/L	总氮	15mg/L

注：括号外数值为水温>12℃时的控制指标，括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

（4）噪声标准

核电厂厂界声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准，厂界外周边村庄声环境原则上执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准，工业活动较多的村庄以及有交通干线经过的村庄可局部或全部执行 2 类标准。

核电厂施工期场界噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）。

核电厂正常运行期间厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。

（5）电磁辐射标准

根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的要求，50Hz 频率下，环境中工频电场强度的公众暴露控制限值为 4kV/m，工频磁感应强度的公众暴露控制限值为 0.1mT。

根据《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的要求，对于 30MHz-3000MHz 的频率范围，该标准的公众曝露控制值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的平均值应小于 0.4 W/m^2 （电场强度限值 12V/m）。

（6）海水冷却水排放

海水冷却水中的余氯执行《海水冷却水排放要求》（GB/T39361-2020），即至排放口时，海水冷却水中总余氯浓度为 0.1mg/L 左右。

海水冷却水的温升执行《海水冷却水排放要求》（GB/T39361-2020），即至排放口时，海水冷却水的温升夏季不超过当时当地 10°C ，冬季不超过当时当地 16°C 。

1.8 工程组成

本项目主体工程为核岛、常规岛和配套设施 BOP 工程，具体工程组成详见第四章。

本工程主厂区外配套工程包括场外供水工程、进场道路和应急道路、220kV 厂外备用电源线路、施工期电力规划、厂外环境监测类设施、核电城项目、宣传展览中心、施工期锅炉房、施工期供气站。上述各项厂外配套工程中场外供水工程、施工期电力规划、宣传展览中心根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）及与地方环保局确认，不纳入建设项目环境影响评价管理。根据上阶段审评要求，需单独开展环境影响评价的电厂的配套工程均应纳入本报告书中进行描述和评价。此外，本工程针对围填海工程开展了单独的环境影响评价工作。

1.9 环境保护措施

本工程拟采取的环境保护措施包括设置核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、常规岛含油污水处理、放射性机修及去污车间、厂区三废处理设施、核岛辐射监测系统，以及进行厂区绿化等。

（1）辐射影响防治措施

放射性废物管理系统为：放射性废液处理系统、放射性废气处理系统、放射性固体废物处理系统，这些系统分别用以收集、处理、监测、暂存或排放核电厂运行过程中产生的放射性液体、气体和固体废物。放射性废物管理系统主要包括：核岛疏水排气系统（RVD）、废液处理系统（ZLT）、废气处理系统（ZGT）和固体废物处理系统（ZST）等。

核岛疏水排气系统（RVD）分成反应堆冷却剂疏水子系统、工艺疏水子系统、化学疏水子系统、地面疏水子系统、含氢废气子系统、含氧废气子系统，共 6 个独立的子系统，

每个子系统收集不同种类的放射性废物。这些子系统根据废物的特性，通过各自的独立管网将废物分别输送到核辅助厂房内的硼回收系统（ZBR）、废气处理系统（ZGT）和废液处理系统（ZLT）进行处理。

废液处理系统（ZLT）的功能为收集和处理核电厂运行过程中产生的放射性废液（即地面排水、化学排水和工艺排水），并把放射性浓度和化学含量降低到可向外界环境排放的水平。根据需要，废液可经过滤、蒸发和絮凝注入及活性炭吸附与离子交换处理。处理后对液态流出物进行监测排放，将超标废液返回蒸发处理。

废气处理系统（ZGT）的功能为处理反应堆正常运行期间和预计运行事件情况下产生的含氢放射性废气和含氧放射性废气。含氢废气采用压缩贮存衰变的方法降低废气的放射性浓度。衰变处理后，废气经在线连续监测排至核辅助厂房通风系统（VNA）。含氧废气经过碘过滤器除碘后由排气风机排至通风系统，经通风系统的排气后排向烟囱。

固体废物处理系统（ZST）的功能是收集、贮存、转运、处理和暂存核电厂产生的放射性固体废物。ZST 系统根据废物的不同类型和性质对其分别进行处理。

（2）非辐射影响防治措施

①污水处理设施

本工程拟建设污水系统油水分离器、非放生产废水处理站等污废水处理设施。

本工程通过室外管网收集汽轮发电机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过处理，其水质达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）后，排入室外非放射性生产废水管网，最终排至大海。分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，由有资质的厂家处置。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m³/h，每套设备设计处理能力为 5m³/h。

本工程拟新建非放生产废水处理站，非放射性生产废水单独收集，汇集至非放生产废水处理站进行处理达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1）后排入虹吸井，最终排至大海。非放生产废水处理站考虑全厂共用，共设两个系列，单系列设计规模为 1200m³/d，最大处理能力为 2400 m³/d。

②噪声污染防治措施

本工程通过合理布置总平面，使重点噪声源尽量布置在厂区中部，并充分利用其他辅助建筑物进行屏蔽。

发电机、汽轮机、水泵、空压机等设备在招标过程中提出设备噪声水平要求，并布置在室内、对设备基础采取减震处理、必要时加装消声器。厂房四周墙体选用隔声

较好的结构，必要时采用吸声材料，使厂房的建筑物结构将起到一定的隔声效果。从而使厂区边界处噪声满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025），运行期厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。

③固体废物污染防治措施

a) 一般工业废物

一般工业废物主要为水处理过程中产生的污泥、废弃的膜组件和离子交换树脂。本工程海水淡化厂房设置污泥池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，委托相关资质单位定期外运和处理。经处理过的废弃膜元件以及离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

b) 危险废物

本工程运行期产生的危险废物由具有收集、贮存、处置危险物资质的指定单位进行收集、贮存和处置。

c) 生活垃圾

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。

（3）监测措施

本工程的监测设施包括：流出物实验室、环境监测设施以及监督性监测系统。

流出物实验室用于监测本工程气载和液态流出物的样品，以确定排放的气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。环境监测设施包括：环境辐射与气象监测系统（用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围环境地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量）、环境实验室（用于对从厂区周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。）以及厂区地下水监测井（监测本工程运行对地下水的影响情况）。本工程还将依据《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发〔2012〕16 号）等规范，为地方环保部门建设监督性监测系统。

1.10 评价范围

（1）辐射环境

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》（HJ808-2016），辐射环境影响评价范围是以 1 号机组反应堆为中心，半径 80km 的地域范围。为进行剂量估算，将此区域分别以 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80km 为半径画 12 个同心圆，与圆心角为 22.5°的 16 个方位相交划分扇形区，共 192 个评价子区。

（2）大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）和《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）以及厂址周围敏感点的分布情况，本项目大气环境影响评价范围为厂界及厂外 5km 范围内主要敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）及《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000），本项目施工期大气环境评价范围为施工厂界、主要污染源及主要环境敏感点。

（3）声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）和《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）以及厂址周围敏感点的分布情况，本项目声环境影响评价的范围为厂界外 1m 及厂外 5km 范围内主要敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）及《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008），本项目运行期声环境评价范围为厂界外 1m 及主要环境敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）及《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025），本项目施工期声环境评价范围为施工场界外 1m 及主要环境敏感点。

（4）电磁辐射

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）以及《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），本项目电磁辐射评价范围：1）工频电场、工频磁场强度：以本工程拟建开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 50m 带状区域；2）射频综合场强：调查范围为本工程核电厂厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

（5）水环境

水环境的影响评价范围将参照《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）、《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

（6）生态环境

生态环境的评价范围：陆生生态环境的现状调查评价范围为以厂址为中心半径 10km；水生生态环境的现状调查评价范围为以本工程排水口为中心半径 15km 范围的海域。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

2024 年 12 月 31 日，生态环境部下发的《关于辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审〔2024〕138 号）要求在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作及相应的落实情况如下：

（1）建设项目性质、规模、地点及环境保护措施执行情况

严格按照《辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》（B版）所列建设项目性质、规模、地点推进工程建设，各项环境保护措施已同步纳入工程规划与设计环节，确保与主体工程建设进度匹配。

（2）环境保护“三同时”制度执行情况

项目严格执行环境保护“三同时”制度，配套建设的环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

（3）环境影响报告书重大变动管理情况

截至目前，项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施未发生重大变动，不存在重新报批项目环境影响报告书的情形。后续若发生重大变动，将严格按照《关于辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）的批复》要求重新履行报批手续。

（4）环境保护监督检查配合情况

积极配合辽宁省生态环境厅及东北核与辐射安全监督站开展的环境保护监督检查工作，及时提交项目环境保护工作进展资料，对检查中提出的意见和建议及时整改落实，确保建设过程中的环境保护工作符合监管要求。

（5）批复后《辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》（B版）分送情况

公司已于收到《关于辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）的批复》后20个工作日内，将批复后的《辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》（B版）分送生态环境部东北核与辐射安全监督站和辽宁省生态环境厅，相关分送记录及签收凭证已妥善留存。

第二章 厂址与环境

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

2.2 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

2.3 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 水产资源及生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

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

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.6 地形地貌

表

表 2.4-1 各气象站基本状况与地理位置一览表

表 2.4-2 最终推荐的厂址大气扩散参数

表 2.4-3 主要传感器性能指标

图

图 2.4-1 庄河站各季和年风向玫瑰图（1992~2022 年）

图 2.4-2 厂址气象铁塔各高度年风向玫瑰图（2024.8~2025.7）

图 2.4-3 厂址地面站各季和年风向玫瑰图（2024.8~2025.7）

图 2.4-4 厂址地面站各风向年降水量玫瑰图（2024.8~2025.7）

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

厂址位于辽宁省庄河市（大连市下辖市）栗子房镇陶屯西南侧，厂址中心地理坐标约为东经 $123^{\circ}26'$ ，北纬 $39^{\circ}44'$ 。厂址南侧濒临黄海，向西距庄河市政府约 38km（直线距离，下同）、距大连市政府约 180km，向西北距鞍山市政府约 156km，向北距沈阳市政府约 230km，向东北距丹东市政府约 92km。

1、2 号机组反应堆厂房中心距离为 230m。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.1.2.1 厂址边界

厂址地产边界即征地边界。厂址总用地面积约 170.52hm^2 （不含海工工程、表土临时堆放场地、施工生活区及其他厂外设施用地），全厂征地面积约 129.41hm^2 ，全厂租地面积约 41.11hm^2 。

一期工程总用地面积 129.52hm^2 （不含海工工程、表土临时堆放场地、施工生活区及其他厂外设施用地），征地面积 77.70hm^2 ，租地面积 51.82hm^2 （含施工临建场地、爆破缓冲区分及土石方临时周转场地）。

2.1.2.2 非居住区及规划限制区

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：“应在核动力厂周围设置非居住区和规划限制区。非居住区和规划限制区边界根据选址假想事故和场址环境特征进行测算，并考虑场址的行政区划、地形、地貌、气象、交通等具体条件确定。非居住区边界与反应堆的距离不得小于 500m；规划限制区外边界与反应堆的距离不得小于 5km”。根据本工程选址假想事故剂量后果，确定本工程非居住区为以反应堆厂房为中心半径 500m 范围，规划限制区为以反应堆厂房为中心半径 5km 范围。

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布

（1）厂址半径 5km 范围内的人口分布

厂址半径 5km 范围内共涉及到栗子房镇的五个行政村下辖的 21 个自然村，2021 年有户籍人口约 1.08 万人。其中，人口最多的自然村是陶屯村的毕屯自然村，位于厂址 NE~ENE 方位 1.3km，户籍人口数约 850 人；距离厂址最近的是陶屯村的陶屯自然村和董屯自然村，陶屯自然村位于厂址 N~NNE 方位 0.4km 处，户籍人口数约 560 人，董屯自然村位于厂址

W~NNW 方位 0.4km 处，户籍人口数约 800 人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内有 1 所庄河市栗子房镇大屯幼儿园，位于厂址 NE 方位 4.1km 处。

本项目涉及搬迁的有大连庄河市栗子房镇下属的陶屯村的陶屯、毕屯、董屯、高屯，大屯村的于屯和南尖村的大王屯共计 3 个村下辖的六个屯。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围内共涉及庄河市栗子房镇、鞍子山乡、黑岛镇；东港市菩萨庙镇四个乡镇，下辖共 24 个行政村，2021 年户籍人口总数约 6 万人。人口最多的行政村是大屯村，位于厂址 NE 方位，距离厂址 1.9km，户籍人口总数约为 4300 人；距离厂址最近的是栗子房镇陶屯村，位于厂址 N~NNE 方位 0.4km，户籍人口数为 2986 人。

厂址半径 10km 范围内有学校 3 所，没有医院、敬老院、监狱和旅游景区。

厂址半径 10km 范围内仅涉及一处规模以上的工业企业（年产值在 2000 万以上的企业），为大连兴隆信和鱼粉有限公司，位于庄河市栗子房镇兴隆村姚屯，从事鱼粉、鱼油加工、销售，水产品收购、加工、销售，国内一般贸易。

厂址半径 10km 范围内没有新建旅游景区、工业区等设施的规划。

2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围内共涉及栗子房镇、鞍子山乡、黑岛镇、菩萨庙镇 4 个乡镇街道。厂址半径 15km 范围内有流入人口共 105 人，其中自省内流入 54 人，自省外流入 51 人，流入目的主要为投靠亲戚、租房和务工；有流出人口共 648 人，其中流往省内人口 457 人，流往省外人口 191 人，流出目的主要为务工、求学。

厂址半径 5km 范围内的流动人口主要集中在栗子房镇的大屯村、兴隆村、南尖村和陶屯村，流入人口共 9 人，为当地小型企业的务工人员；流出人口共 50 人，主要目的为去往省内或省外求学、务工。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围内 2021 年户籍人口总数为 181 万人。

厂址半径 80km 范围内共有 1 万人以上人口中心 5 个，分别是庄河市市区、庄河市明阳街道、东港市市区、东港市前阳镇、鞍山市岫岩满族自治县县城；其中庄河市市区、东港市市区、岫岩满族自治县县城为 10 万人以上的人口中心。人口最多的是庄河市市区，位于厂址 W 方位 35.9km 处，有户籍人口 17.6 万人，同时该处也是距离厂址最近的人口中心。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

本节依据中核第四研究设计工程有限公司于 2023 年 3 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址周围环境及其外部人为事件调查和统计专题成果报告》编制。

本项目厂区用地现状为草地、耕地和农村宅基地以及海域。根据《庄河市栗子房镇国土空间规划（2022-2035 年）》，对核电站建设进行了用地规划，将厂区当前用地调整为本项目的建设用地。

根据《庄河市栗子房镇国土空间规划（2022-2035 年）》。厂址半径 10km 范围分布有较多的永久基本农田，经调整厂区范围和用地，本项目厂区当前不占用永久基本农田，最近的基本农田位于厂址东北方，距离厂区边界 3m。

厂址半径 50km 范围内中型以上水库有 8 个，分别为永记水库、转角楼水库、英那河水库、朱隈水库、刁家坝水库、廉家坝水库、罗圈背水库、太平水库，无主要湖泊。

厂址半径 15km 范围主要涉及 4 条河流，分别为地窖河、湖里河、板桥河和英那河。根据大连市人民政府文件“关于印发《大连市近岸海域、地面水环境功能区区划及管理》的通知”（大政发〔1996〕113 号），其中地窖河和英那河水质目标为Ⅲ类，湖里河和板桥河水质目标为Ⅳ类。

厂址半径 15km 范围内有小Ⅱ型水库 2 个，均不属于饮用水水源保护区。

厂址半径 15km 范围内共有 5 口水井，其中大口井 3 口，深井 2 口。距厂址最近的水井为鞍子山乡山海丰村坡屯大口井，位于厂址 NW 方位，距离约 11.5km，该水井受益人数 2267 人，水量为 230t/d。

厂址半径 10km 范围内不涉及饮用水源保护地，距离厂址最近的饮用水源地为转角楼水库，位于厂址 NW 方位 31.6km 处。

厂址半径 10km 陆域范围内无自然保护区、风景名胜区、自然遗迹。

厂址半径 10km 范围内有 6 处文物古迹，均为一般不可移动文物。距离厂址最近的是毕屯南岛遗址，位于厂址 ENE 方位 1.5km 处。

2.3.2 陆生资源及生态概况

本节依据中国辐射防护研究院于 2023 年 11 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址附近陆域生态环境调查及分析评价报告》和中核第四研究设计工程有限公司于 2023 年 3 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址周围环境及其外部人为事件调查和统计专题》编制。

2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围内农产品包括粮食作物、经济作物、蔬菜和水果（瓜果）在内的农作物种植总面积为 3759934 亩，其中粮食种植面积 3114096 亩，经济作物种植面积 158168

亩，蔬菜种植面积 234987 亩，水果种植面积 252683 亩。粮食作物主要是水稻、玉米、小麦、薯类和豆类，水稻、小麦和玉米一年一季；经济作物有花生、油菜籽、芝麻、药材；水果种类很多，有苹果、梨、桃、葡萄、草莓等，以及少量的枣和食用坚果等。该区域处山海之间，地势起伏，沿海有部分平原，农业较为发达，粮食、果蔬和经济作物种植规模较大，生产的农副产品多以供应省内的中心城市为主，少部分农副产品也销往省外和全国各地，部分经济作物也出口国外。

2.3.2.2 畜牧业情况

厂址附近区域饲养的家畜和家禽的养殖方式一般为圈养，家禽有少部分的散养；饮用水一般为自来水；饲料主要为袋装饲料；屠宰后的肉的贮存期较短，通过活体运输到目的地进行销售。生产的肉一般为本地销售，少量的运往区域外。

厂址附近区域内牛、羊的养殖方式有放养和圈养相结合；饮用水一般有河水、井水和自来水；饲料品种有粗饲料和袋装饲料；肉主要为本地销售，其余的在邻县流动，一般本地消费量占总量的 85-90%。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

厂址半径 10km 范围主要涉及栗子房镇和鞍子山乡，根据林业管理部门提供的正式登记的林地数据，两镇共涉及 6 种林地类型，均属于国家公益林，栗子房镇共 713.19 公顷，鞍子山乡仅涉及阔叶林，共 2.07 公顷。

庄河由于处在特定的地层、地质构造、岩浆活动等条件下，形成较好成矿环境，在庄河境内形成一定数量的矿产资源。已发现矿产有 33 种。矿产资源是以非金属矿产为主，包括硅石矿、花岗岩、菱镁矿、透闪石、河砂等重要矿产，金属矿产主要为金矿等。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

根据中国辐射防护研究院于 2023 年 11 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址附近陆域生态环境调查及分析评价报告》编制。

2.3.2.4.1 植物及植被调查

据实地踏勘、调查统计，厂址附近 10km 范围内共有维管束植物种类 58 科 141 属 181 种，其中：蕨类植物 1 科 1 属 1 种，裸子植物 1 科 1 属 2 种，被子植物 56 科 139 属 178 种。

依据《国家重点保护野生植物名录》（国家林业和草原局 农业农村部公告，2021 年第 15 号，2021 年 9 月），在调查区域内有国家 II 级重点保护野生植物 1 种，为野大豆。依据《辽宁省野生珍稀濒危植物保护暂行规定》（辽政发（1989 年 7 月 24 日）67 号文），在调查区域内有辽宁省重点保护野生植物 2 种，分别为刺楸和商陆。其中厂区内，发现了

国家二级保护植物野大豆，野大豆为一年生草本植物；发现中国特有种 1 种-辽藁本，将征求相关管理部门意见，按要求采取合适的保护措施。经实地调查，调查区内未见有登记在册并挂牌保护的古树分布。

2.3.2.4.2 动物现状调查

通过对现场调查结果进行统计，共观察到区域内野生动物 22 目 51 科 120 种，其中哺乳类 3 目 5 科 5 种，鸟类 17 目 41 科 110 种，爬行类 1 目 1 科 1 种，两栖类 1 目 4 科 4 种。现场调查结合资料收集，在厂址半径 10km 范围内共记录到野生动物 26 目 81 科 322 种，其中哺乳类 5 目 9 科 16 种，鸟类 19 目 63 科 287 种，爬行类 1 目 4 科 10 种，两栖类 1 目 5 科 9 种。

（1）两栖动物

通过样线法实地调查，记录两栖动物 1 目 4 科 4 种，分别为北方狭口蛙、东北林蛙、中华蟾蜍、日本雨蛙。

（2）爬行动物

现场调查共记录到爬行动物 1 种，为虎斑颈槽蛇，结合文献，调查区域内分布有爬行动物 10 种，隶属于 1 目 4 科。

（3）鸟类

本次共进行春季、夏季两季现场调查，春季调查共记录有鸟类 14 目 32 科 89 种；夏季现场调查共记录有鸟类 14 目 30 科 55 种。综合两季现场调查共记录到鸟类 17 目 41 科 110 种。

①春季调查

现场调查中，在调查范围内春季调查共记录有鸟类 14 目 32 科 89 种，其中非雀形目 13 目 16 科 50 种，雀形目 16 科 39 种。

②夏季调查

在调查范围内夏季现场调查共记录有鸟类 14 目 30 科 55 种，其中非雀形目 13 目 16 科 32 种，雀形目 14 科 23 种。

③厂址周围 10km 范围鸟类结合资料综合调查结果

现场调查共记录鸟类 17 目 42 科 110 种。根据现场调查，结合文献资料，调查范围内共记录有鸟类 19 目 63 科 287 种，其中非雀形目 18 目 29 科 163 种，雀形目 35 科 124 种。

④保护鸟类

本次现场调查记录国家 I 级保护鸟类 2 种，为黄嘴白鹭、黑脸琵鹭。记录到国家 II 级保护鸟类 8 种，为红隼、燕隼、日本松雀鹰、白腰杓鹬、大杓鹬、白斑军舰鸟、大滨鹬、

长耳鸮。本次现场调查记录属辽宁省省级重点保护鸟类共 70 种：翘鼻麻鸭和罗纹鸭、绿头鸭、小鸕鶿、山斑鸠、普通夜鹰、普通雨燕、大杜鹃、黑水鸡、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、戴胜、蚁鴛等。

（4）哺乳动物

在厂址 10km 范围内，通过样线法实地调查，记录哺乳动物 3 目 5 科 5 种，分别为北松鼠、黄鼬、东北兔、褐家鼠、黑线仓鼠。通过对资料收集和野外调查结果进行统计，确定厂址半径 10km 范围内哺乳动物 5 目 9 科 16 种。

本次调查记录到国家 II 级保护动物 2 种，分别是豹猫、赤狐；辽宁省省级保护动物 2 种，分别是狗獾、黄鼬。

2.3.2.5 生态敏感区

经调查核实，厂址半径 10km 范围内无自然保护区，无国家级、省级森林公园，无国家级、省级地质公园。厂址半径 50km 范围内未涉及国家公园。

根据《庄河市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂区用地类型为建设用地，不涉及基本农田、生态保护红线。厂址中心距离最近的生态保护红线为 W 方位的青堆子湾河口湿地生态保护红线。本项目与陆域生态保护红线管理要求相符。

厂址半径 10km 范围内涉及 1 处湿地，为青堆子湾河口湿地，最近处位于厂址 W 方位。

根据大连市生态环境局于 2024 年 6 月 4 日发布的《关于发布<大连市生态环境分区管控动态更新成果>的通知》，厂址位于大连市庄河市一般管控单元（ZH21028330008）。厂址符合陆域生态环境分区管控单元的管控要求。

2.3.2.6 距离反应堆最近的种植区和饲养场

距离厂址最近的种植区位于厂址 NE 和 ENE 方向，最近的饲养场位于厂址 NNE 方向。

2.3.3 水产资源及生态概况

本节编制依据为国家海洋环境监测中心 2023 年 3 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址附近海域冬季生态环境调查及分析评价（含渔业资源）报告》和 2024 年 1 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址附近海域春、夏、秋季生态环境调查及分析评价（含渔业资源）报告》。

2.3.3.1 厂址附近海域海洋沉积物质量

调查结果显示，调查海域表层沉积物质量良好，除个别站位外，其余站位各评价因子均满足《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准要求。

2.3.3.2 厂址邻近海域中的海洋生物

厂址半径 15km 范围内海域生态情况如下：

（1）微生物

四季调查结果均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）中第一类海水水质标准。

（2）叶绿素 a 和初级生产力

冬季调查表层叶绿素 a 平均值为 7.15 $\mu\text{g/L}$ 。底层叶绿素 a 平均值为 6.86 $\mu\text{g/L}$ 。初级生产力平均值为 183.59 $\text{mg C/m}^2\cdot\text{d}$ 。

春季大潮期表层叶绿素 a 平均值为 4.73 $\mu\text{g/L}$ 。底层叶绿素 a 平均值为 1.89 $\mu\text{g/L}$ 。初级生产力平均值为 271.37 $\text{mg C/m}^2\cdot\text{d}$ 。

春季小潮期表层叶绿素 a 平均值为 4.85 $\mu\text{g/L}$ ，底层叶绿素 a 平均值为 3.28 $\mu\text{g/L}$ 。初级生产力平均值为 79.60 $\text{mg C/m}^2\cdot\text{d}$ 。

夏季表层叶绿素 a 平均值为 7.08 $\mu\text{g/L}$ ，底层叶绿素 a 平均值为 9.43 $\mu\text{g/L}$ 。初级生产力平均值为 657.85 $\text{mg C/m}^2\cdot\text{d}$ 。

秋季表层叶绿素 a 平均值为 6.78 $\mu\text{g/L}$ ，底层叶绿素 a 平均值为 5.92 $\mu\text{g/L}$ 。初级生产力平均值为 352.19 $\text{mg C/m}^2\cdot\text{d}$ 。

（3）浮游植物和赤潮生物

①网采浮游植物

冬季调查共鉴定出浮游植物 2 大类 20 种，其中，硅藻 18 种，甲藻 2 种。春季大潮期共鉴定出浮游植物 2 大类 23 种，其中，硅藻 22 种，甲藻 1 种。春季小潮期共鉴定出浮游植物 2 大类 34 种，其中，硅藻 29 种，甲藻 5 种。夏季共鉴定出浮游植物 3 大类 50 种，其中，硅藻 42 种，甲藻 7 种，金藻 1 种。秋季共鉴定出浮游植物 2 大类 52 种，其中，硅藻 44 种，甲藻 8 种。

②水采浮游植物

冬季调查共鉴定出浮游植物 17 种，全部为硅藻。春季大潮期共鉴定出浮游植物 2 大类 14 种，其中，硅藻 13 种，甲藻 1 种。春季小潮期共鉴定出浮游植物 2 大类 24 种，其中，硅藻 20 种，甲藻 4 种。夏季共鉴定出浮游植物 3 大类 35 种，其中，硅藻 28 种，甲藻 6 种，金藻 1 种。秋季共鉴定出浮游植物 2 大类 21 种，其中，硅藻 18 种，甲藻 3 种。

③赤潮生物

调查区域的赤潮生物，冬季有角毛藻、中肋骨条藻、丹麦细柱藻。春季大潮期有中肋骨条藻、海链藻。春季小潮期有中肋骨条藻、加氏星杆藻、布氏双尾藻、柔弱菱形藻。夏季有角毛藻、中肋骨条藻、小等刺硅鞭藻、旋链角毛藻。秋季有中肋骨条藻、叉状角藻、日本星杆藻、短角弯角藻。

（4）浮游动物

冬季调查共鉴定出浮游动物 3 大类 18 种，其中桡足类 11 种，毛颚动物 1 种，6 类浮游幼虫，此外还有猛水蚤未定种。春季大潮期本次调查共鉴定出浮游动物 6 大类 25 种，其中水母类 2 种，桡足类 12 种，端足类 2 种，软体动物 1 种，毛颚动物 1 种，7 种浮游幼虫，此外还有猛水蚤和端足类未定种。春季小潮期本次调查共鉴定出浮游动物五大类 22 种，其中水母类 2 种，桡足类 10 种，软体动物 1 种，毛颚动物 1 种，8 类浮游幼虫，此外还有猛水蚤和端足类未定种。夏季本次调查共鉴定出浮游动物 7 大类 40 种，其中水母类 10 种，枝角类 2 种，桡足类 12 种，软体动物 1 种，毛颚动物 1 种，被囊动物 1 种，13 种浮游幼虫，此外还有猛水蚤、端足类、腹足纲和多毛类等少量未定种。秋季本次调查共鉴定出浮游动物七大类 41 种，其中水母类 8 种，枝角类 2 种，桡足类 14 种，软体动物 1 种，毛颚动物 1 种，被囊动物 3 种，12 种浮游幼虫，此外还有猛水蚤、端足类、介形类、腹足纲和多毛类等少量未定种。

（5）底栖生物

冬季调查海域共采集到大型底栖生物 6 门 42 种，其中环节动物 18 种，节肢动物 13 种，软体动物 7 种，棘皮动物 2 种，刺胞动物和纽形动物各 1 种。春季调查海域共采集到大型底栖生物 7 门 40 种，其中环节动物 17 种，节肢动物 9 种，软体动物 6 种，棘皮动物 4 种，纽形动物 2 种，刺胞动物和脊索动物各 1 种。夏季调查海域共采集到大型底栖生物 5 门 39 种，其中环节动物 20 种，节肢动物 9 种，软体动物 7 种，棘皮动物 2 种，纽形动物 1 种。秋季调查海域共采集到大型底栖生物 6 门 44 种，其中环节动物 19 种，节肢动物 10 种，软体动物 10 种，棘皮动物 2 种，纽形动物 2 种，刺胞动物 1 种。

（6）潮间带生物

冬季共采集到潮间带生物 7 门 37 种，其中软体动物 14 种，环节动物和节肢动物各 10 种，刺胞动物 2 种，纽形动物、棘皮动物和帚虫动物各 1 种。春季共采集到潮间带生物 7 门 33 种，其中软体动物 12 种，环节动物 11 种，节肢动物 6 种，棘皮动物、脊索动物、纽形动物和腕足动物各 1 种。夏季共采集到潮间带生物 5 门 40 种，其中节肢动物 18 种，软体动物 10 种，环节动物 9 种，纽形动物 2 种，刺胞动物 1 种。秋季共采集到潮间带生物 5 门 52 种，其中环节动物 18 种，软体动物 16 种，节肢动物 16 种，纽形动物 1 种，棘皮动物 1 种。

（7）鱼卵仔鱼

冬季调查期间未出现鱼卵和仔稚鱼。

春季调查海域垂直拖网采集的样品中，检测到鱼卵 4 种、仔稚鱼 5 种，鱼卵出现：鲱形目鲱科斑鲚、鲱形目鲱科鳀鱼、鲈形目鲭科蓝点马鲛、鲈形目鲈科鲈科；仔稚鱼出现：

鲱形目鲱科斑鲈、鲱形目鲱科赤鼻棱鲱、鲱形目鲱科鲱鱼、鲈形目虾虎鱼科矛尾虾虎鱼、鲻形目鲻科鲻。

夏季调查海域 15km 范围垂直拖网采集的样品中，检测到鱼卵 4 种，检测到仔稚鱼 7 种，鱼卵出现：鲱形目舌鳎科焦氏舌鳎、鲱形目鲱科斑鲈和鲱科鲱鱼、鲈形目带鱼科小带鱼；仔稚鱼出现：鲱形目鲱科斑鲈，鲱科赤鼻棱鲱和鲱鱼、鲈形目鲭科蓝点马鲛和日本鲭，虾虎鱼科矛尾虾虎鱼、银汉鱼目银汉鱼科白氏银汉鱼。

秋季调查海域内未出现鱼卵和仔稚鱼。

（8）游泳动物

冬季调查共鉴定游泳动物 44 种，其中鱼类 23 种，虾类 7 种，蟹类 12 种，头足类 2 种。春季共鉴定游泳动物 38 种，其中鱼类 21 种，虾类 5 种，蟹类 8 种，头足类 3 种。夏季共鉴定游泳动物 47 种，其中鱼类 24 种，虾类 8 种，蟹类 9 种，头足类 6 种。秋季共鉴定游泳动物 50 种，其中鱼类 26 种，虾类 10 种，蟹类 10 种，头足类 4 种。

（9）污损生物

本次月板调查共采集到污损生物 23 种，其中节肢动物 10 种，海绵动物 2 种，环节动物和苔藓动物各 3 种，尾索动物 2 种，腔肠动物、藻类和扁形动物各 1 种。半年板采集到污损生物 10 种，其中节肢动物 6 种、海绵动物 1 种、环节动物 1 种、苔藓动物 1 种、腔肠动物 1 种。年板仅采集到污损生物 3 种，其中软体动物 1 种、节肢动物 2 种。

（10）生物多样性

调查海域各季海洋生物多样性等级属于“一般”，即“海洋生物多样性等级——一般,海洋生物物种较少，物种分布较不均匀，局部区域或个别生物群落的物种多样性较高，但生物多样性总体水平一般”。

2.3.3.3 生物质量

（1）冬季调查结果

冬季鱼类生物，除焦氏舌鳎鱼体内的砷残留因子超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的评价标准外，其余生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

冬季甲壳类生物各残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

冬季双壳类贝类生物，菲律宾蛤仔体内铅、镉、铬、砷超过第一类海洋生物质量标准，符合第二类海洋生物质量标准；牡蛎体内的铜、铅、锌、镉、铬、砷均超过第一类海洋生物质量标准，其中铜超过第三类海洋生物质量标准，锌符合第三类海洋生物质量标准，铅、镉、铬、砷符合第二类海洋生物质量标准。其余均符合第一类海洋生物质量标准。

（2）春季调查结果

通过鱼类生物残留检验结果与评价标准相比，除脊腹虾虎鱼体内的砷残留因子超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的评价标准外，其余生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过甲壳类生物残留检验结果与评价标准相比，口虾蛄体内的生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过软体动物生物残留检验结果与评价标准相比，除脉红螺、扁玉螺、短蛸体内的砷残留因子超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的评价标准外，其余生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

（3）夏季调查结果

通过鱼类生物残留检验结果与评价标准相比，除绵鲷、焦氏舌鳎体内的砷残留因子超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的评价标准外，其余生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过甲壳类生物残留检验结果与评价标准相比，其生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过软体动物生物残留检验结果与评价标准相比，脉红螺体内的砷残留因子超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的评价标准外，其余生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过双壳类贝类生物残留检验结果与海洋生物质量标准相比，牡蛎体内的铬、铜、锌、砷、铅、镉均超过第一类海洋生物质量标准，其中锌符合第三类海洋生物质量标准，其余均符合第二类海洋生物质量标准。

（4）秋季调查结果

通过鱼类生物残留检验结果与评价标准相比，除焦氏舌鳎体内的砷残留因子超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的评价标准外，其余生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过甲壳类生物残留检验结果与评价标准相比，其生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过软体动物生物残留检验结果与评价标准相比，脉红螺体内的砷残留因子超过《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）的评价标准外，其余生物残留因子均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第九篇 环境质量调查）评价标准。

通过双壳类贝类生物残留检验结果与海洋生物质量标准相比，牡蛎体内的铬、铜、锌、砷、铅、镉均超过第一类海洋生物质量标准，其中锌符合第三类海洋生物质量标准，其余均符合第二类海洋生物质量标准。四角蛤蜊体内的铬超过第一类海洋生物质量标准，符合第二类海洋生物质量标准。

2.3.3.4 工程周围环境敏感目标

排水口半径 15km 范围内涉及的海洋保护区为丹东鸭绿江口湿地国家级自然保护区。

丹东鸭绿江口湿地国家级自然保护区位于辽宁省东南部的东港市境内，东起鸭绿江口的文安岛，西至东港市与庄河县的交界处，北起鹤大公路，南临黄海，沿东港市境内的海岸线，由东向西呈带状分布。鸭绿江口湿地国家级自然保护区是经国务院批准的国家级自然保护区，是国际重要湿地和鸟类迁徙地。鸭绿江口湿地国家级自然保护区于 1997 年 12 月经国务院批准为国家级自然保护区。根据《国家林业和草原局办公室 自然资源部办公厅 生态环境部办公厅关于报送自然保护地整合优化方案的函》（办函保字〔2023〕33 号），整合优化后保护区面积为 70596.37 公顷。

主要洄游性鱼类为黄渤海暖温性鱼类，越冬场位于黄海西南部至东海北部的连青石、大沙、沙外及江外渔场。春夏季鱼群大致分三路北上产卵洄游，各路洄游路线模式特征是：一路向西偏北经过长江口、吕泗外海进入山东南部日照近海产卵场产卵，秋季在海洲湾、连青渔场索饵，入冬后返回越冬场；另一路向西北达到山东半岛以南近海产卵，产卵后即分布在附近海区索饵，直到进行越冬洄游；第三路鱼群的洄游路线比较长，由越冬场直接北上达到成山头外海，然后分成两支，一支继续北上达到鸭绿江口进行产卵，另外一

支向西，经烟威外海进入渤海，分别游向莱州湾、渤海湾以及辽东湾等产卵场，入秋后又分别从各湾游出渤海，返回原来越冬场，属于这一类的鱼类主要有底层鱼类有小黄鱼、带鱼、黄姑鱼和中上层鱼类蓝点马鲛、斑鲈、鲢鱼等。

本次现场调查未发现保护性水生生物。

2.3.3.5 渔业生产与海水养殖

资料引自中共庄河市委党史研究室、庄河市档案馆于 2020、2021 和 2022 年编制的《庄河年鉴 2020》、《庄河年鉴 2021》、《庄河年鉴 2022》。

2020~2022 年养殖的种类：海水鱼类、甲壳类（以虾为主）、贝类（以牡蛎、蚶、贻贝、海湾扇贝、杂色蛤为主）、其他（以海参、海蜇为主）。

经济种类包括小黄鱼、蓝点马鲛、日本鲭、斑鲈、黄鲫、黄鲛、长绵鲷、鲆鲽类、许氏平鲉、大泷六线鱼、中国明对虾、鹰爪虾、口虾蛄、日本蟳、三疣梭子蟹、火枪乌贼、长蛸、短蛸、毛蚶、魁蚶、菲律宾蛤仔、中华马珂蛤、方形马珂蛤、长牡蛎、脉红螺等。

厂址附近沿岸和滩涂主要养殖虾、牡蛎、蚶、贻贝、海湾扇贝、菲律宾蛤仔、海参和海蜇等。

2.3.3.6 生态保护红线和生态环境分区管控单元

（1）生态保护红线

根据《庄河市国土空间总体规划（2021-2035 年）》和《丹东市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本项目不直接占用生态保护红线，排水口半径 15km 包含青堆子湾河口湿地和鸭绿江口湿地国家级自然保护区两个生态保护红线。本项目与海域生态保护红线管理要求相符。

（2）海域生态环境分区管控单元

排水口 15km 范围内涉及庄河市和丹东市。

1) 庄河市

本项目排水口位于青堆子湾及河口保护区（HY21020030013），15km 范围海域内的海域生态环境分区管控单元为青堆子湾河口湿地（HY21020010018）、海洋红预留发展区 01（HY21020030004）、海洋红预留发展区 02（HY21020030005）、长山群岛农渔业发展区 01（HY21020030016）和庄河市一般管控区（HY21020030025）。

2) 丹东市

本项目 15km 范围海域内海域生态环境分区管控单元为海洋红港口区 01（HY21060020006）、海洋红港近海锚地区与航道区 02（HY21060020004）、丹东渔业用海区（HY21060030002）和丹东鸭绿江口湿地生态保护区（HY21060010002）。

本项目取排水工程、温排水影响范围及施工期悬沙增量 10mg/L 范围符合海域生态环境分区管控单元的管控要求。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

本节依据中核第四研究设计工程有限公司于 2023 年 3 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址周围环境及其外部人为事件调查和统计专题成果报告》编制。

2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围规模以上工矿企业共 6 家，其中栗子房镇 4 家，鞍子山乡、黑岛镇各 1 家，距离厂址最近的是大连兴隆信和鱼粉有限公司，栗子房镇兴隆村，从事水产加工、销售等，位于厂址 NNE 方位 6.3km 处。

厂址半径 15km 范围产业主要为渔业、养殖业生产，以及水产品加工等，现状情况不存在明显的工业聚焦区。根据《庄河市国土空间总体规划（2021-2035 年）》给出的工业空间布局，厂址半径 15km 范围涉及青堆产业组团，位于厂址 WNW~NW 方位，距离约 12.4km，该组团依托水产品资源优势以及广袤的农业生产腹地，大力发展水产加工和农产品加工产业。规划新建水产品加工园区，继续推动农副产品、水产品加工企业向园区集聚，重点发展以养殖、加工、研发、仓储、物流为核心的水产品精深加工、冷链物流和进口活体牛羊隔离、屠宰、加工、贸易产业。

厂址半径 15km 范围无矿产企业。

厂址半径 15km 范围内有危险品贮存、使用企业共 6 家，其中有加油站 4 家，液化气站 2 家。距离厂址最近的是庄河市信通石化贸易有限公司鹏达加油站，位于厂址 NNE 方位 1.6km 处，同时也是厂址半径 15km 范围内储量最大的危险品企业，单罐最大储存汽柴油 110m³。

本项目施工期供暖是重要的施工条件之一，厂址规划配套建设施工临建锅炉 LNG 供气站，目前供气站暂定建设于厂址的 E 方位 1.5km 处，距离厂区边界 160m。供气站和燃气锅炉预计在 1 期工程建成后拆除，因此不会对厂址安全造成影响。

根据庄河市应急局、交通局提供数据以及《关于协助提供庄河一期工程周边交通信息收集工作反馈的函》（庄交函〔2024〕37 号），厂址半径 10km 范围内的国道 G228 和县道 X205 涉及危险品的运输，G228 改道后距离最近的运输路线为县道 X205，距离厂址 0.8km。厂址半径 10km 范围内涉及运输的危险品有柴油，采用油罐车运输，最大运输量为 30t，每周运输 2 至 3 次；乙炔，采用栏板式货车运输，最大运输量为 80m³，每周运输 2 至 3 次。

厂址半径 15km 范围内没有燃气管线。

经计算分析，上述危险源均不会对厂址安全造成影响。

2.3.4.2 交通

（1）公路、铁路

厂址半径 15km 范围内有 1 条高速和 2 条国道，分别是：

- G11 鹤大高速，最近处位于厂址的 NNW 方位 14.2km；
- G201 鹤大线，最近处位于厂址的 N 方位 13.3km；
- G228 丹东线，最近处位于厂址的 NNE 方位约 0.2km。

根据《庄河市“十四五”综合交通规划》，“十四五”期间厂址半径 15km 范围陆上交通规划涉及国道 G201 鹤大线大中修改造，有效改善公路通行条件和安全性。同时 G228 丹东线规划改道沿协成村、兴隆村向东与原线路交汇，不再绕道经过南尖、陶屯（厂址附近），改道后的 G228 丹东线最近点预计位于厂址的 NNE 方向，最近距离为 3km。规划建设一条庄瓦高速公路，初拟路径 96km，距离厂址最近点位于厂址 N 方向，最近距离为 13.0km。

厂址半径 15km 范围内仅有 1 条铁路，最近处位于厂址 NNW 方位 14.7km。厂址半径 15km 范围内不涉及新建、改建铁路的相关规划。

（2）港口、航线

厂址半径 15km 范围内没有港区和航道，也没有新建航道的规划。

厂址半径 15km 范围内有渔港 4 个，其中一级渔港 1 个、二级渔港 2 个，三级渔港 1 个，渔港主要服务于渔业生产，用于水产、杂货等的运输，无危险品储运。

（3）机场、航线

厂址半径 16km 范围内没有机场，半径 4km 范围内没有民用航线。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址所在区域为暖温带大陆性季风气候区，具有一定的海洋性气候特征。四季分明，寒冷期长；雨量集中，东湿西干；平原风大，日照丰富。

冬季：对流层下层蒙古高压-西伯利亚高压处于强盛时期，区域位于高压的东南或偏南方向。高空西风环流分为南北两支，接近于北支急流并处于平均脊的前部。地面和高空均盛行偏北气流，由于气流来自高纬和大陆内部，使区域冬季气温低，空气干燥，降水也较少。此外，蒙古高压多经由内蒙西部向南延伸，使区域纬向间气压梯度加大，形成偏北大风和降温天气。

春季：蒙古高压势力减弱，逐渐北移并形成两个中心，一个位于蒙古境内，另一个位于黄海海面上。辽东经常位于两个高压之间的相对低压区内。高空西风环流强度减弱，伴随着西来小槽向东传递，引导地面低压系统在我国东北地区发展加深，使低压南部与黄海高压之间气压梯度加大，是产生大风的重要环流背景。由于南下冷空气势力减弱，加上海上高压阻碍了低纬暖湿气流的北上，降水较之冬季虽有增加，但仍然偏少。

夏季：环流形势发生了根本变化，西风急流北退，锋区明显北移。由于陆面的迅速增温，我国广大地区均为热低压所控制。随着西太平洋副热带高压西伸北上，东南季风可向北伸至东北内陆。本区各地的盛行风也发生了根本性变化，偏南风占据优势。西来和南来的降水系统可在上述环流引导下影响半岛，从6月开始进入雨季。当有热带气旋侵入本区同时又有冷空气南下时，降水强度可大为增加，出现暴雨、大暴雨和大风天气。盛夏时节，当东移的青藏高原高压与南伸的雅库茨克高压结合时，个别年份也可发生持续的干旱天气。

秋季：环流形势为冬夏两季环流之间的过渡型。西太平洋高压脊明显南移收缩，对流层下层蒙古高压开始建立。高空环流形势也发生了相应变化，东亚槽西移并加深，半岛位于东亚槽后部，槽后北风分量加大，为小股冷空气南下提供较好的高空条件。南下的小股冷空气可造成风速增加和短时降温。

厂址周边主要的五个气象站分别为庄河站、东港站、岫岩站、丹东站和长海站。各气象站的基本状况见表2.4-1。

根据厂址周边东港站、丹东站、岫岩站、庄河站和长海站五个气象站的多年（平均值：1992~2022年，极端值：建站~2022年）气象资料统计结果，厂址区域年平均气温为8.3~10.7℃，极端最高气温为37.7℃，极端最低气温为-31.6℃；年平均相对湿度为68.1~72.0%，最小相对湿度为0%；年平均风速为2.0~3.9m/s，最大风速为32.7m/s；年平均降水量为630.3~1007.7mm，一日最大降水量为414.4mm；年平均蒸发量为964.4~1147.3mm；年平均气压为1006.8~1016.0hPa，极端最高气压为1045.3hPa，极端最低气压为966.8hPa；年平均日照时数为2191.9~2597.5h；年平均总云量为4.6~5.0成，年平均低云量为1.7~3.6成；最大积雪深度为34cm。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

根据代表性气象站庄河站1992~2022年的气象要素统计结果，常规气象参数统计值分析如下：

1) 风向、风速

庄河站年平均风速为2.7m/s；4月份平均风速最大，为3.5m/s；8、9月份平均风速最

小，为 2.4m/s。最大风速为 23.7m/s，极大风速为 31.7m/s。

图 2.4-1 给出了庄河站各季和全年风向玫瑰图，可见，年最多风向为 W，频率为 8.7%；次多风向为 WNW，频率为 8.2%。全年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 7.1%。

2) 气温

庄河站年平均气温为 9.6℃；8 月份平均气温最高，为 24.0℃；1 月份平均气温最低，为 -6.9℃。极端最高气温为 37.7℃，极端最低气温为 -28.1℃。

3) 相对湿度

庄河站年平均相对湿度为 68.2%；7 月份平均相对湿度最大，为 85.6%；1 月份平均相对湿度最小，为 55.6%。最小相对湿度为 0%。

4) 水汽压

庄河站年平均水汽压为 11.0hPa；7、8 月份平均水汽压最高，为 24.9hPa；1 月份平均水汽压最低，为 2.2hPa。

5) 降水

庄河站年平均降水日数为 76.9d，年平均降水量为 764.3mm；8 月份平均降水量最大，为 199.7mm；1 月份平均降水量最少，仅为 5.1mm。一日最大降水量为 196.0mm。

6) 气压

庄河站年平均气压为 1011.8hPa；1 月份平均气压最高，为 1021.5hPa；7 月份平均气压最低，为 1000.9hPa。极端最高气压为 1042.4hPa，极端最低气压为 975.1hPa。

7) 云量

庄河站年平均总云量为 4.9 成；7 月份平均总云量最高，为 7.5 成；1 月份平均总云量最低，为 3.1 成。低云量的年变化规律与总云量基本一致。年平均低云量为 3.3 成；7 月份平均低云量最高，为 6.2 成；1 月份平均低云量最低，为 1.2 成。

8) 日照

庄河站年平均日照时数为 2518.4h；5 月份平均日照时数最长，为 255.3h；7 月份平均日照时数最短，为 171.5h。

9) 蒸发

庄河站年平均蒸发量为 1138.9mm；4 月份平均蒸发量最多，为 152.4mm；12 月份平均蒸发量最少，为 47.0mm。

2.4.2.2 极端气象

1) 热带气旋

调查 1949~2022 年以厂址为中心、半径 400km 范围内的所有热带气旋资料，共得到

80 个样本，平均每年约 1.1 个。厂址区域百年一遇热带气旋影响陆上最大风速为 39.7m/s，对应的百年一遇热带气旋极大风速为 59.6m/s。

2) 龙卷风

调查 1952~2022 年间以厂址为中心，经度 3°、纬度 3°范围内的所有龙卷风资料，共得到龙卷风样本 83 例，采用富士达~皮尔森强度分类法对区域内的龙卷风进行逐个分类，其中 F0 级 27 例，F1 级 46 例，F2 级 10 例。

以 10⁻⁷/年作为设计基准龙卷风的概率水平，确定厂址区域设计基准龙卷风为 F3 级，设计基准龙卷风风速为 79.0m/s。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

最大龙卷风风速	79.0m/s
平移速度	15.3m/s
最大风速半径	50m
总气压降	52.5hPa
压降速率	16.1hPa/s
最大旋转风速	63.7m/s

3) 极端风速

收集东港站、丹东站、岫岩站、庄河站和长海站自建站~2022年的历年实测风资料。采用耿贝尔函数对五个气象站的最大风速序列进行极值拟合，最终确定厂址区域百年一遇实测风最大风速为32.7m/s，百年一遇实测风极大风速为49.1m/s。

4) 极端气温

收集东港站、丹东站、岫岩站、庄河站和长海站自建站~2022 年的历年极端最高气温和极端最低气温资料，采用耿贝尔函数对各站的历年极端气温序列进行拟合，最终确定厂址区域百年一遇最高气温为 39.4℃，百年一遇最低气温为-33.9℃。

5) 极端积雪

收集东港站、丹东站、岫岩站、庄河站和长海站自建站~2022 年的历年冬季最大积雪深度和冬季 48h 最大降水量资料，采用耿贝尔函数对各站的历年极端雪深序列和冬季 48h 最大降水量序列进行拟合。最终确定厂址区域百年一遇雪荷载为 0.92kN/m²。

2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址气象站 2024 年 8 月~2025 年 7 月一整年的现场气象要素观测资料的统计结果，分析厂址的当地气象条件。

1) 风向、风速

气象铁塔各高度（10m、30m、50m、70m和100m）的年平均风速分别为3.2m/s、4.5m/s、4.9m/s、5.1m/s和5.4m/s，年平均风速随高度增高而增大。月平均风速最高值除10m高度出现在3、4月份外，其他高度均出现在3月份，各高度月平均风速最高值分别为4.0m/s、5.3m/s、5.8m/s、6.0m/s和6.4m/s；各高度月平均风速最低值均出现在7月份，分别为2.9m/s、3.7m/s、3.9m/s、4.0m/s和4.2m/s；观测期间铁塔各高度出现的最大风速分别为13.2m/s、16.9m/s、18.3m/s、19.1m/s和20.6m/s，极大风速分别为21.9m/s、23.7m/s、23.5m/s、24.8m/s和25.4m/s。

地面气象站年平均风速为3.3m/s。其中3、4月份平均风速最高，为3.9m/s；7月份平均风速最低，为2.8m/s。观测期间厂址地面站最大风速为12.1m/s，极大风速为20.8m/s。

气象铁塔各高度（10m、30m、50m、70m和100m）的年最多风向均为N，频率分别为12.2%、12.9%、12.8%、13.4%和12.9%。铁塔10m高度处次多风向为NE，频率为10.8%；30m和70m高度处次多风向为NNE，频率分别为9.3%和8.2%；50m和100m高度处次多风向为NNW，频率均为9.0%。观测期间塔层各高度（10m、30m、50m、70m和100m）的年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率分别为1.1%、0.0%、0.0%、0.1%和0.1%；图2.4-2为观测期间塔层各高度年风向玫瑰图。

厂址地面站年最多风向为NE，频率为10.6%；次多风向为N，频率为10.4%。年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为0.1%。图2.4-3为地面气象站各季和年风向玫瑰图。

2) 气温

观测期间厂址地面站和塔层各高度（10m、30m、50m、70m和100m）的年平均气温分别为10.5℃、10.9℃、11.0℃、11.0℃、11.0℃和11.0℃；月平均气温最高值均出现在8月份，分别为25.9℃、26.0℃、25.9℃、25.8℃、25.7℃和25.6℃；月平均气温最低值除地面站出现在1月份外，塔层各高度均出现在2月份，分别为-4.8℃、-4.2℃、-4.2℃、-4.2℃、-4.1℃和-4.1℃。

观测期间塔层各高度（10m、30m、50m、70m和100m）出现的最高气温分别为30.7℃、30.4℃、30.1℃、29.8℃和29.6℃，最低气温分别为-14.7℃、-13.9℃、-14.1℃、-14.3℃和-14.6℃。观测期间厂址地面站出现的最高气温为31.8℃，最低气温为-16.8℃。

观测期间铁塔10~30m、10~50m、10~70m、10~100m各层年逆温的出现频率分别为30.6%、31.7%、32.4%、34.4%；强逆温的出现频率分别为11.1%、9.2%、7.5%、5.3%。

3) 气压

厂址地面站年平均气压为1012.8hPa；2月份平均气压最高，为1022.0hPa；6月份平均气压最低，为1003.0hPa。观测期间地面站出现的最高气压为1037.2hPa，最低气压为988.0hPa。

4) 相对湿度

厂址地面气象站年平均相对湿度为 73%；12 月份平均相对湿度最低，为 54%；7 月份平均相对湿度最高，为 92%；观测期间出现的最小相对湿度为 13%。

5) 水汽压

厂址地面站年平均水汽压为 12.4hPa；8 月份平均水汽压最高，为 30.1hPa；1 月份平均水汽压最低，为 2.6hPa。

6) 降水

观测期间地面站年降水量为 687.8mm；8 月份降水量最多，为 237.3mm；12 月份降水量最少，为 0.2mm。观测期间出现的一日最大降水量为 72.1mm。图 2.4-4 给出了观测期间各风向年降水量玫瑰图。

7) 蒸发

厂址地面站年蒸发量为 765.6mm；4 月份平均蒸发量最大，为 119.0mm；12 月份平均蒸发量最低，为 3.1mm。

8) 露点温度

厂址地面站年平均露点温度为 5.4℃；8 月份平均露点温度最高，为 24.0℃；2 月份平均露点温度最低，为-12.5℃。

2.4.4 大气稳定度

根据厂址气象站 2024 年 8 月~2025 年 7 月一整年的气象观测资料，采用 $\Delta T \sim u$ 法进行大气稳定度的划分。得到厂址区域中性类（D 类）天气最多，为 44.7%；不稳定类（A~C 类）天气频率分别为 1.5%、11.3%和 13.6%；稳定类（E、F 类）天气频率分别为 12.1%和 16.8%。

2.4.5 联合频率

采用 2024 年 8 月~2025 年 7 月厂址气象铁塔 10m 和 70m 高度的风向、风速和地面气象站的降水量观测结果，以及上述采用 $\Delta T \sim u$ 法得到的大气稳定度分类结果，统计得到 10m 和 70m 高度风向-风速-大气稳定度三维联合频率和风向-风速-大气稳定度-降水四维联合频率。用于计算三、四维联合频率所用到的气象数据联合获取率为 99.9%。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

（1）混合层高度

中国辐射防护研究院于 2024 年 12 月 8 日~12 月 28 日和 2025 年 7 月 22 日~8 月 11 日分别在厂址开展了大气边界层探测，采用干绝热曲线法计算厂址区域的混合层高度。根据冬、夏两季的混合层观测结果，综合分析后给出厂址不同稳定度下混合层高度值如下：

A-B 稳定度	770m
C 类稳定度	612m
D 类稳定度	601m

（2）大气扩散参数

为研究厂址的大气扩散特征，中国辐射防护研究院开展了现场示踪试验、湍流观测和大气扩散数值模拟。综合三种方法的结果最终确定厂址区域的大气扩散参数见表 2.4-2。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

为观测用于评价本项目正常运行状态和事故工况下气态流出物的弥散特征所需的各种气象参数，在厂址现场应设立气象塔自动观测系统以及地面气象站，以开展气象观测工作。气象观测系统各气象要素数据联合获取率均应保证在 90%以上。

厂址气象站位于厂址西侧，整个气象站大体呈南北走向长方形。距厂址气象站东侧约 300m、北侧约 400m 有村庄，西面、南面均为农田，场地较开阔，四周无高大构筑物遮蔽，具有较好的代表性。

厂址气象站气象观测系统由气象铁塔风温梯度测量系统、地面气象诸要素自动观测系统、监控系统平台三部分构成。其中梯度观测指标包括对 10m、30m、50m、70m 和 100m 处的风向、风速和气温观测；地面气象观测包括对风向、风速、气温、湿度、总辐射、净辐射、气压、降水（包括固态降水）、蒸发共 9 项要素的观测。

气象观测系统以自动气象站 CR3000 为基础，结合气象塔风温梯度测量系统和先进的数据采集软硬件平台，该气象观测系统主要由传感器、数据采集器、主控机、电源和专用电缆组成。室外部分有：气压传感器、温湿传感器、风传感器、雨量传感器、蒸发传感器、辐射传感器、数据采集器、连接箱。其中气压传感器、采集单元包括大容量数据存储卡、电源、通讯转换器等均安置在室外机箱内。室内部分有主控微机、电源等。室外部分通过无线专网方式，与室内部分相连接。主要传感器的性能指标详见表 2.4-3。

气象观测仪器在安装架设前均进行了检定，并在安装调试前，在现场开展了气象铁塔气象要素梯度观测的风向、风速和气温的水平比对。

2024 年 8 月~2025 年 7 月观测期间，气象铁塔和地面站所有气象数据的联合获取率为 99.9%，数据获取率满足 HAD101/02（1987）规定的大于 90%的要求。

2.5 水文

本文如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程。

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

2.5.1.1.1 地理、地形条件

工程海区位于辽东半岛东部沿岸，由鸭绿江河口向西延伸至登沙河口，沿岸分布着连续的、宽度不等的潮滩带，按海岸地貌分类为淤泥质海岸。厂址位于大洋河口以西至登沙河口，为岬湾型粉沙质海岸，从工程海域水下地形看，该段可分为 10m 等深线以浅的水下浅滩，以及 10~20m 等深线间的水下堆积平原，水下坡度分别为 1.35‰~0.8‰、1‰~0.68‰，各等深线基本呈平行分布，5~15m 水深间距离仅为 8.3km。

小长山海洋站位于黄海北部在四面环海的孤岛上，距离大连 120 多 km，距大陆最近的皮口镇也有 25km，具体地址为辽宁省大连市长海县小长山乡回龙村南山前屯。该站始建于 1959 年 7 月，1980 年开始潮位观测，该年验潮站迁入新站址，位于站东面 400m 部队码头内北侧，不直接受风浪影响，井内有泥沙淤积隔一段需清淤。1994 年小长山乡修建庙底湾码头，该站又在新码头外端建一验潮井，与原井相隔约 100m，验潮井水深 10m，井的外侧有一防波堤，验潮井为一独立的小沉箱与主码头用一铁桥相连，桥长约 10m。该站开展潮位、波浪、海水温盐、气象等观测业务，1980 年采用 HGJ1-2 型验潮仪，2002 年起采用 SCA11-2 型水位计，观测执行标准 GB/T14914.2-2019，资料完整。

东港海洋站位于东港市滨河路 29 号，建于 1999 年 8 月，开展潮位和气象观测。验潮井位于大东港码头南端，地处鸭绿江西水道，岸线弯曲，水深较浅，港口淤积严重，需对验潮井 1~2 年清淤一次，且冬季受海冰影响较大，在严重冰期及其前后，因井内结冰严重停止观测达两月之多。该站采用 SCA11-1 型水位计，观测执行 GB/T14914.2-2019，冬季资料部分缺测。近年来情况有所好转，2009 年后资料完整。

2.5.1.1.2 潮汐

（1）潮汐

根据厂址站和东港站潮位资料，按照目前我国采用的潮汐类型划分标准，厂址的调和常数计算 $R = (H_K + H_{O_1}) / H_{M_2} = 0.34$ 。工程海域为规则半日潮。工程海域的潮汐特征是：每个潮汐日（大约 24.8 小时）有两次高潮和两次低潮。

（2）潮汐特征值

利用东港站 2009 年~2022 年潮汐调和常数，订正厂址站主要分潮的潮汐调和常数，利用订正后厂址站的潮汐调和常数，计算厂址站 2009 年~2022 年的历时天文潮位，进而得到厂址平均潮差为 4.04m，最大潮差为 6.47m，平均高潮位为 1.94m，平均低潮位为 -2.10m，平均涨、落潮历时分别为 5 小时 56 分和 6 小时 29 分。

2.5.1.1.3 重现期潮位

利用厂址站和小长山站 2010 年 5 月~2011 年 4 月的同期潮位观测资料，建立厂址站和小长山站的增减水相关关系，厂址站与小长山站增减水相关方程是：

$$H_{\text{厂址}} = 1.0683 \times H_{\text{小长山}} + 0.5704$$

相关系数 $r=0.9646$

利用小长山站增减水来拓展厂址的历时潮位资料序列，利用拓延的厂址站多年历时潮位资料，计算其 P-III 分布和 GUMBEL 分布。P-III 分布结果更能反映极值分布情形，结果更合理。厂址不同重现期极值高（低）潮位如下：

33 年一遇高潮位：3.76m；

100 年一遇高潮位：3.88m；

1000 年一遇高潮位：4.12m；

33 年一遇低潮位：-4.39m；

100 年一遇低潮位：-4.63m；

1000 年一遇低潮位：-5.12m。

2.5.1.1.4 海流

2023 年在厂址海域开展了四季全潮水文测验，在工程海域布设了 14 个测站进行观测。

1) 潮流类型

施测海域潮流类型属规则浅海半日潮流性质。

2) 潮流运动形式

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

冬季施测海域的 V10 测站表现为往复流特征；其余测站表现为逆时针旋转流的特征。春季、夏季、秋季施测海域各测站表现为旋转流特征。

3) 实测最大流速

冬季水文测验期间，实测最大涨潮流流速 91cm/s，流向 11°；实测最大落潮流流速为 92cm/s，流向 183°。

春季水文测验期间，实测最大涨潮流流速 78cm/s，流向 1°；实测最大落潮流流速为 64cm/s，流向 210°。

夏季水文测验期间，实测最大涨潮流流速 91cm/s，流向 7°；实测最大落潮流流速为 85cm/s，流向 226°。

秋季水文测验期间，实测最大涨潮流流速 86cm/s，流向 56°；实测最大落潮流流速为 75cm/s，流向 174°和 185°。

4) 海流平面分布

冬季水文测验期间，V10 测站表现出往复流特征，其余测站表现为显著的旋转流特征。大潮期流速最大，中潮次之，小潮最小。

春季水文测验期间，各测站表现为显著的旋转流特征。大潮期流速最大，中潮次之，小潮最小。

夏季水文测验期间，各测站表现为显著的旋转流特征。大潮期流速最大，中潮次之，小潮最小。

秋季水文测验期间，各测站表现为显著的旋转流特征。大潮期流速最大，中潮次之，小潮最小。

5) 余流

余流是指海流中除天文引潮力作用所引起的潮流以外的海流。

整体来看，冬季水文测验期间，观测海域余流流速较小，流速在大潮期最大，中潮次之，小潮最小。大潮期余流流速在 1.5~16.1cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.4~12.3cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.3~11.8cm/s 之间。

春季水文测验期间，观测海域余流流速较小，流速在大潮期最大，中潮次之，小潮最小。大潮期余流流速在 0.3~16.8 cm/s 之间；中潮期余流流速在 1.8~18.2cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.1~10.6cm/s 之间。

夏季水文测验期间，观测海域余流流速较小，流速在大潮期最大，中潮期和小潮期稍小一些。大潮期余流流速在 0.8~19.8cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.6~14.8cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.4~13.4cm/s 之间。

秋季水文测验期间，观测海域余流流速较小，部分测站流速在大潮期最大，部分测站流速在中潮期最大，小潮期整体稍小一些。大潮期余流流速在 0.1~15.1cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.4~12.8cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.1~6.9cm/s 之间。

2.5.1.1.5 海水温度

2023 年 2 月冬季水文测验期间，表层实测最高水温为 2.01℃，表层实测最低水温为 -0.68℃。大潮平均水温为 0.07℃，中潮平均水温为 0.34℃，小潮平均水温为 0.71℃。水温总体呈现表层至底层大体一致的分布特征。

2023 年 4 月春季水文测验期间，表层实测最高水温为 16.39℃，表层实测最低水温为 8.60℃。大潮平均水温为 12.69℃，中潮平均水温为 11.66℃，小潮平均水温为 10.10℃。水温总体呈现表层高于底层的分布特征。

2023 年 7 月夏季水文测验期间，表层实测最高水温为 29.15℃，表层实测最低水温为 20.31℃。大潮平均水温为 23.92℃，中潮平均水温为 23.25℃，小潮平均水温为 22.80℃。水温总体呈现表层明显高于底层分布特征。

2023 年 10 月秋季水文测验期间，表层实测最高水温为 21.20℃，表层实测最低水温为 15.60℃。大潮平均水温为 18.48℃，中潮平均水温为 19.51℃，小潮平均水温为 19.66℃。水温总体呈现表层至底层相差不大的分布特征。

2.5.1.1.6 海水盐度

2023 年 2 月冬季水文测验期间，表层实测最高盐度为 31.59，表层实测最低盐度为 26.27。大潮平均盐度为 29.12，中潮平均盐度为 29.21，小潮平均盐度为 28.92。部分站位呈现底层盐度高于表层的特征，部分站位呈现表、中、底层盐度较一致的情况。

2023 年 4 月春季水文测验期间，表层最高盐度为 30.07，最低盐度为 23.15，海域实测海水盐度大潮平均为 27.41，中潮平均为 27.81，小潮平均为 28.19，大部分站位呈现底层盐度高于表层的特征，个别站位呈现表、中、底层盐度较一致的情况。

2023 年 7 月夏季水文测验期间，表层最高盐度为 30.49，最低盐度为 15.57，施测海域实测海水盐度大潮平均为 27.06，中潮平均为 27.18，小潮平均为 27.12，大部分站位呈现底层盐度高于表层的特征，少部分站位呈现表、中、底层盐度较一致的情况，个别站位呈现表层盐度高于底层盐度的情况。

2023 年 10 月秋季水文测验期间，表层最高盐度为 29.77，最低盐度为 24.58，施测海域实测海水盐度大潮平均为 28.26，中潮平均为 27.85，小潮平均为 27.98，大部分站位呈现表、中、底层盐度较一致的特征，少部分站位呈现表层盐度低于底层盐度的情况。

2.5.1.1.7 泥沙

2023 年 2 月冬季水文测验期间，大潮实测最大含沙量为 0.4370kg/m³；中潮实测最大含沙量为 0.1705kg/m³；小潮实测最大含沙量为 0.4320kg/m³。施测海域垂线平均潮段平均含沙量的平面分布表现为浅水处高、近岸高外海低的特点。涨、落潮平均含沙量为 0.0221kg/m³，其中大潮为 0.0276kg/m³，中潮为 0.0182kg/m³，小潮为 0.0205 kg/m³，大潮和小潮含沙量相对较大，中潮含沙量相对较小。

悬沙沉积物类型主要为粉砂（T），仅个别站位个别时刻出现粘土质粉砂（YT）。中值粒径范围 0.0100~0.0210mm，平均值 0.0135mm；平均粒径范围 0.0099~0.0210mm，平均值 0.0136mm。

2023 年 4 月春季水文测验期间，大潮实测最大含沙量为 0.2540kg/m³；中潮实测最大含沙量为 0.3190kg/m³；小潮实测最大含沙量为 0.2340kg/m³。施测海域垂线平均潮段平均含沙量的平面分布表现为浅水处高、近岸高外海低的特点。涨、落潮平均含沙量为 0.0340kg/m³，其中大潮为 0.0330kg/m³，中潮为 0.0398kg/m³，小潮为 0.0291kg/m³，大潮和中潮含沙量相对较大，小潮含沙量相对较小。

悬沙沉积物类型主要为粉砂（T），另有少量粘土质粉砂（YT）。中值粒径范围为 0.0064~0.0192mm，平均值 0.0103mm；平均粒径范围 0.0059~0.0189mm，平均值 0.0098mm。

2023 年 7 月夏季水文测验期间，大潮实测最大含沙量为 0.1667kg/m³；中潮实测最大含沙量为 0.1987kg/m³；小潮实测最大含沙量为 0.2370kg/m³。施测海域垂线平均潮段平均含沙量的平面分布表现为浅水处高、近岸高外海低的特点。涨、落潮平均含沙量为 0.0149 kg/m³，其中大潮为 0.0171kg/m³，中潮为 0.0135kg/m³，小潮为 0.0140 kg/m³，大潮含沙量相对较大，中潮和小潮含沙量相对较小。

悬沙沉积物类型主要为粉砂（T），近 V5 站小潮期个别时刻出现粘土质粉砂（YT）。中值粒径范围 0.0087~0.0283mm，平均值 0.0165mm；平均粒径范围 0.0082~0.0271mm，平均值 0.0155mm。

2023 年 10 月秋季水文测验期间，大潮实测最大含沙量为 0.3166kg/m³；中潮实测最大含沙量为 0.1117kg/m³；小潮实测最大含沙量为 0.0830kg/m³。施测海域垂线平均潮段平均含沙量的平面分布表现为浅水处高、近岸高外海低的特点。涨、落潮平均含沙量为 0.0207kg/m³，其中大潮为 0.0318kg/m³，中潮为 0.0186kg/m³，小潮为 0.0117kg/m³，大潮和中潮含沙量相对较大，小潮含沙量相对较小。

悬沙沉积物类型主要以粉砂（T）为主，粉砂含量平均值约 78.21%，中值粒径范围为 0.0084~0.0258mm，平均值 0.0142mm；平均粒径范围 0.0079~0.0252mm，平均值 0.0140mm。

2.5.1.1.8 波浪

根据厂址离岸站 2010 年 4 月~2010 年 10 月波浪观测资料，工程海域波浪不大，小于 0.5m 的波浪，占 47.3%，大于或等于 0.5m 而小于 1.0m 的波浪频率占 40.0%。常浪向为 S 向和 SSW 向，出现频率分别为 32.7%和 18.9%，强浪向为 S 向，观测期间出现的最大波高（H_{1/10}）为 2.21m。根据厂址岸边站 2010 年 5 月~2011 年 4 月波浪观测资料，工程海域近岸波浪主要表现为风浪。风浪累年频率为 100%，涌浪累年频率为 19%。工程海域近岸

波浪较小，工程海域近岸较大的波浪主要出现在 SE~SW 向，强浪向为 SE 向，最大波高为 2.4m，常浪向为 S 向和 SSE 向，频率分别为 12.2%和 10.3%。根据小长山海洋站与厂址站同期（2010 年 5 月~2011 年 4 月）的波浪资料，小长山海域主要受 ESE~SSW 向波浪的影响，其它方向均较弱，常浪向和强浪向均为 S 和 SSW 向。

2.5.1.1.9 海冰

多年历史资料表明黄海北部的初冰期约为 40-60 天，盛冰期约为 30-50 天，终冰期一般仅 20-30 天。大鹿岛海洋站累年各向流冰的频率以 NW~N 及 SE~S 各向较大，小长山海洋站流冰方向以 SE 向为主。

2022~2023 年度对海冰盐度、海冰温度、海冰冰厚、海冰密度等重要参数进行了测量和观测：海冰平均盐度约为 10；海冰温度仅在观测初期偏低，其余时间均为-3℃附近。本年度海冰平均厚度约为 5cm。收集的海冰密度范围是 836.66~ 963.19 kg/m³，平均密度为 891.27 kg/m³。

2022~2023 年度庄河核电厂附近海域初冰日为 2022 年 12 月 19 日，终冰日为 2023 年 2 月 23 日，冰期跨度 3 个月，共 64 天左右。初冰期：2022 年 12 月 19 日~2023 年 1 月 13 日前后，约 26 天。盛冰期：2023 年 1 月 14 日~2023 年 2 月 5 日前后，约 21 天。融冰期：2023 年 2 月 6 日前后~2023 年 2 月 23 日，约 17 天。

根据 2022 年 12 月 28 日~2023 年 2 月 16 日海冰现场观测，取水口的浮冰变化有明显的阶段性。初冰期冰量较少，约 4~8 成；盛冰期冰量相对较大，基本保持在 8~9 成；融冰期冰量呈明显减少趋势，基本在 3~7 成。观测站点附近的固定冰冰量很少。密集度来看，初冰期冰密集度约 5~9 成；盛冰期 9 基本保持在 8~10 成；融冰期冰量呈明显减少趋势，基本在 4~9 成。

依据海冰现场观测，初生冰、莲叶冰、冰皮与尼罗冰是主要冰型。本年度观测期浮冰一般冰厚在 2~15cm 之间，最大冰厚 12~20cm 之间，平均冰厚在 10cm 以下。

从本年度的现场海冰观测结果来看，取水口附近的固定冰主要以沿岸冰为主，搁浅冰与冰脚较少。对于沿岸冰，发现多为新生成的海冰，冰厚偏薄。对于搁浅冰，受动力因素影响，搁浅冰大多经过挤压、堆积过程，冰厚偏大。固定冰冰厚大致分布于 10~30cm。

主冰向为偏西，最大冰速 0.5m/s。且这一方向的冰速明显大于其他方向。冰向向西的概率明显大于向东，这也说明海冰在北部海域生成后，在动力作用下快速向深水区域运输，被运输的海冰并没有返回观测区域。

近岸海冰堆积程度偏轻，平均堆积高度基本处于 0.4m，最大堆积高度约 0.6m。

本年度浮冰尺寸范围为 10~2000m，基本在 100m 以下，冰表面特征基本以平整冰 L 为主。

2.5.1.2 陆地水文

辽宁庄河核电厂一期工程位于辽东半岛庄河市栗子房镇陶屯的西南侧，濒临黄海的海岸线。庄河市河流多发源于北部山区，向南注入黄海。全市共有中小河流 364 条，总长约为 1500km，流域面积超过 100km² 的有碧流河（属庄河市、普兰店市的界河）、英那河、庄河、湖里河、地窖河等 13 条河流。厂址半径 15km 范围主要涉及 4 条河流，分别为地窖河、湖里河、板桥河和英那河。厂址半径 15km 范围内无湖泊和大中型水库，有小 II 型水库 2 个，分别为福益水库和凤堡水库。距离庄河核电厂厂址最近的较大河流为地窖河，地窖河流域位于厂址北部，厂址至地窖河入海口直线距离约为 9km。地窖河河流总长 20.7km，流域面积 111.6km²，发源于庄河市鞍子山乡双顶山，经栗子房镇双庙村入黄海，河道平均比降为 2.23‰。地窖河上游建有一座永记水库（中型），水库坝址以上河流长 8.758km，河道平均比降为 10.41‰。坝址以上流域面积 35.42km²，总库容 3035 万 m³，正常库容 1467 万 m³，灌溉水田面积 2.3 万亩，水库总占地面积 6782.4 亩，养鱼水面 2730 亩，是一座具有防洪、灌溉、养鱼等综合利用的中型水库。防洪标准采用 100 年一遇洪水设计，设计洪水位 19.38m，1000 年一遇洪水校核，校核洪水位 20.33m。水库建于 1958 年 3 月，8 月竣工。大坝为粘土心墙坝，坝长 476m、高 12m、坝顶宽 5m。永记水库控制流域内另建有一座老虎洞小型水库，集水面积 6.77km²，总库容 130 万 m³。

紧邻厂址北侧的小河流有 A 河和 D 河，均属暴雨洪水型河流，汛期在每年的 6~10 月。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围水文地质特征

2.5.2.1.1 地下水赋存条件及分布规律

根据地层岩性、含水介质、地下水成因、赋存条件、埋藏条件和分布规律等因素，厂址附近范围内地下水类型主要分为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水。

1) 第四系孔隙潜水

第四系孔隙潜水主要分布在低洼的山间沟谷及坡洪积区、河谷阶地及沿海山前地带，含水地层为冲洪积层（Q₄^{al+pl}）、坡洪积层（Q₃^{dl+pl}）及冲海积层（Q₄^{al+m}）、海积层（Q₄^m），主要呈带状分布。据相关资料及部分民井抽水调查，单井涌水量为 4.45~15.98m³/d，渗透系数为 0.38~6.63m/d，属弱透水~中等透水。

a) 山间沟谷冲洪积及坡洪积层孔隙潜水

主要分布于冲洪积、坡洪积扇裙分布地段，含水层岩性为碎石砂质粉土、粉质黏土、

砾碎石等。地下水水位埋深为 0.4~2.0m，地下水涌水量大小不均，水位随季节变化较大，年变幅为 1~2m。含水层仅零星分布，无连续、稳定的地下水水位，含水层厚度一般小于 5m。

b) 滨海平原海积、冲海积层孔隙潜水

主要分布于滨海平原冲海积层、海积层中，含水层岩性为淤泥质粉质黏土。含水层分布连续且稳定，水位埋深为 0.5~3m，年变幅 1~4m，水力梯度约为 0.54%~1.67%，地下水流速约为 0.005~0.111m/d。

2) 基岩裂隙水

厂址附近范围内基岩主要为片岩、变质砂岩、石英砂岩，其次为板岩、花岗斑岩等。基岩在构造运动与各种外营力的作用下，完整性遭到不同程度的破坏，在浅部发育有构造裂隙和风化裂隙，为地下水的汇集、储存与径流创造了条件。基岩裂隙水无连续、稳定的地下水水位，富水性较差，水力交换微弱。

a) 风化裂隙水的赋存及分布规律

风化裂隙水主要分布于厂址附近范围中东部、南部沿海（包括厂址区）。该范围内地势低而平缓，含水层岩性为辽河群盖县岩组片岩、变质砂岩等，普遍遭受了长期风化作用，风化裂隙发育。风化裂隙水主要赋存于全风化~强风化岩体中，全风化~强风化层厚度较大，一般 10~20m，局部 30m。地下水埋深多小于 5m，极个别地段埋深大于 5m。地下水水位埋深基本与地形一致，在丘陵顶部地下水埋深最大。辽河群盖县岩组风化壳表层长期受湿热风化作用而形成棕红色黏土、粉质黏土盖层，厚度一般 1~5m，不利于大气降水入渗补给，富水性贫乏。

风化裂隙水主要补给来源为大气降雨。接受大气降雨入渗补给后，风化裂隙水在地形地貌条件控制下，沿裂隙由高处向低处渗流，当遇到沟谷切割时则以泉的形式排泄或以地下径流形式补给其他含水层。

厂址附近范围内泉点极少，泉水流量较小，普遍小于 0.1L/s。根据民井抽水试验结果，渗透系数平均为 0.12~4.13m/d，为弱透水~中等透水。根据钻孔抽水试验结果，风化基岩裂隙水渗透系数为 0.02~0.10m/d，为弱透水。

b) 构造裂隙水的赋存及分布规律

构造裂隙水多沿构造、侵入岩接触界面分布，埋藏较深，呈脉状展布，接受大气降水补给的量不大，主要是构造带切穿各含水层获得地下水补给，或通过构造裂隙得到地表水补给。由于构造的影响，局部地段构造裂隙较发育，在沟谷中被水文网切割，于沟谷或坡地以泉、溪的形式排泄。

厂址附近范围西北部浅表层构造裂隙发育，多呈北东、北西向，竖向裂隙发育，多为张性，少有充填物，无统一稳定的地下水水位，地下水埋深大多小于 10m，仅在丘陵顶部地下水埋深大于 10m。

构造裂隙水富水性与地貌、构造相关，地势低洼、有利于汇水的情况下，水量就大，反之则小。综合判断构造裂隙水分布区富水级别为水量贫乏～中等。

厂址附近范围泉水、溪水流量调查结果显示流量均小于 0.2L/s。因此构造裂隙水含水层富水性较差，水量贫乏～中等，含水层以弱透水为主，局部裂隙发育地段为中等透水～强透水。

综上所述，厂址附近范围内属于地下水贫水区，富水性差，涌水量大小不均。

2.5.2.1.2 厂址附近范围水文地质单元

根据可行性研究阶段厂址附近范围水文地质调查成果，厂址附近范围内地下水以大庙山～孙家染坊～小房身～于岚子～东漂网～小杨屯～小李屯～蘑菇顶～南沟为总分水岭（呈“U”形），可划分为三个水文地质单元。

“U”形内部为 I 单元，该单元内地下水沿冲沟径流，最终汇入厂址附近范围西部大海；“U”形北侧为 II 单元，地下水除直接汇入大海外，大部分沿北侧冲沟由南向北汇入地窖河流域，最终通过地窖河入海口汇入黄海；“U”形南侧为 III 单元，地下水沿地形向四周径流扩散汇入大海。以上三个水文地质单元之间无关联通道，各单元之间无水力联系。

厂址区北侧位于 I 水文地质单元内，南侧位于 III 水文地质单元内。

2.5.2.1.3 地下水的补给、径流、排泄

厂址附近范围第四系孔隙水和基岩裂隙水的主要补给来源为大气降水。分布于山间沟谷的第四系孔隙潜水，由于其地势较低，无稳定的隔水层覆盖，且覆盖层较薄，除接受大气降水入渗补给外，还间接接受基岩裂隙水的径流补给。分布于滨海平原的第四系孔隙潜水，主要接受上游的冲洪积、坡洪积孔隙潜水补给，亦间接接受基岩裂隙水的径流补给。

厂址附近范围地下水排泄方式主要有径流、下降泉、蒸发及人工开采。地下水总体径流方向是以分水岭为界，沿地形从高向低径流扩散，最终汇入大海。下降泉接受风化裂隙水和第四系孔隙水的补给，多在沟谷和坡脚出露，受季节性控制，夏季受降水补给，下降泉出露较多，冬季则多数由于缺少补给来源而干枯，仅在构造阻隔或裂隙发育地段有出露。人工开采主要用于农业灌溉用水和居民生活用水。

2.5.2.1.4 地下水与地表水、海水的水力联系

1) 地下水与地表水之间的水力联系

厂址附近范围除北侧外，其他三侧濒临黄海，地下水除直接向大海径流外，还沿地势

在山间沟谷低洼处汇水，形成溪流，溪流宽 0.5~3.0m，深 0.1~0.5m，受基岩裂隙水及第四系孔隙潜水的补给，补给量受地层渗透性影响。

2) 第四系孔隙潜水与基岩裂隙水水力联系

第四系孔隙潜水接受大气降水补给后，大部分沿地势由高向低排泄，最终汇入大海，小部分将下渗补给基岩裂隙水。基岩裂隙水接受大气降水的入渗补给和第四系孔隙水渗透补给后，沿地势由高向低径流，并沿基岩与第四系接触面渗出后侧向补给第四系孔隙水。

3) 地下水与海水之间的水力联系

厂址附近范围地下水沿地势由高向低径流排泄。陆域地下水与海水无连通通道，地下水不受海水的影响，无直接水力联系，如距离海滩仅 100m 左右的水井，水质为淡水。在海相沉积地段，地下水与海水相遇形成半咸水，其范围很小。厂址附近范围不存在海水入侵的问题。

2.5.2.1.5 地下水的化学特征

厂址附近范围地下水水化学类型受地层岩性和海水成分影响，无明显分带性，总体表现为阴离子以 Cl^- 为主，其次为 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} ，阳离子以 Ca^{2+} 为主，其次为 Mg^{2+} ；地下水 pH 值在 6.65~7.34 间，属中性水；地下水总矿化度小于 1g/L，属淡水；海水属盐水。

2.5.2.1.6 地下水开采利用现状

厂址附近范围淡水贫乏，现有的地下水利用情况为：厂址周围南尖、董屯、陶屯、任屯、毕屯等自然村庄分布有大量民井，供居民生活饮用及农业灌溉。

经调查厂址附近范围仅兴隆岗食品加工厂、于家屯东侧南尖畜禽养殖小区有深 20~100m 的机井，供生产和生活使用。该井距离厂址约 4.5km，位于第 II 水文地质单元内，与厂址处于不同的水文地质单元。两者之间无水力联系。

与厂址相关的民井为 55、89、32、57、92、93 和 98，仅有民井 55 和 89 位于厂址区。场地平整后，民井 55 和 89 将被挖除；民井 32 与厂区分属于不同的次级水文地质单元；民井 57、98 位于厂址外丘陵区，水位标高高于厂坪设计标高，厂址内地下水对其无影响；民井 92 位于厂址外西北方向，井口高程为 6.9m，低于厂坪标高，处于厂址内地下水径流的下游方向，民井内的水接受厂址内地下水的渗流补给，在工程施工前将该井废弃；民井 93 位于厂址西侧边界地段，且井口标高低于厂坪设计标高，在工程施工前将该井废弃。

2.5.2.2 厂区水文地质特征

2.5.2.2.1 地下水特征

根据场地地层岩性、含水介质、地下水的成因、赋存条件、埋藏条件和分布规律等因

素，厂区内地下水类型主要分为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水两大类型。

1) 第四系孔隙潜水

第四系孔隙潜水主要分布在山前斜坡及低洼的山间沟谷及厂址区南侧海积地带，可分为冲洪积层、残坡积层孔隙潜水和海积层孔隙潜水。第四系冲洪积层、残坡积层孔隙潜水岩性主要为粉质黏土夹砾及淤泥质土，含水层较薄，透水性较弱，富水性较差。第四系海积层孔隙潜水岩性主要为中砂和淤泥及淤泥质土，受海水潮汐影响。

根据可研阶段勘察成果，厂址区淤泥质黏土层水平向渗透系数 $5.1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ ，属极微透水层；粉质黏土层水平向渗透系数为 $8.9 \times 10^{-7} \text{m/s}$ ，属极微透水层。

核岛详勘期间，冲沟 C5 地段钻孔地下水埋深约为 3~4m，地下水水位标高约 5.89~7.33m（相对国家 1985 高程）。

2) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存在基岩区构造裂隙和风化裂隙中，含水岩组为变质砂岩及其后期侵入岩脉，其赋水性主要取决于裂隙的发育程度和填充物多寡。厂址区内浅地表变质砂岩遭受长期风化作用，风化裂隙较发育，地下水以风化裂隙水为主，但水量较为贫乏；地下水水位基本与地形一致，一般地势较高处水位埋深较大，低洼处水位埋深较浅，水平方向透水性较均匀，垂直方向随深度的增加而减弱。

厂址区全风化~强风化岩体分布于地表浅部，降水入渗地下后随地形由高向低径流，排泄于沟谷和低洼处，仅在雨后 1~2 天内有渗水，之后就逐渐干枯，地下水不易赋存，水量贫乏。

中等~微风化基岩中，地下水受构造裂隙发育程度控制。由于构造裂隙贯通性差，未形成统一的含水层及地下水位，且富水性微弱。核岛详勘期间，钻孔水位多位于强风化~微风化层中，无统一水位。

根据压水试验成果，微风化变质砂岩透水率为 $0.10 \sim 3.13 \text{Lu}$ ，属弱透水~微透水，裂隙发育地段，多表现为弱透水。根据工程经验，中等风化变质砂岩层属弱透水~微透水，以弱透水为主。

抽水试验结果显示，厂址区浅部岩体的渗透系数为 $1.39 \times 10^{-4} \sim 4.78 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，属中等透水岩体。

2.5.2.2.2 地下水的补给、径流、排泄

厂址区第四系孔隙潜水及基岩裂隙水主要补给来源为大气降水。分布于山间沟谷的第四系孔隙潜水，由于其地势较低，无稳定的隔水层覆盖，且覆盖层较薄，除受大气降水补给外，还间接接受基岩裂隙水的径流补给。基岩裂隙水受大气降水入渗补给，水位变化具

有季节性和地段性差异。

第四系孔隙潜水排泄方式主要为蒸发以及下渗补给基岩裂隙水，当水量充沛时，将通过径流排泄于地表形成临时性溪流，通过水沟等排向低洼处。基岩裂隙水的排泄方式主要为径流，径流又分为直接向大海排泄和向沟谷低洼处排泄，形成季节性小溪，小溪沿沟谷流向大海。

2.5.2.2.3 地下水化学类型

厂址区地下水为淡水，总矿化度小于 1g/L，水化学类型受地层岩性和海水成分影响，无明显分带性，总的表现为阴离子以 Cl^- 为主，其次为 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} ，阳离子以 Ca^{2+} 为主，其次为 Na^+ 、 Mg^{2+} ；海水为盐水，水化学类型为 Cl-Na 型。

由厂址区水质分析成果可知：地下水 pH 值在 6.89~7.64 间，属中性水，总矿化度为 280.84~693.00mg/L，属淡水；地表水 pH 值在 7.29~7.81 间，属中性水，总矿化度为 446.4~460.4mg/L，属淡水；海水 pH 值在 7.05~8.09 间，属中性水~弱碱性水，属盐水。

2.5.2.2.4 水力联系

1) 第四系孔隙潜水与基岩裂隙水水力联系

第四系孔隙潜水接受大气降水补给后，大部分沿地势由高向低排泄，最终汇入大海，小部分将下渗补给基岩裂隙水。基岩裂隙水接受大气降水的入渗补给和第四系孔隙水渗透补给后，沿地势由高向低径流，并沿基岩与第四系接触面渗出后侧向补给第四系孔隙潜水。

2) 地下水与海水水力联系

陆域地下水与海水无连通的通道，地下水不受海水的影响，无直接的水力联系，海相沉积地段与海水有一定水力联系。

2.5.2.2.5 核电厂建设对地下水的可能影响

厂址西、南、东侧临海，北侧地势最高，场地开挖平整至厂坪标高后，北侧形成边坡，地下水向厂区内汇集，并向西、南、东侧地势低处径流排泄，最终流向大海。总体上，电厂建设未改变厂区内地下水由陆地向大海径流、排泄的趋势。在地下水径流途径上无地下水的取水点，电厂建设对地下水无影响。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 天文潮

厂址 10%超越概率天文潮位、天文最高（低）潮位是利用厂址站主要分潮的潮汐调和常数推算 19 年（2022~2040）天文潮位统计得出的，最高天文潮位为 3.51m，最低天文潮位为-3.33m，10%超越概率天文高潮位为 3.39m，10%超越概率天文低潮位为-3.19m。

2.5.3.2 风暴潮增、减水

（1）概率论法

分析工程海域厂址站和小长山站 2010 年 5 月～2011 年 4 月的同期潮位观测资料，确立其增减水相关关系；

$$H_{\text{厂址}} = 1.0683 \times H_{\text{小长山}} + 0.5704$$

相关系数 $r=0.9646$

厂址站的增减水与小长山的相关关系较好，故确定利用小长山站的增减水来拓展建立厂址的年极值增减水资料序列，计算其 P-III 分布和 GUMBEL 分布。P-III 分布结果更能反映极值分布情形，结果更合理。1000 年一遇增水为 1.59m，1000 年一遇减水为 -2.50m，100 年一遇增水为 1.31m，100 年一遇减水为 -2.08m。

（2）确定论法

1) 可能最大热带气旋（PMTc）有关的气象参数

可能最大风暴潮（PMSS）的计算，不仅需要经过检验的风暴潮数学模型，而且需要合理地确定可能最大热带气旋（PMTc）的有关参数，确定参数均以核安全导则《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11-1991）为依据。其中 P_0 （可能最大热带气旋的中心气压）用确定论法和统计法两种方法计算，并通过认真分析计算结果，最终确定其值。

2) 可能最大风暴增水及减水

a) 可能最大风暴潮增水

用气候统计方法可将登陆和影响厂址附近海域的台风分为三种类型：

- 以 7416 为代表的西北型台风路径；
- 以 8509 为代表的东北型台风路径；
- 以 2008 为代表的北向型台风路径。

根据所建立的风暴潮计算模型及确定的 PMTC 参数，对上述 3 种类型假想台风路径的增减水进行计算，计算得到可能最大风暴潮增水是由沿厂址西侧一个最大风速半径距离移动的北向型台风引起的，计算得到厂址可能最大风暴潮增水为 4.03m。

b) 可能最大风暴潮减水

为了确定引起厂址的温带天气系统最大增、减水值，基于大风过程观测事实，对计算的 16 个方位的 1000 年一遇风速按以下假定逐一进行计算：其一，所有计算过程时间长度 48 小时；其二，所有计算过程从 6 级风（12m/s）开始，按抛物线分布，到 24 小时达到 1000 年一遇风速值，此后按抛物线分布风速下降，直到 48 小时。

计算得到，引起厂址可能最大风暴潮减水的风向是 NNW，计算得到厂址可能最大风暴潮减水为 -3.23m。

2.5.3.3 海平面异常

利用拓延的厂址海平面资料和其它信息，综合分析了工程海域海平面变化状况，指出工程海域海平面将持续上升，但幅度不大，不会出现异常变化状况。利用谱分析方法计算了海平面显著周期，并与天文潮和太阳黑子出现的周期等进行比较，确定工程海域海平面变化显著周期，并利用海平面上升预测模型，预测了工程海域未来海平面变化。厂址所处的黄海北部海域海平面上升速率为 0.27cm/a，高于 20 世纪全球海平面上升速率（0.18cm/a），核电运行 80 年周期内海平面上升值为 24cm。

2.5.3.4 假潮

假潮是叠加在潮汐上的一种较短周期的震动，经常发生在沿岸的海湾中，其成因主要为“气压波强迫作用”、“大气压力扰动和风向、风速突变”、“自由波共振”、“港湾地理环境”等，当外力周期与海湾的固有振动周期一致时，则激发假潮。

《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09-1990）指出，假潮的振型仅取决于海湾的几何形状和水深。振幅则取决于外力的大小。梅良（J.R.Merian）提出了一个简单的概念化模式，用于计算表面定振波的周期，他讨论了等深的矩形海湾内的定振波，假定海水密度均匀，并忽略柯氏力和摩擦力等影响，得到：

$$T_0 = \frac{4L}{\sqrt{gh}}$$

式中 L 为海湾的长度，g 为重力加速度，h 为海湾的平均水深。实际海湾有复杂的形状，1979 年日本学者提出了修正的梅良公式，式中考虑了海湾长宽比的影响，即：

$$T_1 = \alpha T_0$$

$$\alpha = \sqrt{1 + \frac{2B}{\pi L} (0.9228 - \ln \frac{\pi B}{4L})}$$

其中 B 为海湾平均宽度。对于庄河厂址所处的海域而言，海湾长度约为 12km，宽度约 2km，海湾的平均水深约 7m。利用上述公式得其基态自然周期为 $T_1=16\text{min}$ 。

总之，工程海域存在假潮现象，但其振幅量值不大，多在 10~15cm 左右变化，即使在气压、风巨变等天气条件下，量值也一般不超过 0.3m。登陆和路经北黄海的台风和温带气旋所引起的气压和风场的突然变化是引起工程海域假潮的主要原因。综合分析估算，厂址海域假潮可能最大振幅为 0.3m，远小于可能最大风暴潮增水，在设计基准洪水位（DBF）组合中可忽略不计。

2.5.3.5 海啸

海啸是海洋中迅速传播的一种长周期重力波，当其传播到近岸时可形成惊涛骇浪，造成严重的灾害损失。海啸亦称海吼，按其成因，海啸可分为3种类型，即地震海啸、火山海啸和滑坡海啸。发生较多的是地震海啸，它是一种由地表断裂、海底隆起或下沉导致的海底突然错位引起的近海或大洋的波浪，或者波浪系统。地震海啸的形成要具备三个条件：

- 1) 地震要发生在海底且地壳需大范围的急剧垂直升降；
- 2) 地震强度需在 6.5 级以上且震源深度小于 50km；
- 3) 地震发生海区的海水需达到足够深度，一般要在 1000m 以上。

工程海域所处的黄海北部海域其平均深度不到 30m，最深处也不过 50m，距发生地震海啸要求水深在 1000m 以上的条件相差甚远，另外，渤海海峡较窄，外海海啸波传至能量迅速衰减。因此，在渤海无论是自身还是由外海传入，都不易发生地震海啸，故工程海域不会发生地震海啸。

根据核安全局对我国沿海核电站地震海啸风险论证结果，基于中国地震局提供的潜在地震海啸源数据，可能引起黄海北部沿海潜在的地震源主要为琉球海沟的 6 个子断层及其 RL5+6 断层组合，采用数值模式方法计算了这些组合引起的地震海啸值。

该计算不考虑我国近海能够产生局地海啸的源地，只考虑能够产生类似日本 0311 巨大地震海啸的源地，如琉球海沟。这个海沟是亚欧板块与太平洋板块的交界处，是典型的地震潜没带，与日本本州东部的海沟类似，能够产生较大的海啸。

计算结果表明，琉球海沟各断层产生的海啸，除在浙江和福建沿海会遭受轻微海啸波外，其他北部遭受的海啸波为零。其中，琉球海沟 RL2 断层在北部沿海产生的海啸波，最高为 10cm 左右；琉球海沟 RL1 断层在北部沿海产生的海啸波次之，最高为 5cm 左右。总之，无论哪种情形琉球海沟海啸源对庄河核电厂的影响都较小，产生的最大海啸波幅都不超过 0.2m。因此，综合考虑厂址的可能最大海啸为 0.2m，远小于可能最大风暴潮增水，在设计基准洪水位（DBF）组合中可忽略不计。

2.5.3.6 波浪影响

可能最大台风浪计算采用第三代近岸海浪数值计算模式 SWAN 模型，首先 SWAN 模式选用了全隐式的有限差分格式，无条件稳定，使计算空间网格和时间步长上不会受到牵制；其次在平衡方程的各源项中，除了风输入、四波相互作用、破碎和摩擦项等，还考虑了深度破碎（Depth-induced wave breaking）的作用和三波相互作用。

根据导则要求，可能最大台风浪的计算是采用引起可能最大风暴潮的台风路径和与之相应的 PMTC 参数，利用波浪模型计算完成。计算了设计基准水位条件下可能最大台风浪，得到厂址前沿水深-20m 的可能最大台风浪波要素为： $H_s=7.11m$ ， $H_{1/100}=11.37m$ ， $T=10.7s$ 。

2.5.3.7 海洋洪水

根据《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09-1990）相关要求，确定厂址处的设计基准洪水位（DBF）组合如下：

10%超越概率天文高潮位：	3.39m
可能最大风暴潮增水：	4.03m
海平面上升：	0.24m
设计基准洪水位：	7.66m

本工程厂坪设计标高为 12.5m，高于不考虑波浪影响的设计基准洪水位。波浪的影响可通过修建护岸、防波堤等海工构筑物进行防御，保证与厂区安全有关的构筑物不被海洪淹没。

2.5.3.8 陆域洪水

根据《核电厂工程水文技术规范》（GB/T 50663-2011），应结合厂址特征，分析以下独立事件和组合事件及其相应的外界条件：

- （1）由降雨产生的可能最大洪水；
 - （2）可能最大降雨引起的上游水库溃坝；
 - （3）可能最大降雨引起的上游水库溃坝与可能最大降雨引起的区间洪水相遇；
 - （4）可能最大积雪与频率 1%的雪季降雨相遇；
 - （5）频率 1%的积雪与雪季的可能最大降雨相遇；
 - （6）由相当运行基准地震震动引起的上游水库溃坝与 1/2 可能最大降雨引起的区间洪水相遇；
 - （7）由相当极限安全地震震动引起的上游水库溃坝与频率 4%的区间洪水相遇；
 - （8）频率 1%的冰堵与相应季节的可能最大洪水相遇；
 - （9）上游水坝由操作失误开启所有闸门与由 1/2 可能最大降雨引起的洪峰相遇；
 - （10）上游水坝因操作失误开启所有泄水底孔与由 1/2 可能最大降雨引起的洪峰相遇。
- 根据辽宁庄河核电厂一期工程厂址周边的暴雨洪水特性、流域地形地貌和流域内水利工程情况，分析可能成为设计基准洪水的组合事件。因厂址周边无水库工程，上述与水库相关的（2）、（3）、（6）、（7）、（9）、（10）事件均可以排除；厂址周边的小河流 A 河和 D 河均属暴雨洪水型河流，汛期在每年的 6~10 月，汛期洪水远远大于冬季洪水，可以排除上述（4）、（5）、（8）事件。通过以上分析，影响本工程陆域洪水组合事件仅有事件（1），即由降雨产生的可能最大洪水。

本工程陆域洪水分析计算主要考虑地窖河及厂址所在小流域的可能最大洪水。由于本工程为滨海厂址，考虑陆域洪水组合洪水事件的同时，还应考虑陆域洪水与海洋洪水的遭遇对厂址防洪安全的影响。厂址周边河流形成的洪水对厂址安全影响分析如下：

（1）地窖河

地窖河上游建有一座永记水库（中型），水库坝址以上河流长 8.758km，河道平均比降为 10.41‰。坝址以上流域面积 35.42km²，总库容 3035 万 m³，正常库容 1467 万 m³。永记水库控制流域内另建有一座老虎洞小型水库，集水面积 6.77km²，总库容 130 万 m³。经计算可知，按照辽宁省推理公式法和瞬时单位线法计算得到地窖河河道入海口的 $Q_{PMF}=2449\text{ m}^3/\text{s}$ ，永记水库溃坝坝址处最大流量向下游演进至距坝址 $L\text{ (m)}$ 控制断面的最大流量 $Q_L=2865\text{ m}^3/\text{s}$ 。把上述 Q_{PMF} 、 Q_L 进行最不利组合叠加，即将 Q_{PMF} 、 Q_L 直接相加作为地窖河入海口最不利的最大洪峰 $Q_{PMF_L}=5314\text{ m}^3/\text{s}$ 。地窖河入海口的河道大断面图的河底高程平均约为 1.5m，由此得地窖河入海口的可能最大洪水位约为 5 m，远远低于厂坪设计标高 12.5m，可见地窖河的 PMF 对厂区防洪没有影响。

（2）陆域组合洪水与海洋洪水遭遇

本项目的洪水来源主要是海洋洪水与 A 河和 D 河遭遇组合。因此重点计算分析 A 河和 D 河小流域出口断面 A-A 和断面 3-3 处的最高洪水位对本项目的影响。

厂址附近暴雨形成的淹没过程主要发生在区域小流域山沟汇水低洼处，厂区东侧在 PMP 遭遇千年一遇潮位过程情景下北面的最高洪水位 $Z_{3-3}=7.47\text{m}$ ，对应洪峰流量为 $16.9\text{m}^3/\text{s}$ ；厂区西侧断面 A-A 处最高洪水位为 $Z_{A-A}=4.83\text{m}$ ，对应洪峰流量为 $25.2\text{m}^3/\text{s}$ 。

厂址附近暴雨形成的淹没过程主要发生在区域小流域山沟汇水低洼处，厂区东侧在千年一遇暴雨遭遇海洋设计基准洪水位过程情景下北面的最高洪水位 $Z_{3-3}=7.62\text{m}$ ，对应洪峰流量为 $10.7\text{m}^3/\text{s}$ ；厂区西侧断面 A-A 处最高洪水位为 $Z_{A-A}=7.66\text{m}$ ，对应洪峰流量为 $18.7\text{m}^3/\text{s}$ 。

综上，陆域洪水与海洋洪水遭遇后也不会对厂址防洪安全造成影响。

2.6 地形地貌

厂址区域地形平坦开阔，地势东南高西北低，自然地面高程-1.90m~40.79m（1985 国家高程基准，下同）。厂址主要为剥蚀平缓残丘地貌，局部分布有海成地貌和人工地貌等。剥蚀平缓残丘地貌分布于厂址陆域，高差小，地势平缓；海成地貌分布于厂址南侧海岸，包括海滩、海蚀穴及海蚀崖等；人工地貌分布于厂址西部、东部及南部，包括人工回填、码头及海参养殖池塘等。

表 2.4-1 各气象站基本状况与地理位置一览表

区站号	站名	级别	纬度	经度	高度	与厂址距离
54486	岫岩站	基本站	40°20'17" N	123°16'36" E	97.7m	68.3km
54584	庄河站	基本站	39°42'45"N	122°57'12"E	34.8m	40.1km
54590	东港站	一般站	39°54'55" N	124°08'50" E	3.9m	65.4km
54497	丹东站	基本站	40°01'54"N	124°19'39"E	13.8m	82.0km
54579	长海站	基准站	39°16'19"N	122°35'12"E	35.5m	85.5km

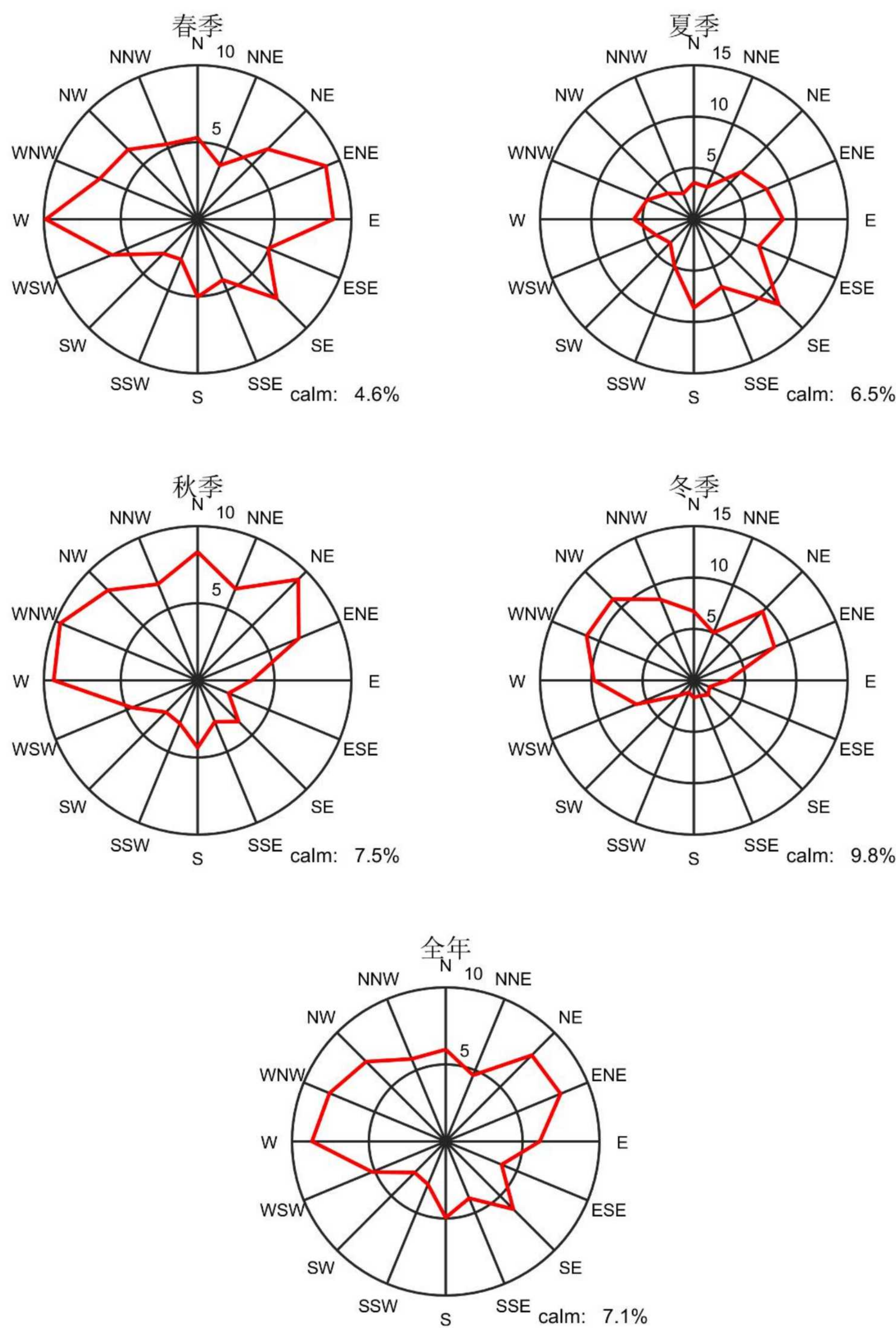
表 2.4-2 最终推荐的厂址大气扩散参数

稳定度	扩散参数系数			
	p _y	q _y	p _z	q _z
10m				
A	0.486	0.880	0.248	0.925
B	0.428	0.867	0.216	0.908
C	0.359	0.861	0.302	0.785
D	0.255	0.854	0.246	0.775
E	0.175	0.846	0.195	0.695
F	0.127	0.842	0.142	0.668
70m				
A	0.516	0.882	0.234	0.920
B	0.455	0.869	0.204	0.904
C	0.381	0.863	0.285	0.781
D	0.271	0.856	0.232	0.771
E	0.185	0.849	0.185	0.691
F	0.133	0.845	0.132	0.663

注：参数采用值 $\sigma_y = p_y x^{q_y}$ ， $\sigma_z = p_z x^{q_z}$

表 2.4-3 主要传感器性能指标

	名称	测量范围	分辨率
气象铁塔	风速	0.3m/s~60m/s	0.05m/s
	风向	0°~360°	2.5°
	气温	-50℃~+50℃	0.1℃
地面站	风速	0.3m/s~60m/s	0.05m/s
	风向	0°~360°	2.5°
	气温	-40℃~+85℃	0.1℃
	降水量	0mm/min~4mm/min	0.1mm
	总辐射	0W/m ² ~2000 W/m ²	1 W/m ²
	净辐射	-2000W/m ² ~2000 W/m ²	1 W/m ²
	蒸发	0mm~100mm	0.1mm
	气压	600hPa~1100hPa	0.1 hPa
	相对湿度	0%~100%	1.5%



单位：%

图 2.4-1 庄河站各季和年风向玫瑰图（1992~2022 年）

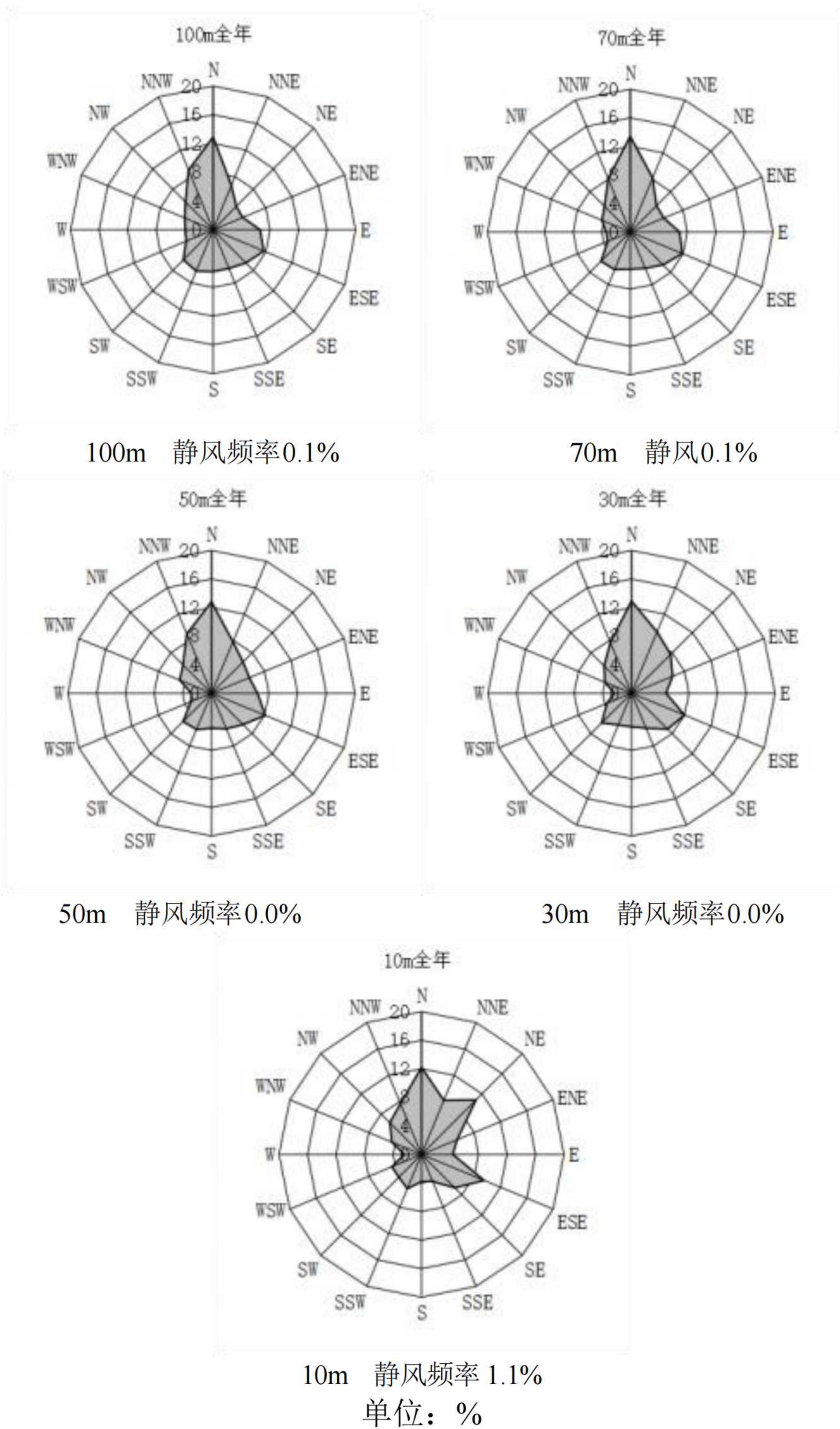


图 2.4-2 厂址气象铁塔各高度年风向玫瑰图（2024.8~2025.7）

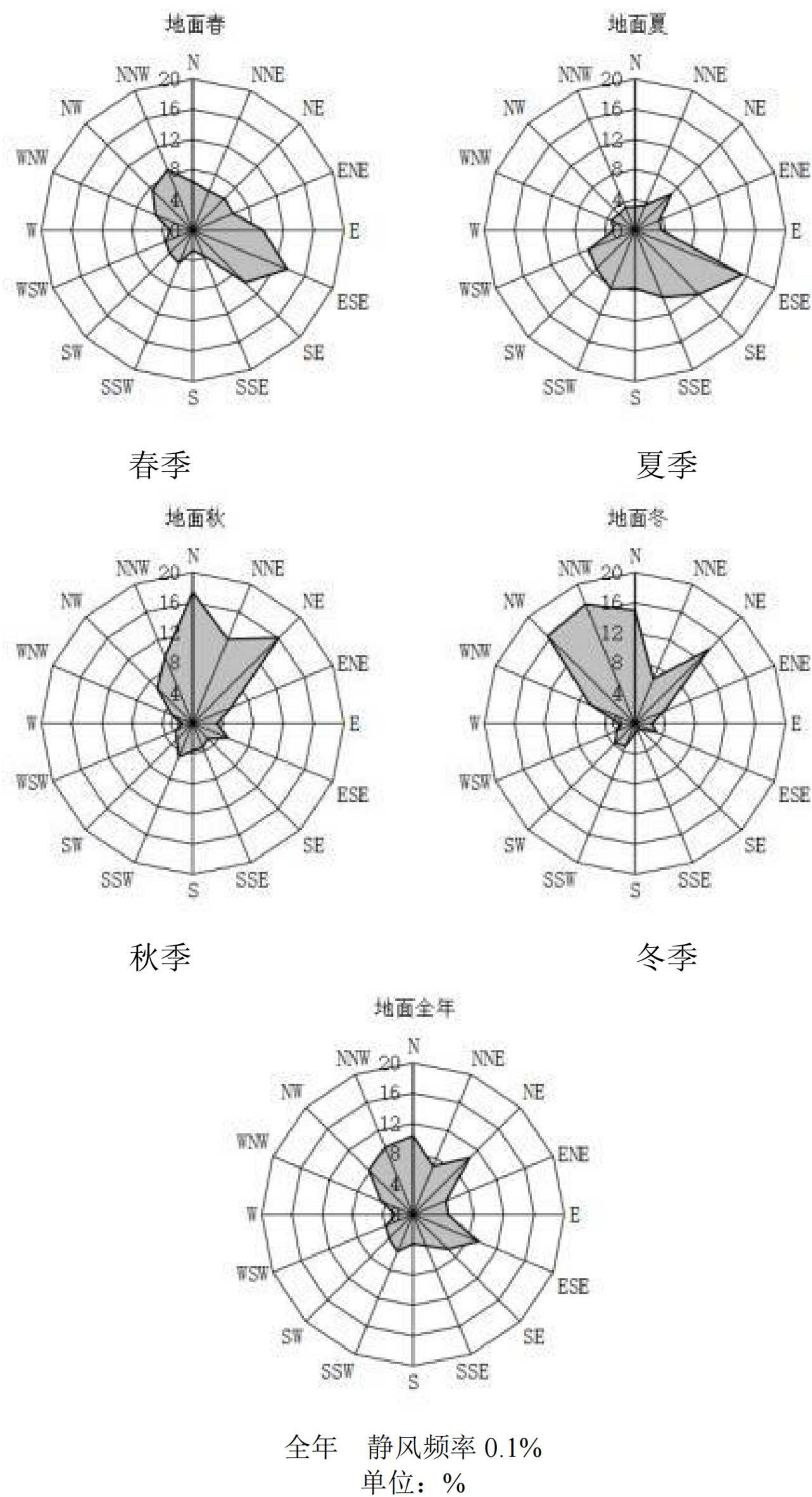
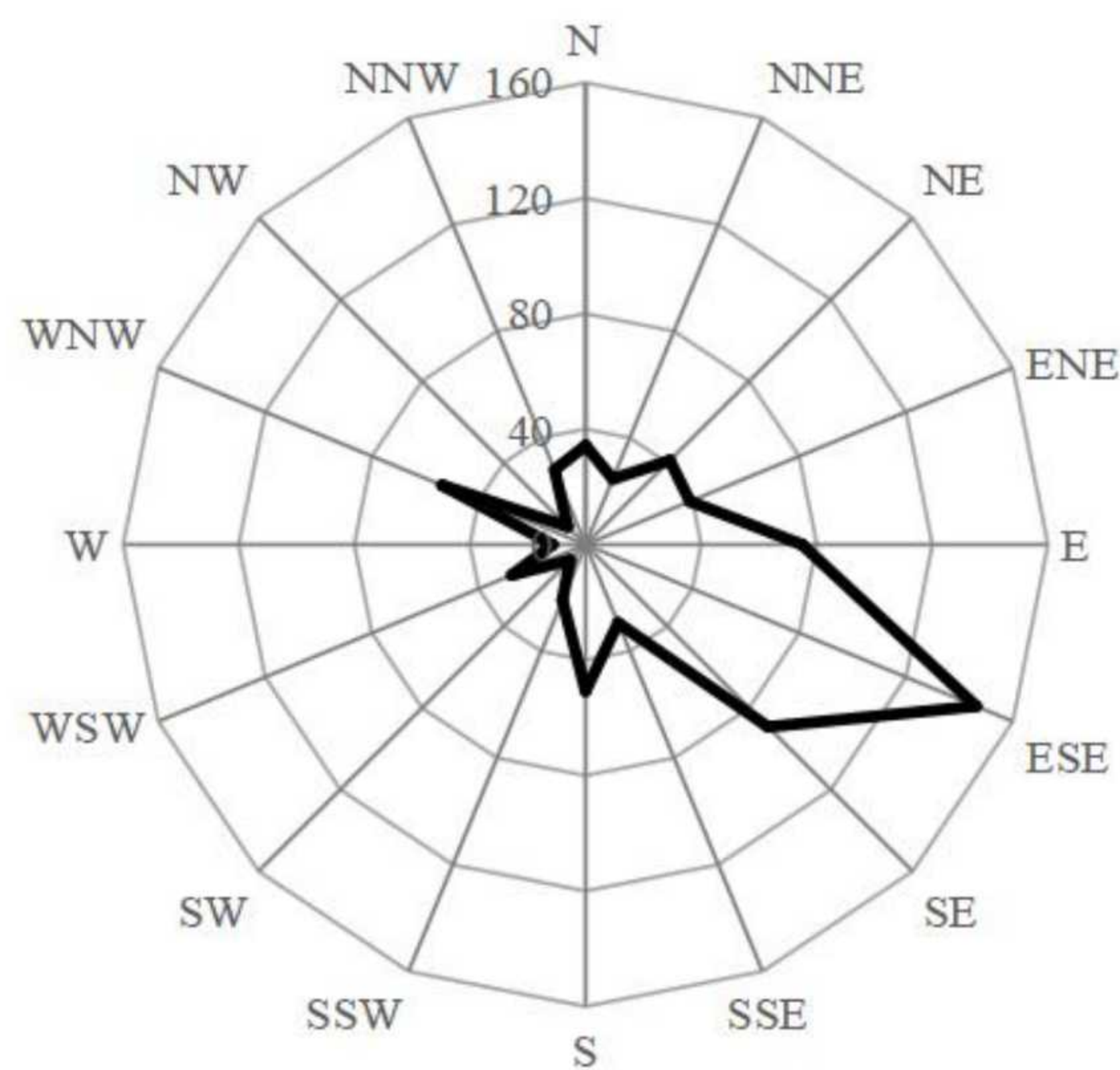


图 2.4-3 厂址地面站各季和年风向玫瑰图（2024.8~2025.7）



单位：mm

图 2.4-4 厂址地面站各风向年降水量玫瑰图（2024.8~2025.7）

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

- 3.1.1 辐射环境质量现状调查
- 3.1.2 辐射环境质量评价

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

表

- 表 3.1-1 辽宁庄河核电厂一期工程辐射环境本底初步调查方案
- 表 3.1-2 环境放射性监测各类样品的探测下限（放化部分）
- 表 3.1-3 气溶胶 γ 谱测量的探测下限
- 表 3.1-4 饮用水、地下水、地表水 γ 谱测量的探测下限
- 表 3.1-5 海水 γ 谱测量的探测下限
- 表 3.1-6 土壤、沉积物 γ 谱测量的探测下限
- 表 3.2-1 环境空气质量标准限值（二级）
- 表 3.2-2 声环境质量标准
- 表 3.2-3 监测仪器一览表

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境质量现状调查

为编制本章节内容，2023 年 2 月至 2023 年 5 月开展了为期 3 个月的辐射环境本底初步调查，以了解辽宁庄河核电厂一期工程运行前的辐射环境的初步情况，最终编制完成了《庄河核电厂一期工程辐射环境本底初步调查报告》（以下简称“本次调查”），并通过了专家评审。本节主要引用此初步调查报告的数据对厂址地区的辐射环境质量现状进行说明。

3.1.1.1 调查内容

本次调查主要分为资料收集和现场调查两部分，调查方案详见表 3.1-1。

（1）相关数据和资料收集

- 厂址半径 30km 范围内核设施，铀、钍矿设施概况；
- 厂址半径 15km 范围内人为活动引起天然辐射照射增加的设施概况；
- 厂址半径 15km 范围内同位素生产以及非密封放射源同位素的应用概况；
- 厂址半径 5km 范围内 I 类和 II 类放射源的应用概况；
- 厂址所在地的辐射水平相关资料。

（2）现场调查主要包括

- 厂址周围 20 km 范围内环境 γ 辐射水平：陆地环境 γ 辐射/贯穿辐射剂量率和累积剂量；
- 厂址周围 10 km 范围内主要环境介质中放射性核素活度浓度，监测的环境介质包括土壤、空气、陆地水体和受纳水体等。

3.1.1.2 布点原则

本次调查的测量点/采样点设置的总体原则如下：

- 应遵循相关标准规范的规定；
- 充分考虑自然环境状况、社会环境状况以及影响放射性核素在环境中迁移的各种因素；
- 充分考虑厂址周围地区人口分布、居民饮食结构等调查资料，同时参考当地气象的资料；
- 重点关注主导风向下风向区域、人口稠密区、生态功能区、环境敏感区和脆弱区；
- 按“均匀选点，近密远疏”的原则进行布点，充分考虑采样点和监测点的代表性。

3.1.1.3 调查范围及布点方案

（1）环境 γ 辐射剂量率

- 调查范围：以厂址为中心半径 20km 范围内，按半径为 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位角上分别选取测量点。

- 布点方案：本次调查环境 γ 辐射空气吸收剂量率共布设了 56 个点位，其中原野 37 个点位，道路 19 个点位。

（2）环境 γ 辐射累积剂量

- 调查范围：以厂址为中心为半径 20km 范围，按半径为 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位角的扇形区域内布点。

- 布点方案：共布设了 34 个点位。

（3）气溶胶、 ^3H 、 ^{14}C

- 调查范围：以厂址为中心半径 10 km 范围内。

- 布点方案：共布设 3 个采样点位。

（4）土壤

- 调查范围：以厂址为中心半径 10km 范围内。

- 布点方案：共布设 8 个采样点位。

（5）陆地水体

a) 饮用水

- 调查范围：以厂址为中心半径 10km 范围内。

- 布点方案：共布设 2 个采样点位。

b) 地表水及沉积物

- 调查范围：以厂址为中心半径 10km 范围内；

- 布点方案：地表水和沉积物各设 3 个采样点。

c) 地下水

- 调查范围：以厂址为中心半径 10km 范围内。

- 布点方案：共布设 3 个采样点位。

（6）海水和海洋沉积物

- 调查范围：以厂址为中心半径 10km 范围内。

- 布点方案：海水共设置 3 个采样点，海洋沉积物共设置 5 个采样点。

3.1.1.4 测量仪器和分析方法

分析测量方法优先选用生态环境部颁布的环境监测标准方法，若测量项目没有相应环境监测标准方法，选用适合的国家标准方法，其次选用适合的行业标准。

3.1.1.5 探测下限

本次调查监测方法的分析测量参数以及探测下限见表 3.1-2~表 3.1-6。

3.1.1.6 调查结果

（1）厂址周围存在的辐射或放射源应用情况

厂址半径 30km 范围内，无其他核设施，无铀、钍矿设施；厂址半径 15km 范围内，无人活动引起天然辐射照射增加的设施；厂址半径 15km 范围内，无同位素生产以及非密封放射源同位素的应用；厂址半径 5km 范围内，无 I 类和 II 类放射源的应用。

（2）环境 γ 辐射剂量率测量结果

- 宇宙射线响应测量

宇宙射线响应值 25 ± 6 。

- 环境 γ 辐射剂量率

环境 γ 辐射剂量率共设 56 个采样点位，其中 19 个道路点位、37 个原野点位。

19 个道路采样点位中，最低值是郑屯，范围为 59~114nGy/h，均值为 90.4nGy/h。

37 个原野采样点位中，最低值是大黑山屯，范围为 57~128nGy/h，均值为 89.9nGy/h。

（3）环境 γ 辐射累积剂量率测量结果

本次调查共布放 34 个热释光剂量片。本次调查区内环境 γ 辐射累积剂量（小时平均值）测量结果（未扣除宇宙射线响应值）为 44.1~147.3 nGy/h，平均值为 91.1 nGy/h。

（4）气溶胶、 ^3H 、 ^{14}C 测量结果

- 气溶胶

本次调查气溶胶分析项目包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^7Be ）。结果如下：

气溶胶的总 α 活度浓度为 0.23~0.31 mBq/m³，平均值为 0.26 mBq/m³；

总 β 活度浓度为 1.24~1.53 mBq/m³，平均值为 1.41 mBq/m³；

^7Be 的浓度范围为 2.23~3.43 mBq/m³，平均值为 2.64 mBq/m³；

^{90}Sr 的浓度范围为 3.68~4.37 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ，平均值为 4.00 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 的活度浓度均低于探测限。

- 空气中 ^{14}C 和 ^3H

空气中 ^3H 的活度浓度范围为 $<\text{MDC} \sim 12.6\text{mBq}/\text{m}^3$ 。空气中 ^{14}C 的活度浓度范围为 45.9 mBq/m³~49.5 mBq/m³。

（5）陆地水体测量结果

总 α 、总 β 范围分别为 0.14~0.45 Bq/L、0.334~0.855 Bq/L；

^{90}Sr 的活度浓度为 0.99~1.25 mBq/L；

^3H 的活度浓度为 0.47~0.81 Bq/L。

^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等活度浓度均低于探测限。

- 地下水

总 α 、总 β 活度浓度分别为 0.204~0.651 Bq/L、0.113~0.395 Bq/L；

^{90}Sr 的活度浓度为 0.83~1.32 mBq/L，平均值为 1.12 mBq/L；

^3H 活度浓度为 0.4~0.52 Bq/L，平均值为 0.44 Bq/L；

^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等活度浓度均低于探测限。

- 饮用水

总 α 、总 β 的活度浓度分别为 0.093~0.221 Bq/L、0.481~0.541 Bq/L；

^{90}Sr 的活度浓度为 0.78~0.85 mBq/L，平均值为 0.82 mBq/L；

^3H 的活度浓度为 0.52~0.54 Bq/L，平均值为 0.53 Bq/L；

^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等活度浓度均低于探测限。

（6）土壤测量结果

本次调查土壤分析项目包括 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K ），监测频次为 1 次。

^{238}U 的活度浓度为 21.7~62.9 Bq/(kg·干)，平均值为 45.2 Bq/(kg·干)；

^{232}Th 的活度浓度为 34.4~65.7 Bq/(kg·干)，平均值为 56.6 Bq/(kg·干)；

^{226}Ra 的活度浓度为 18.2~39.6 Bq/(kg·干)，平均值为 33.9 Bq/(kg·干)；

^{40}K 的活度浓度为 601~896 Bq/(kg·干)，平均值为 742 Bq/(kg·干)；

^{137}Cs 的活度浓度为 1.36~4.58 Bq/(kg·干)，平均值为 3.23 Bq/(kg·干)；

^{90}Sr 的活度浓度为 0.67~1.21 Bq/(kg·干)，平均值为 0.87 Bq/(kg·干)。

^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等放射性核素活度浓度均低于探测限。

（7）地表水沉积物测量结果

本次调查地表水沉积物分析项目包括 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K ）。监测频次为 1 次。

^{238}U 的活度浓度为 45.4~47.6 Bq/(kg·干)，平均值为 46.4 Bq/(kg·干)；

^{232}Th 的活度浓度为 54.8~78.7 Bq/(kg·干)，平均值为 68.7 Bq/(kg·干)；

^{226}Ra 的活度浓度为 21.2~30.9 Bq/(kg·干)，平均值为 25.6 Bq/(kg·干)；

^{40}K 的活度浓度为 740~809 Bq/(kg·干)，平均值为 775 Bq/(kg·干)；

^{137}Cs 的活度浓度为 1.19~4.12 Bq/(kg·干)，平均值为 2.97 Bq/(kg·干)；

^{90}Sr 的活度浓度为 0.80~1.09 Bq/(kg·干)，平均值为 0.97 Bq/(kg·干)；

^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等放射性核素活度浓度均低于探测限。

（8）海水测量结果

海水分析项目包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ），监测频次为 1 次。

总 β 的活度浓度为 9.1~10.2 Bq/L，平均值为 9.63 Bq/L；

^{90}Sr 的活度浓度为 0.83~1.28 mBq/L，平均值为 1.02 mBq/L；

^3H 的活度浓度为 0.32~0.58 Bq/L，平均值为 0.47 Bq/L；

^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 的活度浓度均低于探测限。

海域放射性调查中，海水样品在 2023 年春、夏、秋、冬每季取样调查一次，共取样调查 4 次，分析项目为总铀、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^3H 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Rh 、 ^{226}Ra 、 ^{106}Ru 、 ^{59}Fe 。

^{226}Ra 活度浓度范围 5.05~8.60mBq/L；

^{137}Cs 活度浓度范围 0.92~1.56mBq/L；

总 β 活度浓度范围 6.57~ 9.14Bq/L；

总铀活度浓度范围 2.43~3.49 $\mu\text{g/L}$ ；

^{90}Sr 活度浓度范围 1.21~3.56mBq/L；

^3H 活度浓度范围 0.42~0.89Bq/L。

（9）海洋沉积物测量结果

海洋沉积物测量项目包括 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K ），测量频次为 1 次。

^{238}U 的活度浓度为 18.4~57.9 Bq/(kg·干)，平均值为 34.8 Bq/(kg·干)；

^{232}Th 的活度浓度为 39.0~56.7 Bq/(kg·干)，平均值为 48.3 Bq/(kg·干)；

^{226}Ra 的活度浓度为 20.4~25.5 Bq/(kg·干)，平均值为 22.6 Bq/(kg·干)；

^{40}K 的活度浓度为 667~782 Bq/(kg·干)，平均值为 727 Bq/(kg·干)；

^{137}Cs 的活度浓度为 1.55~3.15 Bq/(kg·干)，平均值为 2.43 Bq/(kg·干)；

^{90}Sr 的活度浓度为 0.91~1.11 Bq/(kg·干)，平均值为 0.99 Bq/(kg·干)；

^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等放射性核素活度浓度均低于探测限。

3.1.1.7 质量保证

为保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，以及对调查过程进行全面控制，本次调查选择具备 CMA 资质的单位，并在调查过程中采取了一系列质量保证措施。在调查过程中的质量保证措施主要有以下几个方面：

（1）组织机构与人员配备

调查单位在调查工作开始之前成立了厂址环境放射性本底初步调查项目组 and 质保组，在单位领导指导下开展调查工作。根据工作进度与实际需要，从事对质量活动有影响的人员，具备从事该任务所必需的学历、经历和业务熟练程度。项目负责人及所有工作人员由有相关资质的人员承担，所有人员均需参加质保和技术培训，考核通过后，发给证书，做到持证上岗。

（2）样品控制

- 采样人员按照工作大纲和《作业指导书》实施现场采样。
- 采样人员对在选定的采样地点所采集的样品按照样品编码规定进行标识，填写采样记录表和样品标签，并签名。样品标签字迹清楚，不得涂改，不得与样品分开。
- 采集的样品按规定进行简单处理，防止样品变质、污染、被容器吸附等。样品中半衰期短的核素，采样后尽快送实验室分析。
- 样品从采样点送到实验室过程中采样人员轻拿轻放，防止标识的脱落、样品的破裂、沾污和变质。
- 样品运输前填写样品清单，清点样品，检查包装。
- 样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品交接单上签字。
- 接样人员将接收的样品放于样品室内，避免暴晒，同时防止挤压、刺破样品袋。
- 对样品分析的中间过程进行唯一性标识，防止样品间混淆。

（3）仪器设备的控制

仪器设备管理主要是通过建立仪器设备台账，指定专人保管；用于测量分析的仪器设备有专人负责维护，使用前后必须严格按照有关要求填写使用记录本，出现故障及时维修；有温湿度要求的仪器设备记录温湿度的日常变化，以保证温度和湿度控制在要求的范围内。

对低水平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。

（4）化学试剂控制

- 实验室已准确地配制标准溶液，根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录。
- 在使用高活度标准溶液时，防止其对低本底实验室的沾污，在使用完后用表面污染仪检查并清洁。
- 实验室使用的试剂溶液和蒸馏水必须贴上标签，试剂溶液的标签必须写明名称、浓度、介质、配制日期以及有效期。

（5）储存和运输的控制

对于采集到的桶装海水样品，现场处理后，在水桶内盖下衬垫软薄的塑料袋作为内衬，再依次加盖内盖、外盖，拧紧，摇匀；玻璃瓶装的³H样品，瓶盖内加塑料垫内衬，并拧紧瓶盖，装入泡沫箱中，确保装卸过程、运输过程中不出现样品渗漏。每天采集的海水样品等在运回实验室前，暂时存放在仓库并锁好，以防损伤、变质和丢失。采用厢式货车由现场运回实验室，运输时间约20个小时。在装车过程中，对车厢四周可能对水桶有挤压或摩擦的地方使用泡沫塑料垫好，防止运输过程中水桶损坏、水样渗漏。样品装车后，清点样品，形成清单，样品到达实验室后，由实验室人员清点样品。

对于采集的其他样品应分类进行简单处理，防止样品污染；样品从采样点送到实验室过程中采样人员要轻拿轻放，防止标识的脱落、样品的破裂、沾污和变质；样品运输前由现场采样人员认真填写样品清单，清点样品，检查包装；样品送达实验室后，接样人员和送样人员共同清点样品，并在样品清单上签字；接样人员将接收的样品放于样品室内，避免暴晒，同时防止挤压、刺破样品袋。

（6）实验室比对

为了检查实验室是否存在系统误差，不定期参加国内外组织的实验室测量比对。如发现问题，及时采取必要的改正措施。执行调查单位质量体系《程序文件汇编》中实验室间比对及能力验证程序文件。

近年来，调查单位多次参加国内外实验室间比对、能力验证等质量控制活动，均取得了满意结果。

（7）平行样品的测量

为了对项目中样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在项目的实施过程中，分别对海水、海洋沉积物和生物样品采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同，样品整体平行性较好，满足HJ61-2021相关要求。

3.1.2 辐射环境质量评价

本次调查结果主要与生态环境部网站资料《2019 全国辐射环境质量报告》、《2020 全国辐射环境质量报告》、《2021 全国辐射环境质量报告》进行比较，以评价本厂址周围辐射环境水平。

通过对比分析可知，本工程厂址周围环境 γ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度结果未发现异常数据，均为环境本底水平。

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

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司及北京浩达建通技术检测有限公司于 2023 年 6 月完成的《庄河核电厂一期工程厂址区域环境大气、噪声现状调查及评价报告》。

3.2.1.1 大气环境质量现状调查

执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

——《环境空气质量标准》（GB3095-2026）。

根据《辽宁省生态环境厅关于庄河核电厂一期工程环境影响报告书相关执行标准的复函》（辽环函〔2023〕44 号），本项目环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）规定的二类标准限值，详见表 3.2-1。

3.2.1.2 大气环境质量评价

SO₂ 各测点的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

NO₂ 各测点的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

NO_x 各测点的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

CO 各测点的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

PM_{2.5} 各测点的日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

PM₁₀ 各测点的日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

TSP 各测点的日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

根据大连市环境监测网公开发布的城市环境空气质量情况，2025 年 12 月庄河市 O₃ 各测点的小时浓度和日最大 8 小时平均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

综上所述，本次大气环境现状调查期间，厂址半径 5km 范围内的环境空气质量满足

《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

3.2.1.3 质量保证

《庄河核电厂一期工程厂址区域环境大气、噪声现状调查及评价报告》引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：190112050949。监测数据报告印有CMA 计量认证公章。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 声环境质量现状调查

（1）执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；

——《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

——《声环境功能区划分技术规范》（GB/T15190-2014）。

根据《辽宁省生态环境厅关于庄河核电厂一期工程环境影响报告书相关执行标准的复函》（辽环函〔2023〕44号），核电厂厂界声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的2类标准，厂界外周边村庄声环境原则上执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）1类标准，工业活动较多的村庄以及有交通干线经过的村庄可局部或全部执行2类标准。《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的标准限值见表3.2-2。

3.2.2.2 噪声质量评价

（1）声环境保护目标噪声

声环境保护目标噪声监测点，第一天昼间噪声等效声级为47.6~54.8dB（A），第二天昼间噪声等效声级为47.9~54.5dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的1类声环境功能区昼间噪声标准限值55dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为36.7~44.7dB（A），第二天夜间噪声等效声级为36.1~43.2dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的1类声环境功能区夜间噪声标准限值45dB（A）的要求。

（2）网格噪声

网格噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为42.3~51.5dB（A），第二天昼间噪声等效声级为45.4~51.0dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的2类声环境功能区昼间噪声标准限值60dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为32.6~47.8dB（A），第二天夜间噪声等效声级36.2~42.6dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的2类声环境功能区夜间噪声标准限值50dB（A）的要求。

（3）交通噪声

交通噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 57.4~67.2dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 64.6~66.9dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 4a 类声环境功能区昼间噪声标准限值 70dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为 42.9~51.6dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 41.5~47.4dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 4a 类声环境功能区夜间噪声标准限值 55dB（A）的要求。

（4）厂界噪声

厂界噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 55.0~57.4dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 51.7~53.6dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类声环境功能区昼间噪声标准限值 60dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为 45.8~47.5dB（A），第二天夜间噪声等效声级 37.0~37.9dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类声环境功能区夜间噪声标准限值 50dB（A）的要求。

（5）海域噪声

海域噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 59.5~63.5dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 61.2~62.8dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类声环境功能区昼间噪声标准限值 65dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为 44.5~52.5dB（A），第二天夜间噪声等效声级 47.2~53.4dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类声环境功能区夜间噪声标准限值 55dB（A）的要求。

（6）现有噪声源噪声

现有噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 51.8dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 51.6dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类声环境功能区昼间噪声标准限值 65dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为 41.0dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 40.5dB（A），符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类声环境功能区夜间噪声标准限值 55dB（A）的要求。

3.2.2.3 质量保证

《庄河核电厂一期工程厂址区域环境大气、噪声现状调查及评价报告》引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：190112050949。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

工程海区位于辽东半岛东部沿岸，大洋河口以西至登沙河口为岬湾型粉沙质海岸。从工程海域水下地形看，可分为 10m 等深线以浅的水下浅滩，以及 10~20m 等深线间的水

下堆积平原，水下坡度分别为 1.35‰~0.8‰、1‰~0.68‰，各等深线基本呈平行分布，5~15m 水深间距离仅为 8.3km。厂址周边分布有较多的水产养殖排污口、沟渠、河港（涌）、排干等。

根据《关于<大连市部分近岸海域环境功能区划调整方案>的批复》（辽环函）〔2024〕219 号），将庄河核电厂附近近岸海域环境功能区划现行的二类环境功能区面积 39.80km² 调整为：混合区（辽宁庄河核电厂排放口）面积 0.54 km²、三类环境功能区（辽宁庄河核电厂）面积为 39.17 km²、四类环境功能区（辽宁庄河核电厂大件码头）面积为 0.09 km²。调整后的各类环境功能区中，混合区（辽宁庄河核电厂排放口）水温指标执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中关于混合区的相关规定，其他指标执行第二类海水水质标准。三类环境功能区（辽宁庄河核电厂）和四类环境功能区（辽宁庄河核电厂大件码头）水温指标执行第三类海水水质标准，其他指标执行第二类海水水质标准。

3.2.3.1 受纳水体环境质量现状调查

为了解厂址附近海域的海洋环境状况，国家海洋环境监测中心于 2023 年 2 月（冬季）、2023 年 4 月（春季大潮）、2023 年 5 月（春季小潮）、2023 年 7 月（夏季）和 2023 年 10 月（秋季）开展了厂址附近海域生态环境调查工作，并于 2023 年 3 月和 2023 年 12 月完成《庄河核电厂一期工程厂址附近海域冬季生态环境调查及分析评价（含渔业资源）报告》和《庄河核电厂一期工程厂址附近海域春、夏、秋季生态环境调查及分析评价（含渔业资源）报告》。

生态调查设置海水水质大面站 48 个。

监测项目：水温、盐度、电导率、浊度、水深、水色、透明度、pH、总碱度、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、铵盐）、非离子氨、活性磷酸盐、硅酸盐、硫化物、挥发性酚、氯化物、氟化物、氰化物、悬浮物、石油类、阴离子表面活性剂、总磷、总氮、重金属（铜、铅、锌、镉、总铬、汞、镍）、砷、硒、硼、余氯等。

观测层次：根据《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）要求，水深小于 10m 时采表层水样，10m~25m 水深的站位采表层和底层 2 层，25~50m 水深的站位采表层、10m 层和底层 3 层。

监测方法：水质样品按照《海洋调查规范》（GB 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378-2007）采集、固定和处理。水质调查项目的分析方法均根据《海洋调查规范》（GB 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378-2007）的要求。

3.2.3.2 受纳水体环境质量评价

依据《大连市近岸海域环境功能区划》与《关于<大连市部分近岸海域环境功能区划调整方案>的批复》（辽环函）〔2024〕219号）中的环境管理要求选择《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的评价标准，位于大连市近岸海域环境功能区的站位坐标为1、2、3、9、10、16、17、36、37、39、41、42、43、44、45、46、47、48站位，执行第二类海水水质标准分析。

依据《丹东市近岸海域环境功能区划》中的环境管理要求选择《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的评价标准，位于丹东市近岸海域环境功能区的站位坐标为24、25、29、30、33、35站位，均位于二类区，执行第二类海水水质标准分析。

（1）冬季

调查海域位于二类区站位冬季的超标因子为pH和挥发酚。有13个站位（2表层、3表层、9表层、10表层、16表层、17表层、33表层、35表层、36表层、37表层、42表层、45表层、46表层站位）pH超过二类区要求的第二类海水水质标准，符合第三、四类海水水质标准；有1个站位（25号站位）的挥发酚超过第一、二类海水水质标准，符合第三类海水水质标准，其余评价因子均符合二类区的第二类海水水质标准。

（2）春季

调查海域位于二类区站位春季大潮期的超标因子为pH。有两个站位（42、43号站位）pH超过第一类、二类海水水质标准，符合第三、四类海水水质标准，其余评价因子均符合二类区的第二类海水水质标准。调查海域位于二类区站位春季小潮期的超标因子为pH和挥发酚。其中有1个站位（3号站位）pH超过第一类、二类海水水质标准，符合第三、四类海水水质标准；有10个站位（9、16、17、25表层、36、39、42、44表层和底层、46、48号站位）的挥发酚超过第一类、二类海水水质标准，符合第三类海水水质标准。其余评价因子均符合二类区的第二类海水水质标准。

（3）夏季

调查海域位于二类区站位夏季的超标因子为DO和BOD₅。有8个站位（1、2、9、10、16、30、45、46号站位）的DO超过第一类海水水质标准，超标站位中，1、2、9、10、30、45号站位的DO符合第三类海水水质标准，46号站位的DO符合第四类海水水质标准，16号站位的DO超过第四类海水水质标准，其余评价因子均符合二类区的第二类海水水质标准。其中有1个站位（16表层站位）BOD₅超过第二类海水水质标准，符合第三类海水水质标准。其余评价因子均符合二类区的第二类海水水质标准。

（4）秋季

调查海域位于二类区站位秋季的超标因子为BOD₅、无机氮、磷酸盐。有3个站位（1

表层、46 表层、48 表层站位) BOD_5 超过第二类海水水质标准, 符合第三类海水水质标准。有 4 个站位 (17 表层、24 表层、30 表层、48 表层站位) 无机氮超过第二类海水水质标准, 超标站位中, 有 3 个站位 (17 表层、24 表层、30 表层站位) 无机氮符合第三类海水水质标准, 有 1 个站位 48 表层无机氮符合第四类海水水质标准; 有 13 个站位 (1 表层、2 表层、9 表层、16 表层、17 表层、24 表层、29 表层、30 表层、36 表层、45 表层、46 表层、47 表层、48 表层) 磷酸盐超过功能区要求的第二类海水水质标准, 超标站位中, 有 9 个站位 (2 表层、9 表层、16 表层、24 表层、30 表层、36 表层、45 表层、46 表层、47 表层) 磷酸盐符合第四类海水水质标准, 有 4 个站位 (1 表层、17 表层、29 表层、48 表层站位) 的磷酸盐超过第四类海水水质标准。其余评价因子均符合二类区的第二类海水水质标准。

根据上述描述, 位于二类区站位冬季的超标因子为 pH 和挥发酚, 位于二类区站位春季大潮期的超标因子为 pH, 位于二类区站位夏季的超标因子为 DO 和 BOD_5 , 位于二类区站位秋季的超标因子为 BOD_5 、无机氮、磷酸盐, 污染物超标原因分析如下:

(1) pH

调查海域冬季、春季水质 pH 超标站位多集中分布在近岸范围内, 本海域内有地表径流的淡水输入, 这应该是海水 pH 超标的主要原因。

(2) 挥发酚

调查海域冬季和春季小潮期水质挥发酚超标站位多集中分布在河流输入流向海域内, 分析其与陆源携带含大量酚类污染物的排放输入直接相关。

(3) BOD_5

调查海域秋季水体中 BOD_5 有三个站位轻微超标, 均分布于近岸海域, 分析其主要原因因为近岸海域养殖业发达, 生物作用耗氧量相对较大, 导致经过生化培养后得到的水体 BOD_5 的值较高。

(4) DO

本海域夏季 DO 有部分站位超标, 超标站位基本集中在近岸 5 km 范围内, 分析其主要原因因为夏季水温高, 水体中溶解氧含量降低, 海洋生物活动旺盛导致生物耗氧量高, 且近岸人类活动频繁对水中溶解氧消耗大, 综合导致溶解氧出现超标现象。

(5) 无机氮

调查海域秋季无机氮超标较为严重, 分析其超标原因主要与水体富营养化或调查海域分布大量养殖区 (养殖排水) 有关, 且与春、夏季相比, 春、夏季为生物生长旺盛时期, 对无机氮的消耗较大, 而秋、冬季则为生物作用变弱的时期, 对无机氮等营养盐的需求变小。

（6）磷酸盐

海水磷酸盐的分布差异性较大，受陆源输入、海水交换、颗粒物吸附解析和初级生产的多重影响。调查海域秋季磷酸盐超标较为严重，主要是与水体富营养化或调查海域分布大量养殖区（养殖排水）有关，且秋季亦是生物作用相对变弱的时期，对无机磷等营养盐的需求变小，综合导致磷酸盐超标。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 调查依据标准规范

- 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订，2017年10月1日施行）
- 《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）
- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996）
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2023）
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）

3.2.4.2 调查内容及范围

（1）工频电场、工频磁场强度：以本工程拟建开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 50m 带状区域；

（2）射频综合场强：调查范围为本工程厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

3.2.4.3 监测方法

依据相应监测标准进行现场监测，具体监测方法及要求如下：

（1）工频电场/工频磁场强度

- 依据《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013），监测点选择在地势平坦、远离树木且没有其他电力线路、通信线路及广播线路的空地上。

- 监测仪器的探头架设在地面（或立足平面）上方 1.5m 高度处。每个测点上分别测量工频电场与工频磁场强度。

- 监测工频电场时，监测人员与监测仪器探头的距离不小于 2.5m。监测仪器探头与固定物体的距离不小于 1m。

- 监测工频磁场时，监测探头用一个小的电介质手柄支撑，并由监测人员手持。

（2）射频综合场强

- 根据《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996），每个测点使用非选频式辐射测量仪，分别测量离地 1.7m 的射频综合场强。

- 现场测量过程中，上述所有测点记录当时的天气情况（晴、雨、雪等）、环境温度、相对湿度、测量时间、风向、风速和大气压。每个测点均拍摄照片，用于反映各测点的原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

3.2.4.4 监测仪器

本次监测仪器见表 3.2-3。

3.2.4.5 监测时间及天气

2023 年 4 月 20 日~4 月 24 日对本项目厂址周围电磁环境进行了现场调查。监测期间气象条件符合监测规范及仪器使用要求。

3.2.4.6 电磁辐射源调查

厂址半径 5km 范围调查现有的电磁辐射源为 9 个通信基站。

3.2.4.7 监测点设置

a) 厂区监测点设置

厂区共设置 28 个监测点，在厂区边界设 4 个（东南西北）监测点，厂区内设置 24 个监测点，编号 1~28[#]。对每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。

b) 开关站监测点设置

本项目拟建 2 个开关站（500kV 开关站和 220kV 开关站），在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场和工频磁场强度。编号 29~36[#]。

c) 主变压器监测点设置

本项目拟建 6 个主变压器，对每个拟建主变压器，选择以主变围墙为起点，在远离进出线一侧设监测点，按 5m 间距，在 0~50m 范围设 11 个点，共设置 66 个监测点，监测工频电场强度与工频磁场强度。

d) 输电线路监测点设置

本项目拟建两条输电线路，共设 2 处监测断面（编号 P1~P2），P1 为拟建 500kV 输电线路监测断面，P2 为拟建 220kV 输电线路监测断面，且分别在各拟建输电线路垂直方向和平行方向设置监测断面，每个监测断面上监测点设置如下：

- 垂直方向的监测断面点位设置

在拟建输电线路边相外设双侧垂直监测断面，以边相地面投影点为起点，与输电线路方向垂直。按 5m 间距，在 0~50m 范围设点，两侧各设 11 个，共设 22 个监测点，监测工频电场强度、工频磁场强度。

- 平行方向的监测断面点位设置

在拟建输电线路边相导线外设双侧平行监测断面，监测路径选在边相导线对地面投影点外 10m（110kV），15m（220kV）或 20m（500kV）处，与输电线路方向平行，在此路径上按 10m 间隔设 3 个监测点，共 6 个监测点，监测工频电场强度、工频磁场强度。

对监测点进行逐一编号（P1-1~P1-28、P2-1~P2-28）。

- e) 厂区外环境敏感区和通信基站监测点设置

厂址 5km 范围内共有 21 个自然村，1 所幼儿园，经现场实际调查，其中三个自然村在厂址区域的征地范围之内，所以实际开工后仅有 18 个自然村。因此共设置 19 个监测点，编号 37~55#。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。

在厂址半径 5km 范围内的 9 个通信基站监测点，编号 T1~T9，监测射频综合场强。

3.2.4.8 电磁辐射现状评价标准

（1）工频电场强度、工频磁场强度

根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），50Hz 频率下，环境中工频电场强度的公众暴露控制限值为 4kV/m，工频磁感应强度的公众暴露控制限值为 0.1mT。

（2）射频综合场强

厂址区域电磁辐射采用《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求，对于 30MHz-3000MHz 的频率范围，该标准的公众暴露控制限值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的方均根值应小于 0.4W/m²（电场强度限值 12V/m）。

3.2.4.9 电磁辐射现状监测质量保证措施

电磁辐射现状调查及评价采取的主要质量措施有：

（1）调查任务承担单位针对本次调查编制了项目质量保证大纲，明确了质保组织机构和各级应负的相应职责，制定和严格执行了全面质量管理程序和质量监督检查程序，本次调查监测工作全过程质量管理遵循本项目质量保证大纲要求。

（2）监测方法采用国家和行业标准，监测人员经培训考核并持有合格证上岗，并认真履行本项目的任务和要求。

（3）监测仪器经由相应资质的计量部门检定合格，并处于有效期内。

（4）每次测量前后，对仪器的工作状态进行检查，确保仪器处于良好的工作状态。

（5）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

（6）监测报告严格实行三级审核制度。

（7）提供所有参与本项目的现场监测人员的培训记录和资质证书的复印件。

（8）提供所有本项目使用的现场监测设备处于有效期内的校准或检定合格证书的复

印件。

（9）提供本项目在现场监测采样阶段原始记录的复印件。

（10）合作方配合完成各项与本项目相关的质量保证工作的责任和义务。

3.2.4.10 电磁辐射现状监测结果评价

a) 厂区内电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度电磁辐射监测结果评价

厂区监测点工频电场强度监测值在 0.04~0.57V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0028~0.0059 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

2) 射频综合场强

厂区监测点射频综合场强监测值在 0.09~0.66V/m 之间，所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

b) 开关站电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度电磁辐射监测结果评价

开关站监测点工频电场强度监测值在 0.07V/m~0.43V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0038 μ T~0.0056 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

2) 射频综合场强

开关站监测点射频综合场强监测值在 0.09~0.24V/m 之间，所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

c) 主变压器监测结果分析与评价

所有监测点工频电场强度监测值在 0.06V/m~0.58V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0031 μ T~0.0064 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

d) 输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路所有监测点工频电场强度监测值在 0.07~0.20V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0031~0.0063 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

e) 厂区外环境敏感区和通信基站电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度电磁辐射监测结果评价

厂区外监测点工频电场强度监测值在 0.06~0.45V/m 之间，工频磁场强度监测值在

0.0027~0.0055 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

2) 射频综合场强

通信基站监测点监测值在 0.06~3.70V/m 之间，都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1 辽宁庄河核电厂一期工程辐射环境本底初步调查方案

监测对象			频度	点位数	平行样	监测项目
环境γ辐射累积剂量			1 次	34	4	γ辐射累积剂量
环境γ辐射空气吸收剂量率			2 次	56	6	原野、道路 辐射空气吸收剂量率
空气环境介质	气溶胶、空气中碳和氚		1 次	3	/	γ谱分析、总α、总β、 ³ H、 ¹⁴ C
陆地环境介质	水体	地下水	1 次	3	1	γ谱分析、总α、总β、 ⁹⁰ Sr、 ³ H
		饮用水	1 次	2	/	
		地表水	1 次	3	/	
	沉积物		1 次	3	/	γ谱分析、 ⁹⁰ Sr
	土壤		1 次	8	1	γ谱分析、 ⁹⁰ Sr
海洋环境介质	海水		1 次	3	/	γ谱分析、总α、总β、 ⁹⁰ Sr、 ³ H
	海洋沉积物		1 次	5	1	γ谱分析、 ⁹⁰ Sr
相关资料搜集			厂址半径 50 km 范围内人口、气象、水文、地质、自然资源、农牧渔业及养殖业等资料； 厂址半径 30 km 范围内核设施，铀、钍矿设施概况； 厂址半径 15 km 范围内人为活动引起天然辐射照射增加的设施概况和同位素生产及非密封放射源同位素的应用概况； 厂址半径 5 km 范围内 I 类和 II 类放射源的应用概况； 厂址所在地的辐射水平历史资料。			

表 3.1-2 环境放射性监测各类样品的探测下限（放化部分）

环境介质 样品	分析 项目	原始样品 用量	测量时间 (min)	本底 (cpm)	探测效率 (cpm/dpm)	化学回 收率(%)	最小可探测活度 浓度
气溶胶	总α	10000m ³	600	0.05	5%	100	1.4×10 ⁻⁶ Bq/m ³
	总β	10000m ³	600	0.5	34%	100	6.6×10 ⁻⁷ Bq/m ³
	⁹⁰ Sr	10000m ³	600	0.5	52%	70	6.1×10 ⁻⁷ Bq/m ³
空气	¹⁴ C	10m ³	600	1.9	60%	100	1.4×10 ⁻² Bq/(g• 碳)
	³ H	250 ml	2000	0.45	23.4%	100	1 Bq/L
饮用水、地 下水、地表 水	总α	2L	600	0.05	5%	100	7.1×10 ⁻³ Bq/L
	总β	2L	600	0.5	34%	100	3.3×10 ⁻³ Bq/L
	⁹⁰ Sr	25L	600	0.5	52%	75	2.3×10 ⁻⁴ Bq/L
	³ H	250mL	600	0.54	26.5%	8.0 ^b	1.1×10 ⁻¹ Bq/L
海水	总α	50 mL	600	0.05	5%	100	7.1×10 ⁻³ Bq/L
	总β	50 mL	600	0.5	34%	95	3.5×10 ⁻³ Bq/L
	⁹⁰ Sr	25 L	600	0.5	52%	65	2.6×10 ⁻⁴ Bq/L
	³ H	250mL	600	0.535	26.5%	8.0 ^b	1.1×10 ⁻¹ Bq/L
土壤	⁹⁰ Sr	50g	600	0.5	52%	50	1.7×10 ⁻⁴ Bq/(g·干)
沉积物	⁹⁰ Sr	50g	600	0.5	52%	50	1.7×10 ⁻⁴ Bq/(g·干)
注： b 水的电解浓集倍数							

表 3.1-3 气溶胶γ谱测量的探测下限

核素	能量(keV)	本底计数率(s ⁻¹)	探测效率	最小可探测活度(Bq)	最小可探测活度浓度(mBq/m ³)
⁵⁴ Mn	834.8	0.0081	0.0133	0.12	0.004
⁵⁸ Co	810.8	0.0072	0.0138	0.11	0.004
⁶⁰ Co	1332.5	0.0045	0.0078	0.15	0.004
¹³¹ I	364.5	0.0082	0.0280	0.069	0.004
¹³⁴ Cs	604.7	0.0116	0.0182	0.11	0.005
¹³⁷ Cs	661.7	0.0061	0.0168	0.094	0.007
⁷ Be	477.6	0.0223	0.0224	1.1	0.1
测量仪器：GMX-50 HPGe γ谱仪相对效率 50%				样品量：10000m ³	
样品几何尺寸：将四片滤膜压成Φ75mm、厚 30mm 的薄片				测量时间：72000s	

表 3.1-4 饮用水、地下水、地表水γ谱测量的探测下限

核素	能量(keV)	本底计数率(s ⁻¹)	探测效率	最小可探测活度(Bq)	最小可探测活度浓度(mBq/L)
⁵⁴ Mn	834.8	0.0081	0.0524	0.030	1.5
⁵⁸ Co	810.8	0.0072	0.0543	0.027	1.4
⁶⁰ Co	1332.5	0.0045	0.0261	0.044	1.6
¹³⁴ Cs	604.7	0.0116	0.0750	0.026	1.4
¹³⁷ Cs	661.7	0.0061	0.0691	0.023	3.1
测量仪器：GMX-50 HPGe γ谱仪相对效率 50%				样品量：25L	
样品几何尺寸：经蒸发浓缩装满于Φ75mm、高 70mm 的塑料盒				测量时间：72000s	

表 3.1-5 海水γ谱测量的探测下限

核素	能量(keV)	本底计数率(s ⁻¹)	探测效率	最小可探测活度(Bq)	最小可探测活度浓度(mBq/L)
⁵⁴ Mn	834.8	0.0081	0.0524	0.030	1.4
⁵⁸ Co	810.8	0.0072	0.0543	0.027	1.3
⁶⁰ Co	1332.5	0.0045	0.0261	0.044	1.5
¹³⁴ Cs	604.7	0.0116	0.0750	0.026	1.3
¹³⁷ Cs	661.7	0.0061	0.0691	0.023	2.9
¹⁰⁶ Ru	621.8	0.0029	4.71%	0.0993	12
^{110m} Ag	884.7	0.0020	3.93%	0.7220	1.8
测量仪器：GMX-50 HPGe γ谱仪相对效率 50%				样品量：25L	
样品几何尺寸：经蒸发浓缩装满于Φ75mm、高 70mm 的塑料盒				测量时间：72000s	

表 3.1-6 土壤、沉积物γ谱测量的探测下限

核素	能量(keV)	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	最小可探测活度 (Bq)	最小可探测活度浓 度 (Bq/(kg·干))
⁵⁴ Mn	834.8	0.0081	0.0148	0.11	0.4
⁵⁸ Co	810.8	0.0072	0.0150	0.098	0.4
⁶⁰ Co	1332.5	0.0045	0.0115	0.10	0.5
¹³⁴ Cs	604.7	0.0116	0.0177	0.11	0.5
¹³⁷ Cs	661.7	0.0061	0.0168	0.094	0.3
⁴⁰ K	1460.8	0.0403	0.0109	3.0	8.5
²²⁶ Ra	351.9	0.0208	0.0249	0.28	0.8
²³² Th	238.2	0.0153	0.0334	0.15	0.4
²³⁸ U	63.3	0.0183	0.0244	2.5	7.2
测量仪器：GMX-50 HPGe γ谱仪相对效率 50%					样品量：350g·干
样品几何尺寸：烘干磨粉装于Φ75mm、高 70mm 的塑料盒					测量时间：72000s

表 3.2-1 环境空气质量标准限值（过渡阶段二级）

序号	污染物项目	环境质量标准		单位	标准来源	
		平均时间	浓度限值			
1	SO ₂	年平均	60	μg/m ³	《环境空气质量标准》 (GB3095-2026)	
		24 小时平均	150			
		1 小时平均	500			
2	NO ₂	年平均	40			
		24 小时平均	80			
		1 小时平均	200			
3	CO	24 小时平均	4	mg/m ³		
		1 小时平均	10			
4	PM ₁₀	年平均	60	μg/m ³		
		24 小时平均	120			
5	PM _{2.5}	年平均	30			
		24 小时平均	60			
6	TSP	年平均	200			
		24 小时平均	300			
7	NO _x	日平均	100			
		1 小时平均 250				

表 3.2-2 声环境质量标准

类别 声环境功能区类别		昼间	夜间	单位
0 类		50	40	dB（A）
1 类		55	45	
2 类		60	50	
3 类		65	55	
4 类	4a 类	70	55	
	4b 类	70	60	

表 3.2-3 监测仪器一览表

仪器名称	工频电场/磁场强度测量仪	电磁场强测量仪
型号	LF-04 SEM-600	RF06 SEM-600
频率范围	1Hz~400kHz	100kHz~6GHz
分辨率	1mV/m， 0.01nT	0.01V/m
灵敏度	5mV/m， 1nT	0.1V/m
计量标定标号	XDdj2022-04003	XDdj2022-03990
有效期	2023 年 9 月 5 日	2023 年 9 月 5 日

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.2 厂区平面布置

4.1.3 排放口布置

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

4.3 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

4.4 输电系统

4.5 专设安全设施

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.4 放射性固体废物处理系统及废物量

4.6.5 乏燃料贮存系统

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 其它废物

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物的运输

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.1.1 总体规划原则

- 主厂房尽量布置在坚硬完整、承载力特征值满足要求的岩石上。
- 电力出线方向结合厂址条件及接入系统方案确定，尽量使电力出线廊道短捷、顺畅。
- 取排水方案结合厂址条件及海工方案确定，尽量使取排水廊道/管线短捷、顺畅。
- 从工程安全性及经济性角度，确定厂坪设计标高、场地平整标高及场地平整范围。
- 对外交通运输规划应满足核电厂建造、运行和应急交通运输要求。
- 施工场地规划满足分期建设的要求，减少后期施工对前期运行的影响。其占地规模参照类似核电工程综合确定。
- 结合非居住区边界及土地利用现状，合理规划用地范围，节约用地和搬迁费用。
- 节约、高效利用海域资源，尽量不占或少占海岸线，减少填海造地面积。
- 符合现行的国家法规和标准，与国土空间规划相协调，与地方经济发展战略及当地发展定位相适应。

4.1.1.2 工程总体规划

厂址规划建设六台百万千瓦级核电机组及其相应的配套辅助设施，统一规划，分期建设。

（1）主厂房建筑群位置的确定

主厂房建筑群自西南向东北在同一轴线上并列布置，核岛西北向、常规岛东南向。六台机组反应堆厂房中心距离：

- 1 号与 2 号----230m；
- 2 号与 3 号----250m；
- 3 号与 4 号----220m；
- 4 号与 5 号----250m；
- 5 号与 6 号----220m。

（2）电力出线规划

新建庄河核电厂～析木变 2 回 500kV 线路，新建庄河核电厂～黄金坪变 2 回 500kV 线路。220kV 备用电源共 2 回，分期建设。一期工程建设 1 回，引自黄海 500kV 变电站 220kV 配电装置。

电力出线方向区域地势平坦，有部分村落。

（3）冷却水取排水规划

冷却水系统主要包括循环水系统和重要厂用水系统。循环水系统采用海水直流冷却方式；重要厂用水系统采用海水直流冷却方式，并设置淡水机械通风冷却塔作为备用。一期工程通过厂址南侧的明渠取水，通过厂址南侧的暗涵排水。后期工程取排水方案待定。

（4）对外交通运输规划

为满足电厂施工和运行期对外交通运输需求，设置主、次要进厂道路、大件运输道路及大件码头等运输设施。

1) 主要进厂道路

拟于厂址西北侧新建主要进厂道路，接至厂址西北侧原 G228 丹东线与 X205 栗南线的交叉口。主要进厂道路长度约 275m，道路等级为二级公路，路面宽 12m，路基宽 14m，采用沥青混凝土路面。

2) 次要进厂道路

拟于厂址东侧建设次要进厂道路，局部利用并接至厂址东侧原 G228 丹东线。次要进厂道路改建长度约 491m，新建长度约 261m，道路等级为二级公路，路面宽 12m，路基宽 14m，采用沥青混凝土路面。

3) 大件运输道路及大件码头

拟于取水西堤外侧中间位置新建 5000 吨级（兼顾特殊运输船停靠）大件码头，码头上部配置 1 台 1000t 固定旋转吊。于取水西堤堤顶新建与厂区相连的大件运输道路。

（5）厂区工程规划

厂区工程按功能可分为主厂房区、冷却水设施区、配电装置区、辅助生产设施区及厂前建筑区等，厂区工程规划详见 4.1.2 节“厂区平面布置”。

（6）施工区规划

施工生活区是施工期间土建及安装人员休息及娱乐的场所，用地约 0.43hm²，在东北距厂址约 3km 的兴隆岗建设。

施工临建场地包括核岛土建、核岛安装、常规岛建安、CNPE 仓储区、一体化办公区及停车场、混凝土搅拌站及砂石料厂等，用地约 41.11hm²（含边坡、截排洪沟及挡墙用地，可用地面积约 33.04hm²），布置于厂址东侧，靠近次要进厂道路。

施工期用水拟由厂址西北方向的青堆镇净水厂取至施工临建场地内的施工区蓄水池，施工区蓄水池位于厂区东北侧。

220kV 开关站建成前，施工期用电拟由南尖变低压侧引出两回 10kV 线路接入厂区内新建的临时变电站；220kV 开关站建成后，施工期用电拟由 220kV 开关站引出 220kV 及低压线路接入施工临建场地内的施工变电所，施工变电所位于厂区东北侧。

1 号机组运行前，于厂区东北侧新建施工期锅炉房；1 号机组运行后，厂区及施工区供暖均取自 2 号机组常规岛西侧的换热站。

（7）场地平整

一期工程厂坪设计标高为 12.50m（安全重要建筑物、构筑物的场地设计标高）。全厂按台阶式布置，场地平整暂按超挖 0.50m 考虑，厂区场地平整标高为 12.00m，施工场地平整标高为 19.20m。

一期工程挖方量约 851.84 万 m^3 （含场地平整、基槽余土及海工工程），填方量约 800.93 万 m^3 （含场地平整及海工工程），余方约 61.57 万 m^3 ，余土将交由庄河市自然资源局资源交易中心拍卖处理。另需购置 10.66 万 m^3 中~微风化石方作为海工石料，来源为庄河市花岗岩集中开采区。

（8）其他设施规划

其他设施按全厂共用、一期工程建设考虑，分厂址内和厂址外两部分设置。

厂址内包括生产办公楼（含控制区出入口和洗衣房及浴室）、综合办公楼（含公共食堂、调试检修楼、检修食堂、档案楼、车队管理楼、地下停车场、候车廊）、地面停车场、消防站、保安楼（含主要进厂道路大门）、应急指挥中心、武警营房及厂区地下水监测井，厂区地下水监测井分散布置在厂区内，其他设施集中布置在厂址西北侧。

厂址外包括培训中心、技能培训中心、宣传展览中心、值班宿舍及其配套、公共食堂（厂外）及环境监测设施。培训中心、技能培训中心、宣传展览中心、值班宿舍及其配套于西北距厂址约 36km 的庄河市城区建设；环境监测设施包括环境实验室、监督性监测前沿站、气象站、监督性流出物实验室、环境监测站、监督性监测子站及工程水文监测站等。环境实验室、监督性监测前沿站、监督性流出物实验室建设于前沿站小区，前沿站小区拟选站址位于青堆镇，距厂址西北方位约 17.2km；环境监测站、监督性监测子站按照互补的原则，保证核电厂周围 16 个方位的陆域每个方位布设至少 1 个监测站和监测子站。

（9）移民搬迁

搬迁安置工作共计 3 个村 6 个屯，涉及居民共计 566 户 2268 人。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 平面布置原则

- （1）厂区平面布置应与总体规划相协调。
- （2）结合工艺流程要求，合理布置功能分区，并使厂区主要管廊短捷、顺畅。
- （3）满足运输、防火、卫生、安全、管网布置及施工安装要求。
- （4）满足分期建设要求，减少后期施工对前期运行影响。

4.1.2.2 建设规模及项目组成

辽宁庄河核电厂一期工程（以下简称“本工程”）规划建设两台华龙一号改进型机组及其配套辅助设施。

4.1.2.3 厂区总平面布置

（1）厂区总平面布置

1) 主厂房区

主厂房区布置在本工程厂区中部，核岛北向、常规岛南向，1、2号机组反应堆厂房中心距离为230m。

2) 冷却水设施区

冷却水设施区包括联合泵房、制氯站、虹吸井、机械通风冷却塔及辅助泵房。机械通风冷却塔及辅助泵房布置在1号机组核岛厂房北侧（建北方向，下同），其他冷却水设施集中布置在1、2号机组常规岛南侧。

3) 配电装置区

配电装置区包括500kV开关站、220kV开关站及网控楼，集中布置于2号机组核岛东北侧。

4) 辅助生产设施区

辅助生产设施区根据有无放射性分为放射性辅助生产设施区和非放射性辅助生产设施区。

①放射性辅助生产设施区

综合考虑放射性废物工艺流程及放射性废物运输与人员交通的相互影响后，厂区实验楼布置在2号机组核岛西北侧，兼顾后期工程使用便捷性；其他设施集中布置在厂址西南角，毗邻1号机组核岛厂房，尽量远离厂前及其他设施区，且位于厂址区域全年最小风频风向的上风侧。

②非放射性辅助生产设施区

非放射性辅助生产设施区包括水处理设施区、仓库、机电仪修区及其他非放射性生产设施。

水处理设施区：海水淡化预处理厂房、海水淡化膜处理厂房、除盐水生产厂房及除盐水储罐集中布置在主厂房区东北侧；非放生产废水处理站布置在配电装置区东侧；污水系统油水分离器布置在2号机组常规岛西侧。

仓库、机电仪修区：龙门吊小车仓库考虑其交通运输需求布置在厂区西南侧货运出入口附近，润滑油和油脂库布置在配电装置区南侧，其他设施集中布置在放射性辅助生产设施区北侧。

其他非放射性辅助生产设施：辅助锅炉房、备用柴油发电机组厂房、换热站布置在 2 号机组常规岛西侧；公用气体储存区 1、公用气体储存区 2 分别布置在 1、2 号机组常规岛南侧；空气压缩机房布置在 1 号机组常规岛西侧；厂区消防泵房布置在配电装置区南侧；氢气储存与分配站布置在厂区东北角，位于厂址区域最小风频风向的下风侧，远离核岛、厂前建筑区及主要人流出入口。

5) 厂前建筑区

厂前建筑区包括综合办公楼（含公共食堂、档案馆）。厂前建筑区位于厂区西北部，位于盛行风向上风侧并与主要进厂道路相接。

（2）竖向布置

厂区采用平坡式布置，场地设计标高暂定 12.50m。场地排水采用有组织的管道排水系统。

（3）厂内道路

厂内交通类型主要包括大件设备运输、放射性废物运输、普通物料运输、日常通行及应急救援等，均采用公路运输方式。

（4）实物保护

根据核电厂实物保护要求，厂区设置保卫控制中心、控制区出入口、保护区主出入口、控制区围栏、保护区围栏和要害区围栏。

保卫控制中心布置在 1 号机组核岛厂房北侧。

控制区、保护区主出入口设置监控系统和执勤哨位，进出人员及车辆必须持有相关证件。

控制区围栏为单层铁丝网可视围栏，包围区域为除厂前建筑区的厂区所有范围。

保护区围栏为双层铁丝网可视围栏，装备相应的技术防范设施，包围区域为主厂房区、冷却水设施区、放射性辅助生产设施区及部分非放射性辅助生产设施。

要害区围栏为单层可视围栏及轻质防护栏，装备相应的技术防范设施，部分利用厂房建筑外墙并增设相应的安全保卫设施，包围区域为核岛、保卫控制中心、备用柴油发电机组厂房、联合泵房、机械通风冷却塔及辅助泵房。

（5）主要管廊管沟规划

本工程包含的地下主要沟道有：重要厂用水廊道、重要厂用水排水管道、循环冷却水进水管、循环冷却水排水管道、主电源电缆廊道、辅助电源电缆廊道、备用柴油机电缆沟、综合技术廊道、废液排放管沟、热水回流管沟及核岛排水盲沟。

（6）绿化与美化

在满足实物保护要求的基础上，厂区内（除保护区及要害区）空地充分绿化，种植各种适宜当地生长的乔木、灌木或草本植物。厂前区等人员集中区域重点进行绿化与美化，适当种植观赏植物并设置建筑小品；保护区内属非绿化区，所有空地均采用碎石铺地。通过上述绿化与美化措施，以达到防尘降噪、涵养水土、美化环境的目的。

4.1.2.4 环境保护相关设施布置

（1）核岛厂房

核岛厂房中与环境保护相关的设施主要是带放射性的厂房，包括反应堆厂房、安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房和附属厂房。2 台机组的核岛厂房位于 BOP 区南侧，地基条件良好。

（2）放射性废物处理设施

放射性废物处理设施集中布置于厂址西南角，远离厂前建筑区和其他设施区，位于厂址区域最小风频风向的上风侧并靠近主厂房区，可使放射性废物工艺流程较为顺畅，且减少放射性废物对人员的影响。

（3）废、污水处理设施和危险废物暂存库

污水系统油水分离器布置于 2 号机组常规岛西侧；非放生产废水处理站布置在配电装置区东侧；常规岛废水处理站布置于厂址西南侧、放射性废物处理设施区；危废品库布置在厂区西北侧，靠近厂区边缘。

（4）应急指挥中心

应急指挥中心位于厂区西北侧、厂前建筑区，交通便利，与可能的事故释放源有一定的距离。

（5）厂区实验楼及环境监测设施

厂区实验楼布置在 2 号机组核岛厂房西北侧；环境监测设施包括环境实验室、监督性监测前沿站、气象站、监督性流出物实验室、环境监测站、监督性监测子站及工程水文监测站、厂区地下水监测井等，根据需要分散布置在厂内和厂外。

（6）取、排水口

取水工程位于厂区南侧，取水工程由取水明渠和取水沟槽组成，取水明渠口门位于-6.0m 水深处，取水沟槽起始端位于-7.9m 水深处；排水工程位于厂区南侧，排水工程拟采用暗涵排水方案，排至厂址南侧-6.60m 等深线处。

4.1.2.5 环境保护措施

厂址区域主要为剥蚀平缓残丘，局部分布有海成地貌和人工地貌等。厂址北侧及东侧有基本农田，南侧为黄海。在本工程建设中，充分考虑环境保护要求，具体实施措施主要有以下几方面：

（1）厂址选择中在满足技术可行、安全可靠、经济合理、环境相容的前提下，避免占用基本农田和有其他利用价值的土地，同时尽量减少填海造地。

（2）在总体规划中合理规划厂外设施的组成、规模和位置，将尽可能多的设施（包括核电厂职工生活区等）规划在城市内，充分利用城市现有的公共资源，减少工程量及投资，并减少工程建设对环境的影响。

（3）厂区总平面布置特别是保护区（为非绿化区）内各设施的布置尽量紧凑布局，节约用地，并使非绿化区面积尽量小。

（4）厂坪设计标高的确定，除重点考虑厂址设计基准洪水位、总平面布置要求、建筑物基础埋置深度等因素外，土石方工程量也作为重要的因素充分予以考虑，尽量减少土石方开挖、回填范围和数量，减少对现状地貌的改变。

（5）厂区内充分进行绿化，并采取多种绿化方式，凡可绿化的设施如边坡等，均进行绿化，厂区绿化面积 4.08hm²（含厂前建筑区），绿地率 5.70%。

（6）利用本工程建设时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少海岸冲刷及水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。

4.1.3 排放口布置

本期工程流出物排放口包括气态流出物排放口、液态流出物排放口和非放射性物质排放口。

（1）气态流出物排放口

反应堆厂房气态流出物经过处理达标后，通过核辅助厂房顶部的烟囱排入环境，烟囱的相对标高为 84.40m，绝对标高为 97.20m。

（2）液态流出物排放口

液态流出物排放采用与冷却水混排的方式，经由虹吸井排放至南侧海域。排放口位于厂址南侧约 3.6km 处。液态流出物中各核素排入海水后的浓度满足海水水质标准。

（3）非放射性物质排放口

厂区内雨水由室外雨水排放系统管网汇集，雨水排放口共 5 处，雨水排放口一、二、四均位于厂址西南侧，雨水排放口三位于厂址东南侧，直接排放入海，排放口的具体位置仅为示意。雨水排放口五通过虹吸井排放至南侧海域；生活污水经室外生活污水系统管网收集统一送至厂外处理；非放射性生产废水经室外非放射性生产废水系统管网收集后排入非放生产废水处理站进行处理，处理后达标的水经虹吸井排放至南侧海域；海水类排水经海水排水系统管网排入虹吸井，最终排入大海，以上排放口位于厂址南侧约 3.6km，与液态流出物排放口一致。

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

核电机组由一个反应堆压力容器、一台单背压凝汽式汽轮机以及一台汽轮发电机等主要设备组成。由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方面，以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下，即使有一种故障发生，它将由适当的措施探测、补偿或纠正。该项目的设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

——第一层次防御的目的是防止偏离正常运行及防止安全重要物项的故障。这一层次要求按照恰当的质量水平和工程实践，例如多重性、独立性及多样性的应用，正确并保守地选址、设计、建造、维修和运行电厂。所有构筑物、系统和部件都要根据其安全功能及重要程度进行安全分级，针对不同级别采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同的质量保证措施。在第一层次防御中还包括了按经过实践考验的规程进行电厂的在役检查、维护和试验。设计中也考虑了进行这些活动时的可达性和必要的装备和工具。

——第二层次防御的目的是检测和纠正偏离正常运行状态，以防止预计运行事件升级为事故工况。这一层次中最重要的是设置了保护系统，以保证安全相关的重要参数的偏离达到设定的阈值时停闭反应堆，使电站处于安全状态。为此设置了两套独立的停堆系统——控制棒系统和硼酸控制系统。

——第三层次防御是必须通过固有安全特性和（或）专设安全设施、安全系统和规程，以控制由某些预计运行事件或假设始发事件的升级引起的事故工况，防止造成反应堆堆芯损伤或需要采取场外干预措施的放射性释放，并能使核动力厂回到安全状态。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水

系统以及它们的支持系统，这些专设安全设施在事故工况时自动投入运行以控制事故产生的后果。

——第四层次防御的目的是减轻第三层次纵深防御失效所导致的事故后果，通过控制事故进展和减轻严重事故的后果。这一层次最重要的目的是“实际消除”导致早期或大量放射性释放的事故序列。为此设置了更大自由空间的双层安全壳，以及一回路快速卸压系统、能动和非能动的堆腔注水冷却系统、非能动安全壳热量导出系统、安全壳消氢系统、安全壳过滤排放系统等严重事故预防和缓解措施。

——第五层次即最后层次防御的目的是减轻可能由事故工况引起潜在的放射性物质释放造成的放射性后果。该层次要求配备恰当的应急设施、制定用于场内、场外应急响应的应急计划和应急程序。

4.2.2 核岛

核岛用于包容堆芯及核辅助设施，包括以下厂房：反应堆厂房、燃料厂房、安全厂房、核辅助厂房、核废物厂房（单号机组）、附属厂房、应急柴油发电机厂房、柴油发电机厂房、核岛消防泵房以及应急空压机房。

4.2.2.1 堆芯部件

反应堆由反应堆压力容器、堆芯、堆内构件、堆内测量装置、控制棒驱动机构等部件组成。本工程堆芯由 177 组 AFA3GAA 燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，活性段高度为 3.66m。

本工程采用的 AFA3GAA 燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架包括上管座、下管座、导向管、仪表管和格架。反应堆运行期间，冷却剂从下管座进入燃料组件，与燃料棒进行热交换，带走堆芯热量，并从上管座流出燃料组件。

AFA3GAA 燃料组件的相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件，用于反应堆的启停、调节功率和改善功率分布。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

（1）系统功能

— 堆芯冷却和传热：在反应堆正常运行期间，反应堆冷却剂系统把堆芯核裂变产生的热量由冷却剂经蒸汽发生器传递给二回路的水，使其产生供汽轮机发电用的饱和蒸汽。

— 压力控制：在反应堆正常运行期间，通过稳压器控制冷却剂系统的压力，使其保持稳定。瞬态时，限制压力的变化范围，使其保持在允许的范围内。一旦反应堆冷却剂系统的压力达到安全阀的整定值时，则通过稳压器的安全阀将蒸汽排放到卸压箱来防止反应堆冷却剂系统的超压。

— 慢化中子和控制反应性：除了控制棒之外，反应堆冷却剂还作为慢化剂和反射层以及硼酸的溶剂，为反应性的控制提供了另一种独立的控制手段。并且保持冷却剂温度变化速率，确保不发生不可控的反应性变化。

— 压力边界：反应堆冷却剂系统作为压力边界，可以包容反应堆冷却剂，限制放射性物质的释放，构成防止放射性物质释放的一道屏障。

（2）系统描述

反应堆冷却剂系统由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成。每条环路包括一台蒸汽发生器和一台反应堆冷却剂泵。在反应堆冷却剂一条环路上设置一台稳压器，用于反应堆冷却剂系统的压力控制。

反应堆冷却剂进入反应堆压力容器后，在堆芯吊篮和反应堆压力容器壁之间的环形流道中向下流动，至反应堆压力容器底部反向向上，通过堆芯达到出口，然后进入蒸汽发生器冷却，经反应堆冷却剂泵升压后再返回到反应堆压力容器。

稳压器通过波动管与一条主传热环路相连，波动管的布置与水平面有适当的夹角，减轻由于热分层效应引起的热应力和疲劳，防止波动管与稳压器之间连接的焊缝出现裂纹。

稳压器上部设有两条喷淋管线，此两条管线从两条主传热环路的冷段（反应堆冷却剂泵的出口）经总管接到稳压器的汽相空间。

在稳压器上设置有三条超压保护管线。在稳压器接管和到稳压器卸压箱的排放总管之间的每条管线上串联安装有两台先导式安全阀。第一台安全阀起超压保护作用，正常时关闭。第二台安全阀起隔离作用，正常时开启。在第一台安全阀因故障不“回座”时，第二台安全阀保证隔离。

为了在严重事故下执行快速卸压功能，在稳压器上部还设置有快速卸压管线，分为两个冗余的系列。每个系列由一台电动闸阀和一台电动截止阀组成。两个系列都排放到稳压器安全阀的排放环管上，最终通过稳压器排放总管排到稳压器卸压箱。

反应堆冷却剂系统还包括反应堆压力容器高位排气系统，由正常排气和事故排气子系统两部分组成。事故排气子系统由两个冗余的并联系列组成，包括四个常关的电磁阀以及相连的管道、仪表等。

（3）主要设备

1) 蒸汽发生器

蒸汽发生器用于生产饱和蒸汽。每台蒸汽发生器按满负荷运行时传递三分之一的反应堆热功率设计。蒸汽发生器的设计应能够在设计污垢系数及设计堵管量的条件下使电厂以额定的功率运行。

蒸汽发生器由两大部分组成，即用于使给水加热产生饱和蒸汽的蒸发段部分和用于将所产生的汽水混合物进行分离的汽水分离段部分。

蒸发段是由倒 U 形布置的因科镍-690 制成的传热管构成。一回路冷却剂在传热管内流动，二回路水的蒸发在传热管的外侧进行。

汽水分离段由分离器和干燥器组成。离开管束后的汽水混合物首先进入旋风分离器，通过离心作用除去大部分水分，然后进入干燥器。经干燥器分离后的蒸汽湿度小于 0.1%。干燥后的蒸汽通过位于上封头中央的出口接管流出蒸汽发生器。

2) 反应堆冷却剂泵

反应堆冷却剂泵用于驱动高温高压的反应堆冷却剂，补偿系统的压力降，保证冷却剂在反应堆冷却剂系统中的循环。

主要部件包括泵壳、叶轮、隔热屏、下部径向轴承、密封件及电动机。

主泵上配置飞轮，以增加主泵的转动惯量，使主泵在丧失电源时有足够的惰转时间，保证驱动主泵向堆芯提供冷却剂。反应堆冷却剂进口在泵壳的底部，出口在泵壳侧面。

3) 稳压器

稳压器是一个立式、带有半球形顶部和底部封头的圆筒形容器，它的下部封头放置在圆筒形的裙座上。稳压器的主要功能是建立并维持压力，避免反应堆冷却剂在反应堆内沸腾。在正常运行时将反应堆冷却剂系统保持在恒定的压力下；在负荷瞬变时限制压力的变化。借助于加热和喷淋来控制水-汽平衡温度，从而保持所要求的冷却剂压力，将反应堆冷却剂系统的压力变化限制在一个允许的范围内，并防止其超压。

通过安全阀将稳压器内的蒸汽排放到卸压箱内，达到反应堆冷却剂系统的超压保护目的。

此外，稳压器的快速卸压阀具备严重事故条件下的安全卸压能力，避免出现高压熔堆。

4) 卸压箱

稳压器卸压箱的功能是接纳来自稳压器的安全阀和快速卸压阀、安全壳内的余热排出系统的安全阀或化学和容积控制系统所释放的蒸汽，以及反应堆压力容器事故排气系统排出的气体，这些蒸汽通过与卸压箱内的水的混合达到冷凝和冷却。

卸压箱是一个卧式、带有椭圆形封头的圆筒形容器。

5) 反应堆冷却剂管道

反应堆冷却剂管道应能承受反应堆冷却剂系统预计运行工况的压力和温度，管道材料应具有抗腐蚀性并和工作介质相容，保证冷却剂的正常输运。

反应堆冷却剂系统共有三条环路，每条环路由三段管道组成。根据流体流动的方向，

它们分别是：

热 段：即反应堆压力容器与蒸汽发生器之间的管段；

过渡段：即蒸汽发生器与反应堆冷却剂泵之间的管段；

冷 段：即反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器之间的管段。

稳压器波动管与反应堆冷却剂管道的一条热段相连接。

4.2.2.3 主要辅助系统

反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、反应堆硼和水补给系统、余热排出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

反应堆辅助系统确保下列主要功能：

- 反应堆冷却剂容积控制和化学控制；
- 反应堆停堆和启动时排出余热；
- 反应堆换料期间燃料组件的装卸。

化学和容积控制系统，担负正常运行期间反应堆冷却剂系统的容积、化学和反应性的控制。事故（小破口、弹棒和卡棒等）时，保持反应堆冷却剂系统的水装载量，与反应堆硼和水补给系统一起能使反应堆停堆，并维持在热态次临界状态。该系统的主要设备（上充泵、除盐器和容积控制箱）布置在核辅助厂房内。

反应堆硼和水补给系统为化学和容积控制系统提供除盐除气水和硼酸溶液以及防止压力边界材料产生腐蚀的化学药剂。

余热排出系统，在停堆后，当反应堆冷却剂温度和压力已降至不能通过蒸汽发生器排出热量时，排出反应堆冷却剂系统中的衰变热。

燃料装卸和贮存系统，用于新燃料组件的接收、燃料组件的更换、贮存和装卸运输。由于换料期间，从反应堆中卸出的乏燃料具有很强的放射性，要求在水下运输和贮存，这样既能看清操作又能有足够的辐射防护。燃料操作设备主要布置在反应堆厂房操作大厅和燃料厂房操作大厅，反应堆厂房和燃料厂房之间通过燃料转运通道连通或者隔离。乏燃料组件通过装卸料机从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车将乏燃料组件吊运至乏燃料贮存架内。经过一定的衰变时间，将乏燃料组件从贮存水池中取出，装入乏燃料运输容器，运往后处理厂。接收的新燃料组件贮存在新燃料贮存架内（干贮存），或乏燃料贮存水池中（湿贮存）。通过燃料转运通道将新燃料组件送入反应堆厂房，向堆芯装料。

消防系统是为电厂可能发生火灾的场所提供灭火措施的系统。电厂设计对可能发生的火灾隐患，采取了层层设防，一旦发生火灾，启用预先设置的各种行之有效的灭火设施灭火，使火灾危害降到最低限度。核岛厂房内的消防系统包括：核岛消防系统（含反应堆厂房、核辅助厂房、核废物厂房和核燃料厂房）、柴油发电机厂房消防系统、安全厂房消防系统及移动式 and 便携式消防设备。BOP 各厂房包括泵站、除盐水处理站、办公楼、制氯站、辅助锅炉房、车间和食堂等，不存在较大的火灾危险，在厂房内均设置消火栓和手提式灭火器。常规岛消防系统，能通过自动水喷雾灭火系统、水喷水灭火系统、气体灭火系统以及消火栓和手提式灭火器，对常规岛内的一切火灾危险提供防护。

4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮发电机厂房及其厂房内的系统设备。

（1）蒸汽-电力转换系统

蒸汽-电力转换系统接收来自核蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换成电能。

蒸汽-电力转换系统主要包括主蒸汽系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机回热抽汽系统、汽轮机旁路系统等。

主蒸汽系统：来自核蒸汽供应系统的主蒸汽，通过三条蒸汽管线汇流到汽轮机厂房内的主蒸汽联箱。从主蒸汽联箱出来的各条蒸汽管线分别送到汽轮机高压缸、辅助蒸汽系统、汽轮机轴封、汽水分离再热器第二级再热器、汽轮机旁路等。

汽水分离再热器系统：汽水分离再热器接收来自汽轮机高压缸的排汽，利用分离器去除湿蒸汽中的水分并经汽轮机高压缸抽汽和主蒸汽加热至过热状态以避免汽轮机叶片腐蚀，提高电厂效率。

凝结水系统：凝结水系统位于汽轮机本体和除氧器之间的系统，具有如下功能：将汽轮机的排汽凝结成水；将凝结水从热井抽出，经过凝结水泵升压，经过轴封冷却器、闭式水余热回收换热器、低压加热器后，送至除氧器；向汽轮机低压缸喷水系统、凝汽器旁路扩散装置等提供减温水；接收各疏水箱来的疏水；为电站提供必要的凝结水储存量等。

主给水系统：用于对除氧器至蒸汽发生器给水入口的给水进行除氧、升压和加热，满足核岛对给水的要求。

汽轮机回热抽汽系统：包括低压加热器和高压加热器系统。汽轮机回热抽汽系统是利用汽轮机的抽汽、轴封系统的溢流蒸汽以及主汽门和调节汽门阀杆部分漏汽加热凝结水和给水，从而提高汽轮机热力循环效率，并使进入除氧器的主凝结水、进入蒸汽发生器的给水达到预定的温度。

汽机旁路系统：在汽机负荷发生大幅度下降之后，汽机旁路系统通过将主蒸汽直接排放到主凝汽器，从而维持一回路和二回路的功率平衡，尽可能地避免引起蒸汽大气排放系统动作和主蒸汽安全阀开启，确保核电站的安全。

（2）汽轮发电机组

辽宁庄河核电厂一期工程汽轮发电机组额定功率暂定为 1257.28MW（TMCR 工况）。汽轮机为单轴、四缸六排汽再热凝汽式汽轮机，包括一个高压缸，三个低压缸及其附件。汽轮机采用半速汽轮机，额定转速 1500 转/分钟，末级叶片长度为 1800mm。

发电机为静态励磁汽轮发电机，水氢氢冷却方式。

（3）凝汽器

汽轮机每个低压缸下部都设有一台凝汽器（共 3 台），从低压缸排出的乏汽进入凝汽器后，在冷却水的作用下转变为凝结水，来自凝汽器热井的凝结水管道汇总成一根母管，再分别进入三台容量各为 50%的凝结水泵。

凝汽器为表面式热交换器，即汽轮机的排汽与冷却水（海水）通过传热管表面进行间接换热，冷却水管为钛管。每个凝汽器主要由接颈、壳体、水室、排汽接管和热井等组成。凝汽器接颈内布置有汽轮机低压缸抽汽管道及汽轮机旁路蒸汽接收装置，最大能接收约 85%额定流量的主蒸汽。在每台凝汽器壳体与接颈之间（凝汽器喉部）各布置一台 1 号低压加热器和 2 号低压加热器。

为确保凝汽器冷却管表面清洁，保证传热效果，每台凝汽器配备两套胶球清洗装置（每侧一套），用以对冷却管内表面进行定期清洗。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 海水用水

海水取自黄海，其主要功能是向循环水系统（WCW）、重要厂用水系统（WES）提供冷却水；向循环水处理系统（WCT）和海水淡化取水系统（WSI）提供生产原水；向循环水过滤系统（WCF）提供冲洗水。循环水系统和重要厂用水系统采用海水直流冷却方式。

本工程循环水系统单台机组最大海水取水量为 244445m³/h。

黄海取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水系统、重要厂用水系统及其他海水用水系统的取水需求，不会出现冷却水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统。

4.3.1.2 淡水用水

辽宁庄河核电项目一期工程运行期间淡水用水主要包括生产用水、生活用水、消防用水、道路浇洒、洗车及绿化用水等。

（1）淡水用水量

运行期生活用水主要包括厂前区、厂内各建筑及厂房卫生间用水、食堂用水、浴室用水等，正常运行日用水量为 $338\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量为 $525\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程正常运行期间道路浇洒、洗车用水日用水量约为 $243\text{m}^3/\text{d}$ 。

运行期生产用水主要包括核岛生产用水、常规岛生产用水、部分 BOP 子项的工艺用水和地面冲洗用水，除盐水原水等，正常运行日用水量为 $3518\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量为 $7566\text{m}^3/\text{d}$ 。

按照海水淡化二级反渗透产水量和青堆镇净水厂用水量计，考虑管网漏损水量和未预见用水等，本工程运行期正常运行日用水量约为 $4218\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量约为 $8539\text{m}^3/\text{d}$ 。

按照海水淡化一级反渗透产水量和青堆镇净水厂用水量计，本工程正常运行设计耗水指标为 $0.022\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 。本工程工业用水重复利用率约为 99.8%。

（2）供水水源

运行期间厂前区及部分 BOP 子项人员的生活用水、绿化、浇洒、洗车等用水由青堆镇净水厂供给，生产用水及剩余子项的生活用水由海水淡化厂房产品水提供。

海水淡化厂房按照全厂 6 台机组共用设计，土建一次完成，设备分期安装，其中本期工程设计规模约为 $380\text{m}^3/\text{h}$ （以二级反渗透产水量计）。可满足辽宁庄河核电项目一期工程运行期两台机组生产用水的需求。

4.3.2 核电厂散热系统

4.3.2.1 取排水工程

本工程循环水系统采用海水直流冷却方式，重要厂用水系统采用海水直流冷却方式，并设置淡水机械通风冷却塔作为备用。

取水工程由取水明渠和取水沟槽组成，取水明渠口门位于 -6.0m 水深处，取水沟槽起始端位于 -7.9m 水深处。取水明渠由取水防波堤、取水东堤及取水西堤组成，均采用抛石斜坡堤结构形式，其中取水防波堤长约 803m （其中取水防波堤 1 段长约 463.6m ，取水防波堤 2 段长约 339.4m ），取水东堤长约 2850m ，取水西堤长约 2980m （其中取水西堤 1 段长约 445.4m ，取水西堤 2 段长约 2534.6m ）。取水明渠口门处渠宽 310m ，大部分沿着取水东、西堤基本呈南北向布置，渠底宽 165m ，明渠设计底标高为 -9.0m ，近岸段明渠设计底标高加深为 -13.5m ，形成蓄水池，蓄水池面积 125825m^2 。为了进一步减小泥沙淤积对

蓄水池有效容积的影响，在蓄水池区域南端设置挡砂坎，挡砂坎堤顶标高为-8.5m。从取水明渠口门-6.0m 水深处至-7.9m 水深处设置取水沟槽，取水沟槽基本呈南北走向，沟槽长约 2230m，底宽 60m，设计底标高为-7.9m。根据一期工程取水需求，取水明渠渠道开挖宽度在一期工程建设期间暂考虑仅开挖一期取水所需的 60m 宽度。取水沟槽在一期工程建设期间一次性开挖完成。

排水工程拟采用暗涵排水方案，排至厂址南侧-6.60m 等深线处。本工程 2 台机组设置 1 条双孔共壁箱涵，排水箱涵总长约 3560m，其中近岸现浇段长约 570m，海上沉埋段长约 2990m。每孔过流净尺寸为 6.0m×5.5m（h）。

4.3.2.2 循环水系统

本工程循环水系统采用海水直流冷却方式。循环水通过取水明渠、粗格栅及抓斗式除污机、钢闸门、细格栅及回转式除污机、鼓形滤网（以上均为循环水过滤系统），经循环水泵加压后由循环冷却水进水管道的供给凝汽器和辅助冷却水系统，循环水排水通过循环冷却水排水管道排入虹吸井，最终经排水暗涵排入外海。在联合泵房循环水进水流道粗格栅前设置热水回流管沟，每年 12 月-3 月投运，从虹吸井堰前回流一部分热水至泵房前端，防止循环水取水结冰。

4.3.2.3 重要厂用水系统

本工程重要厂用水系统设置了 A、B 两个直流冷却系列，以及 1 个二次循环冷却系列。重要厂用水系统运行直流冷却系列时最终热阱为大海，从鼓形滤网后取水，经水泵提升后送至 WCC/WES 热交换器，升温后的海水排入虹吸井，最终排至大海。重要厂用水系统运行二次循环冷却备用系列时最终热阱为大气，冷却介质为淡水。2 台机组共设置 1 座机械通风冷却塔及辅助泵房（包含机械通风冷却塔、重要厂用水泵房及重要厂用水补水池）。正常运行工况下补水由海淡厂房出水进入重要厂用水补水池，补水池储存备用系列运行 24h 所需补水量。

4.4 输电系统

（1）电气主接线

根据《辽宁庄河核电项目一期工程接入系统设计报告咨询纪要》，电站以 500kV 电压等级接入系统，本期出线 4 回，其中 2 回至黄金坪开关站、2 回至析木变。庄河核电厂～析木变导线截面选择 4×630mm²，线路长度约为 2×130km；庄河核电厂～黄金坪开关站导线截面选择 4×630mm²，线路长度约为 2×35km。以上线路长度及导线截面为暂定，后续在核电厂送出工程中确定。

本工程 500kV 主电源系统拟采用 3/2 断路器接线方式，本期工程建设 2 回变压器进线，4 回架空线出线，1 回母线电抗器，共 2 个完整串和 3 个半串。

（2）开关站的选型和布置

本期工程厂内新建 1 座用于电力送出的 500kV 开关站，本期 500kV 开关站采用 4 回出线与辽宁电网连接，2 回主变压器进线与机组主变连接；预留远期 2-4 回出线及 4 回主变进线。500kV 配电装置采用户内 GIS 方案。

本期工程新建 1 座用于辅助电源的 220kV 开关站，本期 220kV 开关站采用 1 回架空线路进线与辽宁电网连接，2 回机组 220kV 辅助变压器出线，2 回施工变压器出线；预留远期 1 回架空进线及 4 回辅助变压器出线。220kV 配电装置采用户内 GIS 方案。

（3）输电线路

考虑东北电网跨区（国）直流送受电，庄河核电厂#1、#2 机组投产后预计东北电网冬季大方式下 2032 年仍缺电。因此，庄河核电厂#1、#2 机组所发电力在东北区内消纳是合适的，消纳市场定位在辽宁中部负荷中心。

根据全厂输电线路规划，厂外新建一座 500kV 开关站（暂命名“黄金坪 500kV 开关站”），将黄海～丹东北双回 500kV 线路 π 入黄金坪开关站，辽宁庄河核电 500kV 出线 6 回，2 回至黄金坪开关站、2 回至析木、2 回至唐家，为远期扩建预留一定空间。为控制 500kV 电网短路电流，本工程 500kV 升压站母线需具备分列运行条件。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水系统、安全壳隔离系统。

4.5.2 安全注入系统

在发生反应堆失水事故时，安全注入系统提供冷却核燃料所需的手段，限制燃料元件包壳损伤和由此产生的裂变产物的释放，它能保证：

（1）冷却堆芯

1) 任何失水事故工况下由安全注入系统注入堆芯的流量能充分排出堆芯产生的热量。使得：

- 燃料包壳的最高温度不超过 1204℃；
- 燃料包壳的最大氧化厚度在各处都不超过包壳氧化前总厚度的 17%；
- 水（或蒸汽）与包壳化学反应产生的氢气总量不超过假定所有包壳金属都起反应所能产生的氢气量的 1%；

- 堆芯几何形状的任何改变都应能保持对堆芯进行冷却的能力；
- 堆芯能长期维持在足够低的温度（排出余热）。

2) 安全注入系统能保证在事故下只有一小部分燃料元件可能受损坏，确保在事故下履行安全功能。

（2）堆芯补水

在蒸汽管道破裂事故工况下，安注系统的注入流量足以用来补偿由于不可控的蒸汽释放导致的反应堆冷却剂过冷而引起的容积变化。

（3）反应性控制

安全注入系统投运后，系统向堆芯注入来自内置换料水箱的含硼水，以控制堆芯的反应性。

安全注入系统的主要设备有：

- 2 台中压安注泵；
- 3 个安注箱；
- 2 台低压安注泵。

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱(IRWST)取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

4.5.3 安全壳喷淋系统

安全壳喷淋系统在发生设计基准事故情况下，提供从安全壳内迅速地排出余热和清除裂变产物所需手段，以确保安全壳内的压力、温度和释放到环境的裂变产物水平保持或降低到设计范围之内。

安全壳喷淋系统为每台机组专用，由两个实体隔离的相同系列组成，每个系列均能独立地满足喷淋功能的要求。

除在喷淋前期两个系列均从化学添加剂（NaOH）水箱取水外，该系统的两个系列之间没有任何直接连接。

（1）系统设计的考虑

1) 排热能力考虑：

—该系统设计得能长期工作，可达几个月，取决于安全壳完整性对它的要求。

—喷嘴的设计能使液滴的直径符合最大限度地排热和尽可能高效除碘的要求。

—安全壳喷淋系统作为能长期冷却安全壳的手段，它的热交换能力应足以排出余热，通过降低安全壳内压力和温度来防止安全壳超过设计条件。

—按热阱温度等于历史记录的最高温度计算系统的热交换能力。

—支撑喷嘴的喷淋环尽可能布置在穹顶下最高处，使水滴落差尽可能大。

—喷淋管或喷淋环上的喷嘴的间距、位置、方位的选择使喷淋覆盖的面积尽可能大，在安全壳内尽可能均匀分布，重叠喷淋尽可能少，使喷淋能覆盖安全壳的横截面积。

2) 对化学考虑

—选择 pH 值时，在保证其除碘效率下，尽可能减少腐蚀影响，限制金属与辐照分解的水发生反应时和金属腐蚀时产生的氢与氧的释放。

—采取了有利于化学添加剂溶液长期贮存措施，防止沉淀、化学反应和分解，并提供了防止添加剂冷却结晶措施。

3) 单一故障准则的应用

安喷系统喷淋子系统的所有能动部件和非能动部件及化学添加子系统的能动部件遵守单一故障准则。

喷淋子系统由两个容量为 100%且相互独立的系列组成。

热交换器的冷却由设备冷却水系统与重要厂用水系统两个容量 100%的独立的系列来确保。

供电由两列独立电源保证，并由应急柴油发电机组作备用。

两列电源和两列冷却水各自之间都有实体分隔和布置上的分离。

(2) 系统描述

安喷系统由两个子系统组成：喷淋子系统和化学添加剂子系统。

1) 喷淋子系统

喷淋子系统由两个相同的系列组成。每个系列配有一台泵，一台由设备冷却水进行冷却的热交换器，两根位于穹顶的带喷嘴的喷淋环管。

系统启动后，安喷泵从内置换料水箱 IRWST 取水，5 分钟后与来自化学添加剂箱的氢氧化钠溶液混合后由喷嘴喷出。

2) 化学添加剂子系统

化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠贮存箱，靠喷射器从该箱吸取氢氧化钠溶液，在泵吸入口混合后经喷淋环管喷嘴喷出。化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠混合和循环系统，以防止氢氧化钠结晶。

3) 系统运行方式

当发生安全壳高高压力信号时，安全壳喷淋系统就自动投入运行。喷淋水经热交换器冷却后再进行喷淋。化学添加剂在喷淋信号 5 分钟后自动开始注入，在化学添加剂箱低液位时停止注入。

4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统

蒸汽发生器辅助给水系统属于专设安全设施。在任一正常给水系统发生事故时，辅助给水系统运行，能够确保向蒸汽发生器供应适量的水，以导出堆芯余热，直到反应堆冷却剂系统达到余热排出系统可投入的状态。此外，还应保证供水不会导致蒸汽发生器满溢。反应堆冷却剂系统的热量通过由辅助给水系统供水的蒸汽发生器传给二回路系统产生蒸汽；二回路系统蒸汽通过汽轮机旁路系统排入凝汽器或排向大气。

电站机组的设备包括两个辅助贮水池、一个泵子系统和一套与蒸汽发生器相连的给水管线，给水管线上装有流量调节阀和给水隔离阀。

辅助给水泵从辅助贮水池 001BA 和 002BA（内装适当 pH 值的除盐除氧水）吸水，并将其送入安全壳内主给水止回阀下游，靠近蒸汽发生器入口处的主给水管道内。

从辅助贮水池和与每台蒸汽发生器相连的注入管线通过取样来检查系统的水质。样品在非放射性实验室内进行分析。

辅助给水泵子系统主要设备包括：

——四台 50%流量的电动泵(001PO、002PO、003PO、004PO)，它由应急电源(柴油发电机)供电。

每台电动泵都各自配置下列管道：

——吸水管线(来自辅助贮水池)；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线(包括调节阀和电动隔离阀)。

如果热停堆时间超过 5 小时，辅助贮水池的正常贮水量不能满足要求。此时，可由除氧装置向辅助贮水池补水，以保证有足够的水带走一回路热量。

另外，在电站启动前，该装置还能对硼水补给水系统的贮水箱进行初次充水，以及在电站运行中当硼回收系统故障时，向硼水补给水箱补充除盐除氧水。

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

当失去厂外电源时，由应急柴油发电机向除氧装置的泵供电，且允许直接由常规岛除盐水分系统（WCD）对贮水池进行补水。

除氧装置能使蒸汽发生器辅助给水中溶解氧的总含量保持在 0.01ppm 以下。

当任一正常给水设备不能使用时，辅助给水系统向蒸汽发生器供水，以导出堆芯余热，产生的蒸汽向大气排放，如果凝汽器可以使用时，则向凝汽器排放。

4.5.5 安全壳隔离系统

安全壳是阻挡核电厂放射性裂变产物释放到环境中去的最后一道实体屏蔽，在正常运行时以及在发生放射性物质释放到安全壳内的事故以后保证具有规定的密封性，为工作人员和公众提供辐射防护，并可保护核岛免受外部人为事件的危害。

考虑专设安全设施投入运行，安全壳结构设计成能承受设计基准事故引起的机械应力和热应力。设计基准事故是指反应堆冷却剂系统的管道瞬时双端环向断裂（LOCA），或者安全壳内二回路蒸汽管道断裂等事故。

本工程采用双层安全壳，内层安全壳是包容核蒸汽供应系统(NSSS)的主要物项，在所有可以想象的情况下提供对环境、工作人员和公众有效的辐射防护，这些情况包括导致安全壳内压力和温度急剧升高以及气态裂变产物释放的一回路冷却剂管道完全断裂的事故（LOCA 事故）。外层安全壳主要抵抗飞机撞击和龙卷风飞射物及外部爆炸等外部事件。

安全壳还应能承受由于安喷系统误投入运行造成的内部负压。

内层壳为带密封钢衬里的预应力钢筋混凝土结构，外层壳为钢筋混凝土结构。

为在事故工况下保持安全壳的密封性，防止放射性物质向环境释放超过可接受限值，贯穿内外壳的管线（专设安全设施运行所需要的管线除外），以及仅贯穿外层壳并与环形空间大气联通的管线在事故工况下必须能可靠地隔离，为此设置了安全壳隔离系统。

安全壳隔离系统的安全功能为：

（1）在反应堆失水事故时，隔离与专设安全设施无关的安全壳贯穿件，以减少放射性物质向大气的释放。

（2）在安全壳内出现各种高活度放射性物质情况下，隔离安全壳大气，防止和控制放射性物质向环境的释放。

（3）在主蒸汽管道破裂时，隔离蒸汽发生器，防止反应堆冷却剂系统过快降温或安全壳超压。

安全壳隔离系统的设计，每条管线上串联设置的安全壳电动隔离阀由不同的电源序列供电，所有气动隔离阀在失去非安全相关的仪表压缩空气系统后，处于关闭状态。因此任何单一故障都不会妨碍系统执行隔离功能。

内层安全壳设计，在失水事故时泄漏率不超过下面规定的最大泄漏率：在包容性失水事故下，规定总的最大泄漏率为 24 小时内不超过安全壳内气体质量的 0.3%。

外层安全壳的设计必须是密闭的，以便安全壳环形空间通风系统可以维持环形空间内的负压状态。

安全壳环形空间通风系统确保环形空间保持持续的负压状态，该负压状态能有效引导内、外部的泄漏都向该环形空间汇集，从而可以避免来自内层安全壳的泄漏（比如在发生失水事故时）直接进入环境。

在排放之前，内层安全壳和外层安全壳的泄漏要经过过滤。

安全壳设计要求能保护地下水，不使放射性核素或化学物质在事故工况下渗漏到地下水中。

4.6 放射性废物系统和源项

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，裂变产生的放射性核素基本上都包容在燃料元件芯块与包壳之内，只有极少量的裂变产物会由于燃料元件破损而泄漏到反应堆冷却剂中，或者由极少量的燃料元件加工制造过程中的表面铀沾污而直接进入主冷却剂。同时裂变产生的中子使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、硼酸和其它材料受到激活而产生中子活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关系统的主要放射性来源，其中蒸汽发生器传热管束的泄漏还有可能造成二回路系统的污染。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液管理系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核电厂正常运行期间（包括发生预期运行事件时）产生的放射性废液。废液管理系统由下列系统组成：

- 硼回收系统（ZBR），
- 废液处理系统（ZLT），
- 核岛液态流出物排放系统（ZLD），
- 放射性废水回收系统（WSR），
- 核岛疏水排气系统（RVD）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

- 化学和容积控制系统（RCV），
- 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），
- 蒸汽发生器排污系统（TTB），
- 常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

4.6.2.1 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）除核废物厂房（QF 厂房）部分为两机组公用外，系统的其他部分均为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

- 机组正常运行；
- 换料停堆、维修停堆各阶段及随后的启动；
- 设备维修及维修前设备排水；
- 正常泄漏和事故泄漏；
- 各种瞬态。

根据废物的特性（可复用或不可复用的废液、含氢或含氧废气）以及收集后的处理方式，这些废物将分别由各自的管网输送到核辅助厂房的硼回收系统（ZBR）、废液处理系统（ZLT）和废气处理系统（ZGT）。在反应堆发生事故以后，将较高放射性水平废液再注入反应堆厂房。RVD 系统不直接履行安全功能（安全壳贯穿件除外）。但它起到限制放射性废物释放到环境中去的作用。

（1）设计基准

根据所收集的放射性物质的种类不同，RVD 系统分为六个独立的子系统：反应堆冷却剂疏水子系统、工艺疏水子系统、地面疏水子系统、化学疏水子系统、含氢废气子系统、含氧废气子系统。

RVD 系统采用的设计基准如下：

- 从与安全有关设备间来的废水，要防止由于疏水管线回流而造成与安全有关设备的淹没；
- 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；
- 非放射性疏水管道的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；
- 地坑泵有足够的容量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；
- 采取预防措施在反应堆发生事故后使较高放射性水平废液再注入反应堆厂房。

（2）系统描述

1) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统收集含氢的反应堆冷却剂疏水和一回路的泄漏。同时还收集当硼酸浓度发生变化时排出的反应堆冷却剂。这些废液被送至 ZBR 系统处理。

2) 工艺疏水子系统

该系统收集含氧的反应堆冷却剂疏水和泄漏以及树脂冲洗水。这些疏水通常是化学成分含量低的放射性废液。对这些废液的收集和输送方法是：

- 送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵输送到 ZLT 系统；
- 由 ZLT 系统直接收集；

- 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RVD008PS、009PS、012PS、013PS、508PS、509PS、512PS、513PS）的较高放射性水平废液再注入反应堆厂房。

3) 地面疏水子系统

该系统收集反应堆厂房、安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房的地面疏水。这些疏水是化学成分含量不定的低放射性废水。这些废水按下述方法进行收集和输送：

- 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；
- 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）；
- 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；
- 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）和安全厂房地面疏水坑（RVD014PS、514PS）的较高放射性水平废液再注入反应堆厂房。

4) 化学疏水子系统

该系统收集核岛放化实验室、热机修车间的废水和来自处理含有放射性化学物质系统的疏水。

这些疏水通常是含有高化学成分的放射性废水。

除核废物厂房的化学疏水被直接送到 ZLT 化学排水接收槽（ZLT006BA、007BA、008BA），通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑（RVD003PS），再由泵输送到 ZLT 化学排水缓冲槽。

5) 含氢废气子系统

该系统收集反应堆冷却剂系统、ZBR 系统除气塔运行中产生的含氢废气及用氮气吹扫各种箱体的覆盖层所产生的含氢废气。这些废气被送到 ZGT 含氢废气子系统进行处理。

6) 含氧废气子系统

该系统收集反应堆在启动、冷停堆时设备排气及常压贮槽、手套箱等排气，这些废气被送到 ZGT 含氧废气子系统进行处理。

（3）系统运行

1) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

反应堆厂房产生的反应堆冷却剂疏水被收集到反应堆冷却剂疏水箱（RVD001BA），并由两台并联安装的泵（RVD001PO 或 RVD002PO）输送。

2) 工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

位置高于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水靠重力收集到核辅助厂房的 ZLT 工艺排水缓冲槽。

在反应堆厂房位置低于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RVD003BA）和工艺疏水坑（RVD081PS），再用泵（RVD014/803/804PO）将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）。工艺疏水箱（RVD003BA）有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑（RVD031PS）。

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

- 送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵（RVD023PO、RVD024PO）输送到 ZLT 系统。
- 靠重力直接送到 ZLT 系统。
- 收集在核废物厂房工艺疏水坑（RVD502PS），再用泵（RVD523PO）输送到 ZLT 系统工艺排水接收槽；
- 收集在燃料厂房工艺疏水坑（RVD016PS），再用泵（RVD036PO）输送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）；
- 收集在安全厂房工艺疏水坑（RVD014/514PS）中，再用泵（RVD010/510PO）输送至 ZLT 系统工艺排水接收槽。

3) 化学疏水子系统

本系统靠重力收集疏水，这些废水被送到化学疏水坑（RVD003PS），再用泵输送到 ZLT 化学排水缓冲槽，或直接收集到 ZLT 化学排水缓冲接收槽中。蒸汽发生器排污系统（TTB）取样排水和管道疏水通过重力收集管网收集在 RVD004PS。在凝汽器再循环之前，这些废水由 RVD029PO 输送至 TTB 系统处理。

核废物厂房化学疏水收集在核废物厂房化学疏水坑（RVD503PS）中，再由泵输送到 ZLT 系统化学排水接收槽。

4) 地面疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它能在机组正常运行期间和各种预期瞬态期间保持连续运行。

反应堆厂房 0m 及以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD011/041PS），疏水坑装有多水位探测器，根据预先设定的高高和低低液位整定值来分别控制泵的启动和关闭（1/2 逻辑）。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

RVD 系统安全壳疏水坑（RVD011/041PS）可用于不可识别泄漏监测，泄漏监测仪表为抗震 1 类。

机组的计算机同时记录从一个液位到另一个液位的切换、泵的启动次数和每次启动的运行时间，以便探测安全壳内的泄漏。在安全壳疏水坑的总管上装有容积式流量计，该流量计位于安全壳外，周期性地显示从安全壳内排出的水量。

反应堆厂房标高-3.60m 层 R270 房间及-3.60m 层以上部分房间的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD031PS），这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

燃料厂房和安全厂房中的地面疏水通过重力收集到各自厂房的疏水坑，再用泵送核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）。

核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）接收核辅助厂房的设备泄漏、疏水及其它厂房地面疏水和房间地面疏水（一般情况下放射性水平低于排放标准），再用泵将疏水坑中废液输送到 ZLT 地面排水接收槽。

5) 含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

在正常运行时，稳压器卸压箱（RCS002BA）和反应堆冷却剂疏水箱（RVD001BA）都用氮气覆盖。在异常情况下，经氮气吹扫后，废气可通过 RCS650VY 排至含氧废气疏水罐。

RVD001VY 将 RVD001BA 的气空间与含氢废气总管分隔开。含氢废气总管与 ZGT001BA 相连。

6) 含氧废气子系统

位于反应堆厂房的本系统，通过安全壳换气通风系统（CSV）的排风机使系统在运行时保持负压。

机组在停堆期间本系统主要用来收集反应堆冷却剂系统中的饱和湿气，这些气体经过疏水含氧废气罐（RVD002BA）被分离后，气体排入安全壳换气通风系统（CSV），废水排入 RVD 工艺疏水子系统。

核辅助厂房的含氧废气排至废气处理系统（ZGT），由 ZGT 的排风机保持负压。

4.6.2.2 硼回收系统（ZBR）

硼回收系统（ZBR）对来自化学和容积控制系统（RCV）和核岛疏水排气系统（RVD）的含氢反应堆冷却剂，先利用过滤、除盐和除气装置进行净化处理。然后，利用蒸发装置

进行硼水分离处理，制取补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回反应堆硼和水补给系统（RBM），复用于反应堆。

在燃耗末期，ZBR 系统还可对来自 RCV 系统的含硼浓度低的反应堆冷却剂下泄流用离子交换工艺进行除硼处理。

（1）设计基准

ZBR 系统为单机组设置，位于核辅助厂房。系统由净化、水与硼酸分离和除硼三部分组成。

ZBR 系统设计成能处理反应堆在基本负荷运行、负荷跟踪运行（12-3-6-3，50%满功率）及各种运行瞬态时排放的含氢反应堆冷却剂。

ZBR 系统的前贮槽和净化部分可接收和处理来自 RCV 系统的最大下泄流（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）。

中间贮槽的容积可以满足 ZBR 系统前、后两部分独立运行，从而不影响反应堆的运行状态。中间贮槽共三个，每个贮槽的有效容积为 350m^3 。

中间贮槽的容积能够容纳机组在燃料循环末期的两次冷停堆期间所产生的废液，即指：

- 冷停堆 6 小时；
- 温度升至反应堆零功率时的温度并保持反应堆零功率 1 小时；
- 返回冷停堆并保持此工况 6 小时；
- 升到满功率。

ZBR 系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为 $3.5\text{m}^3/\text{h}\times 2$ 。冷凝液含硼量低于 5ppm，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。不合格的 ZBR 冷凝液可以送往 ZLT 处理或者 ZLD 系统监测排放；浓缩液含硼量约为 7000ppm，质量合格时可作为 4%硼酸溶液复用。

（2）系统描述

- 净化部分：包括前贮槽、过滤器、除盐器和除气装置。
- 水和硼酸分离部分：包括中间贮槽、蒸发装置、冷凝液监测槽和浓缩液监测槽。
- 除硼部分：包括阴床除盐器、混床除盐器。

反应堆排出的含氢反应堆冷却剂由两个前贮槽（001BA 或 008BA）接收。然后，用前贮槽泵（001PO，002PO）经除盐预过滤器（001FI）、阳床除盐器（001DE）、混床除盐器（003DE）、树脂滞留过滤器（003FI）净化后，进入除气塔（001DZ）进行脱气。去除了裂变气体、氢气和氮气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵（003PO，004PO）输送，经

再生热交换器（001EX）与除气塔液体冷却器（001RF）冷却后进入中间贮槽（002BA、003BA 或 004BA）暂时贮存。

从除气塔排出的二次蒸汽经排气冷凝器（001CS）冷凝、冷却后，废气通过核岛疏水排气系统（RVD）送到废气处理系统（ZGT）的含氢废气子系统进行贮存衰变。冷凝液返回除气塔。

三个中间贮槽（002BA 或 003BA、004BA）共用一台输送和混合泵（007PO）。

用蒸发器供料泵（005PO，006PO）将除气后的反应堆冷却剂从中间贮槽送至外加热式自然循环蒸发器（001EV、002EV）的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到浓度约 4% 的硼酸溶液和冷凝液，经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽（007BA，016BA）和冷凝液监测槽（005BA，006BA）内。经取样分析监测合格后，用浓缩液泵（014PO）和冷凝液泵（012PO，013PO）送到反应堆硼和水补给系统（RBM）的 4% 硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

如果冷凝液中硼含量偏高（ $> 5\text{ppm}$ ）时，则可以在未被污染的混床除盐器（006DE）进行除硼处理。

ZBR 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

（3）系统运行

1) 正常运行

前贮槽、除盐器和除气塔的操作都是自动连续进行的。蒸发和除硼操作是由操作人员按需要间歇进行的。

每个前贮槽在使用前，首先用氮气吹扫以降低气相中氧气的浓度。然后，再用 RBM 系统的除盐水从前贮槽开始，逐渐往后充填过滤器、除盐器，直至检查液体中氧的含量低于 0.1ppm （ $100\mu\text{g/L}$ ）时才算合格。

前贮槽 001BA（008BA）覆盖着一定数量的氮气。在正常操作状况下，不排出气体，气体覆盖层压力随液位变化而变化，通常在 0.12 至 0.32MPa （绝压）之间变化。前贮槽除了有压力与液位检测报警外，槽顶气相与槽底液相管路上均设有安全阀可以保护贮槽。

前贮槽 001BA（008BA）的液位与压力检测系统自动控制除气塔 001DZ 的启动和停运。

前贮槽的正常液位控制在 $10\sim 32\text{m}^3$ 之间，以确保前贮槽在净化部分不能使用时，仍能贮存反应堆以最大排放速率（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）送来的冷却剂至少半小时的量。

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。

蒸发操作前，要先用输送和混合泵 007PO 将中间贮槽中的料液连续搅动混合。然后，取样分析。

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

蒸发产生的二次蒸汽经二次蒸汽冷凝器 003CS（004CS）冷凝后，再经冷凝液冷却器 003RF（004RF）冷却至 50℃，进入冷凝液监测槽 005BA（006BA）。

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

- 如果冷凝液的水质满足反应堆补给水要求，则由冷凝液泵 012PO（013PO）将其直接送到反应堆硼和水补给系统(RBM)作补给水使用；
- 如果冷凝液中硼含量略高，则将其送到未被污染的混床除盐器 006DE 进一步除硼后送 RBM 系统作补给水使用；
- 如果冷凝液不满足复用要求，需再处理时，则用冷凝液泵 013PO（012PO）打回中间贮槽，重新经蒸发处理；
- 为了维持反应堆冷却剂中合适的氘浓度，将含氘量高的冷凝液送到核岛液态流出物排放系统（ZLD）排放。

蒸发器中的浓缩液自动排出，经浓缩液冷却器 005RF（006RF）冷却后进入浓缩液监测槽 007BA（016BA）。

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

- 如果浓缩液满足复用要求，则用浓缩液泵 014PO 送到 RBM 系统作为补给硼酸用；
- 如果浓缩液不满足复用要求（硼含量远小于 7000ppm，但其他指标满足复用要求），则经浓缩液泵（014PO）返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；
- 如果浓缩液不满足复用要求（硼含量略高于 7700ppm），则可以用冷凝液稀释；
- 不满足复用要求的浓缩液也可以送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理。

2) 特殊运行

- 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

当 RHR 系统运行时，将 RCV 系统容控箱 RCV002BA 的进料液转送到 ZBR 系统的前贮槽，经 ZBR 系统的净化部分处理后，再送回到容控箱 RCV002BA。

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

- 用蒸发器对除盐水分系统（WND）的除盐水除氧。

当 RBM 系统的水箱需补水时，可以用蒸发器对除盐水进行除氧，使其达到补给水要求。这是 ZBR 系统的一个特殊任务。此时，要求在蒸发器运行前，除盐水送入 ZBR 系统的中间贮槽，蒸发后的二次蒸汽冷凝液送到 RBM 系统的补给水箱内。

- 对氧含量高的 RBM 系统补给水除氧。

这项操作也是 ZBR 系统的一个特殊任务。其要求与上述相同，须在蒸发器运行前，将需除氧的补给水经由输送和混合泵 007PO 送入中间贮槽。然后，向选定的蒸发器供料。除氧后的冷凝液用冷凝液泵 013PO（或 012PO）送回 RBM 系统的补给水箱。

4.6.2.3 废液处理系统（ZLT）

废液处理系统收集、贮存和监测两台核电机组正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统（ZLD）向环境排放。

（1）设计基准

废液处理系统的设计基准是确保核电厂放射性液态流出物的年排放量低于国家规定的限值，使公众和运行人员所受的辐射照射满足“可合理达到尽量低”的 ALARA 原则。

废液处理系统是按容纳和处理核电厂正常运行产生的最大预期废液量和最大预期放射性活度、并留有适当的裕量而进行设计的。

（2）系统描述

放射性废液根据放射性浓度和化学成分由 RVD 系统分类收集。然后，送至 ZLT 系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

单台机组的放射性废液产生量如下：

—地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力为 $27\text{m}^3/\text{h}$ 。地面排水量约为 $5000\text{m}^3/\text{a}$ ，服务排水量约为 $1250\text{m}^3/\text{a}$ 。

—工艺排水放射性浓度高，化学物质含量低，一般采用除盐工艺处理，处理能力为 $8\text{m}^3/\text{h}$ ，去污因子为 $10000\sim 100000$ 。工艺排水量约为 $2250\text{m}^3/\text{a}$ 。

—化学排水放射性浓度高，化学物质含量也高，用蒸发方法处理，处理能力为 $3.5\text{t}/\text{h}$ ，去污因子为 1000 ，处理废液量约为 $1500\text{m}^3/\text{a}$ 。

设计中考虑了各类废液与每一种处理系列之间的横向联接，以便根据废液水质情况选择合适的处理方法。

地面排水接收槽的容积为 $3 \times 50\text{m}^3$ ，化学排水接收槽的容积为 $3 \times 50\text{m}^3$ ，工艺排水接收槽的容积为 $2 \times 50\text{m}^3$ ，工艺排水缓冲槽 $1 \times 20\text{m}^3$ （单机组分别布置），化学排水缓冲槽 $1 \times 20\text{m}^3$ （单机组分别布置），监测槽的容积为 $2 \times 50\text{m}^3$ 。

1) 除盐工艺包括：

—两个工艺排水接收槽 ZLT001/002BA。工艺排水在贮槽中混合、取样分析。

—一台工艺排水泵（001PO），用于废液的混合搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，用其将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放控制值时，也可将废液送往过滤器 ZLT002/012FI 过滤后经 ZLD 系统监测、排放。

—一台预过滤器 ZLT004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

—一套化学试剂注入装置，本装置用于连续注入化学试剂，以破坏较难去除胶体的稳定性，从而有利于下游的深床过滤器将这些杂质有效地去除。根据在线监测器取样结果调节化学试剂的注入量。

—一台活性炭过滤器 ZLT001DE，经上游注入絮凝剂后，通过 001DE 去除废液中的悬浮物、胶体和部分离子。

—四台串联的除盐器 ZLT002/003/004/005DE。

—一台树脂滞留过滤器 ZLT005FI。

经过处理后的废液进入监测槽 ZLT009/010BA。

2) 蒸发工艺包括：

—三个化学排水接收槽 ZLT006/007/008BA，用于废液的收集、贮存、混合、取样分析和化学调节。

—一台化学排水泵 ZLT003PO，用于 ZLT006/007/008BA 槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

—一化学中和站由酸、碱试剂槽和两台计量泵组成，用于调节接收槽中废液的 pH 值。

—一蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵 ZLT005PO、蒸发器预过滤器 ZLT001FI、预热器 ZLT001EX，加热器 ZLT001RE、蒸发器 ZLT001EV、旋风式分离器 ZLT001ZE、泡罩塔 ZLT002ZE、蒸馏液冷凝器 ZLT001CS、蒸馏液冷却器 ZLT001RF、冷凝水冷却器 ZLT002RF 和冷凝水平衡槽 ZLT014BA。

蒸发浓缩液由浓缩液槽 ZLT020BA 收集。然后，用泵送至 ZST 系统浓缩液槽。

蒸馏液由两个监测槽（ZLT009/010BA）接收。

蒸发净化单元包括化学试剂注入装置，可调节蒸发器内废液 pH 值；当蒸发器处理易起泡的废液时，也可由本装置注入消泡剂。

蒸发净化单元和除盐净化单元设有集中和就地取样点，通过取样分析来监测废液的特性及处理效果。

对监测槽 ZLT009/010BA 中的废液进行取样分析。如果其放射性浓度和化学特性符合排放要求，则排往核岛液态流出物排放系统（ZLD）监测排放。否则，送至蒸发器重新处理。

3) 过滤工艺包括：

—三台地面排水接收槽 ZLT003/004/005BA，用于地面排水和服务排水的收集、贮存、混合、取样分析及化学中和。

—地面排水泵 ZLT002PO，用于废液的混合搅拌、取样分析和输送。

—两台并联使用的过滤器 ZLT002/012FI。可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯。

—当地面排水接收槽内废液的放射性浓度高于排放控制值时，可采用蒸发工艺处理，或由除盐单元处理。

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

（3）系统运行

ZLT 系统总的运行原则如下：

—ZLT 系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可在工作站监测系统的运行。

—每类废液的接收槽（包括工艺排水接收槽、化学排水接收槽及地面排水接收槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。接收槽充满后，要对槽内废液进行搅拌和取样。

—根据取样分析结果，废液经过滤装置送往 ZLD 系统监测、排放；或由蒸发净化单元或除盐净化单元处理后送往 ZLD 系统监测、排放。

—蒸发单元和除盐单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

4.6.2.4 核岛液态流出物排放系统（ZLD）

（1）设计基准

1) 核岛液态流出物排放系统贮槽收集下列来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地排放。

①放射性液态流出物

—硼回收系统（ZBR）：蒸发器产生的冷凝液。

—废液处理系统（ZLT）：包括蒸馏液、经除盐器处理的液态流出物，经过滤器处理的液态流出物。

—放射性废水回收系统（WSR）排水。

—核岛疏水排气系统（RVD）排水。

—核岛液态流出物排放系统（ZLD）地坑疏排水。

—固体废物处理系统（ZST）的疏水。

②常规废水

—蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

2）当非放排水流量低而要求降低排放流量或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物放射性浓度超过规定排放控制值时，可暂存液态流出物。

3）将超过排放控制值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

ZLD 系统设置三个 1000m^3 的排放槽 ZLD001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时破裂溢出的全部流出物量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵 ZLD001/002/003PO，用于在取样、分析之前搅拌槽内液态流出物并排放或将液态流出物送往废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 ZLD004/005PO 安装在地坑 ZLD001PS 内，地坑泵 ZLD006PO 安装在地坑 ZLD003PS 内。地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

三个排放槽有一根共用的排放管线及一根通往 ZLT 系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪（IRM901MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线及管线上设备的材料均为不锈钢。

（3）系统运行

正常运行时，三个 ZLD 排放槽中的一个接收液态流出物，一个混合、取样分析和监测排放液态流出物，另一个备用。各系统来的液态流出物在排放槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据液态流出物放射性水平及非放排水流量来确定液态流出物的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

当排放槽液态流出物放射性浓度超过排放控制值时，液态流出物被送回 ZLT 系统化学排水接收槽重新进行处理。

ZLD 系统和 WQB 系统相连，互为备用。当 ZLD 系统的排放槽不能接收液态流出物时，WQB 的备用排放槽将用于接收核岛的液态流出物。

4.6.2.5 放射性废水回收系统（WSR）

（1）设计基准

本系统有选择地收集下列场所产生的放射性废液或可能带放射性的废液：

—核岛厂房内卫生出入口产生的放射性废液；

—核岛辅助设施（BOP）的放射性机修及去污车间（QC 厂房）产生的机械去污废液和化学去污废液；

—核岛辅助设施（BOP）的厂区实验楼（QL 厂房）产生的废液；

—核岛辅助设施（BOP）的废物处理中心（QS 厂房）产生的放射性废液和热洗衣房洗衣废液；

—核岛辅助设施（BOP）的特种车辆库（QV 厂房）产生的洗车废液；

—核岛辅助设施（BOP）的放射性废油暂存库（QR）产生的废液；

收集的废液经贮存和取样分析后，废液被送往 ZLT 系统或 ZLD 系统。

（2）系统描述

WSR 系统收集下列系统及场所的废液：

UR 厂房热淋浴间和热更衣间的地面排水靠重力收集于废水贮槽 1/2WSR001/002BA 中。1/2WSR001/002BA 内的废液经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其经核岛疏水排气系统（RVD）送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放限值，则直接由泵 1/2WSR001/002PO 送往 ZLD 系统排放。

废水贮槽 1/2WSR001/002BA 房间内的地坑 1/2WSR003PS 收集的废液由地坑泵 1/2WSR008PO 送往 1/2WSR001/002BA。

WSR 系统 BOP 部分为全厂共用，收集下列系统及场所的废液：

1) 放射性机修车间及去污车间排放废液

放射性机修及去污车间排放的化学去污废液靠重力流入化学去污水疏水箱 0WSR202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵 0WSR202PO 将废液送到放射性废液处理系统。

放射性机修及去污车间排放的机械去污废液靠重力流入机械去污水疏水箱 0WSR201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 0WSR201PO 将废液送到核岛液态流出物排放系统或放射性废液处理系统。

2) 厂区实验楼排放废液

厂区实验楼废液收集在位于 QL 厂房底层的废水贮槽 0WSR203BA 中，其有效容积为 2m³。由厂区实验楼排水泵 0WSR203PO 经废液排放管线将废水送往废液处理系统。

位于 QL209 设备间的地坑收集设备的疏水和清洗水等，并用一台地坑泵 0WSR302PO 将收集的废液送往废水贮槽 0WSR203BA，必要时，直接通过管道送往核岛内的废液处理系统。

3) 废物处理中心排放废液

服务排水

热洗衣房和热更衣室产生的服务排水依靠重力收集在 0WSR003/004/005BA 中。

在经过过滤器的粗过滤后，从洗衣机来的洗衣废水通过重力输送到 0WSR003/004/005BA 中，依据取样分析结果，如果需要处理，将其送到 QF 厂房废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理；如果放射性水平低于排放限值，则直接送到核岛液态流出物排放系统（ZLD）排放。

地面疏水

热更衣室的地面疏水收集在 0WSR608PS 中，然后由地坑泵 0WSR608PO 将这些废液送到贮槽 0WSR003/004/005BA 内。

超压机房间的地面疏水收集在 0WSR609PS 中，然后由地坑泵 0WSR609PO 将这些废液送到贮槽 0WSR003/004/005BA 内。

4) 特种车辆库排放废液

特种车辆库（QV）通过地面排水沟重力流排水将洗车废水排入 108 废物间的废液池中，当废液收集池中液位达到报警液位时，手动启动废液泵 0WSR321PO，将废液输送至 QA 厂房进行处理并排放。

5) 放射性废油暂存库排放废液

放射性废油暂存库设置有地坑 0WSR331PS，用于收集检测间洗手池及拖布池的排水，并通过地坑泵 0WSR331PO 通过管道 0WSR0521 将带放废液输送到 QA/QB 子项进行处理。

（3）系统运行

—核岛部分

当废水贮槽 1/2WSR001/002BA 的液位达到高液位时，泵 1/2WSR001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 1/2WSR001/002PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

—BOP 部分

1) 放射性机修及去污车间排放的化学去污废液

化学去污水疏水箱 0WSR202BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员进行必要的处理后，根据取样分析结果，将废液送到放射性废液处理系统。出现低液位信号时，自动停泵。可以注入化学试剂调节废液的 pH 值，以防止沉淀物在回路中沉积。

2) 放射性机修及去污车间排放的机械去污废液

机械去污水疏水箱 0WSR201BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员可进行必要的处理，根据取样分析结果，将废液送到核岛液态流出物排放系统或放射性废液处理系统。出现低液位信号时，自动停泵。

3) 厂区实验楼排放废液

废水贮槽 0WSR203BA 高液位报警信号通知运行人员水箱已充满，废水贮槽可自动排水，也可根据运行人员要求进行排水，将废液送往 ZLT 系统的化学排水槽。出现低液位信号时，自动停泵。

4) 废物处理中心排放废液

废物处理中心贮槽 0WSR003/004/005BA 达到高液位时，泵 0WSR003/004/005PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 0WSR003/004/005PO 自动停运。泵出口和贮槽之间的管线能使废水可以通过泵混合均匀，以便在排放前进行取样。贮槽可就地取样以检验废水的放射性水平。

5) 特种车辆库排放废液

特种车辆库位于 108 废物间的废液池达到高液位时，发送报警信号通知运行人员手动启动废液泵 0WSR321PO，废液池达到低液位时，废液泵 0WSR321PO 自动停运。

6) 放射性废油暂存库排放废液

放射性废油暂存库地坑 0WSR331PS 液位达到高液位时，将信号传送至控制室，可远程或就地手动开启地坑泵 0WSR331PO，当地坑液位达到低液位时，地坑泵 0WSR331PO 自动停止运行。

4.6.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

（1）设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCS）提供以下服务：

- 反应堆冷却剂容积控制；
- 反应堆冷却剂化学控制；
- 与硼和水补给系统（RBM）共同完成硼浓度的调节，从而控制反应性；
- 控制气体的浓度；
- 净化和过滤；
- 含氧量和 pH 值的控制（与 RBM 系统一起）。
- 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

- 为稳压器提供辅助喷淋；
- 稳压器满水时控制 RCS 压力；
- 为余热排出系统（RHR）的投运作准备；

（2）系统描述

化学和容积控制系统由两个子系统组成：上充、下泄、密封水子系统和反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

1) 上充、下泄、密封水子系统

化学和容积控制系统的上充和下泄功能用于保持反应堆冷却剂系统稳压器中的水位，从而在电厂所有的运行阶段内保持适当的反应堆冷却剂的容量。

反应堆冷却剂的下泄流从反应堆冷却剂回路的冷段排到化学和容积控制系统中，在流过再生热交换器的壳侧时将流经管侧的上充流加热。然后，下泄流流过下泄孔板进行降压，再流过下泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄流量调节阀的功能是保持其上游的压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

在经过过滤器过滤后，下泄流流过两台混床除盐装置中的一台进行净化，去除离子态腐蚀产物和多数裂变产物。在需要降低反应堆冷却剂中的铯和过量的锂时，可以再流过阳床除盐装置。

下泄流流过反应堆冷却剂的过滤器并从容积控制箱顶部的一条喷淋接管进入容积控制箱。氢气连续不断地供给容积控制箱，以扫除容控箱气相空间的裂变气体和控制堆芯处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

两台离心式上充泵从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封

水。它在泵轴承和密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷却剂流通过密封水热交换器到上充泵吸入端。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂密封低压密封引漏离开泵体并引入 RVD 疏排水系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入 RCS 系统。

2) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统

化学和容积控制系统对反应堆冷却剂中硼浓度进行控制，以补偿因温度变化、燃耗和氙毒变化所引起的反应性的慢变化。

去除反应堆冷却剂中的腐蚀产物和裂变产物，以便将反应堆冷却剂中的杂质含量及放射性水平控制在允许的范围内。

控制反应堆冷却剂的 pH 值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

（3）系统运行

在反应堆启动时，化学和容积控制系统可为反应堆冷却剂系统充水、加压及排气。在充水和排气操作完成后，即可建立化容控制系统的上充和下泄流量。在反应堆启动和冷却剂系统升温时，利用余热排出系统和化容系统的低压下泄管线控制反应堆冷却剂的压力。

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

在停堆过程中，在堆芯冷却期间，由于冷却剂的收缩要求增加上充流量进行补偿。同期，将硼浓度提高到冷停堆的数值。在达到冷停堆状态之前，如果必须打开反应堆压力容器，则通过用氮气置换容积控制箱中的氢气使反应堆冷却剂的氢含量降到 5mL/kg 以下，定期将容积控制箱的气体排到废气处理系统，释放出溶解的氢气。在电厂停堆时，如果要进行换料或维修操作，可利用化容系统的除盐装置净化放射性离子并采用扫气去除裂变气体，从而降低反应堆冷却剂的放射性水平。

4.6.2.7 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）

（1）设计基准

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统的冷却回路要满足单一故障准则的要求。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。

1) 乏燃料水池冷却回路

冷却回路取决于乏燃料水池中乏燃料组件的剩余功率，乏燃料水池剩余功率将根据换料工况和乏燃料组件贮存情况确定。

换料操作采用“全卸全装”的方式，即每次卸料时将堆芯的燃料组件全部卸入乏燃料水池。

在正常工况下，反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池水；在正常换料工况下，用两个冷却系列（两台泵和两台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过 50℃（按设备冷却水系统水温为 35℃考虑）。

热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

2) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

处理能力：60m³/h；

过滤孔径：除盐装置前置过滤器过滤粒度为 5μm，除盐装置后过滤器过滤粒度为 25μm。

3) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为 100m³/h，过滤器的过滤粒度为 5μm。

（2）系统描述

1) 服务于乏燃料水池的设施

乏燃料水池分为 4 个部分：燃料转运舱、乏燃料水池、乏燃料容器装载井、乏燃料容器冲洗井。

- 冷却回路：水泵 001PO、002PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF、002RF，然后返回到乏燃料水池。

- 过滤和除盐回路

- 充水回路

2) 服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

- 过滤回路

- 反应堆换料水池充水和排水

当反应堆换料水池需急速充水时，使用低压安注泵；缓慢充水则可用该系统的 002PO 水泵。

反应堆换料水池排水采用重力排水，直接排入内置换料水箱的方式，排水过程可根据池壁喷淋清洗的要求随时终止，并在池壁喷淋清洗之后恢复。反应堆换料水池排空后，必须将水池排水管上的隔离阀切换至开启。

（3）系统运行

乏燃料贮存水池通常是充满水的。在换料时，反应堆换料水池和燃料转运舱需充满水。当反应堆压力容器进行检查时，反应堆换料水池也需充满水。反应堆堆内构件存放区单独充水时，可用水闸门与反应堆换料水池隔离。

系统正常运行：

- 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

从乏燃料组件贮存在乏燃料水池起，冷却回路开始连续运行，水池的水温不高于 50℃。用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池。

冷却回路的流量为 450m³/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 510m³/h，其中 60m³/h 提供给过滤和除盐回路。

过滤和除盐回路连续运行，其处理流量 60m³/h 由流量计监测，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

回路最高工作温度根据树脂要求定为 60℃。当温度高于 60℃时，温度控制器发出报警信号，要求隔离过滤和除盐回路。

- 反应堆换料水池和附属回路

在整个反应堆压力容器开盖和换料水池充水过程中，应通过余热排出系统、化学和容积控制系统和硼回收系统对反应堆冷却剂进行去污处理，但要防止降低换料水池操作时的硼浓度。裂变气体和溶解的氢则通过化学和容积系统的容积控制箱和硼回收系统的除气塔去除。

当反应堆压力容器封头打开，反应堆换料水池充水后，过滤回路投入连续运行，过滤水量为 100m³/h，由流量计监测。

余热排出系统保持反应堆换料水池的冷却剂最高温度为 60℃。

4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（TTB）

（1）设计基准

1) 在正常运行时，TTB 系统水处理设计流量最高能达到 76.5t/h，三台蒸汽发生器的排污量是相同的，每台蒸汽发生器的最大排污量约为额定蒸汽流量的 1.2%（即 25.5t/h）。

2) 经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

（2）系统描述

蒸汽发生器排污系统分为排污水收集、冷却、减压、处理、回收或排放五部分，主要由热交换器、减压和流量控制阀、过滤器、离子交换器以及相应的管道和阀门等组成。

每台蒸汽发生器的排污水是靠两个径向对称的支管段在管板上收集的，并在其中的一根支管上设置一根取样接管，供取样分析用。两根支管在安全壳内合并后穿过安全壳。在安全壳外的排污管上设置了一根供蒸汽发生器保养用的氮气接管，并在每一根排污管上安装了一个无泄漏的隔离阀和一个手动流量控制阀，操作人员可以根据二次侧水质的好坏通过此阀控制排污量的大小。在功率运行时，排污量在 10~76.5 t/h 之间变化。

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热交换器，或非再生热交换器。一般来说，在电厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热交换器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热交换器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热交换器进行冷却。再生热交换器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热交换器的冷却水则为设备冷却水。

排污水由热交换器冷却至与离子交换树脂相适应的温度（低于 56℃）之后，通过一个减压和流量控制阀，将热交换器下游的压力限制到 1.4MPa（表压）。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 5μm 的过滤器处理，再通过气动阀前往常规岛除盐装置进行净化处理。当常规岛除盐装置不可用或辐射监测装置发出报警后，另一个气动阀打开，原先气动阀关闭隔离，排污水通过一条或两条并联的离子交换管路进行净化处理，每条管路均串联有一台阳离子交换器、一台混床离子交换器和一个手动流量调节阀。处理过的排污水再通过一台过滤粒度为 25μm 的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

在反应堆冷却剂系统向二回路泄漏之后的一台或多台蒸汽发生器的疏水情况下，处理后的排污水不能返回到凝汽器，而排往液态流出物排放系统。

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

- 处理设施失效；
- 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

在处理设施失效的情况下，排污水要进行连续的放射性监测，然后再送到液态流出物排放系统。

（3）系统运行

1) 正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热交换器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~76.5t/h 之间。排污水通过一个系列的常规岛除盐装置进行净化处理。只有当常规岛除盐装置不可用或辐射监测装置发出报警后，排污水由两条并联的除盐管线处理，且不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

2) 特殊稳态运行

①使用非再生热交换器

在再生热交换器不可用或是冷凝器和凝结水泵不可用的情况下，排污水经过非再生热交换器冷却，一般排污流量限制在 37t/h。

②向常规岛液态流出物排放系统的排放

当向凝汽器的排污循环不可用时，排污将引向常规岛液态流出物排放系统的排放槽，进行分析后向环境排放，或者输送到废液处理系统待处理。

③特殊瞬态运行

• 蒸汽发生器的疏水

当热交换器或减压阀失效时，可用临时接管旁通失效设备进行疏水，也可利用重力疏水，还可经过安全壳隔离阀下游的支路进行疏水。

• 蒸汽发生器传热管断裂

当蒸汽发生器传热管断裂时，该蒸汽发生器必须切断给水供应，保持最大排污流量以便完全排空。

4.6.2.9 常规岛液态流出物排放系统（WQB）

（1）设计基准

本系统收集以下来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地向环境排放：

—常规岛废液收集系统（WLC）的液态流出物：冷凝器热阱的疏水、汽轮机厂房汽水回路的疏水和排气冷凝液、疏水回收池中收集的排水、冷凝液集水坑中收集的疏水。

—TTB 系统排放的液态流出物。

—其它：如 WQB 泵房间（QB201）地坑内的废液。

—在异常情况下，WQB 系统的贮槽在三个 ZLD 系统的排放槽充满时收集核岛排放的液态流出物。

当要求延迟排放或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物的放射性浓度超过允许排放控制值时，可暂存液态流出物；

将放射性浓度超过排放控制值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理，将常规污染物浓度超标的液态流出物返回常规岛废水处理系统（WQE）再处理。若放射性浓度和常规污染物均超标时，则优先送至废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

本系统设置三个 1000m^3 的排放槽 WQB001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵 WQB001/002/003PO，用于在取样和分析之前搅拌槽内液态流出物，也用于液态流出物排放或将液态流出物送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 WQB004PO 安装在泵房地坑 WQB001PS 内。地坑泵 WQB005PO 安装在滞留池地坑 WQB002PS 内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往 ZLT 的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪（IRM902MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

（3）系统运行

正常运行时，三个 WQB 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放液态流出物，另一个备用。液态流出物在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据液态流出物放射性浓度及非放排水流量确定液态流出物的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对贮槽液态流出物有辅助监测作用，如果排放液态流出物的放射性浓度超过排放控制值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。当常规污染物浓度超过标准限值时发出报警联锁关闭排放阀，系统发出报警并自动联锁关闭隔离阀。

贮槽液态流出物放射性浓度超过排放控制值时，液态流出物被送回 ZLT 系统化学排水槽作再处理。

当 WQB 系统的贮槽不能接收液态流出物时，ZLD 的备用贮槽将用于接收常规岛的液态流出物。

4.6.2.10 常规岛废水处理系统（WQE）

常规岛废水处理系统用于贮存、处理常规岛产生的常规污染物超标的潜在带放废液。排往该系统的废水主要为凝结水精处理系统再生废水、常规岛废液收集系统（WLC）收集的常规污染物超标废水和二回路蒸发器保养水。处理过的废液经监测合格后，通过常规岛液态流出物排放系统（WQB）进行槽式排放。

（1）设计基准

1) 常规岛废水处理系统为全厂六台机组共用，用于处理二回路常规污染物超标的废水，包括凝结水精处理系统再生废水、常规岛废液收集系统（WLC）收集的常规污染物超标废水和二回路蒸发器保养水。

2) 常规岛废水处理系统处理后的废水应满足《辽宁省污水综合排放标准》(DB 21/1627-2008)中表 1 的要求中对常规污染物的排放要求，达标废水送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放。

3) 常规岛废水处理系统没有核安全相关功能，所有物项为非安全级和非抗震类。

（2）系统描述

常规岛废水处理系统设两条平行处理线，每条处理线考虑一定的富裕量，便于一条线运行异常时，另一条线可以短期内满足处理要求，并且可以根据实际水量情况，灵活调整运行的处理线数量。本工程常规岛废水处理系统为六台机组共用，总处理能力为 $450\text{m}^3/\text{d}$ ，单条生化系统处理线的处理规模为 $225\text{m}^3/\text{d}$ 。经处理后的废水满足《辽宁省污水综合排放标准》(DB 21/1627-2008)中表 1 的要求中对常规污染物的排放要求。

废水处理站采用预处理+生化处理+深度处理的处理工艺。预处理拟采用臭氧-UV 耦合高级氧化技术，以降低生化毒性及应对首循环的水量冲击；生化处理采用三级强化 AO 工艺，其中一级二级强化 AO 工艺采用 AOA（缺氧池-好氧池-缺氧池-好氧池）工艺，设活性炭粉末加药装置，以应对首循环及水质水量波动的冲击，三级强化 AO 工艺采用反硝化/硝化生物填料床工艺，以维持高污泥浓度，提高去除效率；深度处理工艺采用反硝化滤池工艺，进一步去除硝酸盐，以应对首循环及水质水量波动的冲击。

1) 调节池

正常运行情况下，调节池用来调节水质水量。并通过引入蒸汽来保证调节池内的水温维持在 25°C 。

每条处理线设 2 座调节池，池体有效容积约为 500m^3 ，调节池间不连通，调节池池体采用混凝土内衬玻璃钢材料。

2) 预处理

预处理单元采用臭氧-紫外耦合的高级氧化工艺，用于降低废水的生物毒性，保证生化系统的正常运行。

预处理单元设两条平行的处理线，每条处理线配置一套规模为 6kg/h 的臭氧发生器、一套配套臭氧投加系统、一个氧化反应塔，一个臭氧脱气塔和一台尾气破坏器。

正常运行时，氧化反应塔的停留时间为 2 小时，臭氧脱气塔的停留时间为 2 小时。

3) 生化单元

生化单元为常规岛废水处理系统的核心处理单元，用于去除废水中绝大部分的氨氮、COD 及总氮等常规污染物，通常情况下，经生化单元处理后的废水满足排放标准的水质要求。

生化单元设两条并列的处理线，每条处理线包括三级 AO 生化反应池，其中一级二级连通，即为 AOA 工艺，三级为 AO 工艺。

每条处理线生化池总体约 1350m^3 ，共设搅拌器 6 台，用于缺氧池废液的混合均匀，设曝气风机 2 台，用于保持好氧池溶解氧含量，设硝化液回流泵 18 台，用于硝化液的回流，污泥回流泵 13 台，用于污泥的回流。

4) 反硝化滤池

每条处理线设一座反硝化滤池，反硝化滤池有效池容约为 100m^3 ，内设置反硝化填料，设置反洗布水、布气措施；

两条处理线共设反洗风机 1 台，反洗水泵 1 台，用于反硝化滤池反洗；

5) 高密度沉淀池

每条处理线设 1 座高密度沉淀池，用于去除废水中的悬浮固体，并配置 PAC、PAM、pH 调节等加药设备及污泥泵等。

6) 出水消毒池

每条处理线设 2 座有效容积 190m^3 的出水消毒池，用于对处理后的污水进行消毒处理，达标排放。

7) 污泥脱水单元包括：

两条处理线设 1 台污泥压滤机，用于对污泥进行脱水。

(3) 系统运行

1) 正常运行

常规岛废水处理系统在常规岛废水处理站控制室进行操作，并将主要信号传送至 BOP 集中控制室。

正常运行时，来水首先进入调节池，均质水质水量，之后进入高级氧化预处理系统分解去除水中的有毒有害物质，然后进入两级加强 AO 生化系统去除废水中的大部分 COD、氨氮、总氮，生化系统中补充碳源、碱度、磷源等药剂保证生化系统的高效运行。二级强化 AO 系统沉淀池出水进入三级加强 AO 生化系统（生物填料床），进一步去除 COD、氨

氮及总氮，以满足排放要求。三级生化系统沉淀池出水超越反硝化滤池（不加碳源）进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经消毒池消毒后排入常规岛液态流出物排放系统。

首循环时，调节池分格收集，首循环机组来水首先进入调节池，均质水质水量，并通入次氯酸钠进行反应去除水中的部分氨氮，之后进入高级氧化预处理系统分解去除水中的有毒有害有机物，然后进入两级加强 AO 生化系统去除废水中的大部分 COD、氨氮、总氮，生化系统中补充碳源、碱度、磷源等药剂保证生化系统的高效运行，并补充活性炭粉末以增加去除效果。二级强化 AO 系统沉淀池出水进入三级加强 AO 生化系统（生物填料床），进一步去除 COD、氨氮及总氮。三级生化系统沉淀池出水进入反硝化滤池保证硝氮出水达标，氨氮出水进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经消毒池消毒后排入常规岛液态流出物排放系统。

蒸发器保养水由于联氨有一定的生物毒性，直接混入会对生化系统造成冲击，因此考虑蒸发器保养排水单独收集到调节池中，将保养水单独排往高级氧化预处理系统进行处理，处理后废水返回至本调节池，并慢慢排至其他调节池，与其他废水混合进行处理。

4.6.2.11 放射性废液排放源项

放射性废液的排放量取决于：

- 主回路冷却剂中的放射性浓度；
- 与液体放射性释放有关的电厂设备性能，特别是泄漏率和净化工序的去污因子等；
- 废液的输运、收集、滞留、处理期间的衰变。

液态流出物的排放途径主要来自于硼回收系统、废液处理系统和二回路相关系统。

在计算现实排放源项采用的反应堆冷却剂的比活度为 0.1GBq/t I-131 当量，设计排放源项采用的反应堆冷却剂的比活度为 4.44GBq/t I-131 当量。

现实排放源项中，单台机组除 H-3、C-14 外其他核素的年排放量为 9.03E-01GBq/a，液态 H-3 为 3.86E+04GBq/a，液态 C-14 为 1.00E+01GBq/a；设计排放源项中，单台机组除 H-3、C-14 外其他核素的年排放量为 7.92E+00GBq/a，液态 H-3 为 4.36E+04GBq/a，液态 C-14 为 2.68E+01GBq/a。

现实排放源项中，液态 H-3 的排放浓度为 2.40E+06Bq/L，液态 C-14 的排放浓度为 6.21E+02Bq/L，核岛及 BOP 液态流出物中其他核素排放浓度为 5.59E+01Bq/L，常规岛液态流出物中其他核素排放浓度为 2.03E-02Bq/L；设计排放源项中，液态 H-3 的排放浓度为 2.71E+06Bq/L，液态 C-14 的排放浓度为 1.66E+03Bq/L，核岛及 BOP 液态流出物中其他核素排放浓度为 4.50E+02Bq/L，常规岛液态流出物中其他核素排放浓度为 5.20E+00Bq/L。现实排放源项和设计排放源项中液态流出物中 H-3 的浓度低于 3.00E+07Bq/L，C-14 的浓

度低于 $3.00\text{E}+03\text{Bq/L}$ ，其他核素排放浓度低于 1000Bq/L ，满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的要求。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.3.1 废气处理系统（ZGT）

（1）系统功能

废气处理系统（ZGT）的功能是对本工程 1、2 号机组产生的放射性惰性气体、卤素和悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的放射性废气年释放量、核能供热发电厂工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

ZGT 系统不直接履行安全功能。但由于 ZGT 系统处理的废气带有放射性，尤其是含氢放射性废气，除辐照危害外并存在爆炸和引起火灾的危险性，故在进行 ZGT 系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

（2）设计基准

废气处理系统（ZGT）的设计基准如下：

- ZGT 系统提供足够的处理能力，使气态流出物中的放射性排放低于国家标准 GB6249-2025《核动力厂环境辐射防护规定》中规定的限值；
- ZGT 系统是按照中华人民共和国核安全法规中的有关规定进行设计，并且满足了国家标准 GB/T22158-2021《核电厂防火设计规范》的要求；
- ZGT 系统能在正常运行期间提供足够的处理能力，含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 $2\times 100\%$ ；
- ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成安全等级 SC-3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；
- ZGT 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气分析仪防范系统内潜在的氢氧混合爆炸危险。整个含氢废气子系统都保持正压，并且整个子系统和每个主要设备都有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体。
- ZGT 系统为单机组设置，主要设备位于 NH 厂房内。

（3）系统组成

ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

1) 含氢废气子系统

含氢废气主要是由氢气、氮气、衰变过程中产生的放射性惰性气体（例如 Xe，Kr）和碘等组成。

这类废气有如下两个来源：

①来自装有反应堆冷却剂的容器，即反应堆冷却剂系统（RCS）的稳压器卸压箱、化学和容积控制系统（RCV）的容积控制箱和核岛疏水排气系统（RVD）的反应堆冷却剂疏水箱。这类气体流量大，但每月只有一、两次。

②来自硼回收系统（ZBR）的除气单元。这类气体流量小，约 $1.2\text{m}^3(\text{STP})/\text{h}$ ，但排气次数较多。

该类废气进入本系统后采用压缩、贮存衰变的方法降低废气的放射性浓度。贮存期满后进行分析，如符合要求即可将废气排至 NH 厂房的通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

2) 含氧废气子系统

含氧废气主要由空气、少量放射性碘及其同位素组成。

这类废气来自容器的排气（并可能含有放射性气体）。

该类废气由核岛疏水排气系统（RVD）收集于含氧废气母管中，进入本系统后经碘吸附器进行除碘处理后排至通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱（不经贮存）。

（4）系统运行

1) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RVD 系统收集至缓冲罐（ZGT001BA）。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行稳定，从而向含氢废气压缩机提供平稳的气流，并分离废气中夹带的冷凝水。

正常运行时，含氢废气压缩机（ZGT001/002CO）可以根据缓冲罐上的压力测量装置的设定值，进行自动操作（启动或停运）：

①当缓冲罐压力上升达到 0.025MPa （表压）时，第一台含氢废气压缩机启动。

②如果缓冲罐压力继续上升到 0.03MPa （表压）时，第二台含氢废气压缩机自动启动。

③在含氢废气压缩机运行时，当缓冲罐内压力回落到 0.007MPa （表压）时，正在运行的压缩机停运。

压缩后的气体经由压缩气体冷却器（ZGT001/002RF）冷却后，送至衰变箱（ZGT002/003/004/005BA）。

衰变箱在进气、衰变贮存、排气时的阀门操作均由远传手动进行。

在向烟囱排放前，衰变箱内的废气要进行取样分析和在线监测，测其放射性浓度等与安全排放有关的参数。只有当两个串联的远传阀门已经被手动打开时，才能控制排放阀进行废气排放。

如果 VNA 系统碘吸附器出现故障，NH 厂房的烟囱放射性超过阈值，或者假如正在排放的衰变箱内的压力下降到 0.02MPa（表压）时，则自动停止排放。衰变箱内压力低于 0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在 4.5~97.5 个小时内以预定的流量排放到 NH 厂房 VNA 系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

在衰变箱排放总管上还设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放阈值时，发出报警信号，并联锁关闭排放阀 028/029VY，废气停止排放。

在基本负荷运行工况下，含氢废气在衰变箱内有 60 天的贮存期；在废气量大而放射性浓度低的负荷跟踪运行工况下，贮存期为 45 天。

2) 含氧废气子系统

正常运行时，一台电加热器，一台碘吸附器和一台排气风机串联投入运行。当第一台风机停运后，第二台风机即自动启动（包括与之相关的电加热器和碘吸附器）。

含氧废气干管内的负压由止回式调节阀门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

含氧废气以及经由调节阀门引入的空气，可经电加热器加热，用以降低气体的相对湿度，以保护碘吸附器中活性炭的活性。

经过碘吸附器处理后的含氧废气，经 VNA 系统的主排风稀释后，排向 NH 厂房的烟囱。

4.6.3.2 核岛厂房通风系统（HVAC）

（1）设计目的

通风系统对每个厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个良好的室内环境，确保人员的安全健康以及设备的有效运行。

核岛厂房处理带放射性空气的主要通风系统如下：

— 反应堆厂房

- 安全壳连续通风系统（CCV）
- 安全壳空气净化系统（CUP）
- 安全壳大气监测系统（CAM）
- 安全壳换气通风系统（CSV）

- 安全壳环形空间通风系统（CAV）

- 安全厂房

- 安全厂房控制区通风系统（VMO）

- 燃料厂房

- 核燃料厂房通风系统（VFL）

- 核辅助厂房

- 核辅助厂房通风系统（VNA）

- 核废物厂房

- 核废物厂房通风系统（VRW）

- 附属厂房

- 卫生出入口通风系统（WCV）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

- 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；

- 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；

- 极轻微污染的房间每小时换气次数为 1 次；

- 没有污染的房间每小时换气次数为 0.5 次；

- 蓄电池房间事故工况下每小时换气次数为 12 次。

（2）设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风口。

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环。

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中。

所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，并通过烟囱排放至室外环境中。

在厂外电源丧失时，所有与安全相关的能动部件（包括仪表）均备有安全级的电源。

有抗震要求的设备部件采取特殊措施，如抗震支吊架、基座等。设备安装空间符合可达性、运行和维修要求。

（3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

- 送风预过滤器

为送风气流中的大气除尘设置预过滤器。这些过滤器的效率较低，但至少为 85%。

- 排风预过滤器

排风预过滤器设在高效空气粒子过滤器（HEPA）上游，用来收集气流中粗颗粒灰尘，以提高高效空气粒子过滤器的使用寿命，这些过滤器效率至少为 85%。

·高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为 95%。

·高效空气粒子过滤器（HEPA）

高效空气粒子过滤器用来捕集气流中超细小的颗粒灰尘。这些过滤器效率大于 99.9%（荧光素钠法）。

过滤器由标准尺寸的单元构成，其滤芯是一次性的。除非另有说明，过滤器滤芯采用玻璃纤维纸材料。过滤器单元放在碳钢涂漆（或不锈钢）的排架上或放在密封过滤箱体中。

·碘吸附器

碘吸附器用于吸附气流中的气载放射性碘，其净化系数至少为 100（甲基碘）。

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

1）安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统保持安全壳内适当的温度状态。

CCV 系统所考虑冷负荷主要来自安全壳内的相关设备及管道等。在安全壳内部，CCV 系统按闭式循环方式运行，与安全壳外部环境无直接关系。

2）安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳空气净化系统的功能是在安全壳内部发生放射性污染时，降低壳内空气中放射性水平，以便工作人员在一定时间范围内有可能进入。

CUP 系统吸入安全壳内的部分空气，经预过滤器、高效空气粒子过滤器（HEPA）和碘吸附器进行净化来确保其功能。为了防止 CUP 高效空气粒子过滤器（HEPA）过早阻塞，CUP 系统设置有预过滤器。只有在安全壳内部发生放射性污染的情况下、工作人员需要进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统，为维修人员提供保证安全工作的条件。CUP 系统按闭式循环方式运行，与安全壳外部环境无直接关系。

CUP 系统由主控室远距离手动控制。

3）安全壳大气监测系统（CAM）

CAM 处理带放射性空气的是小扫气子系统，该系统为直流式。在反应堆正常运行期间，排风经过高效空气粒子过滤器（HEPA）和碘吸附器的净化后排放至烟囱。其功能为：

·降低安全壳内空气放射性水平；

·在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差。

·安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa（表压）时，进行安全壳排气。

4) 安全壳换气通风系统（CSV）

每个机组的反应堆厂房中，CSV 系统设计成：

— 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度。

— 减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便在冷停堆期间尽可能快地允许工作人员持续进入。

— 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐（RVD 002BA）处在轻微负压状态下。

CSV 系统是直流式通风系统，从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统（VNA）排至烟囱后向大气排放。

5) 安全壳环形空间通风系统（CAV）

CAV 系统是连续运行的，保证内、外壳之间空间（环形空间）的负压，保证来自内层安全壳内部的空气在排放前经过过滤，避免被污染的空气直接流向环境。

在事故后为减少释放到周围环境中的放射性，设置了两个系列的事故排风子系统，满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

- 带有隔离阀和防火阀的排风管；
- 一个正常排风子系统；
- 两个事故排风子系统。

CAV 包括以下三个子系统：

a) 正常排风子系统由一台预过滤器、一台高效空气粒子过滤器和配有止回阀的排风机组成。

b) 每个事故排风子系统包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器；
- 一台高效空气粒子过滤器；
- 一台碘吸附器；
- 一台 100% 容量的排风机，并配有止回阀。

6) 安全厂房控制区通风系统（VMO）

VMO 系统为直流式通风系统。在正常运行期间，VMO 系统的正常通风子系统运行，对安全厂房控制区进行通风。在事故工况下，VMO 系统的低流量排风子系统运行，对污染区域进行碘排风。

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能是：

— 正常运行工况下，保证安全厂房控制区房间内的设备正常工作和运行人员进入所需的环境温度；

— 在设备维修和定期试验时维持适当的环境条件，允许人员进入电机房进行维修；

— 在应急硼注泵运行时，启动循环冷却机组保持应急硼注泵间正常温度条件；

— 在堆腔注水冷却泵运行时，启动循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，失电时，一列由接 WSC 系统的循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，另一列由直接蒸发式冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件；

— 接到安注指令时，正常送排风系统停运，低流量排风分系统启动，保证相应区域负压，防止放射性物质外泄。排风经碘过滤机组排至烟囱。

VMO 系统由主控制室远距离控制。

VMO 系统的正常通风子系统组成如下：

— 两台并联连接的 100%容量的空气处理机组（过滤器、冷却器、加热器、送风机），配有止回阀；

— 一台排风过滤机组包括：预过滤器、高效空气粒子过滤器；

— 五台循环冷却机组（冷却器、送风机）；

— 一台直接蒸发式循环冷却机组；

— 两台并联的 100%容量的排风机，配有止回阀；

— 送、排风管道；

— 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

— 两台串联的 100%容量的加热器；

— 排风过滤机组包括：高效空气粒子过滤器、碘吸附器；

— 两台并联连接的 100%容量的排风机，配有止回阀；

— 排风管道；

— 防火阀。

7) 核燃料厂房通风系统（VFL）

VFL 系统为直流式通风系统。在正常运行期间，VFL 系统以全新风模式运行，对燃料厂房进行通风。在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤模式运行：

- 在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。
- 在 LOCA 事故时，低流量排风与 RHR 泵房间及 CAM 贯穿件房间的通风相连接。

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统均都能保持其设计功能。同时，事故工况下使用的低流量排风子系统设有应急电源。

VFL 系统由主控室远距离控制。

VFL 系统由以下部件组成：

- 两台 100%容量并联的送风机组，每台机组包括：

预过滤器；

送风机；

加热器；

冷却器。

- 高效空气粒子过滤器；

- 两台 100%容量并联的排风机，出口带止回阀；

- 配平衡阀、隔离阀和防火阀的通风管网。

8) 核辅助厂房通风系统（VNA）

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行或工作人员的健康要求；

- 按辐射防护分区，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；

- 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

- 降低释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；

- 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气体泄漏，排风通过烟囱排放；

- 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统（CSV）所需要的风量及过滤要求。

房间风量是根据冷热负荷或最小换气次数计算而得。

VNA 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统和排风烟囱等组成。

a) 正常送风子系统

正常送风子系统由 4 台 50%容量的空调机组（两用两备）以及配有电加热器、平衡阀、止回阀、隔离阀和防火阀的送风管路组成，每台空调机组包括：

- 一台预过滤器；
- 一台高效过滤器；
- 一台冷却器；
- 一台加热器；
- 一台风机。

b) 正常排风子系统

正常排风子系统组成如下：

- 四台 50% 冗余设置的过滤器箱体，每台过滤器箱体包括一台预过滤器和一台高效空气粒子过滤器；
- 四台 50% 冗余设置的风机；
- 配有止回阀、平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

c) 碘排风子系统

设置两套容量为 100% 的冗余系列，并联连接，每个系列的组成如下：

- 两台电加热器；
- 一台过滤器箱体，每台过滤器箱体包括一台预过滤器和一台高效空气粒子过滤器；
- 一台碘吸附器；
- 一台风机；
- 带有止回阀、平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

d) 排风烟囱

排风烟囱垂直段固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 84.4m，高出核辅助厂房屋面 58.40m。烟囱中设有连续监测放射性气体排放水平的仪表。

e) 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电加热设备，以防止硼酸结晶。

9) 核废物厂房通风系统（VRW）

VRW 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核废物厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行和工作人员的健康要求；
- 按辐射防护分区，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；
- 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 当正常运行期间，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气体泄漏，排风通过烟囱排放；

房间风量是根据设备散热量或最小换气次数计算而得。

VRW 系统由正常送风子系统、正常排风子系统(兼顾电气设备间、核废物厂房控制室及仪控机柜间的排烟)、碘排风子系统组成。

a) 正常送风子系统

正常送风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、止回阀、隔离阀和防火阀的送风管路组成，每台空调机组包括：

- 一台预过滤器；
- 一台高效过滤器；
- 一台冷却器；
- 一台加热器；
- 一台风机。

b) 正常排风子系统

正常排风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、止回阀、隔离阀和防火阀的排风管路组成，每台空调机组包括：

- 一台预过滤器；
- 一台高效空气粒子过滤器；
- 一台风机。

c) 碘排风子系统

碘排风子系统由两个互为备用的系列，设置有平衡阀、止回阀、隔离阀和防火阀的碘排风管路组成。每一系列主要包括：

- 一台预过滤器；
- 一台高效空气粒子过滤器；
- 一台电加热器；
- 一台碘吸附器；
- 一台风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

d) 特殊措施

在输送硼酸房间安装了电加热器，用以防止硼酸结晶。

10) 卫生出入口通风系统（WCV）

本系统为卫生出入口采暖通风与空调，为运行人员及维修人员提供进出通道的环境条件。系统分为三个独立的子系统：冷区通风子系统、热区通风子系统和制冷机房通风子系统。

本系统的主要功能如下：

— 保证附属厂房运行服务人员及维修人员进入所需的环境温度和房间内的设备正常工作；

— 为房间提供适当的换气次数；

— 发生制冷剂泄漏事故时，保证 WNC 制冷机房的排风。

a) 冷区通风子系统采用一次回风的方式连续运行，包括主通风管路、回风管路和排风管路。

— 主通风管路由一台送风空调机组、风阀和管网组成，空调机组部件包括预过滤器、高效过滤器、加热器、冷却器和送风机。

— 回风管路由一台回风机、风阀和管网组成。

— 排风管路由一台排风机、风阀和管网组成。

b) 热区通风子系统采用直流式全新风系统，由一台送风空调机组、一台过滤器箱体、一台排风机、风阀和管网组成。

— 空调机组包括预过滤器、高效过滤器、加热器、冷却器和送风机。

— 过滤器箱体包括预过滤器和高效空气粒子过滤器。

热区通风子系统将卫生出入口热区房间排出的空气过滤后，通过烟囱排至大气。

c) 制冷机房通风子系统为循环冷却系统，设置两台循环冷却机组，维持房间所需环境温度。

4.6.3.3 放射性废气排放源项

气态流出物主要来源于主冷却剂脱气（含氢废气）和各厂房的通风排放（含氧废气），具体为：

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；
- 辅助厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放。

现实排放源项中，单台机组的惰性气体的年排放量为 $9.97\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，气载碘的年排放量为 $1.69\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气载粒子的年排放量为 $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态 H-3 的年排放量为

4.29E+03GBq/a，气态 C-14 的年排放量为 2.20E+02GBq/a；设计排放源项中，单台机组的惰性气体的年排放量为 5.95E+04GBq/a，气载碘的年排放量为 7.67E-01GBq/a，气载粒子的年排放量为 9.36E-02GBq/a，气态 H-3 的年排放量为 4.84E+03GBq/a，气态 C-14 的年排放量为 3.65E+02GBq/a。

4.6.4 放射性固体废物管理

放射性固体废物管理主要包括固体废物处理系统（ZST）、废物最小化以及废物最终处置三部分内容。

4.6.4.1 固体废物处理系统（ZST）

4.6.4.1.1 系统功能

固体废物处理系统（ZST）的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

本系统处理下列几种类型的废物：

- 废树脂；
- 废活性炭；
- 浓缩液；
- 废过滤器芯；
- 杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）。

废树脂由下列系统的除盐器产生：化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（ZBR）、蒸汽发生器排污系统（TTB）、乏燃料水池净化系统（RFT）和废液处理系统（ZLT）。

废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的活性炭床。

浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器。

废过滤器芯来自核辅助厂房（NH）和核废物厂房（QF）内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可压实废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和不可压实的金属部件组成，收集在塑料袋内。

4.6.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物达到适宜运输、贮存和处置的要求。

固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

本系统设计所采用的主要标准规范：

- 《核动力厂环境辐射防护规定》 GB 6249-2025
- 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》 GB 9132-2018
- 《放射性物品安全运输规程》 GB 11806-2019
- 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》 GB 12711-2018
- 《低、中水平放射性固体废物容器钢桶》 EJ 1042-2014
- 《低、中水平放射性废物高完整性容器 混凝土容器》 GB 36900.2-2018
- 《低水平放射性废物包特性鉴定 水泥固化体》 GB 41930-2022
- 《核设施放射性废物最小化》 HAD401/08-2016
- 《低水平放射性固体废物贮存设施安全》 HAD401/13-2021

4.6.4.1.3 系统描述

（1）ZST 系统组成

本工程的 ZST 系统由核辅助厂房（NH）内部分、核废物厂房（QF）内部分、废物处理中心（QS）内废物处理部分及放射性固体废物暂存库（QT）组成。

（2）废物处理工艺描述

ZST 系统根据不同固体废物的性质分别进行处理。

ZLT 系统产生的浓缩液收集在 QF 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

废树脂和废活性炭收集在 NH 厂房和 QF 厂房的废树脂接收槽中，NH 厂房废树脂通过废树脂屏蔽运输车转运至 QF 厂房废树脂接收槽中，废树脂和废活性炭在 QF 厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至放射性固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

正常情况下 TTB 系统不产生放射性废树脂，若产生的废树脂受轻微放射性污染，在 NH 厂房直接装入容器桶后，送到 QS 贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NH 厂房的废树脂贮槽中，然后送到 QF 厂房进行干燥处理后装入 200L 钢桶。

将 NH 厂房和 QF 厂房产生的废过滤器芯装入 200L 钢桶并封盖，用屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心将装有废过滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖和剂量检测后送至放射性固体废物暂存库暂存。

通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到放射性固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控或拆解处理。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可压实干废物、需要烘干的潮湿干废物和不可压实废物进行处理：杂项干废物→分拣→烘干（必要时）→剪切（必要时）→初级压实→超级压实→水泥固定→200L 钢桶封盖→表面剂量率和表面污染检测→送放射性固体废物暂存库暂存。如可燃杂项干废物进行外运焚烧处理，可燃干废物也可以进行必要的压实打包后暂存，后续通过外运焚烧处理。

（3）放射性固体废物暂存库

放射性固体废物暂存库用于暂存六台机组五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物和通风过滤器芯的临时贮存场所。

放射性固体废物暂存库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

放射性固体废物暂存库贮存区域包括 HIC 废物包贮存室、HIC 废物包贮存区、200L 废物桶贮存室、200L 废物桶贮存区和轻微污染设备贮存区。

表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存室和 HIC 废物包贮存室；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存区和 HIC 废物包贮存区。贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。轻微污染废物贮存部分贮存轻微污染的大尺寸废物和通风废过滤器芯。

贮存的放射性废物贮存一定年限后，转运到放射性固体废物处置场进行处置。

4.6.4.1.4 系统运行

（1）浓缩液的处理

浓缩液收集于 QF 厂房的浓缩液贮槽内，需要处理时分批注入 200L 钢桶进行桶内干燥，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车运送到放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

（2）废树脂和废活性炭的处理

产生在 NH 厂房的废树脂用水力输送至 NH 厂房的废树脂贮槽，再用废树脂运输槽车送到 QF 厂房的废树脂接收槽；产生在 QF 厂房的废树脂和废活性炭用水力输送至 QF 厂房的废树脂接收槽。当 QF 厂房废树脂接收槽中废树脂和废活性炭需进行处理时，将废树脂和废活性炭泵送至锥形干燥器进行烘干，随后将装有烘干后废树脂和废活性炭的 200L 钢桶封盖，转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

（3）废过滤器芯的处理

废过滤器芯用过滤器芯更换转运容器（衬铅容器）拆卸，拆卸后通过下降通道装入事先放置在运输车屏蔽容器内的 200L 钢桶中，钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯定位，并保证均匀的生物防护，再通过屏蔽运输车送到 QS 厂房内的水泥固定装置进行

水泥固定。处理后产生的钢桶废物包转运至放射性固体废物暂存库暂存。

(4) 杂项干废物的处理

杂项干废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到废物处理中心进行分拣、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的废物包通过转运至放射性固体废物暂存库暂存。如可燃杂项干废物进行外运焚烧处理，可燃干废物也可以进行必要的压实打包后暂存，后续通过外运焚烧处理。

(5) 废物包暂存

放射性固体废物暂存库设有检测装置用于检测入库废物包表面剂量率、核素组成、重量和表面污染。然后，根据废物包的表面剂量率及包装类型，通过数控起重机将废物包吊运到指定的区域码放贮存。

4.6.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

1) 浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯的源项

浓缩液、废树脂和废活性炭源项计算依据的主冷却剂裂变产物源项分为现实工况和设计工况两类；对于活化腐蚀产物，也考虑现实工况和设计工况两类。

在分析固体废物源项的过程中，现实工况对应的主冷却剂源项能够在一定的保守范围内，反映机组正常运行过程中的现实状态，因此，在分析正常运行工况固体废物源项的过程中，可以考虑用于固体废物现实源项的分析。

设计工况对应的主冷却剂源项能够在一定的范围内，包络机组运行过程中可能出现的各种预期运行事件，因此，在分析预期运行事件时固体废物源项的过程中，可以考虑用于固体废物设计源项的分析，该设计源项可用于固体废物总量估算以及废物管理的辅助决策。

结合现实源项和设计源项的考虑，对 ZBR、ZLT、RCV、RFT 和 TTB 系统产生的放射性废物采用现实源项和设计源项进行了分析和计算，确定了上述系统浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯整备前后的活度水平。

2) 杂项干废物

单台机组年产生杂项干废物产量设计值为 140m^3 ，其中 119m^3 为可压实废物， 15.75m^3 为可直接压实废物， 5.25m^3 为不可压实废物。它们在产生地分类收集在塑料袋内后送到废物处理中心厂房压实装桶或装桶水泥固定。

根据国内核电站的运行数据得出杂项干废物（包括可压实废物和不可压实废物）的放射性水平，取 $1.5\text{E}+06\text{Bq/kg}$ 作为处理前杂项干废物的设计源项，取 $7.50\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 作为处理前杂项干废物的现实源项。

根据国内核电厂统计数据，假设可压实干废物处理前密度为约 150kg/m^3 ，采用超级压实工艺处理，则处理后可压实干废物的比活度设计值为 $5.05\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为 $2.53\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

不可压实废物直接进行水泥固定处理，假设不可压实废物堆积密度为 500kg/m^3 ，则处理后不可压实废物的比活度设计值为 $4.28\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为 $2.14\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

4.6.4.2 废物最小化

4.6.4.2.1 废物最小化原则

在核电厂设计、建造、运行和退役过程中，通过废物的源头控制、再循环与再利用、清洁解控、优化废物处理和强化管理等措施，经过代价利益分析，使最终放射性固体废物产生量（体积和活度）可合理达到尽量低。

核电厂废物最小化应以确保安全为前提，以废物处置为核心，通过技术和管理措施实现废物最小化，遵循源头控制优先、全过程管理、全员责任和持续优化的原则。

4.6.4.2.2 设计阶段的废物最小化

本工程在废物最小化方面主要通过源头控制、合理分类收集处理和改进处理工艺来实现，拟采取以下主要措施：

(1) 源头控制

— 核岛内 16"以下管道法兰密封不采用含银垫片，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

(2) 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。正常情况下 TTB 系统不产生放射性废树脂，若产生的废树脂受轻微放射性污染，在 NH 厂房直接装入容器桶后，送到 QS 贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NH 厂房的废树脂贮槽中，然后送到 QF 厂房进行干燥处理后装入 200L 钢桶

— 将干废物根据不同的性质进行分类处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶水泥固定。如可燃杂项干废物进行外运焚烧处理，可燃干废物也可以进行必要的压实打包后暂存，后续通过外运焚烧处理。

— 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在放射性固体

废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

(3) 改进处理工艺

- 浓缩液采用减容效果更为明显的处理工艺。浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块。
- 废树脂和废活性炭采用减容效果更为明显的处理工艺。废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶。
- RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用尺寸较小的过滤器芯，ZST 系统使用 200L 钢桶作为废过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

4.6.4.3 废物最终处置

放射性固体废物的运输起点为辽宁庄河核电厂的放射性固体废物暂存库，运输终点为放射性废物处置场。放射性废物运输必须遵守国标 GB 11806-2019 《放射性物品安全运输规程》和 GB 12711-2018 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》。放射性固体废物的运输拟采用公路运输。

4.6.5 乏燃料贮存系统

乏燃料贮存系统是用于暂时贮存和转运乏燃料组件的系统，包括燃料转运舱、乏燃料水池、乏燃料贮存格架、容器装载井、容器准备井以及乏燃料水池冷却和处理系统等设施、设备。

乏燃料贮存在乏燃料水池中的乏燃料贮存格架中。乏燃料水池冷却和处理系统为乏燃料的贮存和转运提供安全环境。

4.6.5.1 系统描述

乏燃料组件从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车吊运乏燃料组件并垂直存放在水下的乏燃料贮存格架中。破损的燃料组件装入破损燃料组件贮存小室内存放。需要定量检查辐照燃料组件的破损程度时，采用离线啜吸检测装置进行检测。当乏燃料组件贮存一定时间需要外运时，将组件装入乏燃料运输容器，经过清洗，检查乏燃料容器的表面辐射水平和污染水平满足运输标准规定后，可运往乏燃料后处理厂。

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道是隔离的，只有换料时才打开。

乏燃料水池侧壁是混凝土屏蔽墙，使水池周围相邻区域的辐射水平满足相应辐射区域的设计标准。

在乏燃料水池内设有乏燃料贮存格架，分为两个区。Ⅰ区用于装载新燃料组件、破损燃料组件、未达到规定燃耗限值的辐照燃料组件和紧急卸料时全堆芯的燃料组件。Ⅱ区用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面是否渗漏。

在正常情况下乏燃料水池充满含硼水，以保证乏燃料水池内燃料组件的冷却和水面以上的辐射水平满足设计要求。在池底不设任何排水管道，防止池水流失。

在乏燃料水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

以上三个水池彼此相通，水池之间的混凝土隔墙上有密闭的水闸门，平时是关闭的，使用时才打开。靠近容器装载井的另一侧还设有一个乏燃料运输容器准备井，用作乏燃料运输容器的准备工作。

4.6.5.2 设计准则

乏燃料贮存设计按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》（2021 年 12 月 17 日）相关章节的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

（1）乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行事件期间，或者是在特定设计基准事故期间或以后，乏燃料组件的贮存均应满足规定的次临界状态。在Ⅰ区贮存格架装载最大预期反应性的新燃料组件，而Ⅱ区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，若不置信可溶硼，有效增殖系数 $k_{eff} \leq 0.95$ ；若信任可溶硼，当装载最大预期反应性的燃料组件，假定被纯水淹没的情况下各种工况的最大有效增殖系数 $k_{eff} < 1.0$ ，在具有最小硼浓度的全密度水中各种工况的最大有效增殖系数 $k_{eff} \leq 0.95$ ；

（2）乏燃料水池及格架的设计，应能承受燃料组件和工具掉落的冲击；

（3）防止不属于起升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

（4）贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；

（5）贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

（6）必须提供贮存破损燃料组件的设施；

（7）贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；

（8）应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

（9）乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化的风险，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

（10）乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；

（11）乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；

（12）乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料水池中的冷却水能够自由循环；

（13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部危险的防护措施；

（14）乏燃料水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件；

（15）在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全；

（16）在乏燃料水池中设有水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料水池监测满足《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》的规定。

4.6.5.3 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统用于保证对核电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为反应堆换料水池、堆内构件存放池、乏燃料水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

1) 系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

当反应堆冷却剂系统打开，且余热排出系统完全失效时，反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统可作为余热排出系统的备用。这种备用同样允许对余热排出系统进行维修，而不降低装置的安全水平。

该系统可保持乏燃料贮存区域的水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

2) 系统的设计基准

该系统设有两台冷却泵，由柴油发电机组作为它们的应急电源。泵之间的切换或电源之间的切换均采用手动方式。

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

4.7.1.1 海水淡化系统

海水淡化系统采用“混合反应沉淀池+V 型滤池+超滤装置+一级海水反渗透装置+二级反渗透装置”工艺。本工程 1 台机组正常运行，1 台机组启动运行时，海水淡化系统浓盐水排放量约为 550 m³/h，机组正常运行工况，海水淡化系统浓盐水的排放量约为 275 m³/h。

海水淡化系统加入的化学物质主要为次氯酸钠、三氯化铁、聚丙烯酰胺（阴离子型）、聚丙烯酰胺（阳离子型）、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 Na₂SO₃。

经过一级海水反渗透装置处理的产水再经二级反渗透装置处理后分别供向除盐水生产系统、饮用水系统和生产水系统。

4.7.1.2 除盐水生产系统

除盐水生产系统是将海水淡化膜处理系统二级反渗透产水经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器除盐处理，为核岛、常规岛、BOP 等用户提供符合水质水量要求的除盐水。除盐水生产系统的树脂再生废液经中和处理达标（pH 调节至 6~9）后排放，再生废液中含有 NaCl、以及少量的 HCl 和 NaOH。

4.7.1.3 循环水处理系统

本工程海水循环冷却水处理系统采用电解海水制氯的方法获得杀生剂——次氯酸钠溶液，并将其投加至冷却水中。海水经自清洗过滤器过滤后进入次氯酸钠发生器，次氯酸钠发生器制取的次氯酸钠溶液进入次氯酸钠储罐，氢气在其中被分离出去，经排氢风机稀释后排入大气。次氯酸钠溶液从次氯酸钠储罐通过加药泵输送至加药点。

在联合泵房的进水流道中连续投加次氯酸钠，使循环水系统的海水中的次氯酸钠的浓度达到 1 mg/L。以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。保证相关系统安全、稳定经济运行。

同时循环水处理系统还具备为海水淡化预处理厂房提供次氯酸钠溶液的功能。

4.7.1.4 非放废水处理

非放生产废水处理过程加入的化学物质主要为三氯化铁、盐酸、聚丙烯酰胺、次氯酸钠、氢氧化钠。非放生产废水处理过程中所用的化学药品用量均是根据原水水量、水质等条件按比例投加的，并在处理环节中消耗殆尽。净化剂反应生成物绝大部分存在于非放生

产废水处理站的污泥中，污泥脱水后外运处理。因此，非放生产废水处理添加的化学药剂不会对周围环境造成影响。

4.7.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程运行期间生活垃圾产生量约为 2.7 吨/天。

生活污水来自本工程各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备的非放射性生活污水的排水。本工程各子项的生活污水外送至厂外污水处理站进行处理，辽宁庄河核电项目一期工程正常运行期间生活污水产生量约为 $287\text{m}^3/\text{d}$ ，大修和启动工况增加至 $447\text{m}^3/\text{d}$ 。

4.7.3 其它废物

本工程运行期产生的其它废物主要为非放射性生产废水、废油、固体废物等。

本工程通过室外管网收集汽轮发电机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过处理，其水质达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）后，排入室外非放射性生产废水管网；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理能力：正常 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，最大 $10\text{m}^3/\text{h}$ 。

本工程正常运行期间其它非放射性生产废水包括除盐水生产厂房树脂再生废水、空调设备冷凝水、工艺管廊集水坑排水、各厂房地面冲洗水，以及辅助给水箱、除盐水贮存箱等各类水箱及消防水池溢流水和泄空水。本工程大修期间其它非放射性生产废水增加核岛设备冷却水系统和冷冻水系统检修排水和常规岛闭式冷却水系统检修排水。

本工程拟新建非放生产废水处理站，非放射性生产废水单独收集，汇集至非放生产废水处理站进行处理，其水质达到满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1）后排入虹吸井，最终排至大海。非放射性生产废水处理站考虑全厂共用，共设两个系列，单系列设计规模为 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ，最大处理能力 $2400\text{m}^3/\text{d}$ 。

本工程运行期产生的固体废物主要包括危险废物和一般工业废物。

一般工业废物主要为水处理过程中产生的污泥、废弃的膜组件和离子交换树脂。

海水淡化预处理过程中产生的污泥，在海水淡化预处理厂房设置污泥处理设施，对混合反应沉淀池的污泥进行处理后委托相关资质单位定期外运和处理。非放射性生产废水处理过程产生的污泥脱水后委托相关资质单位定期外运和处理。

海水淡化膜处理系统的超滤和反渗透工艺在运行过程中产生的废弃膜元件等固体废物。根据膜厂商的建议及调研国内膜的使用情况，超滤和反渗透膜的使用年限一般为5年。超滤和反渗透膜应根据现场实际运行情况，监测超滤膜、反渗透膜的运行状态，合理确定更换周期。海水淡化膜处理系统使用过的废弃膜不含有游离液体或有害物质，一般按照工业固体废物进行处理。

除盐水生产过程中采用离子交换树脂，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。经除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理，贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求。

参考运行机组数据估算，本项目两台机组正常运行期间产生约170t一般工业固体废物，其中可回收类一般工业固体废物（木材、纸壳、碳钢铝制品等金属类）约75t，不可回收类一般工业固体废物（防火布、胶皮垫、干燥剂、塑料板、保温棉、过滤器、防冻液等）约95t。本工程运行期产生的一般工业固体废物按照其可回收性进行分类管控，可回收固体废物定期收集、卖给废旧物资回收单位处置；不可回收固体废物在场内设置固定收集点收集，定期巡检并填写《一般工业固体废物产生清单》，达到一定总量后委托外部单位进行转移和处置，并填写《一般工业固体废物出厂环节记录表》，每月记录不可回收一般工业固体废物的产生、贮存、利用、处置数量和利用、处置方式等信息，并填写《一般工业固体废物流向汇总表》。

本工程运行期产生的危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，废弃铅蓄电池，机械设备、变压器维修过程中产生的、废弃的润滑油、液压油、变压器油、矿物油等，含油废水处理过程中产生的废油、废油泥，过期、废弃的底漆、面漆、油漆，厂房照明损坏、更换的含汞荧光灯管，核应急准备过期失效药品。参考运行机组数据估算，两台机组正常运行期间产生危险废物约180t。其中废矿物油与含矿物油废物约135t，油/水、烃/水混合物或乳化液约4t，有机树脂类废物约1.5t，含汞废物约0.3t，含铅废物约30t，有机磷化合物废物约2.2t，其他危险废物合计约7t。

本工程设置危险废物暂存库，集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理执行《危险废物转移管理办法》，填写《危险废物企外转移计划表》，在“辽宁省固体废物智能监管信息平台”全面、真实、准确、及时进行危险废物管理计划的申报。危险废物贮存库设计满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求。

4.8 放射性物质厂内运输

运进核电站的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电站的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

4.8.1 新燃料运输

4.8.1.1 燃料供应

本项目选用的燃料组件由中国原子能工业有限公司（CNEIC）供应。新燃料运输容器采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至本项目的燃料厂房。

4.8.1.2 新燃料运输容器

新燃料组件特性：

物理状态	固体
主要成份	UO ₂

新燃料运输容器特性：

货包类型	A（F）
------	------

新燃料运输容器由上、下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上、下壳体的连接用螺栓锁紧。上壳体设有吊装环、下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装载新燃料组件。支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量装置，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两组组件，两组组件间设有中子吸收板，容器内充以保护性气体，以避免污染。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

燃料组件供货数量，以及备用组件的数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足平衡换料循环的要求。

4.8.2 乏燃料运输

从反应堆堆芯卸出的乏燃料在乏燃料水池暂存后，将乏燃料运至后处理厂处理。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要运输，需要换下来的可以存放在乏燃料水池内，在反应堆退役时运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料水池尚未贮满之前运出。乏燃料运输可采用乏燃料运输容器，承担单位已取得国家核安全局颁发的设计批准书和制造许可证，具备本工程使用的条件。

乏燃料运输的运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。本工程乏燃料运输可采用公铁海联运的运输方式，本工程燃料厂房至核电站自备码头间考虑采用公路运输方式进行短途接驳，再由核电站自备码头公海换装后，由专用运输

船实施海运。专用运输船到达中转码头，进行海公换装；通过公路短驳方式运输至铁路专用线完成公铁换装、专用线运输，最终运至规划的乏燃料后处理厂。具体运输容器类型、运输方案及路线，需要在国家相关主管部门批准，且乏燃料运输中的海运、铁路及公路运输积累成熟经验后，由承运部门确定。

4.8.3 放射性固体废物的运输

辽宁庄河核电厂运行期间产生的废树脂来自 RCV、ZBR、TTB、RFT 和 ZLT 系统的除盐器；废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器；废过滤器芯来自 NH 和 QF 内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

NH 厂房产生的废树脂收集在 NH 厂房废树脂贮槽中，QF 厂房产生的废树脂和废活性炭收集在 QF 厂房的废树脂贮槽中。NH 厂房废树脂贮槽内废树脂通过废树脂屏蔽运输车送到 QF 厂房的废树脂贮槽，与 QF 厂房废树脂和废活性炭一并在厂房内进行干燥处理，经封盖和剂量检测后再转运至放射性固体废物暂存库（QT）装入 HIC 暂存。废树脂屏蔽运输车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，避免软管和快速接头处废树脂泄漏。在装载时，废树脂屏蔽运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂屏蔽运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂屏蔽运输车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液收集在 QF 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，形成装有烘干盐的 200L 钢桶废物包，经处理后通过屏蔽运输车转运至 QT 库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 QS 厂房，在 QS 厂房进行水泥固定处理后，再将形成的 200L 桶装水泥固定体送至 QT 暂存。屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个内置废滤芯定位装置的 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过 2mSv/h ，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。

杂项干废物用专用运输车运送到 QS 厂房，经处理后送至 QT 暂存。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

辽宁庄河核电厂产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有烘干后的废树脂和废活性炭、干燥后的浓缩液盐块、装有水泥固定的废过滤器芯、超级压实后水泥固定的杂项干废物的 200L 钢桶。厂外运输的是 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包。其中，表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

放射性固体废物的运输起点为辽宁庄河核电厂的放射性固体废物暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的有关要求。废物桶的设计和制造满足《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》（EJ 1042-2014）的要求。HIC 的设计和制造满足《低、中水平放射性废物高完整性容器 混凝土容器》（GB 36900.2-2018）的要求。水泥固定废物体性能满足《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）以及《低水平放射性废物包特性鉴定-水泥固化体》（GB 41930-2022）。废物包性能满足《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）和《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB 9132-2018）的要求。

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

- 5.1.1 施工建设对土地利用的影响
- 5.1.2 施工建设占用土地情况
- 5.1.3 施工活动对自然环境的影响
- 5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.2 水的利用

- 5.2.1 施工活动对水资源利用的影响
- 5.2.2 海域施工对水环境的影响
- 5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

5.3 施工影响控制

- 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施
- 5.3.2 施工扬尘的控制措施
- 5.3.3 施工噪声的控制措施
- 5.3.4 场地回填的控制措施
- 5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施
- 5.3.6 放射源的管理措施
- 5.3.7 设计地形地貌的改造措施
- 5.3.8 水土保持措施
- 5.3.9 施工期的节水措施
- 5.3.10 施工期的大气和声环境监测

表

表 5.3-1 施工期产生的 VOCs 的具体处理措施

表 5.3-2 施工期产生的 VOCs 的污染防治措施及监测计划

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.1.1 工程规划用地

厂址总用地面积约 170.52hm²（不含海工工程、表土临时堆放场地、施工生活区及其他厂外设施用地），填海造地面积约 29.11hm²。土地利用现状类型为农用地、建设用地及未利用地，不涉及基本农田。

一期工程总用地面积 129.52hm²（不含海工工程、表土临时堆放场地、施工生活区及其他厂外设施用地），征地面积 77.70hm²，租地面积 51.82hm²（含施工临建场地、爆破缓冲区及土石方临时周转场地）。土地利用现状类型为农用地、建设用地及未利用地，不涉及基本农田。

5.1.1.2 规划用地合理性分析

1) 子项配置在满足工艺要求的情况下尽量精简，合并部分功能相近的子项，取消部分功能冗余的子项；厂房建设规模贴近使用要求，不任意扩大。

2) 建、构筑物在满足相关规范的前提下紧凑布置；全厂共用设施一次建成，集约厂房用地；道路规划在满足运输要求的情况下短捷顺畅。

3) 厂房的单体设计，在满足工艺布置需求的情况下，根据所处位置的地基条件，在不增加地基处理费用的情况下尽可能采用联合厂房和多层建筑；并且根据所处位置的地形条件，优化厂房的外观形状及尺寸，以契合异形用地，避免产生无法利用的边角地带。

4) 设置综合技术廊道以集中布置管线；部分管廊、管沟在满足承载力要求的情况下采用上下叠置布置方式，以节约用地。

结合上述内容综合分析，厂址的规划用地是相对合理的。

5.1.2 施工建设占用土地情况

本工程总用地面积 129.52hm²（不含海工工程、表土临时堆放场地、施工生活区及其他厂外设施用地），征地面积 77.70hm²，租地面积 51.82hm²（含施工临建场地、爆破缓冲区及土石方临时周转场地）。土地利用现状类型为农用地、建设用地及未利用地，不涉及基本农田。

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.3.1 对地形地貌的影响

本工程场地平整分期完成，厂区场地平整标高暂定 12.00m，施工临建场地平整标高暂定 19.20m。在工程建设期间，通过进行必要的工程防护措施，优化施工工序，可以有

辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）第五章核电厂施工建设过程的环境影响版次：A

效防止水土流失。同时结合厂区绿化美化，施工场地使用完毕后进行还绿等措施，对地形地貌改造的影响是局部的。

5.1.3.2 水土流失

工程建设过程中会产生一定数量的水土流失，主要发生在厂区正挖期间，形成了填筑裸露面，裸露面表层结构疏松，无植被覆盖，造成区域内土壤抗侵蚀能力下降。同时，土石方的搬运和堆置也带来了水土流失。通过有效的工程措施（防洪排导工程、挡土墙、护坡等）、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

5.1.3.3 对生态环境的影响

工程施工期需要对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作也将破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，将根据现场施工情况采取相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也将采取相应的恢复措施，预计本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

5.1.3.4 对大气环境的影响

根据类比分析，本项目施工量较小，预计施工期间对大气环境的影响可以满足相关标准要求。后续本工程将根据工程进度适时开展施工期监测工作，如遇相关监测指标超标，会通过现场项目部反馈施工单位整改。

本工程已对附近居民点启动搬迁工作，预计施工产生的扬尘等对周围居民的影响不大。

5.1.3.5 对声环境的影响

根据类比分析，本项目施工量较小，预计本项目施工场界噪声排放预计可以满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）标准要求，后续本工程将根据工程进度适时开展施工期监测工作，如遇相关监测指标超标，会通过现场项目部反馈施工单位整改。

本工程已对附近居民点启动搬迁工作，预计施工期的噪声不会对居民点造成影响。

5.1.3.6 对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水和施工生产废水。

施工期间施工临建区的生活污水最大日产生量约为 468m³/d，外送至厂外污水处理站进行处理。

土建建造期间生产废水为清洗车辆废水沉淀后循环使用。安装阶段管道冲洗废水主要污染物为悬浮物等，满足回用条件时优先回用处理，回用条件无法满足时外送处理；后期排水管道具备外排条件时，对于无法回用的部分废水在满足相关排放标准的前提下排海。调试期间冲洗水、加药水排放前首先进行检测，检测合格，则直接排放；如果检测不合格，则采用暂存、中和等方式处理，待合格后再排放，如现场无法处理时外送处理。

因此，核电厂施工对水环境无明显影响。

5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾。本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。

施工期间危险废物主要包括：

土建工程废物：废油漆桶；使用酸进行清洗产生的废酸液；显（定影液）；废弃机油、润滑油；失效油漆；废油漆桶。安装工程废物：丁醇、丙酮；废弃柴油、汽油；废弃机油、润滑油等；废显（定）影剂、胶片及废像纸；废腐蚀液、废洗涤液等；油漆桶；废弃的铅蓄电池；废电路板；废油漆；废酸。土建、安装施工产生的各类危险废物，分类临时存放，委托具有危废处理资质的单位进行统一处理。

两台机组建安施工产生的危险废物量约为：安装约 100t；土建约 40t。

产生的生产废物主要包括废建筑垃圾、脚手管、脚手板、模板、钢筋、外包装等、生产废物量约 100t/d。

固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程施工期间生活垃圾最大日产生量约为 5.5t/d。

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

本项目开始施工后，近区的自然村均已搬迁，搬迁后其他居民点距离厂址较远，施工活动不会对其造成影响。

厂址半径 10km 陆域范围内无自然保护区、风景名胜区、自然遗迹。

厂址半径 10km 范围内有 6 处文物古迹，均为一般不可移动文物，距离厂址最近的是毕屯南岛遗址，位于厂址 ENE 方位 1.5km 处。

厂址距离附近的文物古迹较远，施工活动不会对其造成影响。

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

（1）施工期用水

核电厂施工期用水主要为淡水，主要包括施工生产用水和施工生活用水。施工生产用水供给混凝土浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘等施工用水。施工生活用水供给施工人员生活用水，其水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）。

（2）施工期用水量

辽宁庄河核电项目一期工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 2054m³/d，施工人员生活用水最大日用水量为 550m³/d，施工现场降尘和洗车用水量为 368m³/d。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 3370m³/d。

（3）供水水源

施工期间淡水用水由青堆镇净水厂供给。

（4）施工期用水对周围水用户的影响

根据《辽宁庄河核电厂一期工程水资源论证报告书》，本项目施工期用水和运行期生活用水采用青堆镇净水厂水源，对其他用水户无明显影响。

5.2.2 海域施工对水环境的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自填海造地、取水明渠导流堤、排水暗涵、大件码头、护岸、临时施工围堰、明渠及取水沟槽疏浚等海工工程施工。海工构筑物的施工会造成厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域的环境造成一定的影响。

海域工程施工对水环境的影响主要表现为悬浮泥沙对海洋水质环境和生态的影响、填海造地和取排水工程建设对底栖生物的影响。工程施工将引起海域悬浮泥沙颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。填海及构筑物范围内的底栖生物因为土石掩埋而死亡。施工期间挖泥以及炸礁作业改变了底栖生物原有的栖息环境，除少量活动能力强的底栖动物逃往他处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖。排水暗涵沟槽开挖将导致沟槽范围内的底栖生物因机械开挖而死亡，由于暗涵位于海底面以下，排水暗涵铺设施工结束后海底将逐步恢复到原始状态。

本工程为减小海域施工对海洋环境的影响，在海域施工期间设置防污帘。设置防污帘后，本工程海域施工对厂址周围海域生态环境造成影响很小。

5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

5.2.3.1 减轻施工过程对海域环境影响的措施

采取下列措施可减轻施工过程对海域环境的影响：

（1）设置防污帘

为减轻施工引起的悬浮物污染扩散，施工前先用挖泥船将表面淤泥清除、施工过程中设置拦污帘，最大程度控制施工期产生的悬浮物，随着施工结束和泥沙的沉降作用，水质将逐渐恢复至初始状态。

防污帘主要用于控制沿海或河边建筑周围的淤泥流动及相关的污染物流动等。它所形成的屏障可以将由施工活动产生的淤泥等污染物控制在施工范围内，从而起到杜绝或减少防污帘外侧的水质污染，起到水质保护的作用。防污帘帘体主要是由高强度的编织或非编织土工布制成，通过水面漂浮的浮球悬浮于水面以下，并通过水下帘体绑系的定位及压载块来确保防污帘整体的外形尺寸，以保证其在使用过程中不随波浪和水流漂浮出水面。

（2）污水控制

1）合理规划施工场地的临时供、排水设施。采取有效措施消除跑、冒、滴、漏现象。

2）严禁向海域倾倒垃圾和废渣。进行现场搅拌作业，必须在搅拌机前台及运输车清洗处设沉淀池，废水经沉淀处理后，上清液回流利用。施工机械含油污水经隔油池处理后方统一收集处理。

3）施工船舶产生的机舱油污水、生活污水、生活和生产垃圾等废物应按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）的要求予以排放。

（3）合理安排施工时间，为减轻施工可能对鱼卵及幼鱼的发育生长不利，应尽量避免海洋生物产卵盛期或在此期间降低施工强度；同时，对整个施工阶段进行合理规划，尽量缩短工期，以减轻施工可能带来的海洋生态环境影响，做好生态保护工作。

（4）为减轻水下爆破对渔业资源的影响，爆破作业避开鱼类繁殖季节（一般为3-6月份），水下施工前采用人工和小药量爆破对爆破区周围的水生生物进行驱赶。

5.2.3.2 海域施工监测计划

海域工程的施工会引起厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域造成影响。为此，开展施工期海域环境监测分析及评价工作，以了解施工对厂址周围海域环境所造成的影响，验证施工期所采取的环保措施的有效性。监测计划自海工工程施工开始至施工结束，海水水质在施工期间每季度大、小潮各监测一次，每年度共计八个航次，每年选择代表性1个航次设置21个水质监测站位，剩余7个航次设置不少于12个水质监测站位；海洋水文监测站位不少于6个、地形地貌与冲淤监测断面不少于5个，海洋水文及地形地貌与冲淤监测选择每年代表性一季进行；水生生物监测站位为13个，沉积物调查站位数量为13个，海洋生物质量监测站位不少于3处，沉积物质量在施工期的每年选择代表性

辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）第五章核电厂施工建设过程的环境影响版次：A
一季进行监测；水生生物（包括鱼卵、仔鱼）及生物质量在施工期内每年代表性一季进行监测。在工程附近区域布设 1~2 个潮间带生态监测断面，同时设 1 个对照断面；海域环境放射性核素活度浓度监测中海水监测站点不少于 20 个站，海洋沉积物不少于 10 个站，海洋生物不少于 3 处，海域环境放射性核素活度浓度监测 1 次/年，应充分考虑施工工期的安排，选择代表性一季。监测内容主要有：

（1）海水水质：水深、余氯、透明度、盐度、水温、水色、浊度、pH 值、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、挥发性酚、无机氮（包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、活性硅酸盐、硫化物、悬浮物、石油类、汞、镉、铅、铜、锌、砷、总铬、阴离子表面活性剂、非离子态氨等。

（2）海洋水文监测项目：海流（流向、流速）、悬浮泥沙等。

（3）地形地貌与冲淤监测项目：水深地形、沉积物粒度等。

（4）沉积物监测的项目：pH 值、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、油类、有机物、硫化物、含水率、氧化还原电位、沉积物类型等。

（5）在调查水域内，水生生物资源调查种类应包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵、仔鱼）、底栖生物、微生物（大肠菌群、粪大肠菌群）、潮间带生物、游泳生物等。说明这些生物的种类、密度、数量、多样性指数以及分布随时空的变化。

（6）在调查区域分别采集 2 种有代表性的贝类、鱼类、藻类和甲壳类，监测生物体内的铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、油类等。

（7）在潮间带开展潮间带底质调查和潮间带生物质量调查，潮间带底质调查项目包括：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、有机质、硫化物、含水率和氧化还原电位等 12 项。潮间带生物质量调查，调查生物选取贝类、藻类和甲壳类等 3 种代表生物，监测项目包括：铜、铅、锌、铬、镉、汞、砷、石油类等 8 个项目。

（8）海洋环境介质放射性核素活度浓度监测项目：

1）海水监测：总铀、总β、⁹⁰Sr、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、³H、^{110m}Ag、⁶⁵Zn、²²⁶Ra、⁵⁹Fe 等；

2）海洋沉积物监测：总铀、总β、⁹⁰Sr、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁴Mn、^{110m}Ag、²²⁶Ra、⁵⁹Fe、⁶⁵Zn 等；

3）海洋生物监测：总铀、总β、⁹⁰Sr、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、^{110m}Ag、²²⁶Ra、³H（有机氚、组织自由水氚）、⁶⁵Zn、⁵⁹Fe 等。

5.3 施工影响控制

5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

- 1) 场地平整之前，先将具有肥力的地表土剥离并集中堆放，用于绿化，集中堆放后为防止雨季水土流失，计划采用 5.3.8.4 节中“（5）厂外表土堆放区”中的措施防护；
- 2) 严格按照设计要求进行施工；
- 3) 土石方爆破应严格遵守爆破安全的相关规定；
- 4) 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- 5) 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- 6) 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，避免水土流失；
- 7) 雨季施工做好防护措施；
- 8) 场地和边坡形成后，尽早进行绿化；
- 9) 施工结束后，在全部厂址范围内，凡可进行绿化的用地均充分绿化。

5.3.2 施工扬尘的控制措施

- 施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；
- 严格控制行车速度；
- 改善道路路面；
- 尽量减少土方的临时堆置时间；
- 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护；
- 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等；
- 在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘。

5.3.3 施工噪声的控制措施

为尽量减少对附近居民的影响，应总结其他工程施工降噪经验，用于本期工程施工建设中；应严格遵守《爆破安全规程》（GB6722-2014）的相关规定。施工期间将采取以下措施，确保将施工噪声控制在相关规定的限度内：

- 施工现场倡导文明施工，尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。
- 所有施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。
- 施工过程中，严格控制推土机一次推土量、装载机装载量，严格超负荷运转。
- 加强施工机械的维修保养，缩短维修保养周期，确保机械设备处于完好的技术状态。

- 要为操作工人配备相应的劳动保护用品。
 - 车辆噪声采取保持技术状态完好和适当减低速度的方法进行控制。
 - 在噪声敏感区域均需选低频振捣棒。振捣棒使用完毕后，及时清理干净，保养好；振捣混凝土时，禁止振钢筋或钢模板。
 - 加强对混凝土泵、混凝土罐车操作人员的培训及责任心教育，保证混凝土罐车平稳运行。
 - 从声源上降低噪声。尽量选用低噪声设备和工艺，尽量选用环保型机械设备。
 - 从传播途径上控制噪声。对于噪声较大的设备，应采取吸声、隔音、隔振和阻尼等声学处理方法降低噪声，必要时设立专用工作间，以降低噪声。
 - 施工现场应切实采取措施，控制噪声的产生。如进场使用的机械设备要定期维护保养；施工过程中严禁机械设备超负荷运转；禁止夜间使用噪声比较大的机械；模板、脚手架等支拆、搬运、修理应轻拿轻放，维修时禁止使用大锤敲打，尽量降低人为产生的噪声等。
 - 加大治理噪声的宣传和奖惩力度，充分利用教育、经济等手段做好噪声的治理。
- 施工噪声的控制应满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025），并按照GB12523-2025 进行建筑施工场地边界线处的等效声级测量。

5.3.4 场地回填的控制措施

- 1) 回填前应做好回填区域内临时排水系统的总体规划，并注意与原排水系统相适应；
- 2) 填方施工取料、运料、铺填、压实等各道工序应连续进行，并设置临时围挡设施；
- 3) 雨期施工的工作面不宜过大，应逐段、逐片的分期完成；
- 4) 雨期施工时，雨前应及时压完已填土层或将表面压光，并做成一定坡度，以利排出雨水；
- 5) 天气条件恶劣，影响回填质量时，应中止回填；
- 6) 凡具备绿化条件的地段，均应及时绿化。

5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施

施工期间施工临建区的生活污水最大日产生量约为 $468\text{m}^3/\text{d}$ ，外送至厂外污水处理站进行处理。

土建建造期间生产废水为混凝土养护废水、清洗地面废水不收集，受热蒸发；清洗车辆废水沉淀后循环使用。安装阶段管道冲洗废水主要污染物为悬浮物等，满足回用条件时优先回用处理，回用条件无法满足时外送处理；后期排水管道具备外排条件时，对于无法

辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）第五章核电厂施工建设过程的环境影响版次：A
回用的部分废水在满足相关排放标准的前提下排海。调试期间冲洗水、加药水排放前首先进行检测，检测合格，则直接排放；如果检测不合格，则采用暂存、中和等方式处理，待合格后再排放。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。本工程施工期产生危险废物集中分类暂存后，委托有资质单位外运处理。

5.3.6 放射源的管理措施

施工期间主要用 γ 射线进行无损探伤检验及焊缝检查，依据国家颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，制订放射源管理制度。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

（1）放射源的使用

对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的人员不得上岗。

施工期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时间要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作它用。

调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查。

根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收。

探伤作业前发布探伤通知，将探伤信息（包括探伤作业地点、警戒范围、时间等）告知各参建单位，避免发生误照射。在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查。

佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的

辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）第五章核电厂施工建设过程的环境影响版次：A
健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

（2）放射源的贮存

在放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库房外存放过夜或较长时间库外存放。

放射源存放在安全的房间或源库内，专设屏蔽厂房进行贮存，并对其防护墙根据最大辐照量进行计算，使工作人员和公众不会受到超限值的照射。

放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌，必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

（3）放射源的处理

本项目产生的废源按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

5.3.7 设计地形地貌的改造措施

·厂址区域地形整体上较为平坦，自然地面高程-1.9m~40.79m。场地平整后形成的边坡，高度一般不超过 20m，边坡坡率按建筑边坡工程相关标准规范选用。

·严格按照设计要求进行施工。

·选择合理的施工时间，尽量避开雨季施工；若不能避开，雨季施工应做好防护措施。

·优化施工工序，对填方段新形成的不稳定边坡要及时护坡，避免长时间裸露，修建临时性排水沟以避免径流对场地的冲刷。

·基础开挖的土、石方要集中堆放，并及时回填于需要填方的地点或指定场地，避免水土流失。

·厂区施工中，场地平整宜与地下建筑施工相结合，统筹考虑，尽量避免重复挖填。

·厂区内地下设施繁多，施工时要合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹安排的原则，临近地下设施尽量同槽一次开挖，同时应保持基坑土方边坡的稳定，确保基面不受扰动。

·所有建筑工地排水、设备清洗水要集中处理，尽量重复利用，对施工场所进行喷洒，减少地面起尘。

·施工结束后，在全部厂址范围内，凡裸露地面全部进行硬化或绿化，可进行绿化的用地均应充分绿化。

5.3.8 水土保持措施

本节根据水土保持方案报告书编制，水土保持方案报告书已于 2024 年批复。

5.3.8.1 水土流失防治责任范围

1) 永久占地

工程永久占地包括核电厂区、主要进厂道路、次要进厂道路、海工工程水面以上部分。

2) 临时占地

工程临时占地主要包括施工生产区、施工联络道路、施工供电线路、厂外表土堆放区、土石方临时转存场等区域。

综上，本工程水土流失防治责任范围为 148.63hm²，全部位于辽宁省大连市庄河市。

5.3.8.2 水土流失防治目标

水土流失治理度 95%，土壤流失控制比 1.0，渣土防护率 97%，表土保护率 95%，林草植被恢复率 97%，林草覆盖率 12.3%。

5.3.8.3 水土流失预测结果

经预测，本项目建设可能造成土壤流失总量为 16226t，其中施工期 15704t，自然恢复期 522t；新增土壤流失总量 14673t；从预测结果看，新增土壤流失区域主要集中在核电厂区、厂外表土堆放区、土石方临时转存场，以上区域是重点防治区域。

5.3.8.4 水土保持措施布设成果

1) 水土流失防治分区

根据主体工程各区特点，将水土流失防治区分为核电厂区、施工生产区、厂外道路区、施工供电线路区、厂外表土堆放区、土石方临时转存场和海工工程区 7 个水土流失防治分区。海工工程区主要在海域内施工，不涉及水土保持措施的布设。厂外道路包括主要进厂道路、次要进厂道路和施工联络道路；厂外表土堆放区包含厂外 1~2 号 2 处堆土场。

2) 水土保持措施分区布局

(1) 核电厂区

①工程措施

对核电厂区进行表土剥离，剥离厚度 20cm；

计划在厂区挖方边坡坡顶和坡底布设钢筋混凝土截排洪沟，截排洪沟断面尺寸宽×深=1m×0.5m~3m×2.4m；

计划进行表土回覆，回覆厚度 0.1m~0.5m；

计划布设雨水排水管，管道管径 DN300~DN2600；

计划开展土地整治工作，土地整治深度 20~30cm；

计划在厂区控制区内除道路、广场外的区域采用碎石压盖，碎石粒径 30~60mm，厚 150mm 左右。

②植物措施

计划进行空心块植草护坡和截水骨架植草护坡；

计划进行核电厂区厂前区乔灌木结合绿化。

③临时措施

计划在施工出入口设置三级沉淀池，尺寸为：长×宽×深=4.46m×1.8m×2.1m；

计划在核电厂厂内沿围墙内侧和道路两侧设置临时混凝土排水沟，断面尺寸：宽×深=0.6m×0.6m，在排水沟末端设置砖砌临时沉沙池，尺寸：长×宽×深=3.0m×1.5m×1.5m；

计划对短期内不进行后续施工的区域，包括场区内和边坡等裸露区域进行密目网苫盖，密目网规格 2000 目/100cm²。

（2）施工生产区

①工程措施

计划在施工生产区进行表土剥离，剥离厚度 20cm；

计划布设雨水排水管，管径 DN300~DN1400；

计划在施工生产区挖方边坡坡顶和坡底完成钢筋混凝土截排洪沟布设，截排洪沟断面尺寸宽×深= 2m×0.9m~4m×2.95m；

计划进行表土回覆，回覆厚度 0.1m~0.5m；

计划进行土地整治工作，土地整治深度 20~30cm。

②植物措施

计划进行空心块植草护坡和截水骨架植草护坡；

计划进行施工生产区办公区绿化，灌木选择紫穗槐，草种选择早熟禾、黑麦草。

③临时措施

计划在施工出入口设置三级沉淀池，尺寸为：长×宽×深=4.46m×1.8m×2.1m；

计划在施工生产区沿围墙内侧和道路两侧设置土质梯形临时排水沟，断面尺寸：上底宽×下底宽×深=0.6m×0.3m×0.3m，在排水沟末端设置砖砌临时沉沙池，尺寸：长×宽×深=3.0m×1.5m×1.5m；

计划对施工生产区场平后短期内不进行后续施工的区域，包括场区内和边坡，进行密目网苫盖，密目网规格 2000 目/100cm²。

（3）厂外道路区

①工程措施

计划在厂外道路区进行表土剥离，剥离厚度 20cm；

计划在主要进厂道路和次要进厂道路两侧设置矩形浆砌石排水沟，断面尺寸宽×深=0.3m×0.4m~0.4m×0.4m，在施工联络道路挖方边坡坡顶和坡底完成钢筋混凝土截排洪沟布设，截排洪沟断面尺寸宽×深= 2m×1.1m~3m×1.8m；

计划进行表土回覆，回覆厚度 0.1m~0.3m。

②植物措施

计划对次要进厂道路完成拱形骨架植草护坡，施工联络道路完成空心块植草护坡。

③临时措施

计划对厂外道路完成边坡挖填和道路平整且短期内不进行后续施工的区域，包括道路路面和边坡，进行密目网苫盖，密目网规格 2000 目/100cm²；

计划在厂外道路区内侧设置土质梯形临时排水沟，断面尺寸：上底宽×下底宽×深=0.6m×0.3m×0.3m，在排水沟末端设置砖砌临时沉沙池，尺寸：长×宽×深=3.0m×1.5m×1.5m。

（4）施工供电线路区

①工程措施

计划对施工供电线路区进行表土剥离，剥离厚度 20cm；

计划进行表土回覆，回覆厚度 0.2m；

计划进行土地复耕工作。

②临时措施

计划对施工供电线路区裸露及挖方堆放区域进行密目网苫盖，密目网规格 2000 目/100cm²；

计划对施工供电线路塔基钻孔灌注桩处设置泥浆沉淀池，尺寸为：长×宽×深=3.0m×3.0m×1.5m；

计划在供电线路占用耕地的张力机布设处进行铺板铺设。

（5）厂外表土堆放区

①工程措施

计划进行表土回覆工作，回覆厚度 0.3m；

计划进行土地整治工作，土地整治深度 20~30cm。

②植物措施

计划进行撒播草籽工作，草种选择早熟禾、黑麦草。

③临时措施

计划对临时堆土周边进行干砌石挡墙拦挡，断面为梯形，断面尺寸：上底宽×下底宽×高=0.5m×1.5m×1.0m；

计划在临时堆土周边设置土质梯形临时排水沟，断面尺寸：上底宽×下底宽×深=0.8m×0.4m×0.4m，在排水沟末端设置砖砌临时沉沙池，尺寸：长×宽×深=3.0m×1.5m×1.5m；

计划对临时堆土坡面和坡顶进行密目网苫盖，密目网规格 2000 目/100cm²；

计划在临时堆土区撒播黑麦草和早熟禾混合草籽进行临时绿化。

（6）土石方临时转存场

①工程措施

计划在土石方临时转存场进行表土剥离，剥离厚度 20cm；

计划进行表土回覆，回覆厚度 0.2m；

计划进行土地整治和土地复耕工作，土地整治深度 20~30cm。

②植物措施

计划对原占用林地进行绿化，灌木选择紫穗槐，草种选择早熟禾、黑麦草。

③临时措施

计划对土石方临时转存场设置石笼挡墙，挡墙为 3 层钢筋石笼，全高 2.1m，基础 0.5m，地面以上 1.6m，其中：上层石笼尺寸（长×宽×高）为 4m×0.8m×1m 和 2m×0.8m×1.5m，基础层石笼尺寸为 4m×0.5m×2.5m；

计划在土石方临时转存场周边设置浆砌石矩形排水沟，断面尺寸：宽×深=1.0m×0.8m，在排水沟末端设置浆砌石临时沉沙池，尺寸：长×宽×深=5.0m×2.5m×1.5m；

计划对土石方临时转存场坡面和坡顶进行密目网苫盖，密目网规格 2000 目/100cm²。

5.3.8.5 水土保持监测方案

（1）监测内容。包括主体工程建设进度、工程建设扰动土地面积、水土流失灾害隐患、水土流失及造成的危害、重大水土流失事件、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果、水土保持工程设计及变更情况、水土保持管理情况等。

（2）监测方法。采用调查、巡查和定位观测相结合的方法。

（3）监测时段。计划从水保方案批复开始至设计水平年末结束。

（4）监测点位。根据不同的地貌类型、工程水土流失及施工特点，设定监测点 17 处，其中核电厂区 3 处、施工生产区 3 处、厂外道路区 3 处、施工供电线路区 2 处、厂外表土堆放区 4 处、土石方临时转存场 2 处。

5.3.9 施工期的节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

—采用用水量少、耗水量低的施工工艺，降低用水量。

—采用新型管材，推广节水器具。

—提高水的重复利用率。

—加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.10 施工期的大气和声环境监测

5.3.10.1 施工期大气环境监测

本节内容根据中国核电工程有限公司 2023 年 3 月完成的《庄河核电厂一期工程施工期大气、噪声监测及分析评价方案报告》编制。

1) 监测点布设方案

根据厂址所在地的地形条件、风频分布等季节性气象特征，结合厂址施工建设计划及敏感区分布等情况，参照本项目施工前所开展的厂址大气环境现状调查时的监测布点情况，在施工场地、厂址附近居民点以及厂内外大气污染源布设监测点。考虑到不同季度主导风向不同，施工活动对大气环境的影响随着施工进度的推进而产生变化，污染物浓度分布以及监控重点也会随之产生相应的改变，因此具体监测方案应选取具有代表性的施工活动进行监测，并在项目实施的过程中根据现场实际情况做出灵活调整。施工期按照土石方开挖阶段、土建阶段、安装、调试阶段分别设置监测点位，每期无组织排放污染源的监测按照本季度主导风向来设置参照点和监测点。具体方案如下：

（1）厂区外监测点

由于厂址所在地区年主导风向为 ENE，次多风向为 WNW，其中，春季最多风向为 ENE，夏季最多风向为 SE，秋冬季均以 WNW 为主导风向。依据厂址所在地气象条件及环境空气保护目标分布等情况，拟设置监测点 3 个。

（2）厂区内监测点

a) 场地平整、土建及安装阶段

在厂址各季及年度主导风下风向厂界处设置 3 个厂界监测点，在厂区拟建的搅拌站、拟建碎石厂、拟建大件码头、拟建弃土场处各设置 1 个无组织排放监测点，即在监测当季

辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）第五章核电厂施工建设过程的环境影响版次：A
的主导风上风向布设 1 个参照点，在下风向布设 2 个监控点。如有多个搅拌站可酌情增加监测点位。

场地平整、土建及安装阶段，在厂区内设置 7 个监测点。厂址边界监测点 3 个，即：厂址东厂界、厂址西厂界、厂址南厂界；厂区内无组织排放监测点 4 个，即：搅拌站、碎石厂、拟建大件码头、拟建弃土场。

b) 调试阶段

调试阶段由于大规模土建施工已经基本结束，搅拌站、大件码头基本已经停止使用，因此，厂区内的搅拌站、大件码头监测点可以撤除。厂址东厂界、厂址西厂界、厂址南厂界 3 个监测点保持不变。碎石厂如已不再使用且完成绿化，该监测点也可以撤除。

2) 监测因子及频率

监测时间应根据施工计划，原则上按照每个季度一次，每次选择对大气污染比较严重的施工阶段进行大气环境监测工作。

无组织排放和厂界监测因子为： SO_2 、 NO_x 、TSP 3 项，环境空气保护目标监测因子为： SO_2 、 NO_2 、 NO_x 、CO、 O_3 、TSP、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 8 项。

无组织排放和厂界监测点按照《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的规定， SO_2 、 NO_x 和颗粒物（TSP）监测 1 小时浓度值，每天在其正常施工时间内采样 4 次（暂定为 08:00 时、11:00 时、14:00 时、17:00 时），每次连续采样 1h。

环境空气保护目标监测点按照《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中的规定，TSP 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 24 小时， PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_2 、CO、 NO_x 日均值每天采样 1 次，每次至少连续采样 20h； SO_2 、 NO_2 、CO、 NO_x 、 O_3 小时均值每天采样 4 次（02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时），每次连续采样 1h； O_3 日最大 8 小时平均值每天采集至少 14 个 8 小时滑动平均值，每 8 小时至少有 6 个小时平均值。

3) 施工期 VOCs 的产生排放和监测

施工现场建造中焊接/切割、防腐涂装（稀释剂、固化剂）、油漆喷涂活动是 VOCs 的污染源。对于施工期产生的 VOCs 的具体措施见表 5.3-1，施工期产生的 VOCs 的污染防治措施及监测计划见表 5.3-2。

5.3.10.2 施工期噪声监测

本节内容根据中国核电工程有限公司 2023 年 3 月完成的《庄河核电厂一期工程施工期大气、噪声监测及分析评价方案报告》编制。

1) 监测点布设方案

(1) 厂区外监测点

结合厂址施工建设计划及厂址周围声环境敏感目标、噪声源和道路分布等情况，参照本项目施工前所开展的厂址噪声现状监测时的布点情况，在施工场界、厂区内外声环境敏感目标、噪声源及道路交通污染源处设置监测点，进行施工期噪声监测。

厂址半径 5km 范围内声环境敏感目标监测点 8 个；厂址附近的交通噪声监测点 2 个。

（2）厂区内监测点

a) 场地平整阶段

根据《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)，在本项目施工场地东南西北四个边界处各设置一个监测点。由于场地平整阶段基本整个核电厂厂区都在施工，因此可以将整个核电厂视为施工场地，在施工场地东、南、西、北四个施工场界处各设置 1 个监测点，共 4 个监测点。

拟建搅拌站、拟建碎石厂和拟建大件码头均为厂区内的噪声源，各设置 1 个监测点。

在有爆破作业时，还需设置爆破噪声监测点。爆破噪声应在爆破警戒线外的安全位置进行监测，有多次或多处爆破作业时，应分别进行监测。

在场地平整阶段，在厂区内布设 9 个监测点。施工场界监测点 4 个，即：场界东、西、南、北；厂区内噪声源监测点 4 个，即拟建搅拌站、拟建碎石厂、拟建大件码头、拟建弃土场；厂区内爆破噪声监测点，依据实际情况调整数量，暂时按 1 个计。

b) 土建阶段

根据《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)，在本项目施工场地东南西北四个边界处各设置 1 个监测点，作为施工场界监测点；同时增加核电厂厂址边界的 4 个监测点，作为核电厂厂址边界监测点。

厂区内噪声源监测点和爆破噪声监测点同场地平整阶段。

在土建阶段，在厂区内布设 13 个监测点。核电厂厂界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；核电厂施工场界监测点 4 个，即：东、南、西、北四个施工场界；厂区内噪声源监测点 4 个，即：拟建搅拌站、碎石厂、大件码头、拟建弃土场。厂区内爆破噪声监测点，依据实际情况调整数量，暂时按 1 个计。

c) 安装及调试阶段

由于安装及调试阶段核电厂厂区内不再有爆破作业，搅拌站和碎石厂也较少使用，因此，不再在厂区内的拟建搅拌站、碎石厂以及爆破噪声进行监测。其他监测点保持不变。

在安装及调试阶段，在厂区内布设 9 个监测点。核电厂厂界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；核电厂施工场界监测点 4 个，即：东、南、西、北四个施工场界；厂区内噪声源监测点 1 个，即：大件码头。

2) 监测因子及频率

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)要求,所有监测点在昼间和夜间分别进行测量,昼间监测时段为 6:00~22:00,夜间监测时段为 22:00~次日 6:00,连续监测两天。

对于厂界和厂区内监测点:每次监测均连续测量 20min,监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ,最大声级 L_{max} ,累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ,和标准偏差 SD。

对于厂区外环境噪声监测点,每次监测均连续测量 10min,监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ,最大声级 L_{max} ,累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ,和标准偏差 SD。

对于交通噪声监测点,每次监测均连续测量 30min,监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ,最大声级 L_{max} ,累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ,和标准偏差 SD,同时记录车流量。

表 5.3-1 施工期产生的 VOCs 的具体处理措施

序号	名称	处理设施
1	焊接	收集、净化处理和排放。收集阶段是通过集气罩收集焊接烟气，通过净化过滤器处理后，排出至室内与自然通风混合循环或经门窗口排出，有效控制焊接活动的排放，减少对环境和人体的危害。
2	喷漆	采用过滤装置（干式过滤）+吸附装置（一般用活性炭），配合催化燃烧装置（或其他等效处理设备）处理后排放，废气通过过滤装置，对粉尘颗粒进行过滤处理，净化后的气体再通入放置有蜂窝状活性炭的活性炭吸附单元，活性炭对有机物质的强吸附性将气体净化，处理后的气体可达标排放，催化装置会定期对活性炭做再生处理。
3	喷砂	喷砂设备配置脉冲布袋除尘器或滤筒除尘器系统，通过纤维滤料对含尘气体进行过滤处理后排放。除尘系统包括吸、排尘管道、底部和侧部吸尘口、除尘器、排尘风机、排尘烟囱等部分组成。

以上排放均按达到《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）的要求执行。

表 5.3-2 施工期产生的 VOCs 的污染防治措施及监测计划

序号	污染防治措施	监测计划
喷砂、 喷漆	1、设有独立的喷砂防腐车间，喷砂设备建立封闭的喷砂作业空间内，将粉尘和废气限制在有限空间内，采用配套的除尘系统进行集中收集和处理。 2、设有专门的封闭的干式喷漆房，喷涂作业在喷漆房内进行，喷漆房配套有废气收集处理系统，喷涂产生的挥发性气体经 VOCs 废气收集处理。	预制开始后一个季度内和之后的每季进行废气污染监测，每次按照监测规范要求测得的颗粒物、苯、苯系物、总挥发性有机物（TVOC）、非甲烷总烃（NMHC）任意 1 小时平均浓度值不超过国家和地方标准规定的限值。
酸洗钝 化	不锈钢管道焊口采用酸洗钝化膏处理，酸洗产生的废液，统一收集在废液桶，按照危废品管理要求进行处理。	作业开始后一季度内和之后的每季进行废气污染监测，每次按照监测规范要求测得的氮氧化物、氯化氢、硫酸雾任意 1 小时平均浓度值不超过国家和地方标准规定的限值。

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 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

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

6.2.2 照射途径

6.2.3 计算模式与参数

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 公众的最大个人剂量

6.2.7 非人类生物的辐射影响

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 辐射影响评价

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其它污染物的环境影响

6.4 初步退役计划

6.4.1 概述

6.4.2 退役策略选择

6.4.3 退役计划的制定

6.4.4 退役方案简述

6.4.5 便于退役的考虑

6.4.6 设计、运行资料的收集和管理

6.4.7 退役费用的考虑

6.4.8 退役管理设想

6.4.9 结论

图

图 6.2-1 气、液态放射性流出物对公众的照射途径

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

本工程规划建设2台华龙一号改进型机组，本工程循环水系统采用海水直流冷却方式，重要厂用水系统采用海水直流冷却方式，并设置淡水机械通风冷却塔作为备用。取水工程位于厂址南侧，通过取水明渠和取水沟槽将海水引至取水泵房，以满足核电厂用水要求。

（1）取水工程

取水工程由取水明渠和取水沟槽组成，取水明渠口门位于-6.0m水深处，取水沟槽起始端位于-7.9m水深处。取水明渠由取水防波堤、取水东堤及取水西堤组成，均采用抛石斜坡堤结构形式，其中取水防波堤长约803m（其中取水防波堤1段长约463.6m，取水防波堤2段长约339.4m），取水东堤长约2850m，取水西堤长约2980m（其中取水西堤1段长约445.4m，取水西堤2段长约2534.6m）。取水明渠口门处渠宽310m，大部分沿着取水东、西堤基本呈南北向布置，渠底宽165m，明渠设计底标高为-9.0m，近岸段明渠设计底标高加深为-13.5m，形成蓄水池，蓄水池面积125825m²。为了进一步减小泥沙淤积对蓄水池有效容积的影响，在蓄水池区域南端设置挡砂坎，挡砂坎堤顶标高为-8.5m。从取水明渠口门-6.0m水深处至-7.9m水深处设置取水沟槽，取水沟槽基本呈南北走向，沟槽长约2230m，底宽60m，设计底标高为-7.9m。根据一期工程取水需求，取水明渠渠道开挖宽度在一期工程建设期间暂考虑仅开挖一期取水所需的60m宽度。取水沟槽在一期工程建设期间一次性开挖完成。

（2）排水工程

排水工程拟采用暗涵排水方案，排至厂址南侧-6.60m等深线处。本工程2台机组设置1条双孔共壁箱涵，排水箱涵总长约3560m，其中近岸现浇段长约570m，海上沉埋段长约2990m。每孔过流净尺寸为6.0m×5.5m（h）。

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

为了掌握本工程取排水口附近海域潮流、泥沙运动特点，本工程开展了泥沙冲淤数值模拟研究工作，研究核电厂取排水工程方案的泥沙运动规律和冲淤情况。根据泥沙冲淤数值模拟计算结果：

（1）工程方案实施后取水明渠两侧海域流速呈减弱趋势，取水明渠堤头受挑流影响附近流速呈增大趋势。流速减小范围影响面积大于流速增大的范围影响面积。以平均流速变化0.05m/s为界，向西影响距离约2.4km，向东影响距离约1.7km，水流影响面积约为10.2 km²。

（2）工程方案实施后，取水明渠两侧海床有所淤积，淤积厚度多在 0.2~1.0m 之间，其中明渠根部三角地带淤积厚度超过 1m，往外侧逐渐减小。取水明渠头部受挑流作用，有所冲刷，最大冲深约 1.5~2.0m。工程方案暗涵排水口附近的地形冲淤变化幅度多在 0.3m 以内，且冲淤范围局限在排水口附近小范围内。

（3）总的来看，工程海域泥沙来源少、潮流动力不强，旋转流特征明显，正常天水体含沙量也不高，因此核电取水明渠建设后对周边的冲淤影响范围和冲淤幅度均不大。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排放对取水口温升及厂址附近海域的影响，委托中国水利水电科学研究院开展了温排水三维数模计算研究。

6.1.2.2.1 数模计算

根据温排水三维数模计算结果，本工程 2 台机组运行工况下，夏季半月潮 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 18.0205hm²，1℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 2725.0413hm²；冬季半月潮 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 23.6071hm²，2℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 549.8879hm²。

6.1.2.2.2 温排水与海域生态保护红线相符性

根据《庄河市国土空间总体规划（2021-2035 年）》和《丹东市国土空间总体规划（2021-2035 年）》和温排水计算结果，本工程温排水不涉及生态保护红线。

6.1.2.2.3 温排水与“海域生态环境分区管控”相符性

根据关于发布《大连市生态环境分区管控动态更新》的通知(2024 年 6 月 4 日)，本项目温排水影响范围位于青堆子湾及河口保护区(HY21020030013)和海洋红预留发展区 01(HY21020030004)，均属于一般管控区，未进入优先保护单元。

青堆子湾及河口保护区（HY21020030013）管控分类为 3-一般管控，管控要求为在半封闭海湾、河口兴建工程建设项目，不得影响潮汐通道、行洪安全和降低水体交换能力。

潮汐通道影响方面，工程方案实施后，青堆子湾内流向未发生明显变化，平均流速值也未发生明显变化；工程实施前后流速流向变化幅度较大区域基本位于明渠附近，判断取水工程实施后不会对青堆子湾内流速流向产生影响。因此判断工程建设对青堆子湾潮汐通道无影响。

行洪安全方面，辽宁省政府于 2024 年 7 月 23 日向国家发展改革委和自然资源部报送《关于报送辽宁庄河核电厂一期工程用海申请的函》（辽政函〔2024〕14 号），其中明确：

“项目距入海河流较远，不占用公共航道，项目用海不影响国防安全、行洪安全和海上交通安全。”

水体交换能力方面，通过数值模拟计算青堆子湾河口断面工程建设前后涨落潮流量。以夏季大潮为例，工程前，涨潮流量 $4546.172\text{m}^3/\text{s}$ ，落潮流量 $3054.84\text{m}^3/\text{s}$ ；工程后，涨潮流量 $4607.705\text{m}^3/\text{s}$ ，落潮流量 $3010.51\text{m}^3/\text{s}$ ，涨落潮流量变化量很小，均小于 1.5%，因此判断取水工程实施后不会对青堆子湾水体交换能力产生影响。

综上，本项目建设后满足青堆子湾及河口保护区一般管控区（HY21020030013）“不得影响潮汐通道、行洪安全和降低水体交换能力”的管控要求。

海洋红预留发展区 01（HY21020030004）管控分类为 3-一般管控，管控要求为保留区应加强管理，暂严禁随意开发。应确保大连港、长兴岛潮汐通道、辽东半岛海底通道、庄河蛤蜊岛滩涂预留区的用海需求。对临时性开发利用活动，必须实行严格的申请、论证和审批制度。本项目运营期间温排水部分进入该单元，但不影响其预留给大连港、长兴岛潮汐通道、辽东半岛海底通道、庄河蛤蜊岛滩涂预留区的用海需求，符合海洋红预留发展区 01（HY21020030004）的管控要求。

6.1.2.2.4 温排水与国土空间规划相符性

根据《庄河市国土空间总体规划（2021-2035 年）》和温排水计算结果，本工程温排水影响范围全部位于“工矿通信用海区”内，未扩散至周边其他海区，不会对周边海域国土空间规划分区产生影响。工矿通信用海区管理要求：在不影响主导功能和国防安全、航运水道用海需求前提下，可兼容排污倾倒用海功能。在海上风电及核电站项目启动前，现状功能可保留，并严格控制新增与主导用途不兼容的功能，在规划项目启动建设时，其他功能须按要求退出（“渔风互补”项目可单独论证）。因此，本项目温排水符合“工矿通信用海区”的管控要求。

6.1.2.2.5 温排水与近岸海域环境功能区划相符性

根据《关于<大连市部分近岸海域环境功能区划调整方案>的批复》（辽环函）〔2024〕219 号），将庄河核电厂附近近岸海域环境功能区划现行的二类环境功能区面积 39.80km^2 调整为：混合区（辽宁庄河核电厂排放口）面积 0.54km^2 、三类环境功能区（辽宁庄河核电厂）面积为 39.17km^2 、四类环境功能区（辽宁庄河核电厂大件码头）面积为 0.09km^2 ，调整后的各类环境功能区中，混合区（辽宁庄河核电厂排放口）水温指标执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中关于混合区的相关规定，三类环境功能区（辽宁庄河核电厂）和四类环境功能区（辽宁庄河核电厂大件码头）水温指标执行第三类海水水质标准。辽宁

庄河核电厂一期工程冬季、夏季 4℃温升区范围位于混合区，冬季 2℃、夏季 1℃温升区范围位于三类环境功能区，因此，本项目温排水符合现行近岸海域环境功能区划的管控要求。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水系统对水生生物的影响

取水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类幼体产生伤害，但不会对工程海域海洋生态环境造成大的影响。

针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。控制取水流速是指通过对取水明渠的宽度、深度的设置，控制过水断面，从而获得合理的取水流速，以保证取水口处的取水流速低于或接近海域的天然流速，维护水生生物的自然环境现状，达到减少对水生生物影响的目的。

通过调整明渠的宽度，保证取水流速与海域的天然潮流流速一致或低于海域的潮流流速，以减少由于电厂取水引起的变化，成鱼等较大生物不至于由于电厂取水被吸入渠道。另外，拟在取水明渠设置拦污网，也可以起到一定的拦截水生生物的作用，减少对海域生物的影响。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

在表层水中，温度是影响鱼类分布的最重要的环境因子。热排放进入受纳水体后，会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布，引起群落结构的变化。一般认为，不同增温区对鱼类的影响也不同，通常增温幅度大于 3℃对某些鱼类的危害比较明显；增温幅度小于 3℃对鱼类则表现出有利的影响，并且鱼类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。热排放对临近水域鱼类的产卵活动影响较为明显，鱼类一般避开温升 1℃以上水域而在热排放的边缘区域（温升 1℃）产卵。

在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，但仅限于排放口附近，排放口以外海域由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

本工程单台机组正常运行状态下气、液态流出物中各类核素年排放量（设计排放源项）与 GB6249-2025 的控制值比较如下：

核素类别		单台机组排放量设计值 Bq/a	单台机组排放量控制值 Bq/a	比值
气态流出物	惰性气体	5.95E+13	1.00E+14	59.50%
	碘	7.67E+08	3.00E+09	25.57%
	粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）	9.36E+07	9.00E+09	1.04%
	氡	4.84E+12	1.50E+13	32.27%
	C-14	3.65E+11	7.00E+11	52.14%
液态流出物	氡	4.36E+13	7.50E+13	58.13%
	C-14	2.68E+10	1.50E+11	17.87%
	其余核素	7.61E+09	9.00E+09	84.56%

单台机组各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

本厂址共规划建设 6 台机组。厂址 6 台机组运行状态下，气、液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的气、液态流出物年排放量控制值的比较如下：

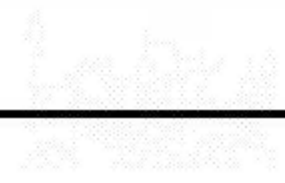
核素类别		全厂址排放量设计值 Bq/a	全厂址排放量控制值 Bq/a	比值
气态流出物	惰性气体	3.57E+14	6.00E+14	59.50%
	碘	4.60E+09	2.00E+10	23.00%
	粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）	5.62E+08	5.00E+10	1.12%
	氡	2.90E+13	6.00E+13	48.33%
	C-14	2.19E+12	2.80E+12	78.21%
液态流出物	氡	2.62E+14	3.00E+14	87.33%
	C-14	1.61E+11	6.00E+11	26.83%
	其余核素	4.57E+10	5.00E+10	91.40%

全厂址各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

本工程排放的液态流出物受纳水体为海洋，运行状态下，根据设计排放源项计算得到液态流出物槽式排放口处氡浓度为 2.71E+06Bq/L，C-14 浓度为 1.66E+03Bq/L，其余核素浓度为 431Bq/L，满足 GB6249-2025 规定的排放浓度限值（氡：3.00E+07Bq/L，C-14：3.00E+03Bq/L，其余核素：1000Bq/L）的要求。

本工程运行状态下，根据现实排放源项计算得到的液态流出物中各核素在槽式排放口处的浓度见下表，各核素浓度均满足 GB6249-2025 附录 D 的要求。

核素	槽式排放口 浓度 (Bq/L)	推荐值 (Bq/L)	核素	槽式排放口 浓度 (Bq/L)	推荐值 (Bq/L)
Fe-55	5.58	190	Ru-106	8.19E-04	45
Ni-63	0.05	90	Ag-110m	2.51	70



Sr-90	4.82E-04	10	Sb-124	2.74	20
Cr-51	6.82	40	Sb-125	/	60
Mn-54	0.24	15	Cs-134	1.64	20
Co-58	9.93	200	Cs-137	1.55	30
Fe-59	0.15	10	I-131	9.66	10
Co-60	13.40	120	I-133	0.05	10
Zn-65	/	10			

6.2.2 照射途径

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态流出物排放到环境后对公众的照射途径见图 6.2-1，可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态流出物排放到环境后对公众的照射途径见图 6.2-1。液态流出物与温排水混合后排入临近海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

本工程液态流出物的受纳水体为海洋，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮水和灌溉的照射途径不予考虑。

6.2.3 计算模式与参数

（1）气态途径

根据气态途径排放的源项数据和国标、国际标准推荐的计算模式和参数以及厂址参数，计算了气态流出物对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。剂量计算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告。人口分布数据取厂址 2030 年的预期人口数。

（2）液态途径

根据国际标准和国内相关标准推荐的计算模式和参数评价液态流出物对厂址半径 80km 范围内公众造成的辐射影响。剂量计算中食入有效剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），地表沉积和水中浸没剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993），沉积吸附分配系数 Kd 取自 IAEA 安全丛书 19 号报告。

在剂量评价中，使用厂址半径 5km 范围内居民最大食谱计算厂址半径 5km 范围内公众所受最大个人剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受最大个人剂量，使用排水口附近居民最大食谱计算排水口附近公众所受最大个人剂量。人口分布数据取厂址 2030 年的预期人口数。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

（1）大气弥散

厂址半径 80km 范围内：

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $4.87\text{E-}10\text{ s/m}^3 \sim 1.23\text{E-}06\text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $4.75\text{E-}10\text{ s/m}^3 \sim 1.23\text{E-}06\text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $4.94\text{E-}10\text{ s/m}^3 \sim 1.23\text{E-}06\text{ s/m}^3$ ，最大值均出现在 S 方位 0-1km 处。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $7.30\text{E-}13\text{ m}^2 \sim 1.85\text{E-}09\text{ m}^2$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $4.75\text{E-}12\text{ m}^2 \sim 1.23\text{E-}08\text{ m}^2$ ，最大值均出现在 S 方位 0-1km 处。

气溶胶粒子的相对湿沉积因子范围为 $3.19\text{E-}12\text{ m}^2 \sim 8.70\text{E-}09\text{ m}^2$ ，碘的相对湿沉积因子范围为 $2.13\text{E-}12\text{ m}^2 \sim 5.80\text{E-}09\text{ m}^2$ ，最大值均出现在厂址 WNW 方位 0-1km 处。

（2）水体稀释

液态流出物的水体稀释根据中国水利水电科学研究院于2023年12月完成的《庄河核电厂一期工程液态流出物排放数值模拟计算报告》进行计算。在液态剂量计算中各类核素的海水稀释因子选取冬季半月潮的相应结果。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

在厂址半径 80km 范围内空气中年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 SSE 方位半径 0~1km 处，几种代表性核素的年均放射性活度浓度最大值分别为 $6.40\text{E-}07\text{ Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $3.46\text{E-}05\text{ Bq/m}^3$ （I-131）、 $8.17\text{E-}02\text{ Bq/m}^3$ （Kr-85）。

本工程运行状态下，核电厂液态流出物排海口处的几种代表性放射性核素最大浓度为：Co-60， $1.04\text{E-}02\text{ Bq/L}$ ；Sr-90， $4.43\text{E-}06\text{ Bq/L}$ ；Ru-106， $2.93\text{E-}06\text{ Bq/L}$ ；Cs-134， $1.19\text{E-}02\text{ Bq/L}$ ；Cs-137， $1.47\text{E-}02\text{ Bq/L}$ 。各类放射性核素浓度均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

本工程运行状态下，采用设计排放源项计算公众的最大个人剂量。

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径排放的放射性核素对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.12\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.53\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.07\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.92\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径排放的放射性核素对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.83\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $4.79\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $7.56\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $1.67\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

（3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气态和液态途径排放的放射性核素对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.30\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.01\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.82\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.59\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。公众受到的最大个人有效剂量为 $3.59\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，低于 0.08mSv/a （占 4.49%）。

全厂址 6 台机组运行状态下，气态和液态途径排放的放射性核素对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $3.99\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $5.84\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $8.09\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $9.46\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。公众受到的最大个人有效剂量为 $9.46\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气态途径为 $6.09\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径为 $3.37\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，低于 0.25mSv/a （占 3.78%）。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算本工程正常运行时，由于气、液态放射性流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平，同时还计算了厂址六台机组正常运行时对生物的辐射影响。

6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类生物”辐射剂量评估模型的基础。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。

6.2.7.4 参数选取

ERICA 推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ 。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）本工程正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，本工程正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）厂址六台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，厂址六台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，厂址六台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

（1）本工程正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，本工程正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（2）厂址六台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，厂址六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，厂址六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下采用现实排放源项计算周围可能的关键人群组、关键核素和关键照射途径。本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 $2.60\text{E-}02$ 人·Sv/a。

根据现实排放源项计算结果，厂址半径 80km 范围内婴儿组、儿童组、青少年组、成人组最大个人有效剂量分别为 $2.51\text{E-}07$ Sv/a、 $6.00\text{E-}07$ Sv/a、 $1.06\text{E-}06$ Sv/a、 $1.27\text{E-}06$ Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 0~1km 处，此处居住的栗子房镇陶屯村陶屯的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $1.27\text{E-}06$ Sv/a，其中气态途径所致的剂量为 $6.93\text{E-}07$ Sv/a，液态途径所致的剂量为 $5.82\text{E-}07$ Sv/a。

气态途径的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 89.08%；其次为吸入内照射途径，约占气态途径总剂量的 6.54%；空气浸没外照射和地表沉积外照射分别占气态途径的 2.24%和 2.14%。气态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占气态剂量的 73.73%；其它贡献较大的核素为 H-3、Co-60，分别占气态途径总剂量的 21.13%、1.07%。

液态途径的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，占液态途径总剂量的 96.94%。液态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 78.67%；其它贡献较大的核素为 Fe-55 和 Ag-110m，分别占液态途径总剂量的 8.00%和 4.41%。

气液态综合的关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $6.17\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 48.40%；其次为液态途径的食入海产品内照射途径，占气液态总剂量的 44.27%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $9.69\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 75.99%，其次为 H-3 和 Fe-55，分别占气液态总剂量的 12.38%和 3.65%。

厂址 6 台机组运行状态下，气液态综合途径释放的放射性物质对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $7.80\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.74\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.03\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.37\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 0~1km 处，此处居住的栗子房镇陶屯村陶屯的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $3.37\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气态途径所致的剂量为 $2.21\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $1.16\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 $7.34\text{E-}02\text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。气液态综合的关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.91\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 56.58%；其次为液态途径的食入海产品内照射途径，占气液态总剂量的 33.49%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $2.48\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 73.43%，其次为 H-3 和 Co-60，分别占气液态总剂量的 13.94%和 2.98%。

6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程运行状态下，气态和液态排放源项、液态途径排放的放射性核素的浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

本工程运行状态下，厂址附近水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均远小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 海水淡化系统

海水淡化系统产生的废水中的化学物质主要存在于海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、一级海水反渗透装置排出的浓盐水。

由于海水淡化预处理过程中所用的化学药品均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，含有悬浮物和氢氧化铁的沉淀污泥进行浓缩、脱水后，泥饼外运，不向水体排放固体物质。污泥脱水机滤液回收至污泥浓缩池，污泥浓缩池上清液则排入海水排水系统，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。

本工程 1 台机组正常运行，1 台机组启动运行时，一级海水反渗透浓盐水排放量约为 $550 \text{ m}^3/\text{h}$ ，机组正常运行工况，一级海水反渗透浓盐水的排放量约为 $275 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

一级海水反渗透浓盐水中含有少量无磷环保型阻垢剂和还原剂亚硫酸钠，药剂投加量较小。一级海水反渗透浓盐水的含盐量约为原海水的 1.50~1.82 倍，经海水排水系统管网收集至虹吸井，与循环水系统排水掺混后排放至大海。2 台机组的循环水排水量约为 $132.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ，浓盐水最大排水量约为循环水排水量的 $1/1730 \sim 1/865$ ，因此，浓盐水可被循环水排水有效稀释，不会对环境造成影响。

6.3.1.2 循环水处理系统

循环水处理系统的功能是对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，加药点设置在联合泵房进水流道。联合泵房加药浓度为 1 mg/L ，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。同时循环水处理系统还具备为海水淡化预处理厂房提供次氯酸钠溶液的功能。

根据余氯扩散计算结果，本工程 2 台机组共同运行工况，余氯排放影响范围局限在排水口附近，不会对厂址周围海洋生态环境造成明显影响。

6.3.1.3 除盐水生产系统

除盐水生产系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于等于 2.5 g/L ，与海水相比， NaCl 浓度较低。《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》（GB 3097-1997）中用于海水分类的项目指标。因此，不会影响附近海域的海水质量。

6.3.1.4 非放废水处理

非放生产废水处理过程加入的化学物质主要为三氯化铁、盐酸、聚丙烯酰胺、次氯酸钠、氢氧化钠。非放生产废水处理过程中所用的化学药品用量均是根据原水水量、水质等条件按比例投加的，并在处理环节中消耗殆尽。净化剂反应生成物绝大部分存在于非放生

产废水处理站的污泥中，污泥脱水后外运处理。因此，非放生产废水处理添加的化学药剂不会对周围环境造成影响。

6.3.2 其它污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水和生活污水的环境影响

本工程设置污水系统油水分离器，非放射性含油废水经过污水系统油水分离器处理，出水水质满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）；本工程拟新建非放生产废水处理站，非放射性生产废水单独收集，汇集至非放生产废水处理站进行处理，非放射性生产废水出水水质满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表1）。满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表1）的水允许排入《海水水质标准》

（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。

本工程各子项的生活污水外送至厂外污水处理站进行处理。因此，非放射性生产废水和生活污水不会对水环境造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

核电厂运行期间的噪声主要来自汽轮机厂房、循环水联合泵房、空压机房等厂房内的汽轮机、发电机、循环水泵、送风机及引风机等设备的运转以及开关站区域的主变压器的运行。为了降低噪声对环境的影响，各噪声源将采用隔声罩、厂房吸音、厂房封闭隔声等降噪措施。各个厂房外的噪声均可控制在 80dB（A）以下。

厂址附近村庄已启动搬迁撤并工作。采用考虑几何发散引起的声级衰减的保守预测公式计算得出，经过计算 1km 处噪声衰减量 ΔL 为 70.99dB（A）。预计电厂的运行不会对敏感点声环境造成影响。

待下一阶段具体设备明确后会进行进一步精细化模型运算。

6.3.2.3 电磁的环境影响

本项目将拟建 500kV 开关站，根据 HJ 24-2020 标准要求，可采用类比法和已运行的田湾 1-4 号机组共用的 500kV 开关站、5-8 号机组共用的 500kV 开关站以及 500kV 开关站出线至厂内门型架（第一跨）处输电线路的电磁辐射强度的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

田湾核电站厂址区域 5km 范围内电磁环境的主要评价结论如下：

田湾核电站厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在 0.03V/m~6.83V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0029 μ T~0.1280 μ T 之间。根据以往工程经验，机组正常运行时，开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外 0-5m 处，最大磁场强度一般在中相导线

的正下方附近，然后随距离增加而降低。距离田湾核电站 500kV 开关站及 500kV 出线第一跨最近的居民区位于厂址 WNW 方位约 0.6km 处，此处工频电场监测值为 0.75V/m，工频磁场监测值为 0.0059 μ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

本项目厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在 0.06~0.45V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0027~0.0055 μ T 之间。距离本项目 500kV 开关站最近的自然村位于 NW~NNW 方位 0.85km 处，该居民区工频电场强度为 0.07V/m，工频磁场为 0.0049 μ T，工频电场/工频磁场强度监测值分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。预计工程正常运行对居民区的影响较小，可忽略不计。

由以上分析可见，本项目厂址区域附近电磁辐射污染源要少于田湾核电站厂址区域。可以预见，本项目建成投运后 500kV 开关站对周围环境的电磁辐射影响能够满足国家相关标准的要求。

6.3.2.4 固体废物的影响

运行期产生的一般工业废物主要来源于海水淡化预处理过程中产生的污泥，废弃的膜组件和离子交换树脂。

海水淡化预处理过程中产生的污泥，在海水淡化预处理厂房设置污泥处理设施，对混合反应沉淀池的污泥进行处理后委托相关资质单位定期外运和处理。

非放射性生产废水处理过程产生的污泥脱水后委托相关资质单位定期外运和处理。

海水淡化膜处理系统的超滤和反渗透工艺在运行过程中产生的废弃膜元件等固体废物。根据膜厂商的建议及调研国内膜的使用情况，超滤和反渗透膜的使用年限一般为 5 年。超滤和反渗透膜应根据现场实际运行情况，监测超滤膜、反渗透膜的运行状态，合理确定更换周期。海水淡化膜处理系统使用过的废弃膜不含有游离液体或有害物质，一般按照工业固体废物进行处理。

除盐水生产过程中采用离子交换树脂，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。经除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。其贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求。

参考运行机组数据估算，本项目两台机组正常运行期间产生约 170t 一般工业固体废物，其中可回收类一般工业固体废物（木材、纸壳、碳钢铝制品等金属类）约 75t，不可回收类一般工业固体废物（防火布、胶皮垫、干燥剂、塑料板、保温棉、过滤器、防冻液等）约 95t。本工程运行期产生的一般工业固体废物按照其可回收性进行分类管控，可回收固体废物定期收集、卖给废旧物资回收单位处置；不可回收固体废物在场内设置固定收

集点收集，定期巡检并填写《一般工业固体废物产生清单》，达到一定总量后委托外部单位进行转移和处置，并填写《一般工业固体废物出厂环节记录表》，每月记录不可回收一般工业固体废物的产生、贮存、利用、处置数量和利用、处置方式等信息，并填写《一般工业固体废物流向汇总表》。

本工程运行期产生的危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品、废弃的包装物及容器，废弃铅蓄电池、电路板，机械设备、变压器维修过程中产生的、废弃的润滑油、液压油、变压器油、矿物油等，含油废水处理过程中产生的废油、废油泥，过期、废弃的底漆、面漆、油漆，厂房照明损坏、更换的含汞荧光灯管，核应急准备过期失效药品和废树脂——废弃的粘合剂和密封剂（不包括水基型和热熔型粘合剂和密封剂）。参考运行机组数据估算，两台机组正常运行期间产生危险废物约 180t。其中废矿物油与含矿物油废物约 135t，油/水、烃/水混合物或乳化液约 4t，有机树脂类废物约 1.5t，含汞废物约 0.3t，含铅废物约 30t，有机磷化合物废物约 2.2t，其他危险废物合计约 7t。

本工程设置危险废物暂存库，集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理执行《危险废物转移管理办法》，填写《危险废物企外转移计划表》，在“辽宁省固体废物智能监管信息平台”全面、真实、准确、及时进行危险废物管理计划的申报。危险废物贮存库设计满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求。

因此，运行期间产生的固体废物不会对附近区域的环境质量造成明显影响，是可以接受的。

6.4 退役

6.4.1 概述

对核电厂来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括源项调查、去污、厂内设备和系统的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废物进行处理、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对辽宁庄河核电厂一期工程将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

6.4.2 退役策略选择

目前国际原子能机构推荐的退役策略分为两种：立即拆除和延迟拆除。

- 1) 立即拆除是将被放射性污染的设备、结构和设施的污染部分移除或者去污至允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用水平的策略。在这种情况下，退役执行活动在运行停止后的短时间内就开始进行。这个策略隐含指出退役项目应该立即完成，包括将设施中的所有放射性材料移除至另一个新的或者已经存在的有资质的设施中进行长期贮存或者处置。
- 2) 延迟拆除是将被放射性污染的部分设施处理或者放置在一定条件下一段足够的时间，直到可以进行后续的去污和/或拆除等操作，从而最终达到允许设施用于无限制开放使用或者由监管机构进行有限制开放使用的策略。

立即拆除策略要求在核电站停止运行后的短时间内就开始进行退役，在这种情况下，核电站内部分区域的放射性水平较高，要求采用更为先进的技术并为工作人员提供更为严格的保护以降低工作人员所将受到的辐射照射；延迟拆除也许会减少退役所产生的放射性废物的量，并减少对现场人员的辐射照射，但有可能因延迟拆除导致出现系统包容性恶化、档案资料散失、人员流失及需要高额费用支撑长期监督维护等缺陷。

上述两种策略各有利弊，具体选择何种策略需要充分考虑核电站所在国家有关退役的法规政策、放射性废物管理能力、从事退役的工作人员、退役费用估算和筹资方式、其他机组的影响、退役技术发展及其对安全及环境的影响等方面的因素，满足核电站所在国家的放射性废物管理和核能发展战略要求。

辽宁庄河核电厂一期工程在设计中充分考虑了各退役策略的退役方案的需求，使得对拆除技术和辐射防护水平要求相对较高的立即拆除策略的实现成为可能。如果采取延迟拆除的策略，需要注意在封存期间保证足够的监护措施，确保设施安全。而封存之后的拆除由于放射性在一定程度上的衰变，可能会带来拆除技术上的简化。

综合比较各策略并考虑到国际上退役领域的发展趋势以及退役拆除技术的水平，针对辽宁庄河核电厂一期工程退役推荐选择立即拆除的退役策略。理由如下：

- 辽宁庄河核电厂一期工程的部分废物处理系统经过整治可在退役中继续使用。退役时建设废物处理设施，使退役工作具备处理整备放射性废物的能力，可保证退役过程中产生的气态、液态及固态放射性废物都可得到良好、安全的管理。
- 在本核电厂设计中，选择了便于去污的材料，在设备布置中采取了限制系统污染及污染扩散的措施，便于设备拆除及拆除阶段人员进出的措施等，可方便退役工作的开展。
- 核电厂在设计阶段考虑了很多先进的设计理念，采用了各种辐射源项控制技术，

可保证退役时工作人员和公众的受照剂量保持在可合理达到的尽量低水平，实现辐射防护最优化的目标。且实行立即拆除策略可最大程度实现工作人员的平稳过渡并避免人才及资料流失等情况的发生。

- 我国已有乏燃料基金支持乏燃料外运及后处理等相关工作；根据国家政策，核电厂退役经费在各核电厂商业运行期内提取，从而保证退役所需资金充足。

- 通过已完成的核设施退役工程，我国积累了大量的核设施退役经验，结合国内外退役技术的发展及国内外交流合作的日益紧密，可保证待辽宁庄河核电厂一期工程退役时有可利用的技术及设备满足立即拆除的要求。

综合上述分析，在具备废物管理能力，存在便于退役开展的设计考虑，保护工作人员，国家政策支持及充足的资金保证，退役技术的不断发展等方面可以证明，辽宁庄河核电厂一期工程退役选择立即拆除的退役策略是合适的。

6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部门要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。核电厂退役计划分三个阶段制定和提交，即：初步计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。其中安全分析和环境影响评价是退役计划安全实施的关键。

6.4.3.1 初步退役计划

初步计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期间需使用的现有设施、系统和设备。

6.4.3.2 中期退役计划

核电厂运行期间需要对初步退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计划（若发生重大事故时应立即制定）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计划的系统和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

6.4.3.3 最终退役计划

核电厂安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

6.4.4 退役方案简述

6.4.4.1 退役范围

辽宁庄河核电厂一期工程的退役范围包括反应堆厂房（1/2RX）、燃料厂房（1/2KA）、核辅助厂房（1/2NH）、核废物厂房（9QF）、附属厂房（1/2UR）、安全厂房（1/2SX）、仅与核辅助厂房（1/2NX）、核废物厂房（9QX）相关的废液排放管沟（GC）以及一期工程所在场址室外受到放射性污染区域的清理工作等，且其退役活动在一期工程停止运行后考虑立即开始。上述建（构）筑物在达到去污目标值后拆毁，建筑垃圾运走，场地进行平整。

6.4.4.2 退役方案

辽宁庄河核电厂一期工程的退役，考虑需要经历安全关闭——厂房内放射性物项拆除——建（构）筑物去污、拆毁——场址清理等几个主要步骤，下面对退役方案简要介绍如下：

在安全关闭阶段进行必要的系统倒空、系统串洗等工作，有效降低待拆除物项的放射性水平，新建必要的废物处理设施，可接收大型设备进行解体切割，并具备所需的废物处理整备手段，确保废物出路畅通。

退役拆除阶段，按照退役方案中确定的退役顺序，对存在放射性的厂房内物项进行拆除。拆除时对于放射性水平较高的部件（如反应堆压力容器、堆内构件等）采取远距离遥控或水下解体的拆除方式；对于大型设备（如蒸汽发生器、稳压器、主泵等），可将其移至新建废物处理设施进行解体，尽量选择冷切割工具，当冷切割不能满足切割要求时，辅以热切割方式，并在热切割工位旁设置移动式通风装置，为了减少人员辐照剂量或降低工作人员劳动强度，可选择使用机器人或自动切割设备进行切割拆除等操作；对于轻微污染的设备，经必要的擦拭去污后进行拆除，经检测达到解控标准后暂存，经审管部门认可后解控；对于电缆及其架桥等物项，经表面擦拭去污后，送至新建废物处理设施进行剥离等处理，达到解控标准的可解控。

当厂房内物项全部拆除完毕后，对建（构）筑物墙、地面的放射性进行调查，根据调查结果制定相应的去污方案。最后对整个厂房建（构）筑物进行表面去污，直至解控。

最后，当厂房全部去污完毕后，进行场址清理工作，对场址内污染地面的土壤进行分类收集。根据退役目标对建（构）筑物进行拆毁，并对污染土壤进行清理直至达到退役目标值。

6.4.4.3 环境本底辐射水平调查

厂址的环境本底辐射水平调查需要在核设施建造前完成，至少应获得最近两年的调查数据。本底调查包括环境 γ 辐射、陆地环境介质监测和海洋介质监测。环境 γ 辐射的监测范围为以反应堆厂房为中心，半径 50km 范围内，其余陆地环境介质的监测项目一般取 20~30km，海洋介质的监测范围为排放口为中心，半径 10km 范围内。主要监测内容为：

（1）厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；

（2）两年本底调查的环境放射性监测项目，主要包括以下几类：

- 环境 γ 辐射： γ 辐射剂量率瞬时定点测量； γ 辐射累积剂量测量。
- 陆地介质：大气及沉降物、土壤和底泥以及陆生生物
- 海洋介质：海水、海洋沉积物、海洋生物

（3） ^{14}C 本底调查的项目，主要包括以下几类：

- 陆域介质：水、生物
- 海洋介质：海水、生物

6.4.4.4 退役废物管理

在辽宁庄河核电厂一期工程退役过程中，应根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）、《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）等废物管理相关标准的规定对各类废物进行分类，并进行相关的处理处置工作。

（1）放射性固体废物

对退役过程中产生的高放废物进行包装和暂存，采取深地质处置方式处置；中放废物送废物处理设施进行检测、处理、整备，最终送中等深度处置场处置，处置深度通常为地下几十到几百米；低放废物可以在具有工程屏障的近地表处置设施中处置；极低放废物根据其材质及放射性水平分别进行收集和包装，送至新建废物处理设施进行处理，经检测进行解控或送至极低放填埋场填埋。

（2）放射性液体废物

系统倒空、系统串洗过程中产生的放射性废液，用原废液处理系统进行处理。

设备离线去污产生的废液，通过去污设施内配建的废液处理系统进行处理。

退役过程中工作人员产生的洗澡水等放射性水平较低的废液，利用原有系统进行收集、处理及最终排放；当原有系统拆除后，利用新建的废物处理设施的相关系统进行收集、处理和排放。

（3）放射性气载废物

退役过程中，放射性气载废物产生于使用热切割工具的拆除过程和对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房原有的通风系统。

6.4.5 便于退役的考虑

目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。尽可能在厂址选择、总图布置、材料规范、系统设备布置等方面考虑利于退役的因素，以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，从退役废物产生源头进行控制，贯彻废物最小化原则，有效减少退役施工难度和费用。

辽宁庄河核电厂一期工程在最初设计时考虑了将来退役的便利性，并遵循以下原则：

- 1) 任何为方便退役所采取的设计措施，都应符合现有国家法规和标准的要求。
- 2) 方便退役的措施应遵循放射性废物最小化的原则。
- 3) 对材料选择、系统和设备、厂房布局和设备布置的设计，应方便去污、拆除，方便退役操作、设备的转移。
- 4) 为核电厂退役而考虑的措施，应避免与设施安全可靠运行及维护等主要目的相互抵触。
- 5) 必要时进行利益代价分析，确保方便退役措施的合理性。

6.4.6 设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：核电厂设计、竣工文件，所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在核电厂运行的几十年期间，因核电厂的变更和改进，这些文件与核电厂的真实状况的吻合性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。相对应的措施包括：

- 从设计和竣工文件中转化的机组基准文件应该随时更新；
- 应确保在核电厂寿期内这些文件的可用性。必须采取措施防止数据丢失（例如，保存副本）；

- 应记录可能对未来有影响的非常规事件（如，有关污染物溢出或泄漏的信息）。

需要采取措施来确保可以储存和查阅的退役所需的文件，主要包括：

- 与运行相关的图纸和图表，包括：机械和电气图、电缆敷设图、管道等轴图、布置图、贯穿件图、部件详细资料、钢筋图、组装专用工具图和所有设备以及反应堆装置的图纸；

- 对于选择性操作，允许使用和修改设备和建（构）筑物的其他文件（例如吊装机械的设计，专用工具，地板，承载结构，制造和设备规格书，土工技术试验结果）；

- 照片和录像（有字幕、日期和注释），有利于说明设备的组装和安装，土方工程和

埋入地下的部分结构的施工，部件吊装方法，道路规划，同时关注那些将受到活化和高放射性污染的部件；

- 数量清单：混凝土量、钢筋吨数、电缆长度等验收文件，施工中使用的材料样本，这些样本可用来检查杂质，受辐照材料的强度数据、耐腐蚀能力等，同时也能够用来区分初始放射性和由于反应堆运行导致增加的放射性，特别是对于施工中采用的有初始人工放射性的材料；

- 保留反应堆施工材料（钢材，混凝土等）的样本和标本；
- 所有运行事件的记录及其评价，以及对原设备所做的所有改造的记录；
- 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件（方位图、涂片检测、各种取样等等）。

- 厂址放射性生态参考调查（陆地和海洋环境）也有益于形成最终退役报告。

6.4.7 退役费用的考虑

根据 NB/T20048-2011《核电厂建设项目经济评价方法》，本工程退役基金按固定资产原值的 10%计提，从投产后第一年开始平均提取。

6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应由相关部门负责完成此项工作。

安全关闭期是从设施运行到退役主要拆除活动实施之间的一个重要阶段，该阶段从运行阶段末期启动。

这一阶段的任务主要是尽量完成需要类似运行期操作的系统作业，如全系统在线去污（如果需要），还应将运行期间堆放的废物收集做妥善处理、整备，另外应对设施系统的放射性盘存量进行调查。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符合退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和场址清理，使场址最终无限制开放。

6.4.9 结论

通过上述分析，得出如下结论：

- 1) 核电厂退役策略选择受多种因素影响，在本核电厂建造可行的前提下，从目前的国家政策、费用来源、废物出路以及退役技术方面来看，建议将来采用立即拆除策略。
- 2) 辽宁庄河核电厂一期工程在设计阶段已考虑方便退役工作的多项措施，将来建造、

运行过程中也应继续对退役工作进行充分考虑。

3) 在核电厂安全关闭期，建议指定有关责任部门负责考虑、实施退役的前期工作。

核电厂退役涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在核电厂运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在专门的退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。

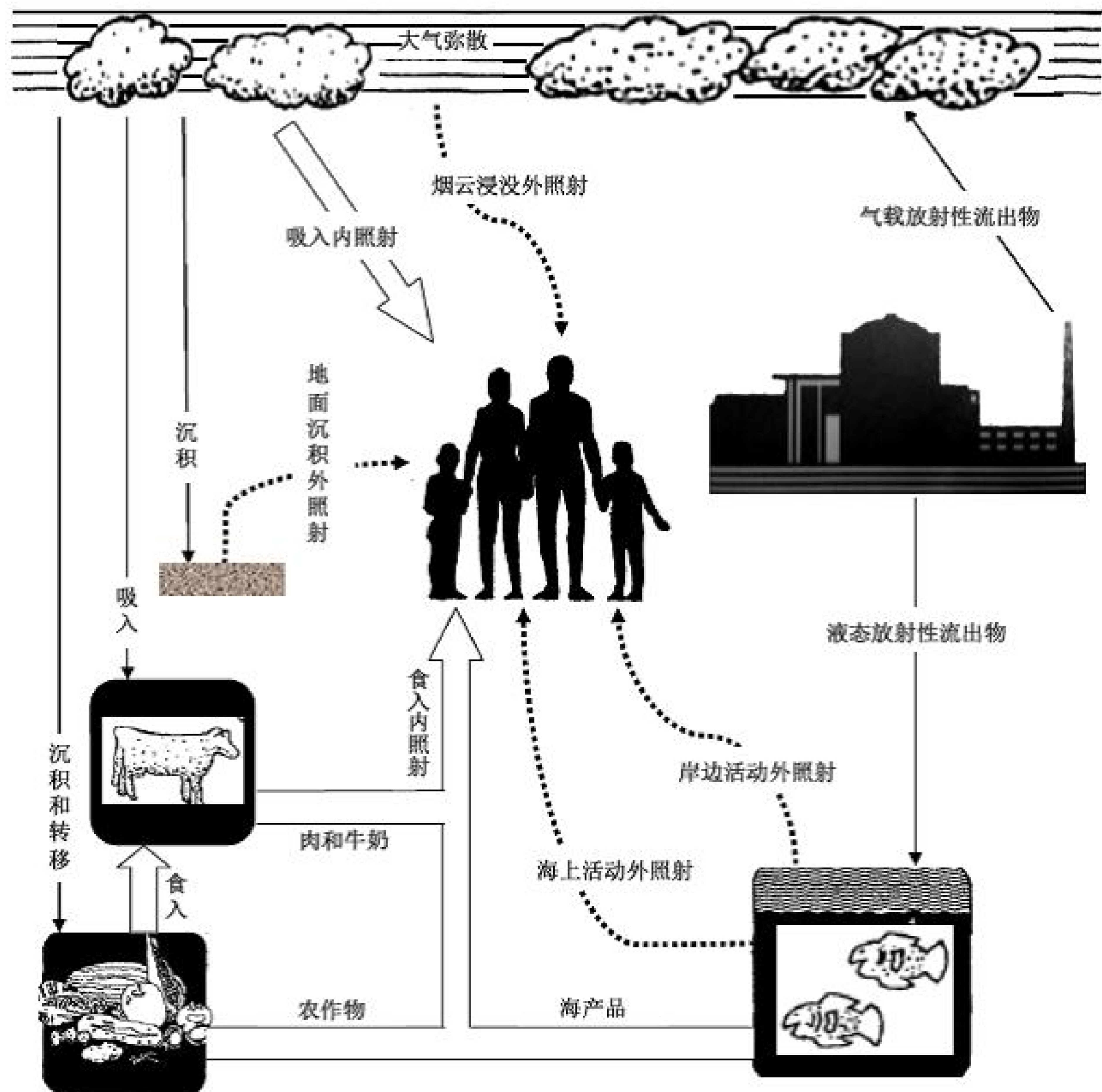


图 6.2-1 气、液态放射性流出物对公众的照射途径

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

7.1.1 事故描述

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

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

7.3 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 放射性固体废物运输事故

7.4 其它事故

7.4.1 化学物爆炸

7.4.2 火灾

7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

7.5 事故应急

7.5.1 制定应急预案的主要依据

7.5.2 应急组织

7.5.3 应急状态分级

7.5.4 应急设施的配备

7.5.5 应急响应能力的维持

7.5.6 5km 范围内重要居民点分布与道路条件分析

7.5.7 应急计划区

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中事故工况下的辐射防护要求，需要对核电厂设计基准事故的潜在照射后果进行评价。辽宁庄河核电厂一期工程采用华龙一号改进型技术方案，本章根据设计基准事故源项，采用本项目厂址观测气象数据，计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果，并评价各事故的剂量后果是否满足 GB 6249-2025 的要求。

辽宁庄河核电厂一期工程所考虑的主要设计基准事故如下：

- 失水事故
- 控制棒弹出事故
- 蒸汽发生器传热管破裂事故
- 卡轴事故
- 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故
- 主蒸汽管道破裂事故
- 废气处理系统衰变箱破裂事故
- 化学和容积控制系统容控箱破裂事故
- 燃料操作事故

根据 GB 6249-2025 的相关规定，将失水事故、控制棒弹出事故、蒸汽发生器传热管破裂事故（事故前碘尖峰）、卡轴事故、主蒸汽管道破裂事故、燃料操作事故按照极限事故进行评价；蒸汽发生器传热管破裂事故（事故并发碘尖峰）、安全壳外含有一次侧冷却剂的小管道破损事故、废气处理系统衰变箱破裂事故、化学和容积控制系统容控箱破裂事故按照稀有事故进行评价。

7.1.1 事故描述

7.1.1.1 失水事故

一回路系统中等效直径大于 34.5cm 的破裂定义为大破口失水事故。

大破口失水事故通常可分为四个阶段：

- 喷放阶段，破裂开始到安注箱注射开始的阶段。
- 喷放结束/再灌水阶段，安注箱开始注射并持续直到堆芯底部开始淹没的过程。
- 早期再淹没阶段，直到安注箱注射结束。
- 晚后期再淹没阶段，直到堆芯完全骤冷和长期冷却建立。

大破口失水事故属于极限事故。

7.1.1.2 控制棒弹出事故

控制棒弹出事故是由于控制棒驱动机构承压外壳的机械损坏导致棒束控制组件弹出，这种机械损坏将导致正反应性的快速引入和堆芯不利的功率分布畸变，引起局部的燃料棒损坏和一回路冷却剂污染。

控制棒弹出事故属于极限事故。

7.1.1.3 蒸汽发生器传热管破裂事故

蒸汽发生器传热管破裂事故(SGTR)考虑一根传热管完全双端剪切断裂。

假定事故出现在功率运行时，反应堆冷却剂被裂变产物污染的程度相当于具有有限数量破损燃料棒连续运行的情况。由于该事故使放射性冷却剂从 RCS 向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或蒸汽向冷凝器的排放系统失效，则放射性活度将通过蒸汽发生器的安全阀和（或）大气释放阀向大气排放。

本事故分析考虑两种情况：工况 A，验证破损蒸汽发生器不发生满溢，不会有向环境的放射性液体释放；工况 B，计算向环境的最大放射性蒸汽释放。

蒸汽发生器传热管破裂（事故并发碘尖峰）属于稀有事故，蒸汽发生器传热管破裂（事故前碘尖峰）属于极限事故。

7.1.1.4 卡轴事故

该假想事故假设反应堆冷却剂泵转子瞬间卡住，受影响反应堆冷却剂环路的流量快速降低，导致反应堆在流量低信号下触发紧急停堆。如果事故发生时反应堆正在功率运行状态，堆芯流量降低会导致冷却剂温度快速升高。这种温度升高可能使燃料棒发生 DNB，此时如果反应堆没有紧急停堆，就可能导致燃料损伤。

卡轴事故属于极限事故。

7.1.1.5 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故

这类事故是同反应堆冷却剂系统相连接并贯穿安全壳的小管道（例如取样管）破裂引起的。这类小截面管道破裂引起的冷却剂排放流量可以由一台上充泵来补充，稳压器内维持运行水位，允许操纵员实施正常停堆。排放物所含放射性核素浓度与一次冷却剂的相同。

安全壳外含有一次冷却剂的小管道破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.6 主蒸汽管道破裂事故

蒸汽系统管道损坏最保守的假设是导致最快降温冷却的双端剪切断裂。

蒸汽系统管道破裂引起的蒸汽排放，最初将使蒸汽流量增加，而后在事故期间由于蒸汽压力下降，蒸汽流量减小。从一回路导出能量导致冷却剂的温度和压力下降。在存在负的慢化剂温度系数的情况下，降温导致正反应性引入。

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。

7.1.1.7 废气处理系统衰变箱破裂事故

废气处理系统（ZGT）用于处理核电厂正常运行工况和预计运行事件中产生的放射性气体废物。

处理废气使用了气体缓冲罐、过滤器和压缩机。在换料前反应堆先停堆，此时 ZGT 系统的废气总量最大。

ZGT 系统破损可能有各种起因，例如缓冲罐或贮存罐破裂、操纵员差错或阀门失效等。

一个罐完全破裂导致事故发生时该罐内所含的所有气体和碘排放，并使得供给该破裂罐的管线在操纵员将其隔离前继续释放放射性活度。

考虑负荷跟踪运行情况下该事故的环境排放源项。ZBR 系统处理的一回路排放的含氢反应堆冷却剂活度在 ZGT 罐中积累。一回路水活度为瞬变之后达到的峰值。

废气处理系统衰变箱破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.8 化学和容积控制系统容控箱破裂事故

某些液体罐也装有放射性气体，这些罐破损也会使气体向环境释放。

这类事故中的设计基准事故是化学和容积控制系统（RCV）箱破损。

在正常运行条件下，化学和容积控制系统 RCV 箱内贮存的放射性活度，尤其是气态活度是最大的放射性活度。

容积控制箱如果完全破损，其中全部液体和气体就释放到该箱体所在的房间中，并且在操纵员隔断 RCV 下泄管线之前，还会有一定量的液体继续释放出来。

化学和容积控制系统容控箱破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.9 燃料操作事故

燃料操作事故是指一组乏燃料组件跌落在乏燃料水池内，导致经过辐照的这组乏燃料组件燃料棒包壳破损。假定事故发生在停堆后 100h，这是停堆后将乏燃料送至贮存池的最短时间。事故导致组件内所有的燃料棒包壳破损，包壳间隙中的放射性物质全部立即释放到乏燃料水池中。裂变产物中惰性气体不滞留水中，乏燃料水池对不同形态碘的滞留因子不同。

燃料操作事故属于极限事故。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

采用厂址气象铁塔 2024 年 8 月～2025 年 7 月的 10m 高度的三维联合频率，以及厂址实测扩散参数计算短期大气弥散因子。对于保守模型，计算全厂址概率水平为 95%以及各方位概率水平为 99.5%的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子，取各方位的最大值与全

辽宁庄河核电厂一期工程环境影响报告书（建造阶段）第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险 版次：A

厂址 95%概率水平的值比较，取其中较大值作为 0~2 小时保守的大气弥散因子；对于现实模型，取全厂址 50%概率水平的小时大气弥散因子作为 0~2 小时现实的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

对各类设计基准事故分别计算了非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径：

- 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。

7.1.3 事故后果评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：

在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。

根据计算结果，本项目设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB 6249-2025 的要求。

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述及源项

对于严重事故，本工程在设计上考虑了完善的严重事故预防及缓解措施，可以防止大量放射性向环境释放的严重事故发生。

7.2.2 事故后果

7.2.2.1 计算模式

采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模式计算严重事故造成的放射性后果。NUREG/CR-4691 模拟了放射性物质释放入大气的严重事故的场外后果。NUREG/CR-4691 提出的评价模式可以估算公众剂量，健康效应以及环境污染的经济代价和损失。

7.2.2.2 计算结果

利用本项目厂址 2024.8~2025.7 的逐时气象观测数据，采用 NUREG/CR-4691 评价模式，计算二级 PSA 全事故谱 2 天、7 天、1 个月和 1 年内不同距离处超越指定有效剂量的概率。

其中，采用 GB 18871-2002 附录 E 规定的通用优化干预水平作为 2 天、7 天、1 月、1 年的指定有效剂量，即隐蔽的通用优化干预水平是 2 天内可防止剂量为 10mSv，临时撤离的通用优化干预水平是 7 天内可防止剂量为 50mSv，开始临时避迁的通用优化干预水平是 1 个月内可防止剂量为 30mSv。

二级 PSA 全事故谱概率加权后，在距离反应堆中心 1km 外，2 天有效剂量超过 10mSv 的概率、7 天有效剂量超过 50mSv、1 个月和一年有效剂量超过 30mSv 的概率均小于 10%。

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

本项目设计上满足“纵深防御”原则，运行管理上考虑了多个防御层次，限制事故发生，防止堆芯熔化，缓解严重事故，包容放射性物质，减轻放射性物质释放后果。安全设施遵循多重性、多样性、独立性、保守性等设计原则。基于国际上对严重事故的研究成果和我国核安全法规的要求，考虑了完善的严重事故预防与缓解措施。

7.3 厂内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

本项目选用的新燃料组件的运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳仍能保证芯块不漏失，不会发生燃料芯块散落的情况。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

7.3.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，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。从 2003 年开始，我国进行了多次大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。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 放射性固体废物运输事故

辽宁庄河核电厂运行期间产生的废树脂来自 RCV、ZBR、TTB、RFT 和 ZLT 系统的除盐器；废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器；废过滤器芯来自 NH 和 QF 内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

NH 厂房废树脂收集在 NH 厂房废树脂贮槽中，QF 厂房废树脂和废活性炭收集在 QF 厂房的废树脂贮槽中。NH 厂房废树脂贮槽内废树脂通过废树脂屏蔽运输车送到 QF 厂房的废树脂贮槽，与 QF 厂房废树脂和废活性炭一并在厂房内进行干燥处理，经封盖和剂量检测后再转运至放射性固体废物暂存库（QT）装入 HIC 暂存。废树脂屏蔽运输车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，避免软管和快速接头处废树脂泄漏。在装载时，废树脂屏蔽运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂屏蔽运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂屏蔽运输车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液收集在 QF 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，形成装有烘干盐的 200L 钢桶废物包，通过屏蔽运输车转运至 QT 库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 QS 厂房进行水泥固定处理，形成的 200L 桶装水泥固定体再送至 QT 库暂存。屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个内置废滤芯定位装置的 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过 2mSv/h ，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。

杂项干废物用专用运输车运送到 QS 厂房，经处理后送至 QT 库暂存。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全，运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施，降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。放射性废物运输车辆司机上岗前经过驾驶训练和培训，在运输过程中严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

7.4 其它事故

在本电站中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它一些影响环境的后果（例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

7.4.1 化学物爆炸

厂区内贮存的化学物品中除了氢气以外，都不是直接易爆的化学物。氢气和氮气是一起作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧。清除覆盖气体时，将这些气体排入放射性废气处理系统的衰变箱内。废气处理系统中配备有氢氧监测器，氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量，因而不会发生氢气爆炸事故。

7.4.2 火灾

本项目的防火设计严格执行有关的法规导则和设计规范，例如《核动力厂设计安全规定》（HAF102-2016）、《核动力厂防火与防爆设计》（HAD102/11-2019）、《核电厂防火设计规范》（GB/T 22158-2021）等，贯彻预防为主，防消结合的方针。通过预防和限制火灾蔓延、设置火灾自动报警系统以及自动或手动的灭火措施、配备通风防火和防排烟设施以实现防火的目的。尽量使用不燃或难燃的建筑材料和设备，对易产生火灾的物品要选择适宜安全贮存的方式和位置。在设计中要考虑限制火灾蔓延的措施和设施。

7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

针对非放化学品的环评风险，按照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）的相关要求，根据涉及的危险物质及工艺系统危险性和环境敏感程度确定环境风险潜势，并根据风险潜势确定评价工作等级。本项目的环境风险潜势为 I，仅需要开展简单分析。

本项目仅涉及危险物质的使用与贮存，危险物质主要包括柴油、次氯酸钠、氨水、联氨。针对危险化学品的物理化学性质，在其使用过程中均采取相应的防护措施。

液体状态的酸碱、次氯酸钠溶液，用槽车运入电厂内，盛装在专用贮槽或贮罐内。运输和装卸采取一些保护措施，确保不会发生溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料和保守的设计，保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面，即使发生泄漏，泄漏

液也能被收集，不会释放到环境中。因此酸碱、次氯酸钠溶液在运输、装卸和贮存期间，预期不会导致环境风险。

厂区内不会有危险数量的汽油贮存。柴油发电机厂房及主贮油罐区贮存有一定量的柴油，对此设计了安全防火系统，确保不会发生危及环境安全的火灾。

7.5 事故应急

7.5.1 制定应急预案的主要依据

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急预案审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急预案提出了相应的要求。

核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

按照国家核事故应急条例、核应急法规要求，电厂应急预案应该在首次装料前六个月完成。核电厂将根据要求适时完成《核电厂场内应急预案》编写并上报评审。

7.5.2 应急组织

辽宁庄河核电厂将建立统一的应急组织体系，确定场内外应急联系渠道。初步考虑场内应急响应组织由应急指挥部及其领导下的专业组组成。

应急指挥部是应急响应时的指挥核心，全面负责应急决策和指挥应急响应行动，以及与国家、地方及行业主管部门和其它应急组织进行联系和协调。应急指挥部由应急总指挥、运行副总指挥、抢修副总指挥、技术支持副总指挥、安全副总指挥、后勤保障副总指挥、公众信息副总指挥、应急秘书组组成。

应急专业组包括运行控制组、应急抢修组、技术支持组、辐射防护组、网络保障组、环境监测组、医学救护组、后勤保障组、消防保卫组、公众信息组等应急响应专业组组成（以批复的《场内核事故应急预案》为准）。

7.5.3 应急状态分级

应急等级是指按照国家有关安全法规，对核电厂偏离正常运行工况的事件或事故，按其所造成的放射性后果的严重程度以及所采取的相应的应急响应行动进行分类、分级的类别或级别。根据我国有关法规，参照国外核事故分级的技术标准，按照可能发生的事故和可能导致事故之事件的性质、特征、后果或可能的后果及其严重程度，将核电厂的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个级别。

（1）应急待命：出现可能危及核电厂安全的某些特定工况或事件，表明核电厂安全水平处于不确定或可能有明显降低；

（2）厂房应急：核电厂的安全水平有实际的或潜在的大的降低，但事件的后果仅限于厂房或场区的局部区域，不会对场外产生威胁；

（3）场区应急：核电厂的工程安全设施可能严重失效，安全水平发生重大降低，事故后果扩大到整个场区，除了场区边界附近，场外放射性照射水平不会超过紧急防护行动干预水平，早期的信息和评价表明场外尚不必采取防护措施；

（4）场外应急：发生或可能发生放射性物质的大量释放，事故后果超越场区边界，导致场外的放射性照射水平超过紧急防护行动干预水平，以至于有必要采取场外防护措施。

7.5.4 应急设施的配备

辽宁庄河核电厂一期工程配备的应急设施主要包括：主控制室、远程停堆站、应急指挥中心、技术支持中心、运行支持中心、应急通讯系统、应急监测和评价设施、保卫消防设施、急救和医疗设施、公众信息中心等。

（1）主控制室

主控制室是核电厂正常和事故工况下实施机组运行控制的中心，也是应急响应期间运行控制组的工作场所，其应急响应的主要功能为：

（2）远程停堆站

在主控制室因火灾等原因不能停堆时，可用远程停堆站代替执行。用远程停堆站可使反应堆迅速达到并维持在冷、热停堆状态。

（3）应急指挥中心

庄河核电厂应急指挥中心是应急响应期间全面指挥和协调场内一切应急响应行动的场所，其主要功能包括应急指挥、应急通讯、事故评价、通报核事故信息等。

（4）技术支持中心

技术支持中心与主控制室分开设置，其位置考虑保障技术支持中心与主控制室人员的安全来往。主要功能是对主控制室的工作人员提供技术支持以缓解事故后果，是获取电站参数、信息和制定严重事故对策的工作场所，也可以作为与主控制室操作不直接相关的应急工作人员的会议地点。

（5）运行支持中心

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和其他执行纠正行动任务的人员以及有关配合人员集合与等待指派具体任务的场所。

（6）应急通讯系统

应急通讯系统在应急工况下提供核电厂应急机构及设施与国家核安全监管部门、组织之间的通信联络和信息传输。

（7）应急监测和评价设施

应急评价与监测设施主要包括：电厂辐射监测系统、事故后监测系统、地震仪表系统、环境辐射和气象监测系统、环境实验室、事故后果评价系统。

（8）保卫消防设施

保卫消防设施在应急时可实施区域控制、视频监控、人员清点、厂区交通管制、火灾监控和报警。

（9）急救和医疗设施

在核电厂厂区设置有职业医疗中心，应急指挥中心内部也设有医疗处置室，并配备简易医疗设备和器材，可在应急状况下进行伤员的现场救护和体表污染洗消。

场内医疗设施情况：现场内职业卫生中心作为核电厂职业卫生管理设施和三级医疗救护体系的现场救护机构，主要承担工作人员日常医疗、现场紧急救治和职业健康管理等任务。医疗服务中心位于厂区生产办公楼内。

（10）公众信息中心

公众信息中心主要功能是接待公众和新闻媒体的采访，发布有关核电厂应急状态的信息，收集公众对有关核电厂事故应急的舆论和反应。

（11）洗消点设置

应急洗消点目前尚未启动选址工作，具体洗消措施将在场外核事故应急预案中进一步明确。

7.5.5 应急响应能力的维持

尽管需要启动核事故应急预案的事故很少，但核电厂的应急准备却必须常备不懈，为了能在需要时顺利实施核事故应急预案，则应维持必要的应急响应能力，主要包括：

（1）核事故应急预案的修订和完善

根据应急演练及运行中实际出现过的应急状态，认真总结经验及教训，对核事故应急预案及相关执行程序加以完善，核电厂的场内核事故应急预案至少每五年要进行一次必要的修订并上报国家核安全局审评。

（2）建立并坚持应急工作人员培训制度

对所有应急工作人员进行定期培训，包括新人的岗前培训及原有应急工作人员的定期复训。

（3）应急设施、设备及通讯等系统的维护

所有应急设施、设备及通讯、监测、评价等系统都必须妥善维护，并有严格的保养及试验制度，以保证其处于随时可用状态。

（4）按法规要求定期进行各种类型及规模的应急演练

应急演练是检验应急准备状况的主要手段之一。核电厂应急响应的过程十分复杂，因此应急演练也多种多样，一般按演习涉及的范围可分为：

-单项演习：为检验某些应急响应基本技巧或分系统检验应急组织响应能力、应急设施设备状况而进行的较小范围的演习，分练习和部分练习；要求每年至少一次，通讯及数据传输系统的练习则应更多。

-综合演习：核电厂应急组织全面启动的应急演练，应急响应过程中会涉及核电厂的绝大部分甚至全部应急组织、应急设施及设备；要求每两年一次。

-联合演习：场内、外应急组织全面启动的应急演练，要求在首次装料前进行，并在运行期间每四年一次。

7.5.6 5km 范围内重要居民点分布与道路条件分析

（1）厂址周围人口分布

厂址半径 5km 范围共涉及到栗子房镇的五个行政村下辖的 21 个自然村，1 所幼儿园。厂址半径 5km 范围内无敬老院、医院、监狱等难以撤离的特殊人群。

（2）厂址周围交通现状

厂址半径 10km 范围内涉及 1 条国道、1 条县道、4 条乡道和 7 条村级公路以及许多村落内部道路。

（3）核电厂对外交通

事故工况下，本项目烟羽应急计划区范围内的公众可以在当地各级政府及核电厂应急组织的统一指挥与协助下，充分利用厂址所在地区的村道、乡道、县道、省道等交通网实施撤离至洗消点，车辆和人员经去污洗消后，再根据安置点的具体安排撤离到庄河市区。

7.5.7 应急计划区

核电厂应急计划区范围的测算需要满足《核电厂应急计划与准备准则 第 1 部分：应急计划区的划分》（GB/T 17680.1-2008）的相关要求：

（1）既应考虑设计基准事故，也应考虑严重事故，以使在所确定的应急计划区内所做的应急准备能应对严重程度不同的事故后果。

（2）对于发生概率极小的事故，在确定核电厂应急计划时可以不予考虑，以免使所确定的应急计划区的范围过大而带来不合理的经济负担。

（3）在确定应急计划区范围时，根据核电厂的设计，所考虑的最严重的事故的放射性后果不超过发生确定性健康效应剂量阈值；并考虑选用能代表各种设计基准事故和大多数严重事故序列的事故，计算其后果并与通用干预水平的数值相比较。

依据国标《核电厂应急计划与准备准则 第1部分：应急计划区的划分》GB/T 17680.1-2008 以及《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019），辽宁庄河核电厂一期工程烟羽应急计划区的划分准则为：

（1）在烟羽应急计划区之外，所考虑的后果最严重的事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不应超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平；

（2）在烟羽应急计划区外，对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列，相应于特定紧急防护行动的预期剂量一般应不大于GB 18871-2002所规定的相应的通用优化干预水平；

（3）在食入应急计划区外，大多数严重事故序列所造成的食品和饮用水的污染水平不应超过GB 18871-2002所规定的食品和饮用水的通用行动水平。

目前辽宁庄河核电厂一期工程厂址区域核应急方案已完成编制并通过国家核应急办的审批。其中对应急计划区进行了初步测算，考虑了设计基准事故和严重事故。从剂量计算后果的角度推荐烟羽应急计划区半径为10公里，其中内区半径为5公里，推荐食入应急计划区半径为50km。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

- 8.1.1 流出物监测
- 8.1.2 辐射环境监测
- 8.1.3 应急监测

8.2 其它监测

- 8.2.1 热影响监测
- 8.2.2 化学污染物和生活污水监测
- 8.2.3 气象观测
- 8.2.4 水文观测

8.3 监测设施

- 8.3.1 流出物实验室
- 8.3.2 环境监测设施

8.4 质量保证

表

表 8.1-1 气态流出物连续监测道清单

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

本工程在运行期间将对气态和液态放射性流出物进行重点监测。

流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规标准和本工程的实际情况制定。

8.1.1.1 监测目的

本工程运行期间流出物监测目的：

- 监测释放到环境中的气态和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值和工程本身规定的排放管理目标值；
- 为判明本工程的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- 为评价环境影响提供放射性测量数据和资料；
- 迅速发现有无计划外排放和事故排放，鉴别排放性质、种类及其程度，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理的排放。

8.1.1.2 监测原则

本工程运行期间流出物监测方案的制定和监测系统设计遵循的主要原则

- 满足国家标准法规及生态环境部在多堆厂址统一管理规定上的要求；
- 对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- 对于定期排放，进行取样分析；对于存在计划外释放可能性的排放途径，应进行连续监测且仪表有足够宽的量程；对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物的流量、温湿度及气象参数等；
- 根据国家标准规定的年排放控制值和浓度限值，制定合理的排放控制值和仪表的报警阈值；
- 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.3 气态流出物监测

本工程采用单堆布置，每台机组核岛厂房设置一个排风烟囱，核岛反应堆厂房、安全厂房、核燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房及附属厂房的放射性排风经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放，每个烟囱均设有气态流出物连续监测和取样测量。

1) 气态流出物连续监测：

本工程气态流出物连续监测道包括烟囱排气低量程和高量程惰性气体 β 活度监测道、烟囱排气气溶胶活度监测道、烟囱排气碘活度监测道，其中，烟囱排气惰性气体监测道为安全级、抗震 1 类设备，可满足正常工况放射性惰性气体连续监测和事故工况放射性惰性气体连续监测。此外，还设置有惰性气体、碘、粒子、碳-14 和氡的取样设备，供运行状态下取样监测。

A. 放射性惰性气体连续监测

烟囱放射性惰性气体监测探测器量程需覆盖 12 个量级，分为低量程和高量程两个监测道，而且高低量程互相重叠。低量程和高量程惰性气体 β 活度监测道按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，每个测点包括两列冗余的监测设备，安全级别为 1E 级，抗震类别为 1 类，泵及控制设备的电源均由保护组重要电源系统提供。由低量程惰性气体 β 活度监测道给出的高阈值报警信号自动联锁关闭安全壳大气监测系统（CAM）隔离阀和废气处理系统（ZGT）排放阀。惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计。

B. 气溶胶连续监测

在烟囱设置气溶胶连续监测通道，对气溶胶的放射性水平进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。

C. 放射性碘连续监测

在烟囱设置放射性碘连续监测通道，对放射性碘水平进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。

2) 气态流出物取样测量

在烟囱气态流出物连续监测管路并行设置了取样装置，对烟囱气态流出物中的气溶胶、碘、 ^3H 、 ^{14}C 流出物样品进行连续取样，对惰性气体样品进行定期取样，样品送至流出物实验室进行分析。

3) 烟囱气体取样代表性

气态流出物的取样通过在速度和浓度均匀分布的位置采用单点取样，获得烟囱气态流出物具有代表性的样品进行测量，取样方法符合 ISO2889-2023 核设施的烟道和通风管道中的放射性物质取样标准。

8.1.1.4 液态流出物监测

来自核岛和常规岛各厂房和系统的放射性废液经处理后，分别汇总到核岛液态流出物排放系统及常规岛液态流出物排放系统的贮罐中，作为液态放射性流出物集中排放。本工

程设有核岛/常规岛液态流出物排放厂房。主要收集、贮存和监测排放核岛和常规岛液态流出物。液态流出物监测包括取样测量和连续监测。

1) 液态流出物取样测量

在废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度满足排放要求。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性；样品在实验室中采用高纯锗 γ 谱仪、低本底 α 、 β 计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

2) 液态放射性流出物连续监测

设置了核岛废液排放系统液体活度监测道，其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液浓度。当排放废液活度浓度超过预定阈值或仪表出现故障异常时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。

3) 液态流出物取样代表性

液态流出物在就地取样前，关闭泵出口排放阀，启动泵对排放槽进行全流量循环，以使所取的样品具有代表性。

8.1.2 辐射环境监测

本厂址为了确保运行期间的放射性流出物对周围环境和居民的影响符合国家的有关规定，将在首次装料前制定环境监测大纲，并按照大纲开展运行期间的环境监测。环境监测大纲将在运行阶段的环评报告中提供，本阶段的环评报告简要地描述运行后拟建的环境监测设施及设想的监测方案。

8.1.2.1 监测目的

运行期间环境监测的目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估本项目排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- 及时发现环境介质中放射性水平的变化，并查找原因；
- 评估厂址周围环境辐射水平变化趋势，采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.2 监测范围

根据国家有关法规，运行期间拟进行环境辐射监测的范围如下：

环境 γ 辐射水平监测范围为以厂址为中心半径 20km 范围内，其余陆地环境放射性监测项目的监测范围为半径 10km 范围内。

海洋环境放射性监测以本工程排水口为中心，最远半径为 10km，重点监测本工程排放口附近海域。

8.1.2.3 布点原则

本厂址运行期间环境监测布点将结合运行前连续两年的放射性本底调查结果具体制定。同时为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则有：

- （1）陆地监测点以厂址为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- （2）对主导风下风向及环境敏感点等适当增加监测点；
- （3）与运行前环境调查保持适当比例的同位点；
- （4）环境 γ 辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在厂区主导风向的下风向厂区边界附近区域，周围没有高大的树木、建筑物；
- （5）海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- （6）土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- （7）考虑项目厂址区域附近地区的地形条件；
- （8）气象塔及气象观测站的位置应适当远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况；站位设置尽量与大气扩散试验站址一致，保持数据的可延续性；
- （9）充分利用运行前的调查资料，在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。

8.1.2.4 监测项目

本工程运行期间环境监测大纲初步方案详见表 8.1-1，主要监测项目有：

- （1）气象要素测量
风速、风向、空气温度、相对湿度、降水量、大气压、天空总辐射、净辐射。
 - （2）环境 γ 辐射水平监测
主要测量的项目有环境 γ 辐射剂量率的连续监测、累积剂量监测及瞬时剂量率的测量。
 - （3）环境介质放射性核素浓度监测
- 气溶胶： ^{90}Sr 及 γ 能谱分析
 - 大气沉降物： ^{90}Sr 及 γ 能谱分析
 - 空气中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I
 - 降水： ^3H
 - 陆地水体

饮用水：总 α 、总 β 、 γ 能谱分析、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 分析；

地表水（水库、河流等）：总 β 、 γ 能谱分析、 ^3H 、 ^{14}C 分析；

地下水： ^3H 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱分析，可选择部分点位分析 ^{14}C 。

● 陆生生物

肉类、水果、粮食、蔬菜等样品： ^3H (TFWT,OBT)、 ^{14}C 、 γ 能谱分析，每类至少选择一个样品进行 ^{90}Sr 分析；

牛奶：进行 ^{131}I 分析测量；

指示生物： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析。

● 海洋介质

海水：总 β 、 ^{40}K 、 ^3H ，可选择部分点位分析 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱分析；

海洋沉积物： ^{90}Sr 及 γ 能谱分析，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ；

海洋生物样品： ^3H （TFWT，OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱分析。

● 土壤及底泥

^{90}Sr 和 γ 能谱分析，每个方位最近的 1 个点加测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

8.1.2.5 测量方法

根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法：

（1）实验室分析测量（对环境介质样品）

物理测量和分析：使用低本底 α/β 测量仪、 α 谱仪、低本底 γ 谱仪、低本底液体闪烁测量装置仪等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 α 能谱分析、 γ 能谱分析、 ^3H 和 ^{14}C 放射性活度测量；

放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的 ^{90}Sr 等核素进行测量分析。

（2）环境 γ 辐射监测

设置环境监测站，进行连续监测；

在环境中定点布设热释光剂量计，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；

设置环境监测车/应急监测车进行本厂址周边环境 γ 辐射监测，车上设有车载 γ 剂量率监测仪、便携式 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率监测仪等设备。

（3）气象观测

在气象塔及地面设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降水量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测厂区的局部气象状况。

8.1.2.6 地方环保部门的监督性监测

为了大力配合地方环保部门监督性监测工作的实施，本厂址考虑主要从以下几个方面保证对监督性监测的支持：

（1）根据有关规范要求配合省环保部门监督性监测前沿站及监测子站的建设；

（2）为地方环保部门现场监测提供方便，包括人员出入支持、人员配合、水电及监测场地的支持等；

（3）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解。

8.1.3 应急监测

事故工况下的环境应急监测是项目应急计划的重要组成部分，本厂址将制定应急环境监测大纲，对监测原则、监测方法和步骤、监测项目、监测路线、监测组织机构、监测数据发布等做出规定。在事故工况下，根据应急监测大纲对环境中 γ 辐射水平及大纲中规定的环境介质进行快速取样，样品根据大纲要求和有关测量程序进行放射性测量。

可参与应急环境监测的监测设施和设备主要包括：

（1）环境监测站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 7 天的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用；

（2）环境监测车/应急监测车和环境介质取样车：监测车内配备便携式放射性测量和取样设备以及气象设备，可以快速给出环境 γ 辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等；

（3）气象站：气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及设置在厂外环境监测站的风速风向传感器；

（4）移动式环境 γ 辐射监测子系统：考虑到极端外部事件下环境监测站可能受到损坏，因此考虑设置可在事故后投入使用的移动式环境 γ 辐射监测子系统，作为 γ 辐射水平监测的补充手段，以快速恢复环境监测能力；

（5）环境实验室：环境实验室在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

在机组运行前，核电厂将委托编制温排水监测方案，运行后遵守生态环境相关的核电厂法规、规范的要求，对运行期温排水的影响范围进行监测。

8.2.2 化学污染物监测

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物对水环境的影响，计划对非放射性污染物进行监测，主要监测项目包括水温、pH 值、COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、总氮、总磷、石油类、悬浮物、色度等。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.1.1 电厂流出物实验室

电厂流出物实验室用于监测核电厂气态和液态流出物的样品，以确定被排放气态和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。本工程电厂流出物实验室位于厂区实验楼一层，流出物实验室处于辐射防护控制区，人员进出需要通过卫生出入口进行管理。

电厂流出物实验室包括冷准备间、热准备间、低本底测量间、液闪测量间、电脑操作间、 γ 谱仪间二。电厂流出物实验室配备了流出物监测的仪器和设备，能够满足流出物监测的需求。

8.3.1.2 监督性流出物实验室

监督性流出物实验室监督监测庄河核电厂的核电机组流出物排放至环境前的样品，并进行事故时应急样品分析，以确定排放到环境的液态和气态流出物的放射性水平，测量结果为评价本工程的流出物排放达标情况提供依据。监督性流出物实验室拟选址位置与监督性监测前沿站在同一区域。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境辐射和气象监测系统

本工程将建设环境辐射和气象监测系统，用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续监测厂址区域的气象要素，为环境评价和应急决策提供气象数据，为评价本工程对环境的影响事故应急期间应急方案制定提供监测数据支持。

环境辐射与气象监测系统建设及设备采购、安装和调试的进度计划：土建完成计划：FCD+28 个月；设备采购完成计划：FCD+32 个月；设备安装完成计划：FCD+36 个月；设备调试完成计划：FCD+38 个月。

环境辐射和气象监测系统主要包括：

（1）气象站

对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录，主要的设施包括气象观测塔和地面气象站，所配置主要设备有气象传感器、数据采集器、数据处理传输装置等；

测量参数包括：风速、风向、空气温度、相对湿度、降水量、大气压、天空总辐射、

天空净辐射。

（2）环境监测站

本厂址拟在厂区边界处设置 3 个环境监测站，在厂区外设置 6 个环境监测站，用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。在监测站位置选择时，主要与监督性监测子站结合互补基本覆盖本厂址周围陆域各方位，在主导风下风向等位置布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。

环境监测站拟配置的设备包括： γ 辐射探测器、取样装置、数据传输装置等，并将设置维持 7 天的备用电池。测量参数包括大气中环境 γ 辐射水平的连续监测、气溶胶采样、H-3、C-14 和 I-131 采样、雨水/沉降灰采样，厂外的监测站还设置有风速、风向、雨量测量传感器。

（3）环境监测车/应急监测车

本工程将设置环境监测车及应急监测车。定期对厂区周围环境 γ 辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。

设备配备包括：在环境监测车/应急监测车配置有车载 γ 辐射监测仪、车载自动气象监测仪、便携式多道 γ 谱仪、便携式 α/β 表面污染测量仪、便携式气溶胶、碘取样器等若干便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备等。

测量项目包括：正常运行情况下本厂址周围环境 γ 辐射水平进行巡测（瞬时测量），事故应急期间的环境 γ 辐射水平巡测、表面污染测量及气溶胶/碘取样。

（1）环境介质采样车

环境介质采样车采集厂址周围各类环境介质，采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

（2）移动式环境 γ 辐射监测子系统

可连续测量环境 γ 辐射水平。在事故期间且环境监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段。

8.3.2.2 环境实验室

环境实验室拟建设在青堆镇，距本厂址约 17.2km，位于厂址 NW 方位角，位于本厂址烟羽应急计划区外并且避开了年主导风的下风向。

环境实验室用于处理、测量和分析厂区周围环境介质样品，并在事故期间参与应急环境监测。实验室测量的项目包括 γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、累积剂量测量分析等。

环境实验室内设置低本底物理测量房间、样品预处理及制备房间、化学制样及分析房间及其他辅助房间，环境实验室将满足“三同时”进行建设。

8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测本工程运行对地下水的影响情况，将设置 5 口厂区地下水监测井，点位布设综合考虑了地下水流向、带放厂房、排放管线等因素，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。监测井数量及位置将根据厂区地下水径流等情况进行确定。

8.3.2.4 监督性监测前沿站和监测子站

（1）监督性监测前沿站

监督性前沿站拟建设在青堆镇，距本厂址约 17.2km，位于厂址 NW 方位角，位于本厂址烟羽应急计划区外并且避开了年主导风的下风向。拟选址地点较为平整，通信和电力条件良好；交通便利，住宿、饮食等生活条件便利。

（2）监督性监测子站

经现场踏勘后，拟设置 10 个监督性监测子站，站址位置覆盖了厂址周围 10km 范围内 16 个方位角的陆域范围。

8.2.3 气象观测

本厂址已建成一个气象观测系统，由地面气象站和气象铁塔组成场地较开阔，四周无高大构筑物遮蔽，各向风来流无阻挡，对各气象观测要素无影响。地面气象站主要设置有气温、湿度、气压、风速、风向、降水、总辐射、净辐射等传感器，气象铁塔在 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度处架设了风速、风向和气温传感器。

气象观测仪器在安装架设前均进行了标定，并开展了风、温、湿传感器安装前的水平比对。

经统计，铁塔和地面站所有气象数据的联合获取率为 99.66%，计算各高度三、四维联合频率所用到气象数据的联合获取率为 99.92%，满足导则要求。

8.2.4 水文观测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。根据电站的实际运行情况，在运行期间计划根据实际需求适时开展水文观测。

8.4 质量保证

为了保证辐射环境监测和流出物监测结果达到足够的可信度，确保获取的数据的有效性和可靠性，本工程将按照《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）、《辐

射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等国家和行业标准规范的要求建立质量保证体系，制订环境及流出物监测大纲，对周围环境及流出物的监测进行质量控制和质量管理。

8.4.1 质量控制

8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品，为达到此目的，拟采取以下质量控制措施：

- （1）制定各类环境介质的采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式，以保证采集到具有代表性的样品；
- （2）根据各类环境介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输、交接和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录，各种记录均有责任者签名；
- （3）采样装置应以文件形式说明其对放射性物质的收集效率；
- （4）只要样品可获得，应采集不少于每批次样品总数 10% 的平行双样；
- （5）样品在采集和运输过程中应防止样品被污染或样品对环境造成污染；
- （6）应有一定比例的留样备查，实验室应明确规定不同类型留样的保存期。

8.4.1.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中拟采取以下质量控制措施：

- （1）样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法；
- （2）分析测量的每种质量控制样品数不低于分析测量总样品数的 5%；
- （3）在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；
- （4）为了确定分析测量过程中的不确定度，采取相应的校正措施；
- （5）参加能力验证或实验室之间分析测量比对活动，对存疑和不满意结果进行分析、查明原因并采取纠正措施；
- （6）对监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有需检定的放射性测量仪器都按照检定周期定期检定；
- （7）刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。

8.4.1.3 数据处理中的质量控制

数据处理中拟采取以下质量控制措施：

- （1）监测人员应正确理解监测方法中的计算公式，保证监测数据的计算和转换不出差错，计算结果应进行校核；
- （2）监测结果的有效位数应与监测方法中的规定相符，计算中间所得数据的有效位

数应多保留一位；

（3）数据处理计算中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须进行复核；

（4）监测结果应使用法定计量单位；

（5）采用计算机或自动化设备进行监测数据的采集、处理、记录、结果打印、储存、检索时，应建立和执行计算机数据控制程序，在数据的采集、转换、输入、输出、储存等过程中，保证信息的完整性、数据处理过程的可溯性。

8.4.2 质量管理

8.4.2.1 组织机构

将针对辐射环境监测及流出物监测的特点，明确本单位质量管理体系建立、运行、维护和持续改进方面的责任、权力和工作程序，主要包括：

（1）编制组织管理程序，明文规定管理和实施质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责、权限等级；

（2）制定组织机构，分工明确，对本工程的环境监测及流出物监测统一管理。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，对从事辐射监测和质量管理的人员培训、资格确认、任用、授权和能力等进行规范管理，确保这些工作人员达到并保持与其承担的工作相适应的水平，因此，拟制定下列措施：

（1）从事辐射监测的人员必须具有相应的文化程度以及相关的专业知识和工作能力；

（2）对从事辐射监测的所有人员进行上岗前培训，熟练掌握有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价等内容，经技术考核取得相应的资格方能上岗；

（3）为了保持从事辐射监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

表 8.1-1 运行期间环境辐射监测大纲初步方案

监测对象		监测项目		采样频次	采样范围
γ辐射	辐射空气吸收剂量率		γ辐射空气吸收剂量率	连续	10km
	γ辐射累积剂量		γ辐射累积剂量	1 次/季	20km
空气	气溶胶		每周测量一次γ能谱，当总β活度浓度大于该站点周平均值的 10 倍或γ能谱中发现人工放射性核素异常升高，则将滤膜样品取回实验室进行γ能谱等分析	总β：1 次/天或 γ能谱：1 次/周	10km
			γ能谱 年度混合样品分析 ⁹⁰ Sr	累积采样，1 次/月，采样体积不低于 10000m ³	10km
	沉降物		γ能谱 年度混合样品分析 ⁹⁰ Sr	累积采样，1 次/季	10km
	气体		¹⁴ C、 ¹³¹ I	累积采样，1 次/月	10km
	气体		³ H（HTO）	1 次/周	10km
	降水		³ H	混合样品 1 次/月	10km
陆地	表层土壤		⁹⁰ Sr、γ能谱，每个方位最近的 1 个点加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年	10km
	植物	农作物	³ H（TFWT，OBT）、 ¹⁴ C、γ能谱、每类至少选择一个样品进行 ⁹⁰ Sr 分析	收获期 1 次/年	10km
	动物	禽、畜	³ H（TFWT，OBT）、 ¹⁴ C、γ能谱，每类至少选择一个样品进行 ⁹⁰ Sr 分析	1 次/年	10km
		牛（羊）奶	¹³¹ I	1 次/季	10km
	指示生物		根据指示生物浓集特性确定监测核素种类	收获期 1 次/年	10km
陆地水	地表水		总β、γ能谱、 ³ H、 ¹⁴ C	平、枯水期 各 1 次	10km
	地表水沉积物		⁹⁰ Sr、γ能谱，10km 范围内的水体加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年	10km
	地下水		γ能谱、 ⁹⁰ Sr、 ³ H，可选择部分点位分析 ¹⁴ C	1 次/月，抽测 1 次/月	10km
				平、枯水期各 1 次	10km

陆地水	饮用水		^3H 、 γ 能谱、总 α 、总 β ，可选择部分点位分析 ^{90}Sr 、 ^{14}C	平、枯水期各 1 次	10km
	陆地水生物	植物	^{90}Sr 、 ^{14}C 、 γ 能谱	收获期 1 次/年	10km
		动物	^{90}Sr 、 ^{14}C 、 γ 能谱	1 次/年	10km
海洋	海水		^3H 、总 β 、 ^{40}K ，可选择部分点位分析 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱	1 次/半年	10km
	海洋沉积物		^{90}Sr 、 γ 能谱，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	10km
	海洋生物	植物	^3H （TFWT，OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱（包括 ^{131}I ）	收获期 1 次/年	10km
		动物	^3H （TFWT,OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱（包括 ^{131}I ）	1 次/年	10km

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

辽宁庄河核电厂一期工程是由中国核能电力股份有限公司、中国大唐集团核电有限公司、大连市国有资本管理运营有限公司共同出资建设，建设规模为 $2\times 1250\text{MW}$ 百万千瓦级压水堆核电机组，设计寿命期为 60 年，经济评价期为 30 年。工程投产后，每年可向东北电网送电约 162.05 亿度，每年向国家和地方上缴税金上亿元。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 社会效益

辽宁省地处我国东北地区，是我国经济发展较快的省份之一。由于受一次能源的制约，电力增长速度远远不能满足经济增长和人民生活的需要，本项目的建设可以更好地缓解辽宁省电力不足的困难局面，促进该地区的工业发展。东北电网电源主要是燃煤的火电机组，但是，燃煤供应、铁路运输和港口装卸却很难满足要求。辽宁庄河核电厂一期工程的投产将进一步有效地解决能源供求矛盾，减轻燃煤运输和环境影响的压力。

核电厂项目投资大，资金需求大，建设周期长，建设期间和运行期间，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。本项目产生的建设期贷款能够促进当地金融等服务产业发展。

本项目的建设能够优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展。核电厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。同时，项目的建设也有利于进一步促进当地的交通、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快东北地区的经济发展具有重要意义。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、标准化发展，为其后续机组和国内其他核电厂的建设提供人才支持。从而全面推动我国核电事业的发展。

本项目的建设将充分利用现有资源，采用国内外成熟的核电设计、制造技术，自主创新，大力推进我国核电品牌自主化的进程；项目的设计、大部分设备制造及全部工程建设施工均在国内市场实施，对于项目所在地经济的提升、核电上下游产业的发展将起到积极作用，促进民族工业的振兴。

9.1.2.2 环境效益

核电厂两台百万千瓦级核电机组的环境效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应。

火电厂释放的 CO₂ 是全球 CO₂ 重要来源，而 CO₂ 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。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。而核电作为一种安全、成熟的清洁能源，不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物。本工程的建设，实际上相当于减少了同等容量火电厂的建设产生的 CO₂、SO₂、NO_x、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

核电厂建设项目环境保护费用分建设期的环保设施投资和运行期的环保费用。

本工程的项目计划总资金包括工程费用（建筑工程费、设备购置费及安装工程费）、工程其他费用（项目建设管理费、勘察设计和技术服务费、联合试运转费等）、预备费、建设期贷款利息、铺底流动资金及建设期可抵扣增值税等费用。其中用于环境保护的建设投资占项目计划总资金 3.0%左右。

环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、环境整治（绿化等）和施工期环保投入费用。其中废物处理处置系统包括核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、三废处理设施及环境保护工程费用等费用；流出物监测和环境监测系统包括厂房辐射监测系统、控制区出入监测系统、安全壳泄漏监测系统和 LOCA 事故监测系统、BOP 环境监测设施等费用；环境整治包括厂区绿化、水土保持、广场、地坪等费用；施工期环保投入包括 HSE 环境保护费以及施工期大气环境和噪声监测、海域环境监测及爆破震动监测等费用。

运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费、退役基金等。其中乏燃料后处理费从投产后第六年开始提取，中低放废物处理处置费从投产后第一年年开始提取，退役基金从计算期第一年年开始提取。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

按规定，在核电站外边界半径 5km 范围内为限制区，即在该地区内要限制人口机械增长、集中居民点建设和工矿企业及其它事业的发展。

辽宁庄河核电厂一期工程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、固体废物运输以及正常的人员进出运输等，其运输量非常大，不可避免的会增加当地的运输负担。

但由于在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定了满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取了相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是很有限的。

此外，本机组对于东北地区的公众舆论、舆情及社会稳定有一定的影响。核电作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性对涉及切身利益的公众进行充分的宣贯，消除公众担忧甚至恐惧的心理，增强公众对核电项目建设与发展的接受与理解，有利于核电项目的顺利进行和营造更为和谐的核电发展环境。

9.2.2.2 环境代价

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。为了达到保护环境和保护公众的目的，辽宁庄河核电厂一期工程设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响在可接受的范围内。本报告书的前面章节已对辽宁庄河核电厂一期工程的环境影响做出了详细的论证。

综上所述，辽宁庄河核电厂一期工程是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于电力需求紧张，资源相对匮乏，经济发展迅速的地区，发展核电是解决能源问题的有效手段，是调整能源结构、实现区域经济可持续发展的重要保证。辽宁庄河核电厂一期工程的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

第十章 结论与承诺

10.1 结论

- 10.1.1 核电厂建设项目
- 10.1.2 环境保护设施
- 10.1.3 放射性排放
- 10.1.4 辐射环境影响评价结论
- 10.1.5 非辐射环境影响评价结论
- 10.1.6 公众意见采纳情况总结

10.2 承诺

10.1 结论

10.1.1 核电厂建设项目

辽宁庄河核电厂位于辽宁省庄河市栗子房镇陶屯西南侧。规划 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划，分期建设。本期工程按 2 台华龙一号改进型机组建设。

辽宁庄河核电厂一期工程采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组“华龙一号改进型”。本工程设计全面贯彻了核安全纵深防御设计原则、设计可靠性原则和多样化原则，创新性地采用“能动与非能动相结合的安全设计理念”，以能够有效应对动力源丧失事故的非能动安全系统作为经过工程验证、高效、成熟、可靠的能动安全系统的补充，提供了多样化的手段满足安全要求。

本核电工程的建设满足安全性、经济性、成熟性等要求。核电机组选择总体原则符合我国的实际情况，能充分利用我国的已有基础和条件；有利于提高核电的安全性和市场竞争力，降低造价，降低成本；有利于采用必要的经过验证的先进技术，促进核电设计的自主化和核电设备制造的本地化。“华龙一号改进型”方案吸取了近些年来国内外已有核电厂在安全方面的一些成功经验和福岛核电站事故的经验反馈，采用了成熟、可靠的技术和设备，在技术和工程上均是可行的。设计方案满足国家核安全局发布的《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》以及《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标》的要求。

10.1.2 环境保护设施

10.1.2.1 放射性废物处理系统

（1）放射性废液处理系统

放射性废液处理系统收集、贮存和监测核电厂正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统向环境排放。废液管理系统包括：核岛疏水排气系统（RVD），硼回收系统（ZBR），废液处理系统（ZLT），核岛液态流出物排放系统（ZLD），放射性废水回收系统（WSR）。其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：化学和容积控制系统（RCV），反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），蒸汽发生器排污系统（TTB），常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

（2）放射性废气处理系统

放射性废气处理系统包括废气处理系统（ZGT）和核岛厂房通风系统（HVAC）。废气处理系统的功能是对核电厂产生的放射性惰性气体、卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的放射性废气年释放量、核电站工作人员在控制区和非控制区内的受

照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。核岛厂房通风系统对每个厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个良好的室内环境，确保人员的安全健康以及设备的有效运行。

（3）放射性固体废物处理系统

固体废物处理系统（ZST）的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

10.1.2.2 非放射性废物处理系统

辽宁庄河核电项目一期工程通过室外管网收集汽轮发电机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器进行处理，出水水质满足相关标准要求；通过室外管网收集各子项的非放射性生产废水，汇集至非放生产废水处理站进行处理，排水水质满足相关标准要求。本工程设置危险废物暂存库，危险废物集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理，满足相关标准要求。

10.1.2.3 辐射环境监测

本工程的监测设施包括：流出物实验室、环境监测设施以及监督性监测系统。

流出物实验室用于监测本工程气载和液态流出物的样品，以确定排放的气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。环境监测设施包括：环境辐射与气象监测系统（用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量）、环境实验室（用于对从厂区周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。）以及厂区地下水监测井（监测本工程运行对地下水的影响情况）。本工程还将依据《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》等规范，为地方环保部门建设监督性监测系统。

由此可预计，本工程废物处理系统的设计性能和放射性流出物监测系统的预期效果，可以满足对核电厂周围环境保护的要求。

10.1.3 放射性排放

本工程两台机组运行状态下，各类气态和液态放射性流出物年设计排放量均能满足GB6249-2025中排放量控制值要求，槽式排放出口处的放射性流出物中氚、C-14和其余核素均满足GB6249-2025中浓度限值要求。

10.1.4 辐射环境影响评价结论

（1）对公众的辐射影响

基于设计排放源项计算结果：

本工程运行状态下，气态和液态途径排放的放射性核素对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.30\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.01\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.82\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.59\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。公众受到的最大个人有效剂量为 $3.59\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，不超过 0.08mSv/a （占 4.49%）。

全厂址 6 台机组运行状态下，气态和液态途径排放的放射性核素对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $3.99\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $5.84\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $8.09\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $9.46\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。公众受到的最大个人有效剂量为 $9.46\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气态途径为 $6.09\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径为 $3.37\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，不超过 0.25mSv/a （占 3.78%）。

基于现实排放源项计算结果：

本工程运行状态下关键居民组为厂址 NE 方位 0~1km 处栗子房镇陶屯村陶屯的成人组，受到的最大个人有效剂量为 $1.27\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $6.17\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态途径总剂量的 48.40%；其次为液态途径的食入海产品内照射途径，占气液态总剂量的 44.27%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $9.69\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 75.99%，其次为 H-3 和 Fe-55，分别占气液态总剂量的 12.38%和 3.65%。

全厂址 6 台机组运行状态下，关键居民组为厂址 NE 方位 0~1km 处栗子房镇陶屯村陶屯的成人组，受到的最大个人有效剂量为 $3.37\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气态途径所致的剂量为 $2.21\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $1.16\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.91\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 56.58%；其次为液态途径的食入海产品内照射途径，占气液态总剂量的 33.49%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $2.48\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 73.43%，其次为 H-3 和 Co-60，分别占气液态总剂量的 13.94%和 2.98%。

因此基于正常运行对公众的辐射影响角度，辽宁庄河核电厂一期工程 2 台机组和全厂址 6 台机组是适宜的。

（2）对非人类生物的辐射影响

1) 水生生物

本工程 2 台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

全厂址 6 台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，全厂址 6 台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

2) 陆生生物

本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

全厂址 6 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此全厂址 6 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

10.1.5 非辐射环境影响评价结论

10.1.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

核电厂工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，对附近居民的日常生活产生轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加当地居民的就业机会和商机，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

（2）水土保持

本工程施工期间，将针对厂区、施工生产临建区、混凝土预制区、海工工程区等区域采取一系列措施进行水土保持，在工程建设期及植被恢复期还将进行水土保持监测。通过以上措施，可有效防治施工期间的水土流失情况。施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆和全面治理，采取乔灌草结合的方式恢复植被。

（3）施工噪声

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

（4）大气环境的影响

施工过程中，由于土石方施工的爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

（5）对水环境的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取水明渠道流堤、排水暗涵、大件码头、护岸、临时施工围堰、明渠及取水沟槽疏浚等海工工程施工。海工构筑物的施工会造成厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域的环境造成一定的影响。

海域工程施工对水环境的影响主要表现为悬浮泥沙对海洋水质环境和生态的影响。工程施工将引起海域悬浮泥砂颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

施工期生活污水外送处理，不排入环境；施工期土建建造阶段生产废水尽可能回用，不外排；施工期安装调试阶段产生的非放生产废水尽可能回用，无法回用部分废水在满足相关排放标准的前提下排海，如果检测不合格，则采用暂存、中和等方式处理，待合格后再排放，如现场无法处理时外送处理。陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

（6）固体废弃物的影响

施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾。本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。因此，固体废弃物对环境的影响是局部的和暂时的。

10.1.5.2 运行期间的环境影响

（1）温排水的影响

根据温排水三维数模计算结果，本工程温排水影响范围不涉及生态保护红线，符合生态环境分区管控、国土空间规划、近岸海域环境功能区划的管理要求。

（2）生活污水和生产废水的影响

施工期生活污水外送至厂外污水处理厂处理，不通过厂内排水口排入环境；本工程非放射性含油废水及非放射性生产废水经处理达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1）后排海，满足该标准的生产废水允许排入《海水水质标准》（GB 3097-1997）中海水二类功能区域。

本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。因此，非放射性生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

综上，从环境影响的角度来综合评价，初步判断本工程建设 2 台机组是可行的。

10.1.6 公众意见采纳情况总结

庄河核电严格依照《环境影响评价公众参与办法》相关规定，有序开展辽宁庄河核电厂一期工程（建造阶段）的环评信息公开、公众科普宣传及公众参与工作，综合运用网络公示、报纸刊登、现场张贴公告、设置查阅点、科普宣传等多种方式保障公众知情权、参与权；截至三次信息公开全部结束，庄河核电未收到公众通过信函、邮件、电话、现场来访等各类途径提交的、与本项目建造阶段环境影响相关的意见和建议。

10.2 承诺

本报告书给出的对本工程建造和运营管理单位在环境保护方面的承诺如下：

- 将严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。
- 持续开展核电宣传、沟通工作，以得到周边公众对本项目的支持。
- 工程建造过程中，将严格制定施工期间的环境保护管理制度，并加强监测和检查，有效防止水、气、声、渣等非放污染物的环境影响。

综上所述，从自然条件和社会条件分析，本工程厂址能满足2台华龙一号改进型机组的建设和运行要求。施工建设对环境的影响以及工程正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。