

辽宁庄河核电厂一期工程

环境影响报告书

(选址阶段)

中核大唐庄河核电有限公司
二〇二四年五月

辽宁庄河核电厂一期工程

环境影响报告书


(选址阶段)

中核大唐庄河核电有限公司
二〇二四年五月



打印编号：1715741861000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	tw7sdc		
建设项目名称	辽宁庄河核电厂一期工程（选址阶段）		
建设项目类别	55—167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	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
高桂玲	06351143505110583	BH026937	高桂玲
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
魏刚	第十章	BH026932	魏刚
张敬辉	第四章	BH026938	张敬辉
薛娜	第七章、第九章	BH026661	薛娜
高桂玲	第一章、第六章、第十一章	BH026937	高桂玲

韩蕊	第五章	BH026658	韩蕊
李京	第二章	BH026930	李京
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣

姓名	职业资格证书编号	信用编号	签字
高桂玲	0000345 (核安全资格证编号) ZNPPC55-2306 (登记证编号)	BH026937	高桂玲

MODIFICATION

文件修改记录

REV	DATE	CHAPTER	PAGE	MODIFICATION
版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2024.5	-	-	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

第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 人口分布
- 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
- 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险**
 - 7.1 核电厂放射性事故和后果评价
 - 7.2 场内运输事故
 - 7.3 其他事故
 - 7.4 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 其他监测
 - 8.3 监测设施
 - 8.4 质量保证
- 第九章 厂址比选**
 - 9.1 选址过程
 - 9.2 候选厂址评价与比选
 - 9.3 推荐厂址评价
- 第十章 利益代价分析**
 - 10.1 利益分析
 - 10.2 代价分析
- 第十一章 结论与承诺**
 - 11.1 结论
 - 11.2 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

图：

图 1.10-1 辽宁庄河核电厂厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

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组建。

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”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（华龙一号），项目直接和间接用于环境保护的费用约占总项目计划总资金的 2.7%。

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。

2021 年政府工作报告提出“在确保安全的前提下积极有序发展核电”，根据《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》，到 2025 年我国核电运行装机容量将达到 7000 万千瓦，发展核能将为我国碳达峰、碳中和战略实施发挥不可替代的作用。

加快核电建设是优化能源结构、保护环境、实现可持续发展的重要措施，对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求，实现能源、经济和生态环境协调发展，提升我国综合实力、工业及科学技术水平，具有重要意义。

（2）满足厂址所在地区的电力需求

截止到 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%。

预计“十四五”期间，随着东北地区经济形势的回暖，工业环境的复苏，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继续保持中高速增长，未来将成为东北地区全社会用电量发展的重要支柱之一；目前东北地区已开始大力发展新能源、新材料、大资料、节能环保、高端装备、生物科技等战略性新兴产业，尽管尚未形成规模，但前景看好，预计远期将取代目前的传统能源、制造以及高耗能产业成为东北全社会用电量增长的核心驱动力。

（3）有利于环境保护

根据辽宁省 2022 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 小时平均第 90 百分位数浓度平均为 141 微克/立方米，一氧化碳（CO）日均值第 95 百分位数浓度平均为 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 1 号机组单台机组建造周期为 58 个月，两台机组开工日期间隔 10 个月。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

- （1）电力规划设计总院 2010 年 5 月 31 日印发《关于辽宁大唐国际庄河核电项目初步可行性研究报告的审查意见》（电规发电[2010]181 号）；
- （2）国家能源局 2015 年 11 月 24 日印发《国家能源局关于辽宁庄河市南尖核电厂址保护有关问题的复函》（国能核电[2015]424 号）；
- （3）庄河市自然资源局 2023 年 7 月 5 日印发《关于庄河核电厂项目压覆矿产资源情况的证明》；

- (4) 中国地震局 2023 年 7 月 28 日印发《中国地震局关于庄河核电厂一期工程抗震设防要求的批复》（中震安评[2023]49 号）；
- (5) 中国民用航空东北地区管理局 2023 年 9 月 15 日印发《东北管理局关于明确中核大唐庄河核电项目厂址距周边民用运输机场和航线距离的函》（民航东北局函[2023]95 号）；
- (6) 辽宁省生态环境厅 2023 年 10 月 27 日印发《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]139 号）；
- (7) 辽宁省文物局 2023 年 10 月 27 日印发《辽宁省文物局关于辽宁庄河核电项目陆域考古勘探及水下考古调查工作报告的审查意见》（辽文物发[2023]258 号）；
- (8) 松辽委水资源处 2023 年 11 月 16 日印发《松辽水利委员会行政审批申请不予受理通知》；
- (9) 庄河市人民政府 2023 年 11 月 20 日印发《庄河市人民政府关于同意设置辽宁庄河核电项目非居住区的复函》；
- (10) 《辽宁省“十四五”生态环境保护规划》（辽宁省人民政府办公厅，辽政办发[2022]16 号）；
- (11) 庄河市自然资源局 2024 年 5 月 16 日印发《关于辽宁庄河核电项目与庄河市国土空间总体规划符合性情况的复函》。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.6.2.1 主要法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (3) 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- (5) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月 1 日）；
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）；
- (7) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (8) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日）；
- (9) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）；
- (10) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日）；
- (11) 《中华人民共和国土地管理法》（2020 年 1 月 1 日）；
- (12) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；

- (13) 《中华人民共和国突发事件应对法》（2007年11月1日）；
- (14) 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002年1月1日）；
- (15) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年10月1日）；
- (16) 《放射性物品运输安全管理条例》（2010年1月1日）；
- (17) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害与海洋环境管理条例》（2018年3月19日）；
- (18) 《放射性废物安全管理条例》（2012年3月1日）；
- (19) 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010年12月22日）；
- (20) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF 002，2011）；
- (21) 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF 101，2023）；
- (22) 《放射性废物安全监督规定》（HAF 401，1997）；
- (23) 《辽宁省环境保护条例》（2004年6月30日）；
- (24) 《辽宁省大气污染防治条例》（2022年4月21日）；
- (25) 《辽宁省海洋环境保护办法》（2006年8月1日）。

1.6.2.2 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》（GB16297-1996）；
- (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）》（HJ964-2018）；
- (11) 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT 19485-2014）；
- (12) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；
- (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 101/04，1989）；
- (16) 《核电厂厂址选择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现象》（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 6249-2011）；
- (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》（HJ969-2018）；
- (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》（HJ1157-2021）；
- (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 3095-2012）；
- (38) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (39) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (40) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；
- (41) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）；
- (42) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- (43) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18957-2023）；
- (44) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (45) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）；
- (46) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB 14589-93）；
- (47) 《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》（EJ 1042-2014）；

- (48) 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（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) 《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) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）；
- (54) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）；
- (55) 《施工及堆料场地扬尘排放标准》（DB21/2642-2016）；
- (56) 《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 6249-2011）中的有关规定。

（1）运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

根据国家标准《核动力厂辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，所有机组向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv。本工程“两台华龙一号压水堆”核电机组的剂量约束值暂定为 0.08mSv/a。核动力厂必须按每堆实施放射性流出物年排放总量的控制，对于 3000MW 热功率的反应堆，GB6249-2011 中规定的控制值如下：

气载流出物：

- 惰性气体： 6×10^{14} Bq/a；
- 碘： 2×10^{10} Bq/a；
- 粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）： 5×10^{10} Bq/a；
- 氡： 1.5×10^{13} Bq/a；
- C-14： 7×10^{11} Bq/a。

液态流出物：

- 氡： 7.5×10^{13} Bq/a；
- C-14： 1.5×10^{11} Bq/a；
- 其余核素： 5.0×10^{10} Bq/a。

根据 GB 6249-2011 的第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，辽宁庄河核电厂所有机组运行状态下的年放射性排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内，具体如下：

气载流出物：

- 惰性气体： 2.4×10^{15} Bq/a；
- 碘： 8.0×10^{10} Bq/a；
- 粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）： 2.0×10^{11} Bq/a；
- 氚： 6.0×10^{13} Bq/a；
- C-14： 2.8×10^{12} Bq/a。

液态流出物：

- 氚： 3.0×10^{14} Bq/a；
- C-14： 6.0×10^{11} Bq/a；
- 其余核素（除氚、C-14外）： 2.0×10^{11} Bq/a。

GB6249-2011 第 6.8 条中规定了液态流出物排放浓度的要求。本厂址属滨海厂址，电厂运行过程所产生的液态流出物系统排放口的浓度按照以下要求来控制，即：槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素的排放浓度不超过 1000Bq/L。

（2）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》（GB6249-2011），在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25 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 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

（3）海水中的放射性核素浓度标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，受纳海域中海水的放射性核素浓度执行以下标准：

- Co-60：0.03Bq/L；
- Sr-90：4.0Bq/L；
- Ru-106：0.2Bq/L；
- Cs-134：0.6Bq/L；
- Cs-137：0.7Bq/L。

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

本报告非辐射环境影响评价标准依据《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]139号）执行。

（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》（GB3095-2012）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《大连市近岸海域环境功能区划调整的复函》（辽环函〔2006〕157号），厂址所在海域执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中二类标准。

（3）污水排放标准

生活污水回用执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中车辆冲洗标准；生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准；

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）。

（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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

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3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30 MHz-3000 MHz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/m²（电场强度限值12V/m）。

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。

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、厂区三废处理设施及环境保护工程、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）的功能为收集和處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

本工程拟建设污水处理构筑物、污水系统油水分离器、非放射性生产废水处理站等污水处理设施。

污水处理构筑物收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）车辆冲洗标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海，排放水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准。施工期生活污水拟接入市政污水管网排放处理。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、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油水分离设施处理，其水质达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）中的标准，排入非放射性生产废水处理站。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。

本工程拟新建非放射性生产废水处理站，非放射性生产废水单独收集，汇集至新建非放射性生产废水处理站进行处理达标后排放，有条件情况下可回用。非放射性生产废水其水质达到满足《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，排入室外管网，最终排至大海。新建非放射性生产废水处理站考虑全厂共用。

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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

③固体废物污染防治措施

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业废物，一般工业废物定期外运处理。本工程运行期产生的非放射性固体生活垃圾收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程运行期产生的危险废物由具有收集、贮存、处置危险废物资质的指定单位进行收集、贮存和处置。

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。厂址半径80km评价子区划分示意图见图1.10-1。

（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，本项目声环境影响的评价范围为厂界外 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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），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 输变电工程》（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 地表水环境》（HJ/T2.3-2018）、《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT19485-2014）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。

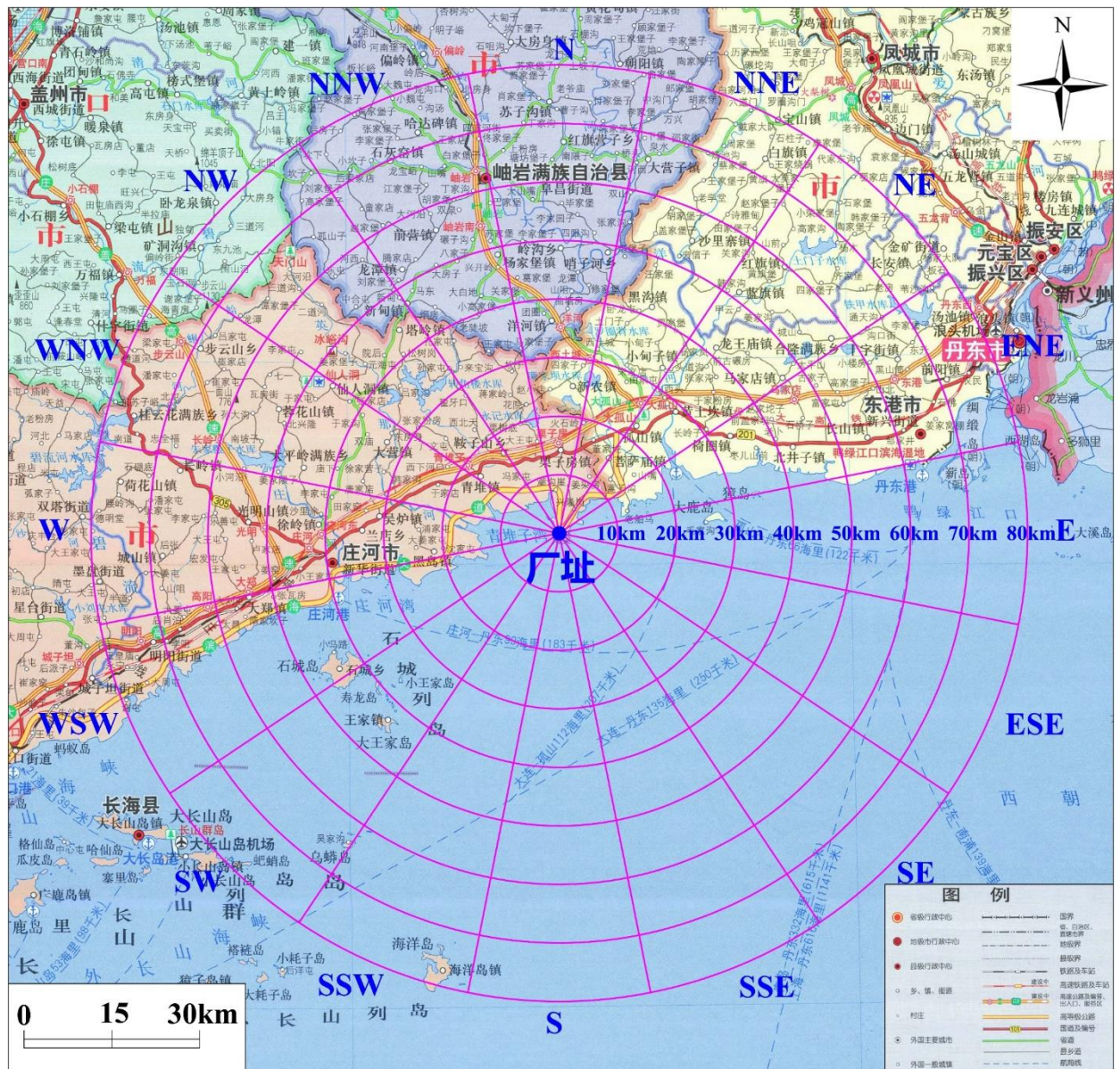


图 1.10-1 辽宁庄河核电厂厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

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

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

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.4 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

图

图 2.4-1 庄河站全年及各季风玫瑰图（1992~2022 年）

图 2.4-2 庄河站全年及各季风玫瑰图（2021~2022 年）

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

辽宁庄河核电厂位于辽宁省庄河市栗子房镇陶屯西南侧。厂址南侧濒临黄海，西南西距庄河市约 38km（直线距离，下同），距大连市约 180km，北距沈阳约 230km，东北距丹东市约 92km。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）要求，电厂设置非居住区及规划限制区，辽宁庄河核电厂一期工程规划限制区半径为 5km。

依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017RK）中的基本假定和计算模型，以设计基准大破口失水事故（DBALOCA）为选址假想事故，并结合厂址代表性气象站的实际观测气象条件进行计算，确定辽宁庄河核电厂一期工程非居住区半径为 500m。

2.2 人口分布

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人口和人口分布及食谱调查和统计专题成果报告》编制。

厂址半径 80km 范围内涉及辽宁省大连市的庄河市、长海县、普兰店区，鞍山市的岫岩满族自治县，丹东市的东港市、凤城市及营口市的盖州市。

调查资料来源于：调查区域内涉及的省和各市、县、镇政府相关部门提供的 2021 年有关统计资料；厂址半径 80km 范围内的各市、县（市、区）最新统计年鉴、年鉴、统计公报等；厂址半径 15km 范围内庄河市、东港市统计局、公安局、教育局、卫生健康局、自然资源局等提供的有关统计数据；有关单位正式出版的书刊、图件等；厂址附近的实地调查、定位数据及入户发放的调查表。

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

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 年共有户籍人口一万余人。人口最多的自然村是陶屯村的毕屯自然村，位于厂址的 NE~ENE 方位 1.3km，户籍人口数为八百余人；距离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的 N~NNE 方位 0.4km 处，户籍人口数为五百余人，董屯自然村位于厂址的 W~NNW 方位 0.4km，户籍人口数为近八百人。厂址半径 5km 范围内村庄分布较分散，没有万人以上的居民点。

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 年户籍人口共六万余人。人口最多的是大屯村，位于厂址 NE 方位，距离厂址 1.9km，户籍人口总数为四千余人；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，户籍人口数为近三千人。厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的人口中心。

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、菩萨庙镇共 4 个乡镇街道。流入人口共 105 人，其中自省内流入 54 人，自省外流入 51 人，共 105 人，流入目的主要为投靠亲戚、租房、务工；留出人口共 648 人，其中迁往省内人口 457 人，迁往省外人口 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 范围内共有 1 万人以上人口中心 5 个，分别是庄河市区、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。厂址半径 80km 范围内 2021 年户籍人口总数为一百八十余万人。厂址所在辽宁省同期陆域平均人口密度 280 人/km²。

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。

厂址半径 10km 范围主要涉及庄河市栗子房镇和鞍子山乡。目前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了本项目的建设用地。

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。距离厂址最近的是中国核电工程有限公司

毕屯南岛遗址，位于厂址 ENE 方位 1.5km 处，毕屯南岛遗址位于厂区东部的海岛上，不在厂区的占地范围内。

厂址半径 10km 范围仅涉及青堆子湾河口湿地生态保护红线，位于厂址 SW~WNW 方位，距离厂址最近距离 2.9km。另有一处鸭绿江口湿地国家级自然保护区，位于厂址的 E 方向，最近距离为 13.8km。

根据大连市 2021 年 9 月 30 日发布的《大连市“三线一单”生态环境分区管控意见》和庄河市生态环境局提供的数据，厂址区域为一般管控单元，不涉及生态保护红线。厂址半径 10km 范围涉及青堆子湾河口湿地优先管控单元（HY21020010018），其他区域均为一般管控单元。

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，距厂址最近的是地窖河，位于厂址 NW 方位 3.7km 处。厂址半径 15km 范围内有小 II 型水库 2 个均不属于为饮用水水源保护。

厂址半径 15km 范围共有 5 口水井，其中大口井 3 口，深井 2 口。距厂址最近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。

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。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 1 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，此外还种植有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。

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，蓄积量 43089m³，鞍子山乡共 2.07 公顷，蓄积量 194m³。

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，并以硅石矿、花岗岩、菱镁矿、透闪石、河砂为重要，金属矿产以金矿为重要，矿泉水资源丰富。

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。

调查区的维管束植物，含 10 种以上的优势科有 4 个，其中菊科种类最多，达 35 种，豆科居次，有 18 种，其次是禾本科，有 15 种，蔷薇科 11 种，以上 4 科共包含 59 属 79 种。含 5~9 种的科有 3 个，包括壳斗科 5 种，蓼科 8 种，唇形科 8 种，以上 3 科共包含 12 属 21 种。含 2~4 种的科有 22 个，如葡萄科 3 种，五加科 3 种等，以上 22 科共包含 41 属、52 种。调查区域内含一种的有 29 科、29 属、29 种。根据吴征镒《世界种子植物科的分布区类型系统》中种子植物科的分布区类型的划分标准，将现场调查的总种数共 173 种植物隶属于 57 科。

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），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），确定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。发现中国特有种 1 种

-辽藁本。调查区内未见有登记在册的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，在厂址附近共记录到野生动物动物 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

在距厂址 10km 范围内，通过样线法实地调查，记录两栖动物活体 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。通过对资料收集和野外调查结果进行统计，厂址半径 10km 范围内记录到两栖动物 1 目 5 科 9 种，两栖动物中未记录到国家级保护动物；黑斑侧褶蛙为辽宁省重点保护动物。

（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。从调查区域爬行动物区系成分看，古北界物种 7 种，处于优势；广布种 3 种。

（3）鸟类

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。从目别统计，雀形目种类最多，有 35 科 124 种；其次是鸽形目，有 7 科 55 种；雁形目有 1 科 30 种；鹈形目 2 科 15 种；鹰形目有 2 科 13 种；鹤形目有 2 科 6 种；其余各目包括均为 1 科且种数少于 10 种。从科级水平统计，鸭科种数最多，有 30 种，其次是鹬科 29 种，鹳科 15 种，鸱科 14 种，鹭科 13 种，鸥科、鹰科各 12 种，燕雀科 11 种，柳莺科、鹛科各 10 种，其余各科均少于 10 种。

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、小鸊鷉、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、蚁鸢等。

（4）哺乳动物

在厂址附近记录哺乳动物 3 目 5 科 5 种，分别为北松鼠、黄鼬、东北兔、褐家鼠、黑线仓鼠。通过对资料收集和调查野外调查结果进行统计，厂址附近哺乳动物 5 目 9 科 16 种。

在该区域的 16 种哺乳动物中，古北界种类 10 种，广布种 6 种，未记录到东洋种。

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

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）》，厂区用地类型为建设用地，不涉及基本农田、生态保护红线。距离厂址中心最近的陆域生态保护红线为青堆子湾河口湿地，距离约 2.9km。

厂址半径 10km 范围内涉及 1 个湿地，为青堆子湾河口湿地，距离厂址最近距离 2.9km。

根据《大连市人民政府办公室关于大连市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（大政办〔2021〕13 号），厂址半径 10km 范围内涉及 1 个陆域管控单元，为大连市庄河市一般管控单元（ZH21028330008）。

2.3.2.6 距离反应堆最近的种植区和饲养场等

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 水产资源及水生态概况

本节编制依据为国家海洋环境监测中心 2023 年 3 月完成的《庄河核电站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《庄河核电站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

□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。

□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。

□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 类浮游幼虫，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 类浮游幼虫，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 类浮游幼虫，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 333 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，检测到仔稚鱼 5 种，鱼卵出现：鲱形目鲱科斑鲚、鲱形目鳀科鳀鱼、鲈形目鲭科蓝点马鲛、鲈形目鳊科鳊科；仔稚鱼出现：鲱形目鲱科斑鲚、鲱形目鳀科赤鼻棱鳀、鲱形目鳀科鳀鱼、鲈形目虾虎鱼科矛尾虾

虎鱼、鲯形目鲯科鮫。

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：鲈形目舌鳎科焦氏舌鳎、鲱形目鲱科斑鰭和鳀科鳀鱼、鲈形目带鱼科小带鱼；仔稚鱼出现：鲱形目鲱科斑鰭，鳀科赤鼻棱鳀和鳀鱼、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。

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，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。其余生物残留评价因子均符合第一类海洋生物质量标准。

（2）春季调查结果

通过鱼类生物残毒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。

通过甲壳类生物残毒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毒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

通过鱼类生物残毒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。

通过甲壳类生物残毒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毒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毒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，其余超标因子均符合第二类海洋生物质量标准。

（4）秋季调查结果

通过鱼类生物残毒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。

通过甲壳类生物残毒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毒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毒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，其余超标因子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 工程周围海洋保护区

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 月经国务院批准晋升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。

2.3.3.5 生态红线和三线一单

根据自然资源部于 2022.10.14 发布的《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2207 号），排水口半径 15km 范围内有 2 处生态红线，其中最近的为青堆子湾河口湿地。

根据大连市人民政府办公室于 2021 年 9 月发布的《大连市人民政府办公室关于大连市“三线一单”生态环境分区管控的实施意见》（大政办〔2021〕13 号），排水口半径 15km 范围内涉及的海域生态环境分区管控单元共 5 个。本项目排水口位于青堆子湾及河口保护区（HY21020030013），为一般管控单元。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业设施

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。

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、黑岛中国核电工程有限公司

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，有职工 9 人。

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）征求意见稿》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 12.4 km，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，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。

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 30m³，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。

厂址周边 15km 范围内未建设和规划燃气管道。根据《庄河市燃气专项规划（2018-2030）》，最近的普庄线 DN700 高压管道规划建设于丹大快速铁路北部，距厂址 16km。

经计算分析，以上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 范围内有一条铁路（丹大快速铁路）经过，位于厂址的 NNW 方向，距离 14.7km；一条高速（G11 鹤大高速）经过，位于厂址的 NNW 方向，距离 14.2km；两条国道，G201 鹤大线位于厂址的 N 方向，距离 13.3km；G228 丹东线位于厂址的 NNE 方向，距离 0.2km。厂址半径 15km 范围内有 2 条县道，5 条乡道及若干乡村道路。

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 2.6km，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，最近的机场为丹东浪头机场，距离厂址 81km。厂址半径 4km 范围内没有民用航线，距厂址最近的民用空中航线为 P388 航线，其中心线投影线距厂址垂直距离约 32.6km。

厂址半径 16km 范围内没有新建机场的规划，半径 4km 范围内也未规划新的空中航线。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址所在区域为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。

本区位于极地高压和副热带高压之间的相对低压带内，全年盛行西风环流，低压带中槽脊活动频繁，冷空气活跃。

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部。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，引导地面低压系统到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次克高压结合时，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、东港、岫岩、丹东和长海气象站。各气象站的地理位置和基本状况见表 2.4-1。

根据厂址周边东港、丹东、岫岩、庄河和长海五个气象站的多年（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℃（岫岩站，2000.7.7 和 2018.8.2；庄河站，2018.8.1），极端最低气温为 -31.6℃（岫岩站，2001.1.12）；年平均相对湿度为 68.1~72.0%；年平均风速为 2.0~3.9m/s，最大风速为 32.7m/s（长海站，1985.8.20），有极大风速观测以来的极值为 31.7m/s（庄河站，1996.9.15）；年平均降水量为 630.3~1007.7mm，一日最大降水量为 414.4mm（丹东站，1958.8.4）；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（东港站，1994.12.19 和 2006.2.3），极端最低气压为 966.8hPa（岫岩站，2016.5.3）；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。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

以下根据庄河气象站 1992~2022 年的气象要素统计结果，分析厂址的当地气象条件。

1) 风向、风速

庄河站年平均风速为 2.7m/s；一年中以 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，出现在 1985 年 8 月 20 日；极大风速为 31.7m/s，出现在 1996 年 9 月 15 日。图 2.4-1 给出了庄河站各季和年风玫瑰图，可见，年最多风向为 W，风频 8.7%；次多风向为 WNW，风频为 8.2%。全年静风频率（ $\leq 0.5\text{m/s}$ ）为 7.1%。

2) 气温

庄河站年平均气温为 9.6℃；最高月平均气温出现在 8 月，为 24.0℃；最低月平均气温出现在 1 月，为 -6.9℃。极端最高气温为 37.7℃，出现在 2018 年 8 月 1 日；极端最低气温为 -28.1℃，出现在 2001 年 1 月 15 日。

3) 相对湿度

庄河站年平均相对湿度为 68.2%；最大月平均值出现在 7 月份，达到 85.6%；最小月平均值出现在 1 月份，为 55.6%。最小相对湿度为 0%，分别出现在 1957 年 4 月 30 日、1965 年 4 月 26 日和 1994 年 4 月 23 日。

4) 水汽压

庄河站年平均水汽压为 11.0hPa；月平均水汽压最高出现在 7、8 月，为 24.9hPa；最低出现在 1 月，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，年降水量最大值为 1435.2mm，出现在 2022 年。一年中以 8 月份的平均降水量最大，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，出现在 2018 年 8 月 20 日。

6) 气压

庄河站年平均气压为 1011.8hPa；月平均气压 1 月份最高，为 1021.5hPa；7 月份平均气压最低，为 1000.9hPa。极端最高气压为 1042.4hPa，出现在 1957 年 1 月 12 日；极端最低气压为 975.1hPa，出现在 2016 年 5 月 3 日。

7) 云量

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

8) 日照

庄河站年平均日照时数为 2518.4h，一年中以 5 月份的平均日照时数最长，为 255.3h；7 月份的平均日照时数最短，为 171.5h。

9) 蒸发

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

2.4.2.2 极端气象

1) 热带气旋

以厂址为中心、半径 400km 的区域作为厂址热带气旋的调查范围，收集该区域内 1949~2022 年的热带气旋资料，共得到 80 个样本，平均每年约 1.1 个。根据核安全导则 HAD101/11（1991）推荐的耿贝尔函数进行极值拟合，得到厂址区域百年一遇热带气旋最大风速为 39.7m/s，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，总调查面积为 59734km²。对收集到的 83 个龙卷风样本逐一进行 F 级别评定，得到 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，得到龙卷风最大风速为 78.6m/s。从保守角度考虑，最终确定厂址区域设计基准龙卷风为 F3 级，取 79.0m/s 作为设计基准龙卷风风速值。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

最大龙卷风速	79.0m/s
平移速度	15.3m/s
最大风速半径	50m
总气压降	46.7hPa
压降速率	14.3hPa/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、庄河站和长海站五个气象站有记录以来~2022年的历年实测风资料，采用耿贝尔函数对各站的最大风速序列进行极值拟合，并考虑各参证站的实测风速极值，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、庄河站和长海站五个气象站有记录以来~2022 年的历年极端气温资料，采用耿贝尔函数对各站的历年极端气温序列进行拟合，并考虑各参证站的实测气温极值，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、庄河站和长海站五个气象站有记录以来~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和冬季 48h 最大降水量序列进行拟合，并考虑各参证站的实测积雪深度和冬季 48h 降水极值。按照核安全导则 HAD101/10（1991）的要求，百年一遇雪荷载为极端雪深和冬季 48h 最大降水量的叠加值，最终确定厂址区域百年一遇雪荷载为 0.92kN/m^2 。

2.4.3 当地气象条件

以下根据庄河站 2021~2022 年气象要素统计结果，分析厂址的当地气象条件。

1) 风向、风速

庄河站年平均风速为 2.3m/s ；一年中以 4 月份平均风速最大，为 2.9m/s ，8 月份和 12 月份平均风速最小，为 2.1m/s 。图 2.4-2 给出了庄河站各季和年风玫瑰图，可见，年最多风向为 NE 和 W，风频均为 9.7%；次多风向为 ENE，风频为 8.9%。年静风频率（ $\leq 0.5\text{m/s}$ ）为 5.9%。

2) 降水

庄河站年平均降水量为 1246.8mm ，一年中以 8 月份的平均降水量最大，为 297.2mm ；1 月份平均降水量最少，仅为 5.4mm 。

2.4.4 大气稳定度

采用庄河站 2021~2022 年逐时风速，以及同期 ERA 再分析数据库中的辐射资料，利用辐射法计算大气稳定度，得到当地以中性 D 类天气为主，约占 37.4%，不稳定 A~C 类分别为 6.4%、11.3%和 13.5%，稳定 E、F 类分别为 14.2%和 17.2%。

2.4.5 联合频率

根据庄河站 2021~2022 年风向、风速以及降水逐时资料，以及上述计算得到的大气稳定度结果，统计得到 10m 高度处风向、风速和大气稳定度三维联合频率及风向、风速、大气稳定度和雨况四维联合频率。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

（1）混合层高度

收集 2021~2022 年 ERA5 再分析数据中距离本厂址最近格点处的混合层高度数据，结合上述计算得到的逐时稳定度分类结果，对中性和不稳定天气条件下的混合层高度值进行统计，最终得到本厂址本阶段不同稳定度下的混合层高度，具体如下：

A 类稳定度：670m；

B 类稳定度：500m；

C 类稳定度：460m；

D类稳定度：430m。

（2）大气扩散参数

本阶段扩散参数采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）中推荐的P-G曲线。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价本项目正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，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。

目前，本工程厂址气象观测站的建设工作正在进行之中，待完成后开展厂址现场气象的观测工作。

2.5 水文

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 $R = (H_{K_1} + H_{O_1}) / H_{M_2} = 0.34$ 。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：

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

$$\text{相关系数 } r = 0.9646$$

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。从分布视线上分析，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

潮流按其性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流，潮流性质以主要的全日分潮流与主要半日分潮流的椭圆长半轴比值 $F = (W_{O1} + W_{K1}) / W_{M2}$ 来判据，浅水分潮流比值 $G = (W_{M4} + W_{MS4}) / W_{M2}$ 可以用于判断浅水分潮流的显著性。

施测海域潮流类型中浅水分潮流相对较强。综合而言，施测海域潮流类型属规则浅海半日潮流性质。

2) 潮流运动形式

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 测站的平均 K 小于 0.25，表现为往复流特征；其余测站表现为旋转流特征。各测站的 K 值为正值，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的平均 K 均大于 0.25，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°，出现于 V12 测站表层；实测最大落潮流流速为 92cm/s，流向 183°，出现于 V13 测站表层。

春季水文测验期间，实测最大涨潮流流速 78cm/s，流向 1°，出现于 V2 测站表层；实测最大落潮流流速为 64cm/s，流向 210°，出现于 V8 测站表层。

夏季水文测验期间，实测最大涨潮流流速 91cm/s，流向 7°，出现于 V12 测站表层；实测最大落潮流流速为 85cm/s，流向 226°，出现于 V9 测站表层。

秋季水文测验期间，实测最大涨潮流流速 86cm/s，流向 56°，出现于 V2 测站表层；实测最大落潮流流速为 75cm/s，流向 174° 和 185°，出现于 V13 测站表层和 0.2H 层。

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。在近海海区，一般情况下余流相对于潮流的量级较小，但在某些特定海域，余流影响不能被忽略。余流受到水文、气象、地形、地表径流等多方面因素的影响。因而不同天气条件、不同时间段的余流分布特征有所差异。

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 1.5~16.1 cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.4~12.3 cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.3~11.8 cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V3 测站的表层，流速为 16.1 cm/s，流向为 255°；中潮期余流最大值出现在 V3 测站的表层，流速为 12.3 cm/s，流向为 235°；小潮期余流最大值出现在 V12 测站的 0.2H 层，流速为 11.8 cm/s，流向为 275°。

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 1.8~18.2 cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.1~10.6 cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V14 测站的表层，流速为 16.8 cm/s，流向为 259°；中潮期余流最大值出现在 V12 测站的表层，流速为 18.2 cm/s，流向为 268°；小潮期余流最大值出现在 V10 测站的 0.2H 层，流速为 10.6 cm/s，流向为 88°。

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 0.8~19.8 cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.6~14.8 cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.4~13.4 cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V9 测站的表层，流速为 19.8 cm/s，流向为 245°；中潮期余流最大值出现在 V1 测站的表层，流速为 14.8 cm/s，流向为 56°；小潮期余流最大值出现在 V14 测站的表层，流速为 13.4 cm/s，流向为 247°。

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 0.1~15.1 cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.4~12.8 cm/s 之间；小潮期各站各层余流流速在 0.1~6.9 cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V2 测站的 0.4H 层，流速为 15.1 cm/s，流向为 95°；中潮期余流最大值出现在 V2 测站的 0.6H 层，流速为 12.8 cm/s，流向为 121°；小潮期余流最大值出现在

V4 测站的表层，流速为 6.9 cm/s，流向为 270°。

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℃，出现在 V02 站的小潮期，表层实测最低水温为-0.68℃，出现在 V13 站的中潮期。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℃，出现在 V10 站的大潮期，表层实测最低水温为 8.60℃，出现在 V9 站的小潮期。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℃，出现在 V2 站的大潮期，表层实测最低水温为 20.31℃，出现在 V14 站的小潮期。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℃，出现在 V9 站的小潮期，表层实测最低水温为 15.60℃，出现在 V5 站的大潮期。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，出现在 V02 站的中潮期，表层实测最低盐度为 26.27，出现在 V14 站的小潮期。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，出现在 V2 站小潮期，最低盐度为 23.15，出现在 V1 站大潮期，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，出现在 V14 站的大潮期，最低盐度为 15.57，出现在 V10 站大潮期，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，出现在V2站小潮期，最低盐度为24.58，出现在V14站小潮期，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/m^3 ，出现在V10测站底层落潮时段；中潮实测最大含沙量为 0.1705kg/m^3 ，出现在V10测站底层落潮时段；小潮实测最大含沙量为 0.4320kg/m^3 ，出现在V10测站底层涨潮时段。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/m^3 ，其中大潮为 0.0276kg/m^3 ，中潮为 0.0182kg/m^3 ，小潮为 0.0205kg/m^3 ，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 $0.0100\sim 0.0210\text{mm}$ ，平均值 0.0135mm ；平均粒径范围 $0.0099\sim 0.0210\text{mm}$ ，平均值 0.0136mm 。

2023年春季水文测验期间，大潮实测最大含沙量为 0.2540kg/m^3 ，出现在V5测站底层涨潮时段；中潮实测最大含沙量为 0.3190kg/m^3 ，出现在V10测站底层落潮时段；小潮实测最大含沙量为 0.2340kg/m^3 ，出现在V6测站底层涨潮时段。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/m^3 ，其中大潮为 0.0330kg/m^3 ，中潮为 0.0398kg/m^3 ，小潮为 0.0291kg/m^3 ，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 $0.0064\sim 0.0192\text{mm}$ ，平均值 0.0103mm ；平均粒径范围 $0.0059\sim 0.0189\text{mm}$ ，平均值 0.0098mm 。

2023年夏季水文测验期间，大潮实测最大含沙量为 0.1667kg/m^3 ，出现在V6测站底层落潮时段；中潮实测最大含沙量为 0.1987kg/m^3 ，出现在V10测站底层涨潮时段；小潮实测最大含沙量为 0.2370kg/m^3 ，出现在V6测站底层落潮时段。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 0.0149kg/m^3 ，其中大潮为 0.0171kg/m^3 ，中潮为 0.0135kg/m^3 ，小潮为 0.0140kg/m^3 ，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 $0.0087\sim 0.0283\text{mm}$ ，平均值 0.0165mm ；平均粒径范围 $0.0082\sim 0.0271\text{mm}$ ，

平均值 0.0155mm。

2023 年秋季水文测验期间，大潮实测最大含沙量为 0.3166kg/m^3 ，出现在 V13 测站 0.8H 层涨潮时段；中潮实测最大含沙量为 0.1117kg/m^3 ，出现在 V13 测站 0.8H 层落潮时段；小潮实测最大含沙量为 0.0830kg/m^3 ，出现在 V10 测站底层涨潮时段。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/m^3 ，其中大潮为 0.0318kg/m^3 ，中潮为 0.0186kg/m^3 ，小潮为 0.0117kg/m^3 ，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°C 附近。本年度海冰平均厚度约为 5cm。收集的海冰密度范围是 $836.66\sim 963.19\text{kg/m}^3$ ，平均密度为 891.27kg/m^3 。

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。

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、地下水的成因、赋存条件、埋藏条件和分布规律等因素，厂址附近范围内的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

厂址附近范围内第四系主要为中西部及北部地区的山间沟谷冲洪积砂质黏性土层(Q₄^{al+pl})、坡洪积含砾砂质黏土层(Q₃^{dl+pl})及滨海平原冲海积砂质黏土层(Q₄^{al+m})、海积砂砾石层(Q₄^m)。据相关资料及部分民井抽水调查，第四系孔隙潜水涌水量为 4.45~15.98m³/d，含水层渗透系数平均为 0.38~6.63m/d。根据钻孔抽水试验结果，第四系孔隙潜水含水层渗透系数为 0.02~0.10 m/d。综合判定第四系孔隙潜水含水层的透水性呈弱~中等，富水级别为水量极贫乏~贫乏。

a) 山间沟谷冲洪积及坡洪积孔隙潜水

主要赋存于冲洪积、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。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，变化幅度 1~2m。

b) 滨海平原海积、冲海积潜水

主要赋存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，水力性质为潜水，水位埋深为 0.5~3m，年变幅 1~4m。

2) 基岩裂隙水

厂址附近范围内基岩主要岩性为变质砂岩、石英砂岩，其次为板岩、花岗斑岩。基岩在构造运动与各种外营力的作用下，完整性遭到程度不同的破坏，在浅部发育有构造裂隙和风化裂隙，为地下水的汇集、储存与径流制造了条件。基岩裂隙水为厂址附近范围内地下水的主要类型。

a) 风化裂隙水的赋存及分布规律

厂址附近范围中东部、南部沿海包括厂址区，地势低而平缓，分布盖县岩组片岩、变质砂岩，普遍遭受长期风化作用，风化裂隙发育。地下水赋存于风化带网状裂隙中，主要

类型为风化带网状裂隙水，局部为风化裂隙孔隙水。

风化裂隙水主要赋存于地表以下 10~20m 全风化~强风化岩体中，全~强风化层厚度较大，一般 10~20m，局部 30m。地下水面基本与地形一致，地形高处地下水一般埋藏较深，地下水埋深大多小于 5m，极个别大于 5m，在丘陵的顶部地下水埋深较大。盖县组风化壳表部长期受湿热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风化裂隙水。风化带网状裂隙水富水性贫乏。

大气降水除大量由分水岭向两侧呈面状流汇入溪谷、冲沟外，其余均沿基岩裂隙渗入地下形成风化裂隙水。风化裂隙水在形成过程中易受气候因素影响，雨季易接受大量降水补给，在地貌条件控制下，沿通道由高处向低处运移，当遇沟谷的切割时则以泉的形式或以地下径流形式排泄至其他含水层中。

调查期间，该区内泉点极少，泉水流量较小，普遍小于 0.1L/s。根据前期资料及民井抽水试验结果，地下水涌水量为 9.85~48.22m³/d，含水层渗透系数平均为 0.12~4.13m/d。风化裂隙水含水层富水性较差，水量贫乏，含水层属弱~中等透水性。

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，成脉状展布，直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，或以构造直接得到地表水的补给。由于构造的影响，使岩体具有发育的裂隙，且贯通性好，给地下水的运移提供了有利的通道，导水性好，地下径流畅通，在沟谷中被水文网切割之下，于沟谷或坡地以泉、溪的形式排泄地下水。

厂址附近范围西北部大面积分布南芬组、桥头组变质石英砂岩、绢云板岩以及晚侏罗世侵入岩凉水湾单元花岗斑岩。受区域构造影响，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、贯通性较好，以构造裂隙水为主要地下水类型。地下水埋深及含水层厚度较大，地下水径流渠道通畅，水位受大气降水影响不大。地下水面基本与地形一致，地形高处地下水一般埋藏较深，大多小于 10m，只有在丘陵的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，反之相反。综合判断构造裂隙水分布区富水级别为水量贫乏~中等。

根据前期资料及民井抽水试验结果，涌水量为 126~659m³/d，渗透系数为 6.6~49.8m/d。构造裂隙水含水层富水性较差，水量贫乏，含水层属中等透水~强透水性。

综上所述，厂址附近范围内属地下水贫水区，富水性差，涌水量大小不均。富水能力强弱取决于岩石的结构、构造以及裂隙发育程度的差异。

2.5.2.1.2 地下水的补给、径流、排泄

厂址附近范围内基岩裂隙水的主要补给来源为大气降水渗入补给。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，大气降水渗入为主要补给来源，还间接接受基岩裂隙水的泄流补给。分布于滨海平原的第四系孔隙潜水，主要由其上游的冲洪积、坡洪积孔隙潜水补给，亦间接接受基岩裂隙水的泄流补给。

据已有资料及调查结果，地下水的总体径流方向是以大庙山～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，其内侧地下水沿各条冲沟径流，最终汇入厂址附近范围西部大海；外侧地下水沿地形向四周径流扩散汇入大海。当遇到构造时，被阻截以泉的形式出露地表。厂址附近范围内地下水被分水岭分割为三个水文地质单元，“U”形内部为 I 单元（含厂址区北部），地下水通过冲沟直接汇入黄海；“U”形北侧为 II 单元，地下水除直接汇入大海外，大部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（含厂址区南部）为 III 单元，地下水沿地形直接汇入大海。以上三单元被分水岭相互切割，地下水无大规模关联通道。

地下水排泄方式有泄流、下降泉出露、蒸发及人工排泄。泄流又分为直接向大海排泄和向沟谷低凹处排泄，形成季节性小溪，小溪沿沟谷流向大海。下降泉受风化裂隙水和第四系孔隙潜水的补给，多在沟谷和坡脚出露，受季节性控制，夏季雨水多，受降水补给，下降泉出露较多，冬季则多数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。蒸发主要以地面蒸发为主，人工排泄包括农业灌溉用水和居民生活用水。

2.5.2.1.3 地下水与地表水、海水的水力联系

厂址附近范围除北侧外，其它三侧濒临黄海，地下水除直接向大海泄流外，还沿地形在山间沟谷低洼处汇水，形成溪流向大海排泄。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。

据调查，地下水水面与地形基本一致。地下水顺地形坡降向大海方向径流排泄，在海相沉积地段与海水相遇，形成半咸水，淡水与海水接触的影响带很小，如距离海滩仅 100m 左右的水井，经检测为淡水。厂址附近范围不存在海水入侵的问题。

2.5.2.1.4 地下水的化学特征

1) 水化学类型

据已有资料及调查结果：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 Mg^{2+} 。地下水 pH 值在 6.65~7.34 间，属中性水，微硬水~极硬水；地下水总矿化

度均小于 1g/L，属低矿化水；海水属高矿化水（盐水）；地下水径流条件良好，以溶滤作用为主。

2) 腐蚀性评价

据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版），进行腐蚀性评价时勘察场地环境类型按Ⅱ类考虑。厂址附近范围地下水对混凝土结构多具微腐蚀性，仅大老虎山、大孙屯个别水样具弱腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋在干湿交替情况下具弱腐蚀性；在长期浸水的情况下具微腐蚀性。

海水对混凝土结构具强腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水情况下具弱腐蚀性，在干湿交替情况下具强腐蚀性。

2.5.2.1.5 厂址附近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。经调查仅兴隆岗（原南尖镇）分布的多家食品加工厂、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。

电厂内无工业厂矿分布，也无居民居住，不存在开采地下水的情况，电厂也无利用地下水的计划。

2.5.2.1.6 核电厂建设对地下水的可能影响

电厂内场地开挖平整至厂坪标高后，场地南、东侧临海。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取水点，电厂建设对地下水无影响。

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，厂区内的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地带海积层、坡洪积层及残坡积层，含水层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主要分布于厂址区南侧中砂和淤泥及淤泥质土中，受海水潮汐影响，含水层与海水有直接水力联系。

根据勘察成果，淤泥层垂直渗透系数 $2.6 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ，属微透水层；淤泥质黏土层垂直渗透

透系数 $2.3 \times 10^{-7} \text{m/s}$, 属极微透水层; 粉质黏土层垂直渗透系数 $4.2 \times 10^{-7} \text{m/s}$, 属极微透水层。

2) 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, 地下水以风化带网状裂隙水为主, 但水量较为贫乏; 地下水水面基本与地形一致, 一般地势较高处水位埋深较大, 低洼处水位埋深较浅, 水平透水性较均匀, 垂直方向随深度的增加而减弱。

厂址区全~强风化岩分布于地表浅部, 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, 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。基岩裂隙水富水性差, 受风化程度及裂隙发育程度的控制, 水量大小不均。勘察范围内大部分基岩裂隙水与海水无水力联系, 但现有海积阶地存在海水沿裂隙缓慢入渗现象, 故其渗水量受潮汐影响。

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 $2.65 \times 10^{-4} \sim 2.10 \times 10^{-3} \text{cm/s}$, 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渗入补给。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泄流补给。基岩裂隙水受大气降水渗入补给, 水位变化具有季节性和地段性差异, 一般在岩体比较完整的地段, 地下水水位变化缓慢。

第四系孔隙潜水排泄方式主要为地面蒸发以及下渗后进入基岩裂隙, 补给基岩裂隙水, 当水量充沛时, 可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泄流, 泄流又分为直接向大海排泄和向沟谷低凹处排泄, 形成季节性小溪, 小溪沿沟谷流向大海。

通过对勘察范围内钻孔及水井的调查, 地下水埋深为 $0.43 \text{m} \sim 15.70 \text{m}$, 标高在 $-0.43 \text{m} \sim 26.83 \text{m}$ 之间。

2.5.2.2.3 地下水化学类型及腐蚀性评价

厂址区地下水和地表水为淡水，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+} ；海水为中矿化水~高矿化水，水化学类型为 Cl-Na 型。

从厂址区水质分析成果可看出：

(1) 地下水 pH 值在 6.65~7.87 间，属中性水~弱碱性水，极软水~软水；海水 pH 值在 7.05~8.09 间，属中性水~弱碱性水，微硬水；

(2) 地下水和地表水总矿化度均为 207.12~1901.6mg/L，属淡水~低矿化水；海水属高矿化水；

(3) 地下水径流条件良好，以溶滤作用为主。

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009 年版)，本场地进行腐蚀性评价时勘察场地环境类型按 II 类考虑。地下水按环境类型对混凝土结构具微腐蚀性，海水对混凝土结构具有中腐蚀性；按地层渗透性地下水对混凝土结构具弱腐蚀性，海水对混凝土结构具有微腐蚀性；综上所述，环境水对混凝土结构的腐蚀性评价为中腐蚀性。

地下水对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水情况下具微腐蚀性，在干湿交替的情况下具中腐蚀性；海水对钢筋混凝土结构中的钢筋在长期浸水情况下具弱腐蚀性，在干湿交替的情况下具强腐蚀性。

2.5.2.2.4 各含水层的水力联系

场地内地下水主要接受大气降水补给。第四系孔隙潜水接受大气降水补给后，大部分顺地形由高向低排泄，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，沿地势由高到低径流，并沿基岩与第四系接触面渗出后侧向补给第四系孔隙水。

2.5.2.2.5 地下水与地表水的水力联系

厂址区内地下水主要为基岩裂隙水，其次为第四系孔隙潜水。从水样的水质分析结果来看，陆域钻孔水样中 Cl^- 含量正常，水质未受海水的影响；在钻孔水位日常观测中未发现钻孔水位随海水的涨落有明显的起伏。另外厂址区内现有居民区的生活饮用水一直以地下水为主。综上所述，陆域地下水与海水无连通的渠道，地下水不受海水的影响，无直接水力联系。

2.5.2.2.6 地下水对工程的影响

核岛区地段在场地平整至厂坪标高+12.5m 后，大部分地段出露基岩，小部分地段出

露第四系。在基坑开挖时，基坑四周第四系孔隙潜水及浅部基岩裂隙水将沿坑壁向基坑内汇集，水量受大气降水影响。因此，在基坑开挖期间做好截排水措施，尤其是在雨季施工时，需加强排水措施。

联合泵房场地位于近海岸地带海域一侧，自然地面标高低于海面标高，且无覆盖层。在形成干施工场地后进行基坑开挖时，基坑四周浅部基岩裂隙水将沿坑壁向基坑内汇集，水量受大气降水影响。因此，在基坑开挖期间做好截排水措施，尤其是在雨季施工时，需加强排水措施。

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；

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

$$\text{相关系数 } r = 0.9646$$

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。从分布视线上分析，P-III分布结果更能反映极值分布情形，结果更合理。

1000 年一遇增水值为 1.59m；

100 年一遇增水值为 1.31m；

1000 年一遇减水值为-2.50m；

100 年一遇减水值为-2.08m。

（2）确定论法

1) 可能最大热带气旋（PMTTC）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（PMTTC）的有关参数，确定参数均以核安全导则《核电站设计基准热带气旋》（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。

经过统计分析，计算 PMSS 时所采用的 PMTC 参数如下：

台风外围气压	$P_{\infty}=1010\text{hPa}$;
台风中心气压	$P_0=934\text{hPa}$;
台风半径	$R=32\text{km}$;
台风移动速度	$V_d=31\text{km/h}$ 。

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：

- 1) 以 7416 为代表的西北型台风路径；
- 2) 以 8509 为代表的东北型台风路径；
- 3) 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。《滨海核电站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，SWAN 模式采用基于能量守恒原理的平衡方程，除了考虑第三代海浪模式共有的特点，它还充分考虑了模式在浅水模拟的各种需要。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：	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，影响中核庄电一期厂址的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 （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 $Q_{PMF_L}=5310 \text{ m}^3/\text{s}$ 。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。

当研究区域同时发生 PMP 和海洋千年一遇潮位过程，且雨峰与潮峰遭遇时，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 $25.2\text{m}^3/\text{s}$ 。

当研究区域同时发生千年一遇降水和海洋设计基准洪水过程，且雨峰与潮峰遭遇时，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 $18.7\text{m}^3/\text{s}$ 。

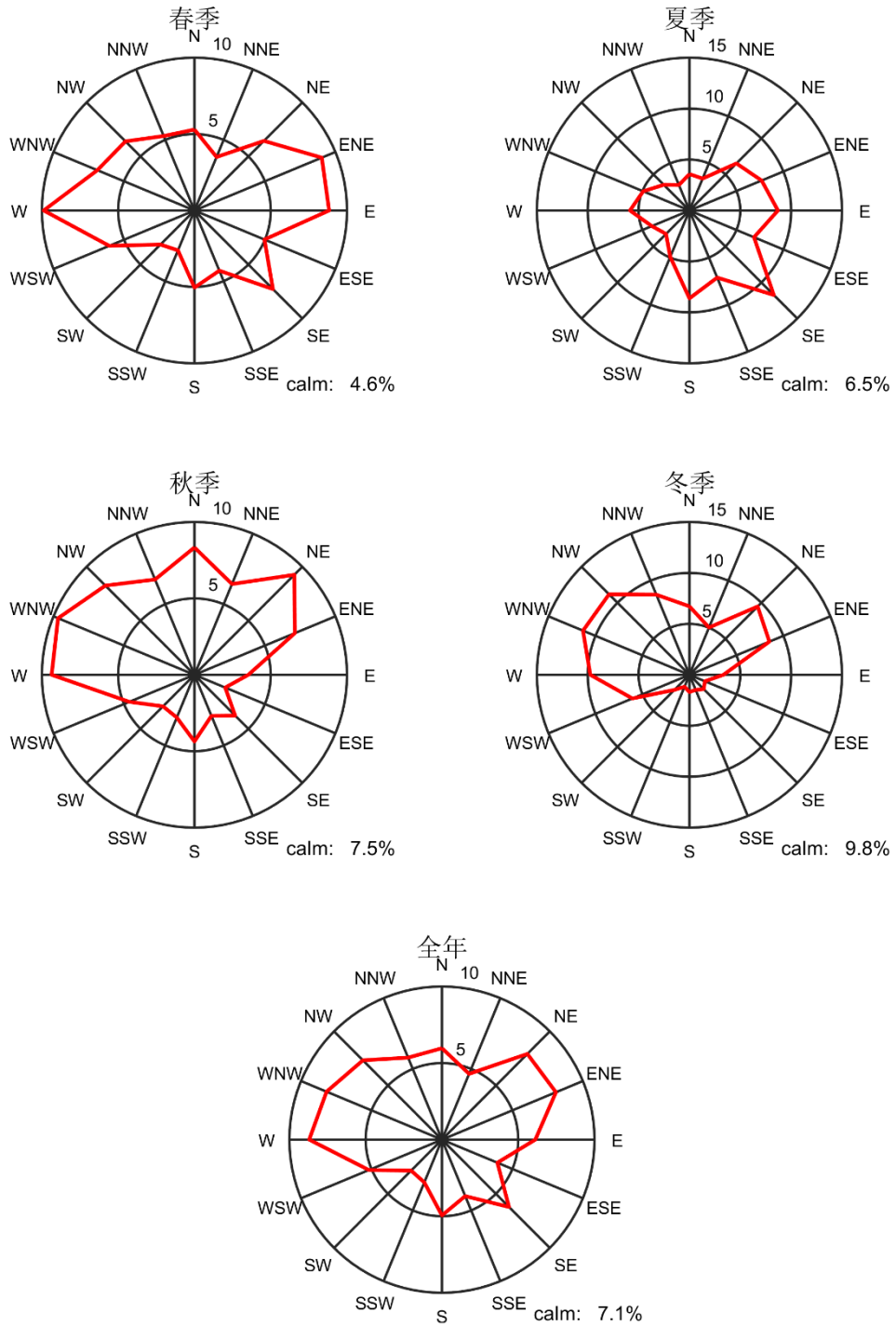
综上，陆域洪水与海洋洪水遭遇后也不会对厂址防洪安全造成影响。

2.6 地形地貌

厂址区域自然地形平坦开阔，地势东南高西北低。厂址地貌主要为剥蚀平缓残丘，局部分布有海成地貌和人工地貌等。剥蚀平缓残丘地貌属构造剥蚀成因，高差小，地势平缓；海成地貌的类型主要有海滩以及海蚀成因的微地貌；人工地貌包括人工回填、养殖海参池塘、码头等。

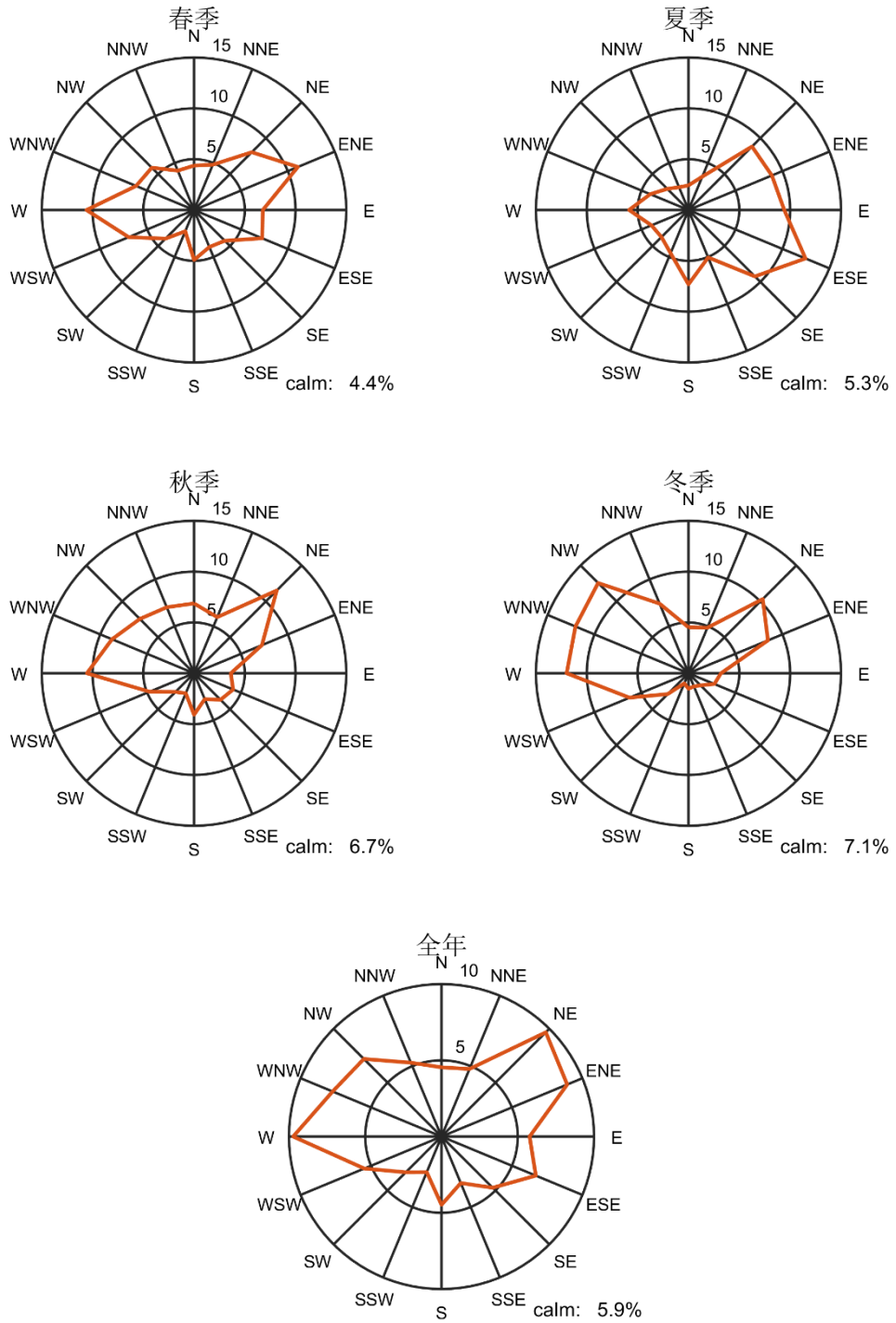
表 2.4-1 各气象站基本状况与地理位置一览表

区站号	站名	级别	纬度	经度	高度 m
54486	岫岩	基本站	40°20'17" N	123°16'36" E	97.7
54584	庄河	基本站	39°42'45"N	122°57'12"E	34.8
54590	东港	一般站	39°54'55" N	124°08'50" E	3.9
54497	丹东	基本站	40°01'54"N	124°19'39"E	13.8
54579	长海	基准站	39°16'19"N	122°35'12"E	35.5



单位：%

图 2.4-1 庄河站全年及各季风玫瑰图（1992~2022 年）



单位：%

图 2.4-2 庄河站全年及各季风玫瑰图（2021~2022 年）

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

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 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 测量项目所采用的仪器、测量方法及依据标准

表 3.1-3 环境放射性监测各类样品的探测下限（放化部分）

表 3.1-4 气溶胶 γ 谱测量的探测下限

表 3.1-5 饮用水、地下水、地表水 γ 谱测量的探测下限

表 3.1-6 海水 γ 谱测量的探测下限

表 3.1-7 土壤、沉积物 γ 谱测量的探测下限

表 3.1-8 道路 γ 辐射剂量率

表 3.1-9 原野贯穿辐射剂量率

表 3.1-10 2023 年 2~4 月 TLD 平均剂量率

表 3.1-11 气溶胶的放射性核素活度浓度水平表

表 3.1-12 空气 H-3、C-14 活度浓度

表 3.1-13 地表水中放射性核素浓度

表 3.1-14 地下水中放射性核素浓度

表 3.1-15 饮用水中放射性核素浓度

表 3.1-16 土壤中放射性核素含量

表 3.1-17 地表水沉积物中放射性核素含量

表 3.1-18 海水中放射性核素浓度

表 3.1-19 海洋沉积物中放射性核素含量

表 3.1-20 用于检验分析程序及人员操作的标准物质

表 3.1-21 用于测量仪器的刻度和检验的标准物质

表 3.1-22 仪器设备检定情况一览表

表 3.1-23 项目主要计量器具检定情况表

表 3.1-24 历年参加的实验室间比对情况一览表

表 3.1-25 平行样品测量结果统计表

表 3.1-26 土壤样品平行样品测量结果

表 3.1-27 地下水样品平行样品测量结果

表 3.1-28 海洋沉积物样品平行样品测量结果

表 3.1-29 陆地环境 γ 辐射剂量率汇总表

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 辽宁庄河核电厂监测仪器一览表

表 3.2-4 辽宁庄河核电厂监测期间气象条件

表 3.2-5 辽宁庄河核电厂厂区内监测值统计情况

表 3.2-6 辽宁庄河核电厂输电线路监测值统计情况

表 3.2-7 辽宁庄河核电厂厂区外环境敏感区监测值统计情况

图

图 3.1-1 质量保证监督机构图

图 3.1-2 Quantulus1220 低本底液体闪烁仪本底质控图

图 3.1-3 Quantulus1220 低本底液体闪烁仪效率质控图

图 3.1-4 MPC9604 流气式 α 、 β 低本底计数仪 α 本底质控图

图 3.1-5 MPC9604 流气式 α 、 β 低本底计数仪 β 本底质控图

图 3.1-6 MPC9604 流气式 α 、 β 低本底计数仪 α 效率质控图

图 3.1-7 MPC9604 流气式 α 、 β 低本底计数仪 β 效率质控图

图 3.1-8 GMX50P4-83 高纯锗 γ 能谱仪本底质控图

图 3.1-9 GMX50P4-83 高纯锗 γ 能谱仪效率质控图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

为编制本章节部分内容，中国核电工程有限公司委托核工业北京地质研究院于 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》，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 参考标准规范

- HAF003-1991 《核电厂质量保证安全规定》
- GB 6249-2011 《核动力厂环境辐射防护规定》
- GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- GB 8999-2021 《电离辐射监测质量保证通用要求》
- HJ 1157-2021 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
- HJ 61-2021 《辐射环境监测技术规范》
- HJ 969-2018 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》
- HJ 808-2016 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式》
- HJ1126-2020 《水中氡的分析方法》
- EJ/T 1075-1998 《水中总 α 放射性浓度的测定—厚源法》
- EJ/T 900-1994 《水中总 β 放射性测定—蒸发法》
- GB/T5750.13-2006 《生活饮用水标准检验方法放射性指标》
- HJ815-2016 《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》
- GB/T11713-2015 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》
- GB/T16140-2018 《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
- EJ/T1035-2011 《土壤中锶-90 分析方法》
- GB/T 10264-2014 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》
- EJ/T1008-1996 《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》
- *GB/T 11743-2013 《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》

*注：GB/T 11743-2013 于 2023.7 废止，由 GB/T 16145-2022 已经代替。但由于本次调查工作期间，该标准尚未废止，予以保留。

3.1.1.2 调查内容

辐射环境本底初步调查内容主要分为资料收集和现场调查两部分，初步调查方案详见表 3.1-1。

（1）相关数据和资料收集

- 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；
- 厂址所在地的辐射水平相关资料。

（2）厂址周围区域放射性本底初步调查主要包括：

- 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，需监测的环境介质包括土壤、空气（气溶胶、 ^3H 、 ^{14}C ）、陆地水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物）和受纳水体（海水和海洋沉积物）等。

3.1.1.3 布点原则

辐射环境本底初步调查工作的测量点/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。

3.1.1.4 调查范围及布点方案

（1）环境 γ 辐射剂量率

- 调查范围：以厂址为中心为半径 20 km 范围，按半径为 2 km、5 km、10 km、20 km 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 20 km 范围，按半径为 2 km、5 km、10 km、20 km 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 10 km 范围内。

- 布点方案：共布设 8 个采样点位，布点兼顾各个方位，在累积剂量测量点中选择点位；设置在无水土流失的山地及田间；兼顾农田、山地、丘陵等不同类型的土壤。。

(5) 陆地水体

a) 饮用水

- 调查范围：以厂址为中心半径 10 km 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 10 km 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 10 km 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 10 km 范围内。

- 布点方案：海水在取水口附近设置 1 个采样点，在排水口附近设置 2 个采样点，海洋沉积物共设置 5 个采样点。

3.1.1.5 测量仪器和分析方法

测量项目所采用的仪器及测量方法依据见表 3.1-2。在选定分析测量方法时，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。

3.1.1.6 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3.1-3~表3.1-7。

3.1.1.7 调查结果

(1) 厂址周围存在的辐射情况

根据已获得的资料，厂址半径 30 km 范围内，无其他核设施，无铀、钍矿设施；厂址半径 15 km 范围内，无人为活动引起天然辐射照射增加的设施。

(2) 环境 γ 辐射剂量率

- 宇宙射线响应测量

每次读数时间为 10s，记录 100 个读数，测量结果为 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，采用国产塑料闪烁 HD2005 型 γ 辐射空气吸收剂量率仪。其中 19 个道路点位、37 个原野点位。测量点距附近高大建筑物的距离大于 30m，测量时仪器的有效中心离地面 1 米高。

环境 γ 辐射剂量率测量结果具体见表3.1-8~表3.1-9。

路面特征	γ 辐射剂量率(nGy/h)					
	2023 年 2 月			2023 年 4 月		
	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差
柏油	67	42	3.3	61	36	3.1
	70	45	5.2	61	36	4.5
	86	61	3.6	80	55	4.9
	87	62	4.0	80	55	4.0
	59	34	3.7	59	34	6.2
水泥	102	77	5.6	91	66	6.9
	105	80	5.3	93	68	4.8
	93	68	4.2	95	70	4.2
	98	73	6.7	94	69	4.7
石子	108	83	6.0	109	84	5.8
	99	74	5.8	98	73	8.5
	95	70	2.5	94	69	4.3
	73	48	4.3	82	57	2.8
	101	76	5.4	99	74	4.7
土路	82	57	4.0	83	58	5.6
	114	89	5.6	102	77	4.8
	89	64	7.3	86	61	5.8

路面特征	γ 辐射剂量率(nGy/h)					
	2023年2月			2023年4月		
	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差
	87	62	3.1	86	61	7.0
	85	60	3.6	86	61	6.8
	108	83	4.3	95	70	4.9
	112	87	4.5	105	80	4.8
	113	88	5.8	107	82	4.5

(3) 环境γ辐射累积剂量率

本次调查布剂量片共布放38个(包括平行样)。采用中国辐射防护研究院生产的LiF(Mg、Cu、P)热释光剂量片进行测量。读数器为HR2000D型热释光剂量仪。环境γ辐射累积剂量测量结果列于表3.1-10, 本次调查区内环境γ辐射TLD累积剂量测量结果位于在44.1~147.3 nGy/h之间, 平均值91.1 nGy/h。

γ 辐射剂量率(nGy/h)					
2023年2月			2023年4月		
测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差
90	65	4.4	102	77	7.3
100	75	3.8	94	69	4.6
94	69	7.5	93	68	5.9
95	70	4.8	97	72	6.1
85	60	4.3	81	56	2.7
95	70	4.8	86	61	4.8
100	75	6.0	97	72	5.1
95	70	4.8	86	61	5.5
99	74	7.6	92	67	4.8
92	67	5.3	91	66	7.2
96	71	6.1	89	64	8.3
86	61	6.4	84	59	4.4
100	75	7.0	102	77	6.6
99	74	6.8	103	78	8.4
90	65	5.3	89	64	3.7
84	59	3.9	80	55	2.8
92	67	5.4	93	68	4.8
107	82	5.5	96	71	4.4
90	65	3.6	89	64	4.6
88	63	4.3	92	67	5.6
58	33	3.4	57	32	3.6

γ 辐射剂量率(nGy/h)					
2023年2月			2023年4月		
测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差
90	65	5.0	97	72	4.8
84	59	5.7	78	53	3.7
80	55	3.8	76	51	4.6
90	65	3.2	90	65	5.6
89	64	4.2	93	68	6.6
79	54	3.6	75	50	3.2
90	65	3.1	84	59	6.5
112	87	5.2	105	80	5.4
91	66	4.8	93	68	4.6
102	77	3.5	123	98	4.7
68	43	7.5	60	35	4.6
83	58	6.2	86	61	5.3
80	55	3.1	81	56	5.5
84	59	5.4	79	54	3.0
88	63	5.5	81	56	4.9
87	62	6.1	79	54	4.6
74	49	3.7	82	57	5.1
128	103	4.4	127	102	4.8
89	64	7.3	87	62	4.6

(4) 气溶胶、³H、¹⁴C

- 气溶胶

本次调查气溶胶监测采样点共有3个。每个点位采集一次，采样采用天虹智能仪表厂生产的TH-1000C智能总悬浮颗粒物（TSP）采样器，采样空气累积体积超过10000m³。分析项目包括总α、总β、⁹⁰Sr和γ核素（¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、¹³¹I、⁷Be），使用MPC9604低本底α、β测量仪和GMX-50 HPGe γ能谱仪进行测量。分析结果列于表3.1-11，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；

⁹⁰Sr的浓度范围为3.68~4.37 μBq/m³，平均值为4.00 μBq/m³。

其他放射性核素如¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、⁶⁰Co、⁵⁸Co、⁵⁴Mn、¹³¹I的活度浓度均低于探测限。

- 空气中 ¹⁴C 和 ³H

空气中 ^{14}C 和 ^3H 监测采样点各有 3 个。 ^{14}C 和 ^3H 采样被别采用山西中辐核仪器有限责任公司生产的 TAS100 大气氚采样器和 CAS100 大气碳采样器。空气中 ^{14}C 的空气累积采样量为 10~24m³，空气中 ^3H 的空气累积采样量为 11~32m³，使用 Quantulus1220 超低本底液体闪烁谱仪进行测量。样品分析结果列于表 3.1-12。

（5） 陆地水体

本次调查地表水监测采样点共有3个。地下水监测采样点共有3个。饮用水监测采样点共有2个，饮用水取自井水。

每个样品采集90L左右，现场采集水样使用聚乙烯桶保存；对于分析 ^3H 样品采集2L，采集好的样品用玻璃瓶保存。监测项目为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）。监测频次为1次。使用MPC9604低本底 α 、 β 测量仪、Quantulus1220超低本底液体闪烁谱仪和GMX-50 HPGe γ 能谱仪进行测量，使用Quantulus1220超低本底液体闪烁谱仪进行测量。

- **地表水测量结果：**样品分析结果列于表 3.1-13，其中：

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。

- **地下水测量结果：**样品分析结果列于

- **表 3.1-14，**其中：

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。

- **饮用水测量结果：**样品分析结果列于表 3.1-15，其中：

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

本次调查土壤监测采样点共有8个，共采集9个样品（包括1号点位平行样），在比较开阔的未耕区，面积在10m×10m范围内，去除采样点表层土后，按梅花形布点在土壤表层下5cm~10cm处采集样品，混合成原始样品，每个样品的采样量一般为5 kg。分析项目包括⁹⁰Sr和γ核素（¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K），监测频次为1次。使用MPC9604低本底α、β测量仪和GMX-50 HPGe γ能谱仪进行测量。样品分析结果列于表3.1-16。

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

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

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

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

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

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

¹³⁴Cs、⁶⁰Co、⁵⁸Co、⁵⁴Mn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监测采样点共有3个，使用专用抓斗式采泥器（ETC-200）进行采样。每个样品采样量大于2 kg。分析项目包括⁹⁰Sr和γ核素（¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K）。监测频次为1次。使用MPC9604低本底α、β测量仪和GMX-50 HPGe γ能谱仪进行测量。样品分析结果列于表3.1-17。

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

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

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

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

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

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

¹³⁴Cs、⁶⁰Co、⁵⁸Co、⁵⁴Mn等放射性核素活度浓度均低于探测限。

(8) 海水测量结果

本次调查海水监测采样点共有3个，采样设备为专用抽水泵，每个样品采集90L左右，现场采集水样使用聚乙烯桶保存；对于分析³H样品采集2L，采集好的样品用玻璃瓶保存。分析项目包括总α、总β、⁹⁰Sr、³H和γ核素（¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、^{110m}Ag、

^{106}Ru ），监测频次为 1 次。使用 MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪和 GMX-50 HPGe γ 能谱仪进行测量。样品分析结果列于表 3.1-18。

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。

(9) 海洋沉积物测量结果

本次调查海洋沉积物点位 5 个，使用专用抓斗式采泥器（ETC-200）进行采样，每个样品采样量大于 2 kg。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。使用 MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪、Quantulus1220 超低本底液体闪烁谱仪和 GMX-50 HPGe γ 能谱仪进行测量。样品分析结果列于表 3.1-19。

^{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。

3.1.1.8 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，在本次环境放射性本底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，其组织机构见图 3.1-1。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帐，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。

低水平放射性测量装置的本底和效率变化见图 3.1-2~图 3.1-9。

用来检验分析测量程序及人员操作正确性，来自公认的权威部门或机构提供的环境放射性参考物质或掺标样品列于表 3.1-20；分析用的标准物质溯源到国家或国际标准，用于刻度放射性测量仪器或检验测量仪器的准确性和稳定性的标准源、标准溶液和模拟体源列于表 3.1-21；用于测量分析仪器设备严格按照计量认证的要求定期进行检定或自校情况见表 3.1-22~表 3.1-23。

（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，详情见表3.1-24。

（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，平行样品的采样个数及对比结果详见表3.1-25~表3.1-28，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。

（1） 环境 γ 辐射剂量率

本次调查道路 γ 辐射剂量率测量值范围为59~114 nGy/h，总平均值为90.4 nGy/h，扣除宇宙射线后 γ 辐射剂量率测量值范围为34~89 nGy/h，总平均值为65.4 nGy/h；原野 γ 辐射剂量率测量值范围为57~128 nGy/h，总平均值为89.9 nGy/h，扣除宇宙射线后各点 γ

辐射剂量率测量值范围为 32~103 nGy/h，总平均值为 64.9 nGy/h。

数据汇总详见表 3.1-29，通过分析可知，本厂址区域陆地环境 γ 辐射水平的放射性核素活度浓度处于正常水平，未发现明显异常。

（2） 环境 γ 辐射累积剂量

本次调查区内环境 γ 辐射 TLD 累积剂量测量结果位于在 44.1~147.3 nGy/h 之间，平均值 91.1 nGy/h。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，辽宁省 2021 年年均累积剂量值范围为 88.3~136 nGy/h。

本次调查认为，本厂址区域陆地环境 γ 辐射累积剂量处于正常水平。

（3） 气溶胶

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；⁹⁰Sr 的浓度范围为 3.68~4.37 μ Bq/m³，平均值为 4.00 μ Bq/m³。¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、⁶⁰Co、⁵⁸Co、⁵⁴Mn、¹³¹I 的活度浓度均低于探测限。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，辽宁省 2021 年辐射环境自动监测站监测值中 ⁷Be 活度浓度范围为 0.27~9.2 mBq/m³，⁹⁰Sr 的活度浓度范围为 0.80~7.3 μ Bq/m³，¹³¹I 和 ¹³⁷Cs 的活度浓度均低于探测限，由此可知，本次调查气溶胶中的 ⁷Be、⁹⁰Sr、¹³¹I 和 ¹³⁷Cs 与辽宁省本底值基本处于同一水平。

本次调查结果认为，本厂址区域气溶胶的放射性核素活度浓度处于正常水平。

（4） 空气

本次调查中 ³H 的活度浓度为 1.26~2.14 Bq/L；¹⁴C 活度浓度为 45.9~49.5 m Bq/(m³.air)。可认为，本厂址区域气溶胶的放射性核素活度浓度处于正常水平。

（5） 陆地水体

a) 地表水

本次测量总 α 、总 β 范围分别为 0.14~0.45 Bq/L、0.33~0.86 Bq/L；⁹⁰Sr 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。人工放射性核素 ¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、⁶⁰Co、⁵⁸Co、⁵⁴Mn 等活度浓度均低于探测限。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，2021 年辽河流域中 ¹³⁷Cs 活度浓度范围为 0.2~1.2 mBq/L，总 α 的活度浓度范围为 0.01~0.2 Bq/L，总 β 的活度浓度范围为 0.05~0.17 Bq/L，⁹⁰Sr 活度浓度范围为 1.5~4.7 mBq/L

本次调查结果认为，本厂址地表水的放射性核素活度浓度处于正常水平。

b) 地下水

本次测量总 α 、总 β 活度浓度分别为 0.2~0.65 Bq/L，0.11~0.4 Bq/L； ^{90}Sr 的活度浓度范围为 0.83~1.32 mBq/L； ^3H 活度浓度范围为 0.4~0.52 Bq/L。 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等活度浓度均低于探测限。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，2021 年大连地下水总 α 的活度浓度为 0.11 Bq/L，总 β 的活度浓度为 0.1 Bq/L。

本次调查结果认为，本厂址地下水的放射性核素活度浓度处于正常水平。

c) 饮用水

本次调查结果 ^{90}Sr 的活度浓度为0.78~0.85 mBq/L； ^3H 的活度浓度为0.52~0.54 Bq/L；总 α 、总 β 的活度浓度分别为 0.09~0.22 Bq/L、0.48~0.54 Bq/L； ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 等活度浓度均低于探测限。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，2021 年辽宁饮用水总 α 的活度浓度为 0.01~0.13 Bq/L，总 β 的活度浓度为 0.05~0.15 Bq/L。

《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）中给出的放射性指标指导值为：总 α 放射性为 500 mBq/L，总 β 放射性为 1000 mBq/L，通过比较，饮用水样品中总 α 和总 β 的活度浓度水平满足标准要求。

本次调查结果认为，本厂址饮用水的放射性核素活度浓度处于正常水平。

（6） 地表水沉积物

本次调查结果 ^{238}U 的活度浓度为45.4~47.6 Bq/(kg·干)； ^{232}Th 的活度浓度为54.8~78.7 Bq/(kg·干)； ^{226}Ra 的活度浓度为21.2~30.9 Bq/(kg·干)； ^{40}K 的活度浓度为740~809 Bq/(kg·干)； ^{137}Cs 的活度浓度为1.19~4.12 Bq/(kg·干)； ^{90}Sr 的活度浓度为0.80~1.09 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下限。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，辽宁土壤中 ^{238}U 的活度浓度范围为18~53 Bq/(kg·干)， ^{232}Th 的活度浓度范围为21~44 Bq/(kg·干)， ^{226}Ra 的活度浓度范围为17~31 Bq/(kg·干)， ^{137}Cs 的活度浓度范围为0.4~2.9 Bq/(kg·干)。

本次调查结果认为本厂址地表水沉积物的放射性核素活度浓度处于正常水平。

（7） 海水

本次调查总 β 的活度浓度为 9.1~10.2 Bq/L； ^{90}Sr 的活度浓度为 0.83~1.28 mBq/L； ^3H 的活度浓度为 0.32~0.58 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下限。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，辽宁海水中 ^{137}Cs 的活度浓度范围为0.6~1.0 Bq/L， ^{90}Sr 的活度浓度范围为1.7~4.9 mBq/L。

本次调查结果认为本厂址海水的放射性核素活度浓度处于正常水平。

（8）海洋沉积物

本次调查 ^{238}U 的活度浓度为 18.4~57.9 Bq/(kg·干)； ^{232}Th 的活度浓度为 39.0~56.7 Bq/(kg·干)； ^{226}Ra 的活度浓度为 20.4~25.5 Bq/(kg·干)； ^{40}K 的活度浓度为 667~782 Bq/(kg·干)； ^{137}Cs 的活度浓度为 1.55~3.15 Bq/(kg·干)； ^{90}Sr 的活度浓度为 0.91~1.11 Bq/(kg·干)。 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 均低于探测下限。依据《2021 全国辐射环境质量报告》，辽宁土壤中 ^{238}U 的活度浓度范围为 18~53 Bq/(kg·干)， ^{232}Th 的活度浓度范围为 21~44 Bq/(kg·干)， ^{226}Ra 的活度浓度范围为 17~31 Bq/(kg·干)， ^{137}Cs 的活度浓度范围为 0.4~2.9 Bq/(kg·干)。

本次调查结果认为本厂址海水沉积物的放射性核素活度浓度处于正常水平。

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《庄河核电站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

（1）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》（GB3095-2012）。

本项目环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）规定的二类标准限值，详见表 3.2-1。

（2）厂址半径 5km 范围内的大气污染源

厂址半径 5km 范围内没有含集中排气筒的固定大气污染源，厂址半径 5km 范围内主要的大气污染物来源于居民的正常生活、生产，以及道路交通运输。其中，道路交通运输包括国道 G228 和县道 X205。

（3）监测布点

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，共设置监测点 6 个。具体情况如下：

1 号点位设置在厂址中心，该点位考虑可反映厂区的大气环境质量。

2 号点位设置在于屯，该点位于春季主导风向上风向和厂址次要进厂道路附近。

3号点位设置在南尖村，该点位于春季次主导风向上风向和主导风下风向。

4号点位设置在孙屯，该点位于年度次主导风向上风向。

5号点位设置在大王屯，征地范围外距厂址最近居民点，位于厂址NW方向约0.85km。

6号点位设置在南尖渔港，位于主导风向下风向。

（4） 监测因子及频率

2023年4月20日~26日，北京浩达建通技术检测有限公司对评价区域环境空气质量进行了监测，监测取得7d有效数据。

本次现状监测的因子包括SO₂、NO₂、NO_x、CO、TSP、PM₁₀和PM_{2.5}共七项，根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的规定，PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、NO_x、CO日均值每天采样1次，每次连续采样20h，TSP每次连续采样24h；SO₂、NO₂、NO_x、CO小时均值每天采样4次，每次连续采样1h，小时均值采样时间段为02:00-03:00、08:00-09:00、14:00-15:00和20:00-21:00。

（5） 监测方法及要求

监测方法按《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的规定执行。监测仪器应按照国家计量法的要求进行检定，检定合格且在有效期内。

监测环境应满足各污染物监测分析方法中关于环境的要求。监测在无雨、无雪、无雷电的天气条件下进行。距采样器5~15m的范围内不应有炉灶、烟囱、饮食店等污染源，要避开交通干线；监测点应选择远离林木、建筑物及公路的开阔地带。

（6） 监测气象数据

本次监测期间气温范围为4.0~19.0℃，气压范围为101.24~102.37kPa，风速范围为0.2~1.5m/s，主要风向为NE~N。

3.2.1.2 大气环境质量评价

SO₂各测点的小时浓度范围在未检出~23μg/m³之间，日均浓度范围在7~11μg/m³。SO₂小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

NO₂各测点的小时浓度范围在11~25μg/m³之间，日均浓度范围在10~18μg/m³之间。NO₂小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

NO_x各测点的小时浓度范围在14~29μg/m³之间，日均浓度范围在14~24μg/m³之间。NO_x小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

CO各测点的小时浓度范围在未检出~1.0mg/m³；日均浓度范围在0.3~0.6mg/m³。CO

小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

PM₁₀各测点的日均浓度范围在20~80μg/m³，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

PM_{2.5}各测点的日均浓度范围在10~31μg/m³，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

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》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

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）。

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。

（2）厂址半径5km范围内的噪声源

厂址半径5km范围内的主要噪声源为交通道路运输车辆产生的移动噪声源以及附近各居民点和集市内居民进行各类商业生活活动产生的固定噪声源。包括：庄河南尖船农机厂开工生产产生的工业噪声；国道丹东线（G228）及厂址评价范围内的县道、乡道及村级道路上车辆行驶产生的交通噪声；厂址附近各居民点和商业中心、集市混合区内的居民日常生活产生的商业和社会生活噪声。

（3）监测布点

在厂址中心半径5km范围内共布设陆域噪声监测点53个。具体情况如下：

声环境保护目标监测点共计22个，其中，居民点布设21个监测点位，学校布设1个监测点位。

网格噪声监测点共计20个。

交通噪声在主要进厂道路、次要进厂道路、国道丹东线（G228）和县道栗南线（X205）

沿线布设 4 个监测点位。

厂界噪声共布设 4 个监测点，分别为厂址东边界、厂址南边界、厂址西边界和厂址北边界。

海域噪声共布设 4 个监测点，其中 H1、H2 为拟建防波堤处，H3、H4 为南尖渔港附近海域。

（4） 监测参数及频率

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。

对于声环境保护目标、网格及厂界噪声监测点，每天分别在昼间和夜间各进行1次监测，连续监测两天。昼间监测时段为6:00~22:00，夜间监测时段为22:00~次日6:00。交通噪声测点设在交通干线边20m处，每个测点每次监测30min，并记录每小时的机动车流量；其他噪声监测点每次监测10min。

对于定点监测点，进行24小时连续监测，监测每小时的等效声级 L_{eq} 、最大声级 L_{max} 、累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 、标准偏差SD及昼间的 L_d 和夜间的 L_n ，连续监测一天。

对于海域噪声监测点，每天分别在昼间和夜间各进行1次监测，每次监测20min，连续监测两天。

（5） 监测要求

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的规定，监测点距离任何反射物（地面除外）至少3.5m。监测时噪声分析仪置于三脚架上，传声器距离地面的垂直距离1.5m，周围无反射物。时间计权置于“快”响应，采样时间间隔不大于1秒。

监测在无雨、无雪、无雷电的天气条件下进行，风速大于1.0m/s时加防风罩，超过5.0m/s以上时，停止监测。

噪声监测仪器为AWA5688、AWA6288+型多功能噪声分析仪，声校准器为AWA6221A型声校准器；监测仪器和声校准器按《噪声统计分析仪检定规程》（JJG778-2019）和《声校准器检定规程》（JJG176-2022）的规定定期检定。

（6） 监测气象数据

本次监测期间气温范围为7.0~19.1℃，气压范围为101.4~102.2kPa，风速范围为0.8~1.4m/s，主要风向为NE~N、SW~S。

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为 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为 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为 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

由于厂址附近唯一的现有噪声源（庄河南尖船农机械厂）就在大屯村委会北侧，距离村委会约 5m，大屯村监测点距离庄河南尖船农机械厂约 10m，故没有针对庄河南尖船农机械厂额外布设噪声监测点，而是使用了大屯村的监测数据。

该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。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

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》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，均位于二类区，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

调查海域冬季位于二类区站位超标因子为 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

调查海域春季大潮期位于二类区站位超标因子为 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。调查海域春季小潮期位于二类区站位超标因子为 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 9 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

调查海域夏季位于二类区站位超标因子为 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

调查海域秋季位于二类区站位超标因子为 BOD₅、无机氮、磷酸盐。有 3 个站位（1 表层、46 表层、48 表层站位）BOD₅ 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。

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

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《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）
- 《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/T 10.2-1996）
- 《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 988-2005）
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（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》（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/T 10.2-1996），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。由表 3.2-4 可知，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 范围调查内现有的电磁辐射源包括 9 个通信基站。

3.2.4.7 监测点设置

a) 厂区监测点设置

本次监测根据规划厂区环境情况共设置 28 个监测点，在厂区边界设 4 个（东南西北），厂区内 24 个。编号 1~28[#]，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

辽宁庄河核电厂拟建 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、工频磁场强度和射频综合场强。编号 29~36#。

c) 主变压器监测点设置

辽宁庄河核电厂拟建 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

辽宁庄河核电厂拟建两条输电线路，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

厂区外敏感区布点原则按照居民点设置监测点，共设置 19 个监测点，编号 37~55#。其中包括 18 个自然村、1 所幼儿园。厂址 5km 范围内共有 21 个自然村，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，所以实际开工后仅剩 18 个自然村。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。

厂区外布设 9 个通信基站监测点，编号 T1~T9，监测射频综合场强。监测点设置情况见表 3.2.4-8 和图 3.2.4-6。

3.2.4.8 电磁辐射现状评价标准评价标准

(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 $0.4\text{W}/\text{m}^2$ （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

本次调查及评价工作严格按照《庄河核电厂一期工程厂址区域电磁辐射本底测量和现状评价报告》，采取的主要质量措施有：

（1）监测方法采用国家和行业标准，监测人员经考核并持有资格证上岗。

（2）质保人员进行现场数据采集同步跟踪和同步记录，确保监测数据的有效性。

（3）根据质量保证大纲及监测规范的要求，监测仪器经由相应资质的计量检定部门检定合格，并处于有效期内。每次监测前后，都检查仪器的工作状态，确保仪器处于良好的工作状态。

（4）保存反映各监测点原貌的文字及图片等资料。

（5）提交的项目成果应符合技术任务书的要求。

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

厂区工频电场/工频磁场强度监测值统计情况见表 3.2-5。厂区内所有监测点工频电场强度监测值范围 0.04~0.57V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0028~0.0059 μT 之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μT ），符合要求。

2) 射频综合场强

厂区射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-5。厂区内所有监测点射频综合场强监测值在 0.09~0.66V/m 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中规定的 12V/m 标准限值。

b) 开关站（变电站）电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

开关站工频电场/工频磁场强度监测值统计情况见表3.2-5。本项目拟建的2个开关站，所有监测点工频电场强度监测值范围 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

开关站射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-5。厂区内所有监测点射频综合场强监测值在 0.09~0.24V/m 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中规定的 12V/m 标准限值。

c) 主变压器监测结果分析与评价

主变压器工频电场/工频磁场强度监测值统计情况见表 3.2-5。所有监测点工频电场强度监测值范围 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 4kV/m 标准要求和 0.1mT（100 μ T）的标准限值，符合标准要求。

d) 输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路监测值统计情况见表 3.2-6。输电线路所有监测点工频电场强度监测值范围 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《电磁环境控制标准》（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/工频磁场强度监测结果

环境敏感区射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-7。厂区外监测点工频电场强度监测值在 0.06~0.45V/m 之间，所有监测值都小于标准限值 4kV/m，符合要求；工频磁场强度监测值在 0.0027~0.0055 μ T 之间，小于标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

2) 射频综合场强

通信基站射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-7。所有监测点监测值在 0.06~3.70V/m 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1 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	监测采样点	监测项目
环境 γ 辐射累积剂量		1 次	34	4	20 km	γ 辐射累积剂量
环境 γ 辐射空气吸收 剂量率		2 次	56	6	20 km	原野、道路 γ 辐射空 气吸收剂量率
空气 环境 介质	气溶胶、空气中 碳和氡	1 次	3	/		γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{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 、 ^3H
		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 、 ^3H	
	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； 厂址所在地的辐射水平历史资料。				

表 3.1-2 测量项目所采用的仪器、测量方法及依据标准

序号	监测项目	仪器设备	标准编号与名称
1	陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率	HD2005 便携式 X- γ 剂量率仪	HJ 1157-2021 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 HJ61-2021 《辐射环境监测技术规范》
2	陆地环境 γ 辐射累积剂量	HR2000D 热释光剂量仪	GB10264-2014 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》 HJ61-2021 《辐射环境监测技术规范》
3	空气中的 ^{14}C	Quantulus1220 超低本底液体闪烁谱仪	EJ/T 1008-96 《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》
4	气溶胶、饮用水、地下水、地表水、海水中总 α 、总 β	MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪	EJ/T1075-1998 《水中总 α 放射性浓度的测定—厚源法》 EJ/T900-1994 《水中总 β 放射性测定—蒸发法》 GB/T5750.13-2006 《生活饮用水标准检验方法放射性指标》
5	饮用水、地下水、地表水、海水及空气中的 ^3H	Quantulus1220 超低本底液体闪烁谱仪	HJ1126-2020 《水中氚的分析方法》
6	饮用水、地下水、地表水、海水中 ^{90}Sr	MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪	HJ815-2016 《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》
7	气溶胶、土壤、沉积物中 ^{90}Sr		EJ/T1035-2011 《土壤中锶-90 分析方法》
8	气溶胶中 γ 核素	GMX-50 HPGe γ 能谱仪	GB11743-2013 《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
9	饮用水、地下水、地表水、海水中 γ 核素		GB/T16140-2018 《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 HY/T 235-2018 《海洋环境放射性核素监测技术规程》
10	土壤、沉积物中 γ 核素		GB11743-2013 《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》

表 3.1-3 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	250ml	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 3.1-4 气溶胶 γ 谱测量的探测下限

测量仪器：GMX-50 HPGe γ 谱仪相对效率 50%

样品量：10000m³

样品几何尺寸：将四片滤膜压成 Φ75mm、厚 30mm 的薄片

测量时间：72000s

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

表 3.1-5 饮用水、地下水、地表水 γ 谱测量的探测下限

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 $\Phi 75\text{mm}$ 、高 70mm 的塑料盒

测量时间：72000s

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

表 3.1-6 海水 γ 谱测量的探测下限

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 $\Phi 75\text{mm}$ 、高 70mm 的塑料盒

测量时间：72000s

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
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	884.7	0.0020	3.93%	0.7220	1.8

表 3.1-7 土壤、沉积物 γ 谱测量的探测下限测量仪器：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 $\Phi 75\text{mm}$ 、高 70mm 的塑料盒

测量时间：72000s

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

表 3.1-8 道路 γ 辐射剂量率

路面特征	γ 辐射剂量率(nGy/h)					
	2023 年 2 月			2023 年 4 月		
	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差
柏油	67	42	3.3	61	36	3.1
	70	45	5.2	61	36	4.5
	86	61	3.6	80	55	4.9
	87	62	4.0	80	55	4.0
	59	34	3.7	59	34	6.2
水泥	102	77	5.6	91	66	6.9
	105	80	5.3	93	68	4.8
	93	68	4.2	95	70	4.2
	98	73	6.7	94	69	4.7
石子	108	83	6.0	109	84	5.8
	99	74	5.8	98	73	8.5
	95	70	2.5	94	69	4.3
	73	48	4.3	82	57	2.8
	101	76	5.4	99	74	4.7
土路	82	57	4.0	83	58	5.6
	114	89	5.6	102	77	4.8
	89	64	7.3	86	61	5.8
	87	62	3.1	86	61	7.0
	85	60	3.6	86	61	6.8
	108	83	4.3	95	70	4.9
	112	87	4.5	105	80	4.8
	113	88	5.8	107	82	4.5

表 3.1-9 原野贯穿辐射剂量率

γ 辐射剂量率(nGy/h)					
2023 年 2 月			2023 年 4 月		
测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差
90	65	4.4	102	77	7.3
100	75	3.8	94	69	4.6
94	69	7.5	93	68	5.9
95	70	4.8	97	72	6.1
85	60	4.3	81	56	2.7
95	70	4.8	86	61	4.8
100	75	6.0	97	72	5.1
95	70	4.8	86	61	5.5
99	74	7.6	92	67	4.8
92	67	5.3	91	66	7.2
96	71	6.1	89	64	8.3
86	61	6.4	84	59	4.4
100	75	7.0	102	77	6.6
99	74	6.8	103	78	8.4
90	65	5.3	89	64	3.7
84	59	3.9	80	55	2.8
92	67	5.4	93	68	4.8
107	82	5.5	96	71	4.4
90	65	3.6	89	64	4.6
88	63	4.3	92	67	5.6
58	33	3.4	57	32	3.6
90	65	5.0	97	72	4.8
84	59	5.7	78	53	3.7
80	55	3.8	76	51	4.6
90	65	3.2	90	65	5.6
89	64	4.2	93	68	6.6
79	54	3.6	75	50	3.2
90	65	3.1	84	59	6.5
112	87	5.2	105	80	5.4
91	66	4.8	93	68	4.6
102	77	3.5	123	98	4.7
68	43	7.5	60	35	4.6
83	58	6.2	86	61	5.3
80	55	3.1	81	56	5.5
84	59	5.4	79	54	3.0
88	63	5.5	81	56	4.9
87	62	6.1	79	54	4.6
74	49	3.7	82	57	5.1

γ 辐射剂量率(nGy/h)					
2023年2月			2023年4月		
测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差	测量值	扣除宇宙射线测量值	标准差
128	103	4.4	127	102	4.8
89	64	7.3	87	62	4.6

表 3.1-10 2023 年 2~4 月 TLD 平均剂量率

序号	布放日期	回收日期	布放天数 (天)	累积剂量 (mSv)	TLD 算得的 γ 辐射剂 量率 nSv/h
1	2月7日	4月8日	60	丢失	/
2	2月7日	4月8日	60	0.112	77.8
3	2月7日	4月8日	60	0.078	54.2
4	2月7日	4月8日	60	0.078	54.0
5	2月7日	4月8日	60	0.148	103.1
6	2月7日	4月8日	60	0.072	49.8
7	2月7日	4月8日	60	0.076	53.1
8	2月7日	4月8日	60	0.106	73.9
9	2月7日	4月8日	60	0.112	78.1
10	2月6日	4月7日	60	0.088	60.8
11	2月6日	4月7日	60	0.077	53.2
12	2月6日	4月7日	60	0.085	59.3
13	2月6日	4月7日	60	0.122	85.0
14	2月7日	4月8日	60	0.108	75.2
15	2月7日	4月8日	60	0.144	100.0
16	2月7日	4月8日	60	0.056	38.6
17	2月7日	4月8日	60	0.044	30.8
18	2月6日	4月7日	60	0.078	54.3
19	2月7日	4月8日	60	0.063	43.7
20	2月6日	4月7日	60	0.088	60.8
21	2月7日	4月8日	60	0.049	33.9
22	2月7日	4月8日	60	0.079	54.6
23	2月6日	4月7日	60	0.078	53.9
24	2月6日	4月7日	60	丢失	/
25	2月6日	4月7日	60	0.145	100.5
26	2月6日	4月7日	60	0.059	40.7
27	2月6日	4月7日	60	0.076	52.9
28	2月6日	4月7日	60	丢失	/
29	2月6日	4月7日	60	0.131	90.9
30	2月6日	4月7日	60	0.148	102.5
31	2月6日	4月7日	60	0.079	54.9

序号	布放日期	回收日期	布放天数 (天)	累积剂量 (mSv)	TLD 算得的 γ 辐射剂 量率 nSv/h
32	2月6日	4月7日	60	0.109	75.9
33	2月6日	4月7日	60	0.092	63.7
34	2月6日	4月7日	60	0.084	58.6
35	2月6日	4月7日	60	0.082	57.2
36	2月6日	4月7日	60	0.082	56.9
37	2月6日	4月7日	60	0.094	65.3
38	2月6日	4月7日	60	丢失	/

表 3.1-11 气溶胶的放射性核素活度浓度水平表

采样位置	采样 起止时间	空气样量 (m ³)	放射性核素活度浓度 (μBq/m ³)									
			γ 谱分析法							放化法		
			⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁷ Be (mBq/m ³)	⁹⁰ Sr	总 α (mBq/m ³)	总 β (mBq/m ³)
1	2月23日~2月25日 3月3日~3月5日	11241m ³	<2.4	<2.1	<2.6	<2.5	<2.8	<4.1	2.26±0.05	3.68±0.28	0.31±0.15	1.24±0.07
2	2月17日~2月23日	10267m ³	<3.9	<3.4	<4.2	<4.0	<4.6	<6.6	2.23±0.08	3.94±0.29	0.25±0.11	1.47±0.08
3	3月5日~3月7日 3月10日~3月12日	11019m ³	<2.9	<2.6	<3.1	<3.0	<3.4	<4.9	3.43±0.07	4.37±0.32	0.23±0.11	1.53±0.08
辽宁辐射环境自动监测站监测值*			/	/	/	<LLD	/	<LLD	0.27~9.2	0.80~7.3	/	/

注：*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-12 空气 H-3、C-14 活度浓度

监测点位	H-3				C-14			
	采样起止日期	空气采样量/ 吸收空气水	氚活度浓度		采样起止日期	空气采样量	C-14 活度浓度	
			Bq/(L·水)	m Bq/(m ³ ·air)			Bq/(g·碳)	m Bq/(m ³ ·air)
1	2月23日~2月27日	32m ³ /81.5g	<1.2	<8.8	2月23日~2月27日	24m ³	0.225±0.009	49.2±2.0
2	2月17日~2月19日	11m ³ /81.1g	2.14±0.62	5.46±1.58	2月17日~2月19日	24m ³	0.232±0.014	49.5±3.0
3	2月19日~2月22日	26m ³ /260.0g	1.26±0.60	12.6±6.0	2月19日~2月22日	10m ³	0.205±0.008	45.9±1.8

表 3.1-13 地表水中放射性核素浓度

采样位置	分析用量	采样时间	γ 谱分析法					放化法			
			⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	总 α	总 β	³ H
			活度浓度（ mBq/L）					活度浓度（ Bq/L）			
4	52.05L	3月6日	<1.4	<1.4	<1.6	<1.4	<3.1	1.25±0.13	0.32±0.25	0.855±0.044	0.53±0.06
5	52.05L	3月7日	<1.4	<1.4	<1.5	<1.4	<3.1	1.12±0.11	0.14±0.13	0.334±0.021	0.81±0.06
6	52.05L	3月6日	<1.4	<1.3	<1.5	<1.3	<3.0	0.99±0.13	0.45±0.27	0.626±0.039	0.47±0.05
辽河流域*			/	/	/	/	0.2~1.2	/	0.01~0.2	0.05~0.16	1.5~4.7

注：总 α、总 β 分析用量为 1.8 L/样，γ 谱分析用量为 25L/样，⁹⁰Sr 用量为 25L/样，氚用量为 2L/样。*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-14 地下水中放射性核素浓度

采样位置	分析用量	采样时间	γ 谱分析法					放化法			
			⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	总 α	总 β	³ H
			活度浓度（ mBq/L）					活度浓度（ Bq/L）			
1	52.05L	2月18日	<1.4	<1.3	<1.5	<1.3	<3.0	1.04±0.13	0.344±0.074	0.113±0.013	0.44±0.05
2	52.05L	2月18日	<1.5	<1.4	<1.6	<1.4	<3.1	0.83±0.11	0.339±0.076	0.128±0.008	0.40±0.05
3	52.05L	2月18日	<1.5	<1.4	<1.6	<1.4	<3.1	1.27±0.13	0.204±0.076	0.136±0.008	0.52±0.06
4	52.05L	2月18日	<1.4	<1.4	<1.5	<1.4	<3.1	1.32±0.13	0.651±0.172	0.395±0.014	0.41±0.06
大连地下水*			/	/	/	/	/	/	0.11	0.1	/

注：总 α、总 β 分析用量为 1.8 L/样，γ 谱分析用量为 25L/样，⁹⁰Sr 用量为 25L/样，氚用量为 2L/样。*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-15 饮用水中放射性核素浓度

采样位置	分析用量	采样时间	活度浓度（ mBq/L）								
			γ 谱分析法					放化法			
			⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	总 α（ Bq/L）	总 β（ Bq/L）	³ H（ Bq/L）
1	52.05L	2月18日	<1.4	<1.4	<1.6	<1.4	<3.1	0.78±0.13	0.221±0.065	0.541±0.014	0.52±0.06
2	52.05L	2月18日	<1.4	<1.4	<1.5	<1.4	<3.0	0.85±0.11	0.093±0.040	0.481±0.011	0.54±0.05
辽宁饮用水*			/	/	/	/	/	/	0.01~0.13	0.05~0.15	/
《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）			/	/	/	/	/	/	0.5	1.0	/

注：总 α、总 β 分析用量为 1.8 L/样，γ 谱分析用量为 25L/样，⁹⁰Sr 用量为 25L/样，氚用量为 2L/样。*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-16 土壤中放射性核素含量

采样位置	分析用量	采样时间	活度浓度(Bq/kg·干)									
			γ 谱分析法									放化法
			²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1 号点位	0.35 kg	3 月 1 日	48.6±5.4	65.5±2.3	39.6±1.0	770±11	<0.30	<0.30	<0.38	<0.33	3.90±0.41	0.76±0.07
1 号点位 平行样	0.35 kg	3 月 1 日	49.7±9.8	65.7±4.3	38.9±1.9	789±21	<0.31	<0.30	<0.39	<0.34	3.83±0.72	0.80±0.07
3	0.35 kg	3 月 3 日	45.2±9.8	60.9±4.0	30.9±1.7	730±20	<0.30	<0.30	<0.39	<0.34	2.71±0.66	0.91±0.08
4	0.35 kg	3 月 3 日	50.8±5.5	62.0±2.1	37.5±0.9	749±10	<0.30	<0.29	<0.38	<0.33	4.58±0.39	1.21±0.10
5	0.35 kg	3 月 3 日	44.3±8.2	56.8±2.9	32.8±1.3	648±15	<0.44	<0.43	<0.56	<0.48	1.55±0.44	0.72±0.08
6	0.35 kg	3 月 3 日	37.7±4.5	50.2±1.7	29.5±0.7	601±8	<0.24	<0.24	<0.31	<0.27	4.03±0.27	1.12±0.09
7	0.35 kg	3 月 3 日	45.8±5.1	59.8±2.2	39.0±0.9	703±11	<0.30	<0.30	<0.39	<0.34	4.02±0.37	0.76±0.08
8	0.35 kg	3 月 3 日	62.9±12.5	54.1±5.0	38.5±2.1	788±26	<0.31	<0.30	<0.39	<0.34	3.07±0.78	0.85±0.08
9	0.35 kg	3 月 3 日	21.7±9.1	34.4±3.1	18.2±1.2	896±19	<0.30	<0.30	<0.38	<0.33	1.36±0.61	0.67±0.07
辽宁土壤*			18~53	21~44	17~31						0.4~2.9	

注：⁹⁰Sr 分析用量为 50g/样，γ 谱分析用量为 300g/样。*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-17 地表水沉积物中放射性核素含量

采样位置	分析用量	采样时间	活度浓度(Bq/ kg·干)										
			γ 谱分析法										放化法
			²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	
1	0.35 kg	3月6日	45.4±11	72.6±4.3	21.2±1.4	809±20	<0.29	<0.27	<0.28	<0.25	4.12±0.59	1.09±0.06	
2	0.35 kg	3月7日	47.6±9.3	54.8±1.5	24.8±3.0	740±17	<0.30	<0.30	<0.39	<0.34	1.19±0.40	0.80±0.08	
3	0.35 kg	3月6日	46.1±10	78.7±3.9	30.9±1.4	775±19	<0.29	<0.27	<0.28	<0.25	3.59±0.51	1.01±0.06	
辽宁土壤*			18~53	21~44	17~31						0.4~2.9		

注：⁹⁰Sr 分析用量为 50g/样，γ 谱分析用量为 300g/样。*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-18 海水中放射性核素浓度

采样点位	分析用量	采样时间	γ 谱分析法							放化法			
			⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹⁰⁶ Ru	^{110m} Ag	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	总 α	总 β	³ H
			活度浓度 (mBq/L)							活度浓度 (Bq/L)			
取水口附近	52.05L	3月6日	<1.4	<1.3	<1.5	<12	<1.8	<1.3	<2.9	1.28±0.13	/	9.1±0.4	0.58±0.06
排水口附近 1	52.05L	3月6日	<1.4	<1.3	<1.5	<12	<1.8	<1.3	<2.9	0.83±0.11	/	9.6±0.4	0.32±0.05
排水口附近 2	52.05L	3月6日	<1.4	<1.3	<1.5	<12	<1.8	<1.3	<2.9	0.96±0.13	/	10.2±0.4	0.51±0.05
辽宁海水*									0.6~1.0	1.7~4.9			

注：总 α、总 β 分析用量为 30mL/样，γ 谱分析用量为 25L/样，⁹⁰Sr 用量为 25L/样，氚用量为 2L/样。*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-19 海洋沉积物中放射性核素含量

采样点位	分析用量	采样时间	活度浓度 (Bg/ kg)										
			γ 谱分析法										放化法
			²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	
取水口附近	650.3g	3月6日	20.4±4.6	50.1±1.8	22.6±0.6	782±10	<0.26	<0.24	<0.25	<0.22	3.15±0.25	0.91±0.07	
排水口附近 1	650.3g	3月6日	45.5±13	56.7±5.0	24.8±1.6	767±26	<0.35	<0.33	<0.33	<0.30	2.87±0.67	1.11±0.07	
排水口附近 2	650.3g	3月6日	57.9±9.3	50.3±3.1	20.6±1.1	684±16	<0.31	<0.29	<0.29	<0.26	2.90±0.43	1.08±0.06	
4	650.3g	3月5日	45.1±5.8	39.0±1.6	20.4±0.6	667±9	<0.26	<0.24	<0.25	<0.23	1.55±0.23	0.94±0.08	
5	650.3g	3月5日	21.5±12	49.5±4.1	21.6±1.8	727±21	<0.27	<0.25	<0.26	<0.23	2.23±0.54	0.94±0.07	
5 平行样	650.3g	3月5日	18.4±12	44.4±5.6	25.5±2.1	736±24	<0.29	<0.27	<0.27	<0.25	1.90±0.68	0.96±0.06	
辽宁土壤*			18~53	21~44	17~31						0.4~2.9		

注：⁹⁰Sr 分析用量为 50g/样，γ 谱分析用量为 300g/样。*摘自《2021 全国辐射环境质量报告》。

表 3.1-20 用于检验分析程序及人员操作的标准物质

序号	标准物质名称	用途	生产厂家	标准号
1	碳酸钡镭粉末源	γ能谱效率刻度	核工业北京地质研究院	GBW04315
2	铀钍天然系矿石			GBW04127
5	⁶⁰ Co 标准源		国防科技工业电离辐射一级计量站	091201
6	¹³⁷ Cs 标准源			100607
7	²⁴¹ Am 粉末源	总β测量效率刻度	中国计量科学研究院	Dyhc2007-7016
8	KCl 粉末源			
9	⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y	⁹⁰ Sr 加标回收	中国计量科学研究院	SY0106
10	氚标准溶液	效率刻度	PerkinElmer	1210-124

表 3.1-21 用于测量仪器的刻度和检验的标准物质

序号	标准物质名称	用途	生产厂家	标准号
1	铀镭平衡源（体源）	能量及效率刻度	核工业北京地质研究院	GBW04313a
2	钍粉末源（体源）			GBW04308
3	钾源（体源）			GBW04326
4	^{60}Co 标准溶液		国防科技工业电离辐射一级 计量站	091201
5	^{137}Cs 标准溶液			100607
6	^{241}Am 粉末源	效率刻度	中国计量科学研究院	Dyhc2007-7016
7	KCl 粉末源			SY0106
8	^{90}Sr - ^{90}Y 标准溶液			效率刻度
12	^3H 标准源	^3H 效率刻度	进口	CT/090378/09/07263
13	氚标准溶液	^3H 效率刻度	PerkinElmer	1210-124

表 3.1-22 仪器设备检定情况一览表

序号	设备/仪器名称	规格型号	数量	检定日期	检定周期
1	原子吸收分光光度计	Z-2000	1	2021.10.14	2 年
2	高纯锗 γ 能谱仪	GMX50-Plus-A	1	2022.04.25	2 年
3	高纯锗 γ 能谱仪	GMX50P4-83	1	2022.04.11	2 年
4	高纯锗 γ 能谱仪	GMX50-83-LB-C-S	1	2022.04.11	2 年
5	低本底液闪仪	QUANTULAS-1220	1	2021.5.10	2 年
6	低本底 α 、 β 计数仪	MPC9604	1	2021.11.30	2 年
7	低本底 α 、 β 计数仪	CLB-104	1	2021.06.25	2 年
8	等离子体质谱仪	NexION300D	1	2021.10.15	2 年
9	等离子体发射光谱仪	ICP-OES	1	2023.02.14	2 年
10	X- γ 辐射剂量率仪	HD2005	1	2022.7.4	1 年
11	氟电解浓缩系统	TE-3	1	/	/

*在项目进行过程中，如果仪器检定有效期到期，立即进行检定，检定合格后使用。

表 3.1-23 项目主要计量器具检定情况表

序号	计量器具名称	器具编号	规格型号	数量	检定日期	检定周期
1	容量瓶	BD50-01	50ml	1	2021.04.01	3 年
2	容量瓶	BD100-01	100ml	1	2021.04.01	3 年
3	容量瓶	BD200-01	200ml	1	2021.04.01	3 年
4	容量瓶	BD250-01	250ml	1	2021.04.01	3 年
5	容量瓶	BD500-01	500ml	1	2021.04.02	3 年
6	容量瓶	BD1000-01	1000ml	1	2021.04.02	3 年
7	容量瓶	BD2000-01	2000ml	1	2021.04.01	3 年
8	电子天平	8369	150g/0.001g	1	2023.1.30	1 年
9	电子天平	FX0046	0~120g	1	2023.1.30	1 年
10	电子天平	10272	110g//0.1mg	1	2023.1.30	1 年

表 3.1-24 历年参加的实验室间比对情况一览表

序号	参加项目名称	组织方	参加时间	结果
1	BRIUG IC-2018 伴生放射性矿中 ²³⁸ U、 ²³² Th、 ²²⁶ Ra、 ⁴⁰ K、总 α 、总 β 测量	核工业北京地质研究院	2018 年	满意
2	IAEA-TEL-2018-03 水、土壤样中人工及天然放射性核素以及放射性表面污染测量	IAEA	2018 年	满意
3	水中氚、 ¹⁰⁹ Cd、 ⁵⁷ Co、 ⁶⁰ Co、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ^{110m} Ag 等活度测量	国家标准物质共享平台	2019 年	满意
4	水中氚实验室间比对	浙江省辐射环境监测站	2019 年	满意
5	CTC PT-2020-19 建材放射性核素检测能力验证（ ²²⁶ Ra、 ²³² Th、 ⁴⁰ K）	中国建材检验认证集团股份有限公司	2020 年	满意
6	NIL PT-2275 水中锶-90 的检测	北京中实国金国际实验室能力验证研究有限公司	2020 年	满意
7	IAEA-TEL-2020-03 水、生物、气溶胶中人工及天然放射性核素测量	IAEA	2020 年	满意
8	CTC PT-2021-29 建材放射性核素检测能力验证（ ²²⁶ Ra、 ²³² Th、 ⁴⁰ K）	中国建材检验认证集团股份有限公司	2021 年	满意
9	IAEA-TEL-2021-03 水、生物、气溶胶中人工及天然放射性核素测量	IAEA	2021 年	满意

表 3.1-25 平行样品测量结果统计表

样品名称	平行样组数	测量结果组数	相对偏差大于 20%的个数	相对偏差大于 20%的比例
土壤	1	6	0	0
地下水	1	4	0	0
海洋沉积物	1		0	0

表 3.1-26 土壤样品平行样品测量结果

采样位置	活度浓度(Bq/ kg·干)					
	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1 号点位	48.6	65.5	39.6	770	3.90	0.76
1 号点位平行样	49.7	65.7	38.9	789	3.83	0.80
相对偏差%	1.12	0.15	0.89	1.22	0.91	2.56
相对偏差控制指标%	40	/	20	20	30	18

注：相对偏差控制指标遵循 HJ61-2021 《辐射环境监测技术规范》

表 3.1-27 地下水样品平行样品测量结果

采样位置	活度浓度 (Bq/L)			
	⁹⁰ Sr (mBq/L)	总 α	总 β	³ H
1	1.04	0.34	0.11	0.44
1 平行样	0.83	0.34	0.13	0.40
相对偏差%	11.23	0	8.34	4.76
相对偏差控制指标%	20	30	30	10

注：相对偏差控制指标遵循 HJ61-2021 《辐射环境监测技术规范》

表 3.1-28 海洋沉积物样品平行样品测量结果

采样点位	活度浓度 (Bg/ kg)					
	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1	21.5	49.5	21.6	727	2.23	0.94
1 平行样	18.4	44.4	25.5	736	1.90	0.96
相对偏差%	7.77	5.43	8.28	0.61	7.99	1.05
相对偏差控制指标%	40	/	20	20	30	18

注：相对偏差控制指标遵循 HJ61-2021 《辐射环境监测技术规范》

表 3.1-29 陆地环境 γ 辐射剂量率汇总表

注：未扣除宇宙射线响应值

环境		γ 辐射剂量率(nGy/h)			
		2023 年 2 月		2023 年 4 月	
		测值范围	平均值 (A)	测值范围	平均值(B)
路面特征	柏油	59~87	74	59~80	68
	水泥	93~105	100	91~95	93
	石子	73~108	95	82~109	96
	土路	82~114	99	83~107	94
原野		58~128	90.6	57~127	89.2
大连 2019 年本底年均值范围		68~95.7			
辽宁 2020 年本底年均值范围		67.9~113.5			
辽宁 2021 年本底年均值范围		65.8~113.9			

表 3.2-1 环境空气质量标准限值（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》 (GB3095-2012)
		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	70	μg/m ³	
		24小时平均	150		
5	PM _{2.5}	年平均	35		
		24小时平均	75		
6	TSP	年平均	200		
		24小时平均	300		
7	NO _x	年平均	50		
		24小时平均	100		
		1小时平均	250		
		1小时平均值	200		

表 3.2-2 声环境质量标准

类别		声环境功能区类别		单位
		昼间	夜间	
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	

注：0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

1类声环境功能区：指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域。

2类声环境功能区：指以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域。

3类声环境功能区：指以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对区域环境产生严重影响

影响的区域。
4类声环境功能区：指交通干线两侧一定距离之内，需要防止交通噪声对区域环境产生严重影响的区域，包括4a类和4b类两种类型。4a类为高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通（地面段）、内河航道两侧区域；4b类为铁路干线两侧区域。

表 3.2-3 辽宁庄河核电厂监测仪器一览表

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

表 3.2-4 辽宁庄河核电厂监测期间气象条件

时间	温度℃	湿度 (%RH)	天气	风速 m/s	大气压 KPa
2023 年 4 月 20 日	10.0~19.5	23.4~24.9	晴	1.0~1.8	101.85~101.98
2023 年 4 月 21 日	13.6~15.3	18.6~19.9	晴	0.7~1.3	101.84~101.89
2023 年 4 月 23 日	15.8~18.7	16.0~25.7	晴	0.9~1.6	102.16~102.29
2023 年 4 月 24 日	15.8~18.5	22.1~24.6	晴	0.8~1.8	101.95~102.07

表 3.2-5 辽宁庄河核电厂厂区内监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区	工频电场 (V/m)	0.04~0.57	0.57	4000
	工频磁场 (μT)	0.0028~0.0059	0.0059	100
	射频综合场强 (V/m)	0.09~0.66	0.66	12
开关站	工频电场 (V/m)	0.07~0.43	0.43	4000
	工频磁场 (μT)	0.0036~0.0056	0.0056	100
	射频综合场强 (V/m)	0.09~0.24	0.24	12
主变压器	工频电场 (V/m)	0.06~0.58	0.58	4000
	工频磁场 (μT)	0.0037~0.0064	0.0064	100

表 3.2-6 辽宁庄河核电厂输电线路监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
拟建 500kV 输电线路 (P1 监测断面)	工频电场 (V/m)	垂直监测断面: 0.07~0.20	0.20	4000
		平行监测断面: 0.13~0.19	0.19	
	工频磁场 (μT)	垂直监测断面: 0.0031~0.0062	0.0062	100
		平行监测断面: 0.0043~0.0063	0.0063	
拟建 220kV 输电线路 (P2 监测断面)	工频电场 (V/m)	垂直监测断面: 0.07~0.18	0.18	4000
		平行监测断面: 0.10~0.20	0.20	
	工频磁场 (μT)	垂直监测断面: 0.0037~0.0059	0.0059	100
		平行监测断面: 0.0035~0.0054	0.0054	

表 3.2-7 辽宁庄河核电站厂区外环境敏感区监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区外监测点	工频电场 (V/m)	0.06~0.45	0.45	4000
	工频磁场 (μ T)	0.0027~0.0055	0.0055	100
	射频综合场强 (V/m)	0.06~0.23	0.23	12
通信基站	射频综合场强 (V/m)	0.36~3.70	3.70	12

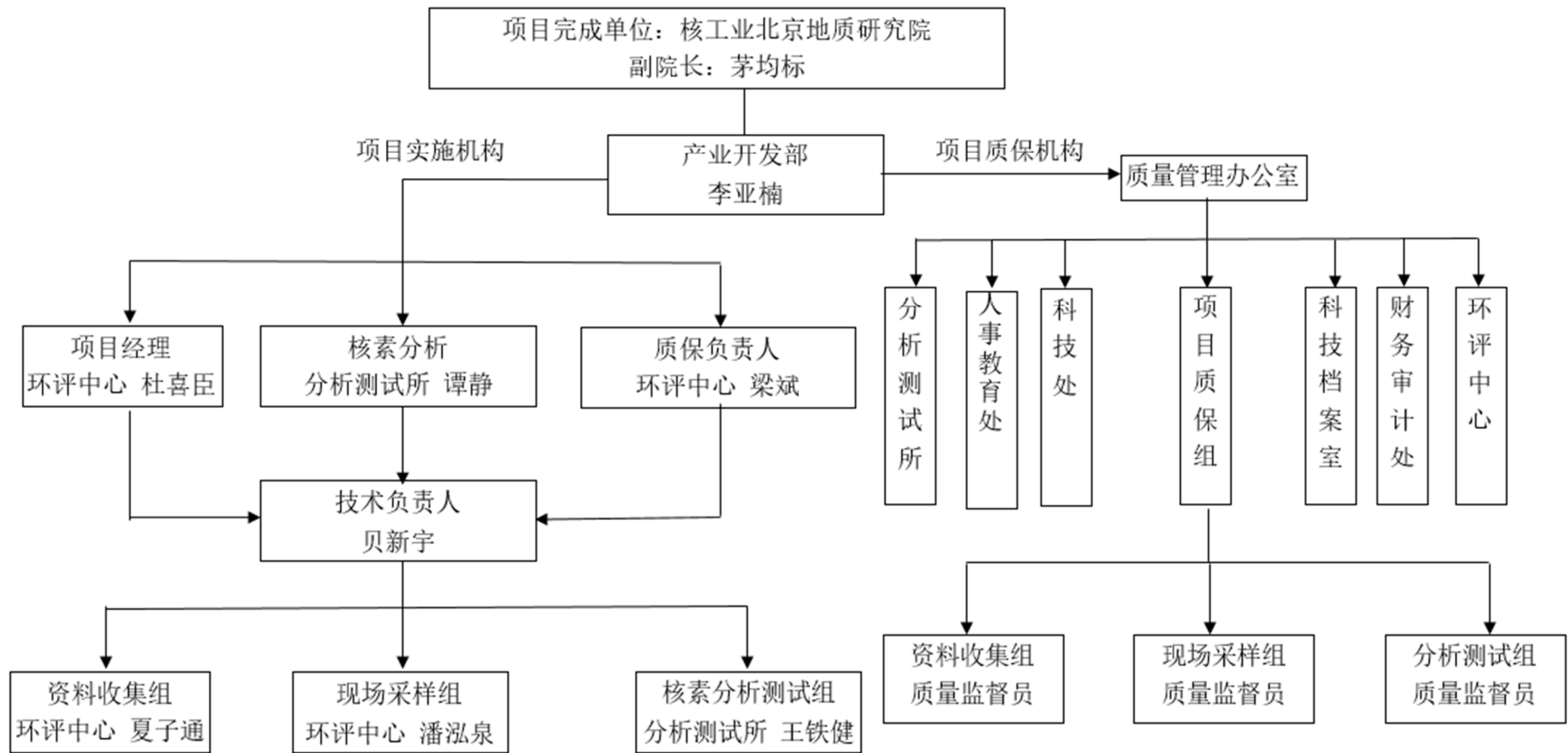


图 3.1-1 质量保证监督机构图

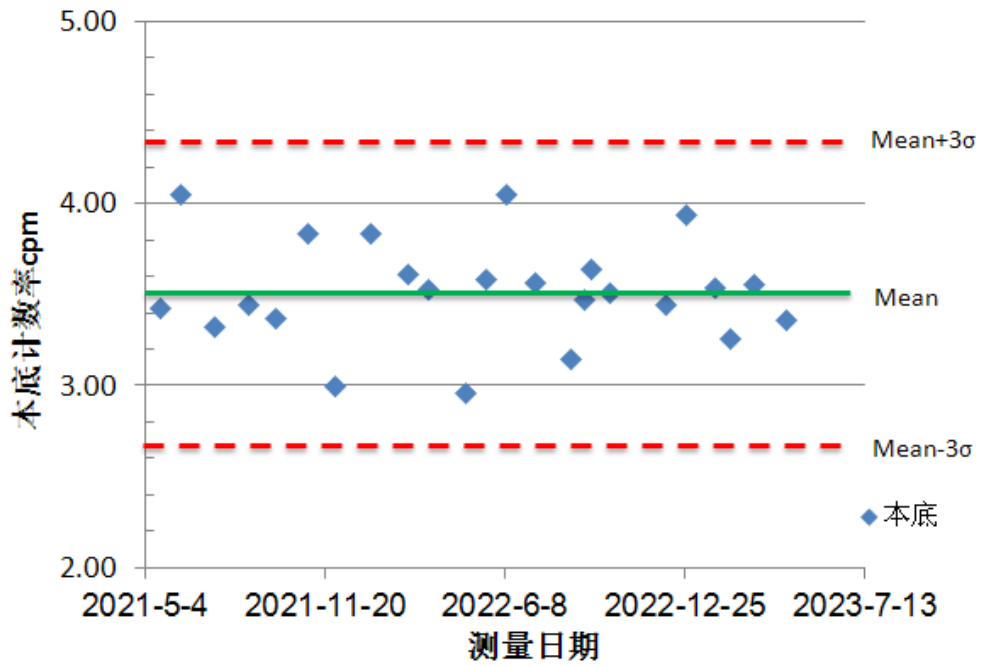


图 3.1-2 Quantulus1220 低本底液体闪烁仪本底质控图

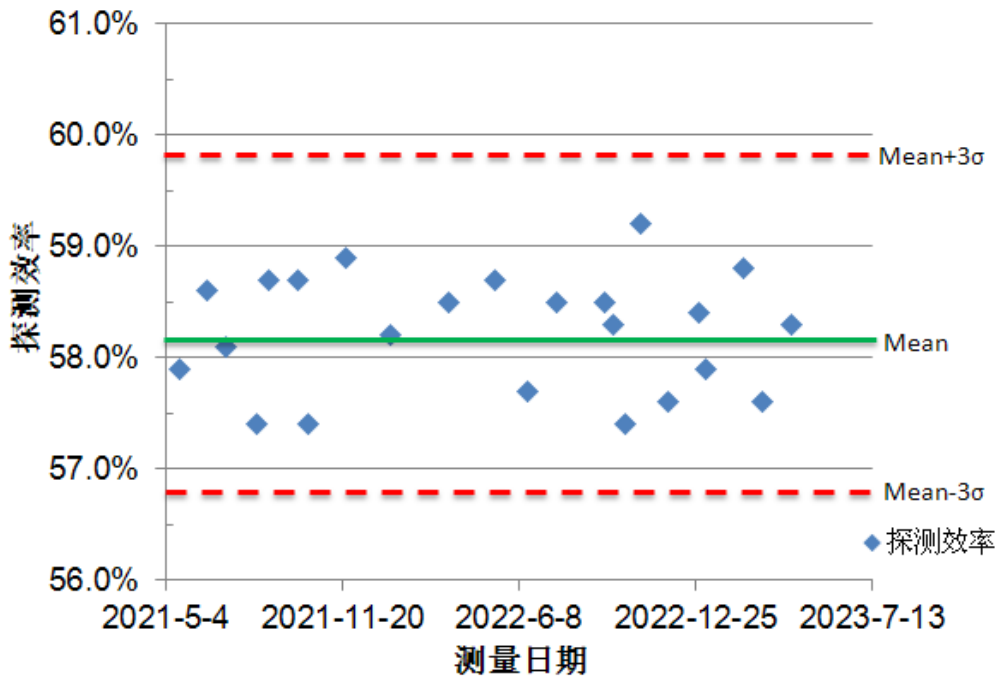


图 3.1-3 Quantulus1220 低本底液体闪烁仪效率质控图

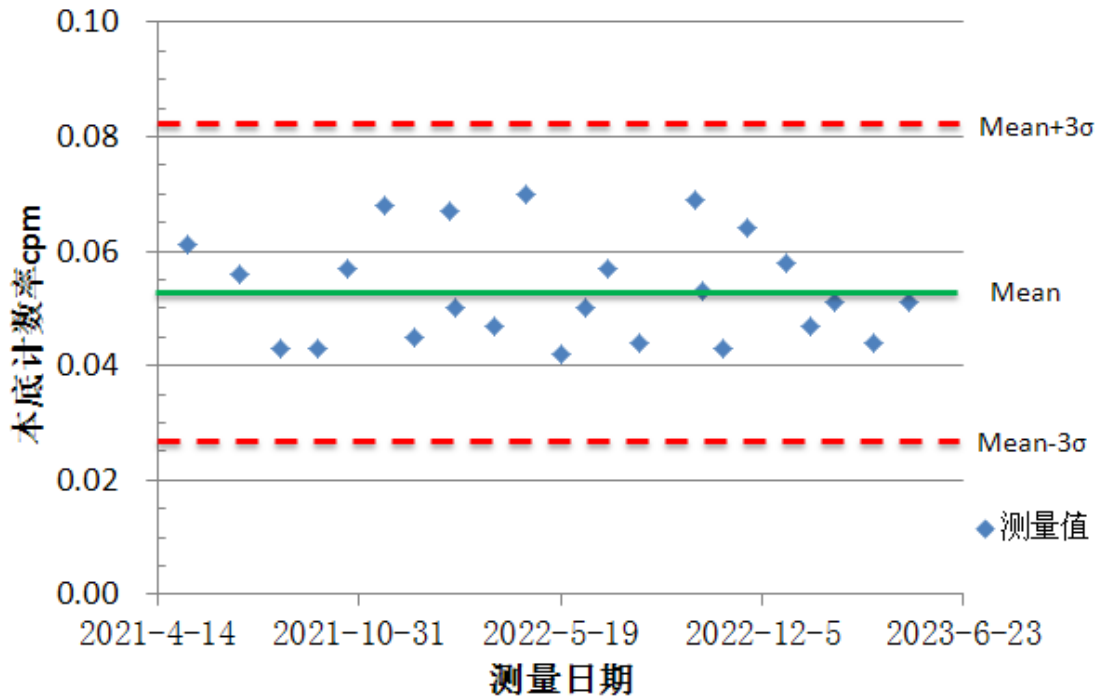


图 3.1-4 MPC9604 流气式 α 、 β 低本底计数仪 α 本底质控图

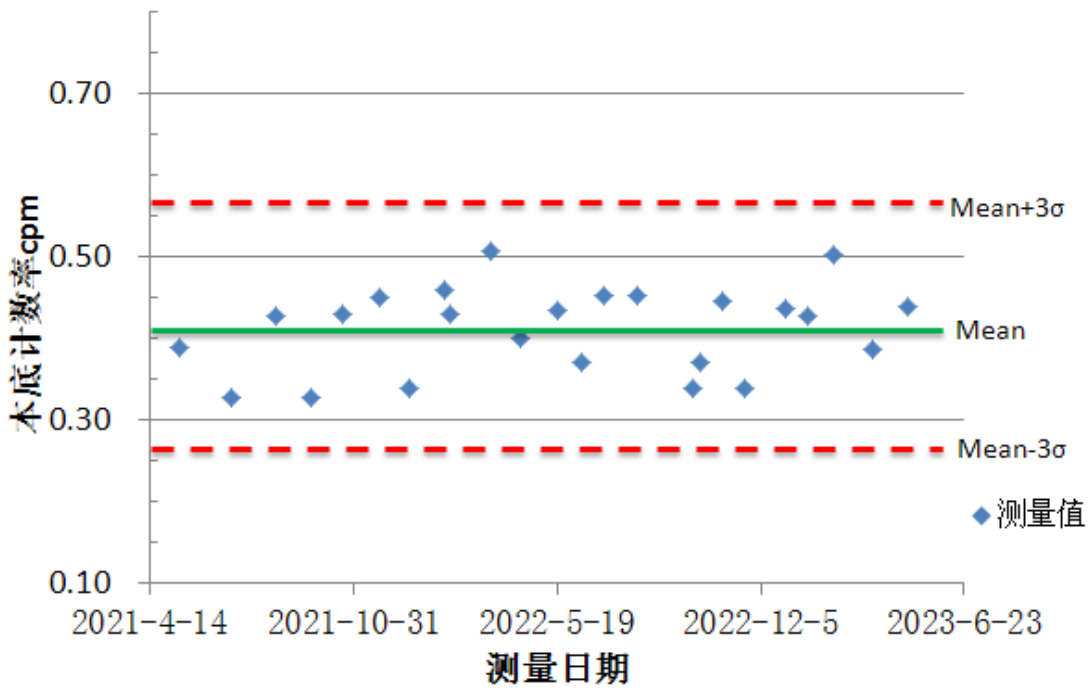


图 3.1-5 MPC9604 流气式 α 、 β 低本底计数仪 β 本底质控图

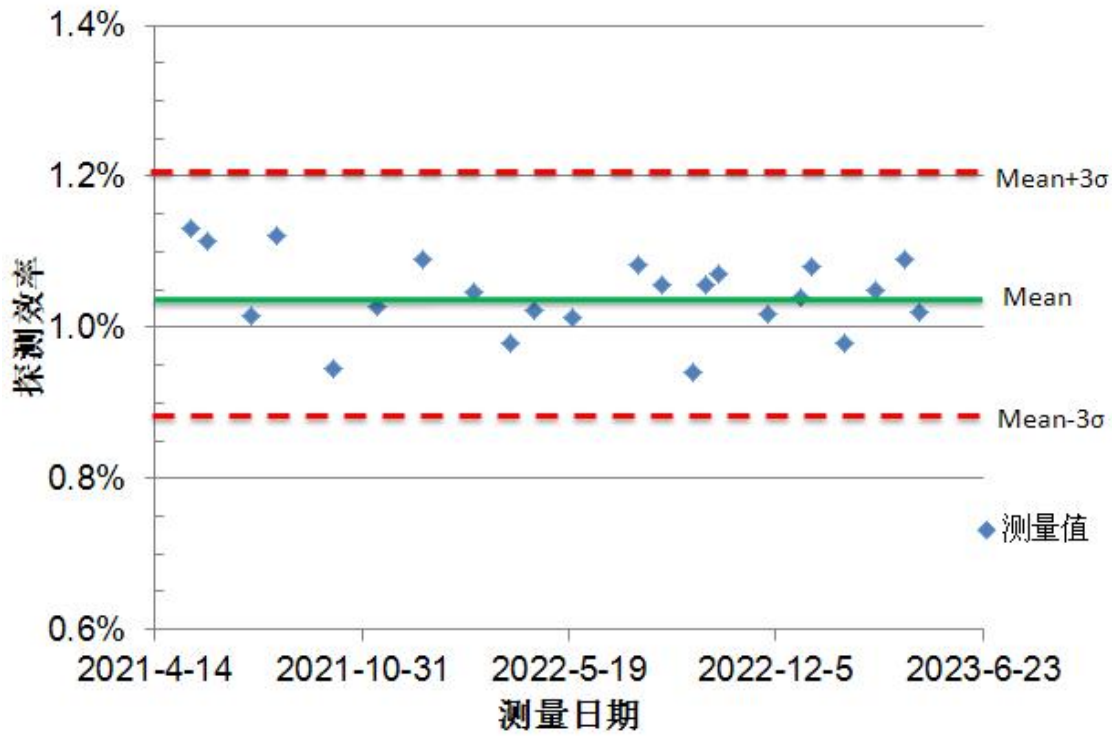


图 3.1-6 MPC9604 流气式 α、β 低本底计数器 α 效率质控图

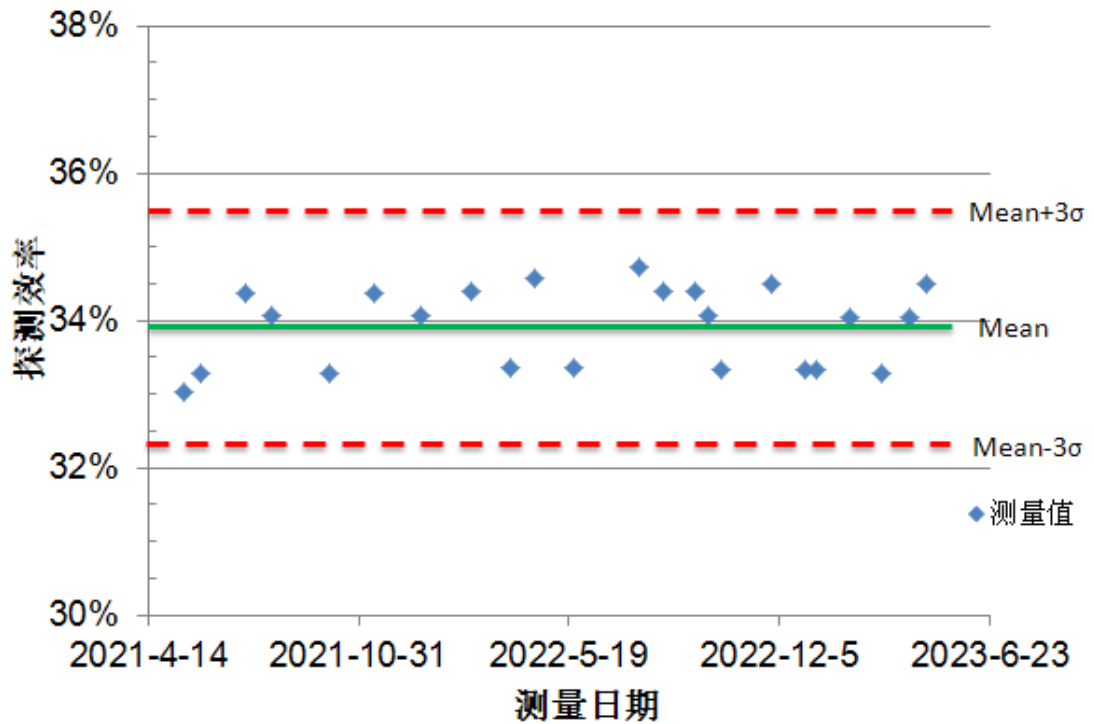


图 3.1-7 MPC9604 流气式 α、β 低本底计数器 β 效率质控图

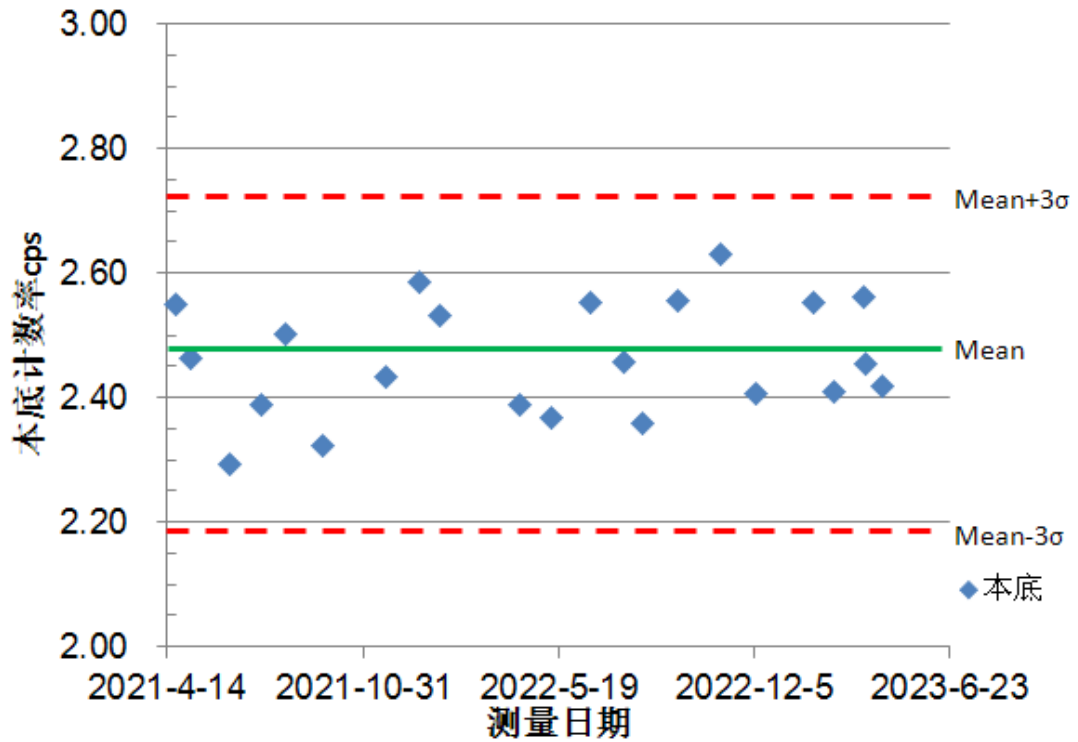


图 3.1-8 GMX50P4-83 高纯锗 γ 能谱仪本底质控图

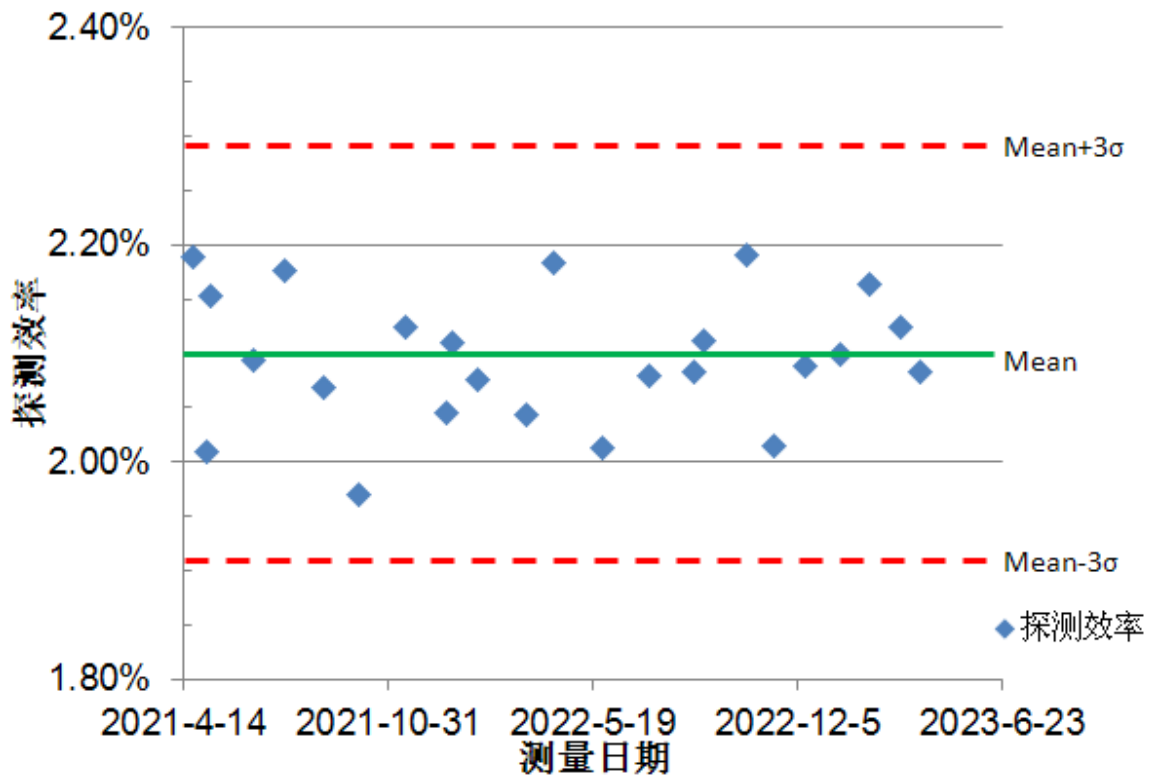


图 3.1-9 GMX50P4-83 高纯锗 γ 能谱仪效率质控图

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

4.4.1 电气主接线

4.4.2 开关站的选型和布置

4.4.3 与电力系统的连接

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 安全注入系统

4.5.3 安全壳喷淋系统

4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统

4.5.5 安全壳隔离系统

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液处理系统及源项

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

4.6.4 放射性固体废物管理

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 其他废物

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

表

表 4.3-1 海水用水量

图

图 4.2-1 反应堆本体图

图 4.2-2 反应堆冷却剂系统流程简图

图 4.2-3 化学和容积控制系统流程简图

图 4.2-4 反应堆硼和水补给系统流程简图

图 4.2-5 余热排出系统流程简图

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

1) 厂坪设计标高的确定

通过从核岛厂房地基条件、冷却水扬程、防洪条件、海工工程量、土石方工程量等方面的论证，初步确定辽宁庄河核电厂厂坪设计标高（安全重要建、构筑物室外地坪标高）为 12.50m，高于厂址设计基准洪水位（DBF=7.66m）。

2) 主厂房建筑群位置的确定

大连市、庄河市均位于厂址西南方向；距离厂址最近的公路为东西向穿越厂址的 G228 丹东线。根据厂址地理位置及交通运输条件，可以判断厂址西北方向为主要人流方向；辽宁庄河核电厂取水方案为取水方向由西南向东北的明渠。从主要人流方向及一期工程取水设施工程量角度分析，确定厂址西南侧为固定端，建设方向为自西南向东北。

厂址南侧为海域，北侧为基本农田，可用地范围较为狭长。根据厂址区域最新工程地质资料，厂址西北部存在两条冲沟。结合可用地范围、工程地质及工艺联系，确定主厂房建筑群以核岛西北向，常规岛东南向的形式，在同一轴线上并列布置在厂址中部区域。

绝大部分核岛厂房基础底面坐落在中、微风化岩体。中等风化岩体承载力特征值为 3.0MPa，剪切波速为 1472m/s，属较硬岩。局部区域需进行少量地基处理。

3) 对外交通规划

(1) 主要进厂道路

主要进厂道路拟于厂址西北侧新建，并接至 G228 丹东线（二级公路）。新建道路长度约 313m，道路等级为二级公路，路面宽 12m，路基宽 14m。

(2) 次要进厂道路

次要进厂道路拟局部利用厂址东侧原 G228 丹东线。次要进厂道路共约 830m，其中新建道路长度约 530m，改建原 G228 丹东线约 300m。道路等级为二级公路，路面宽 12m，路基宽 14m。

(3) 大件码头及大件道路

拟于厂址西南侧新建 3000 吨级（兼顾特殊运输船停靠）大件码头，依托取水明渠西防波堤建设，码头面布置 1 座 1000t 全回转固定式起重机。拟结合取水导流堤堤顶建设一条自码头连接陆域的大件运输道路（路面宽度暂定 12m）。

4) 电力出线

辽宁庄河核电厂以 500kV 电压接入系统。拟通过 2 回 500kV 向西北接入黄海变，2 回 500kV 向北接入唐家变，2 回 500kV 向北接入析木变。

220kV 备用电源共 2 回，引自变电站待定。

电力出线方向地势平坦，有部分村落。

5) 取排水设施规划

冷却水系统主要包括循环冷却水系统和重要厂用水系统，均采用直流供水方式，明渠取水、暗涵排水。取水明渠起始点为厂址西南侧，排水口位于厂址东南侧。

循环冷却水系统：明渠取水-联合泵房-循环冷却水进水廊道-常规岛-循环冷却水排水廊道-虹吸井-排水隧洞-暗涵-厂址东南侧海域。

重要厂用水系统：明渠取水-联合泵房-重要厂用水进水廊道-核岛-重要厂用水排水廊道-虹吸井-排水隧洞-暗涵-厂址东南侧海域。

运行期生活用水拟取自青堆镇净水厂，运行期生产用水拟采用海水淡化水。

雨水通过管网收集后集中排放入海；生活污水送至污水处理站，处理达标后回用；生产废水处理达标后经虹吸井后排放入海。

6) 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、辅助生产区及厂前建筑区等，厂区工程规划详见 4.1.2 厂区平面布置。

7) 其他设施规划

其他设施分厂内和厂外两部分设置：

厂内部分规划有：消防站、武警营房、应急指挥中心、应急物资贮存中心、保安楼、生产倒班楼、检修宿舍、检修食堂、调试检修楼、车队管理楼、停车场及候车廊，集中布置在厂区西北侧。其中消防站、武警营房、应急指挥中心、应急物资贮存中心、检修宿舍及生产倒班楼均位于非居住区边界外。

厂外部分规划有：宣传展览中心及环境监测设施，具体位置待定。环境监测设施包括环境实验室、监督性监测前沿站、监督性流出物实验室、环境监测站及监督性监测子站。

8) 场地平整、边坡及截排洪规划

全厂暂按台阶式布置，厂区场地平整标高暂定为 12.00m，施工场地场地平整标高暂定为 15.00m。

二期工程施工时，需采用爆破方式进行场地平整。经与施工部门沟通，爆破作业的影响范围约 100m。经综合考虑，由于一期工程施工完成后形成的部分挖方边坡位于二期工程场地平整范围内，为避免爆破作业对一期工程的正常运行造成影响，该部分边坡的坡脚需与一期工程的控制区围栏保持至少 100m 间距。综上一期工程按照 1、2 号机组范围、厂址区域施工场地及一期工程东侧控制区围栏外 100m 的缓冲区为场地平整边界。

场地平整后，厂址西北侧形成最大高差约 7m 的人工填方边坡，厂址北侧、东侧及西侧形成最大高差约 20m 的人工挖方边坡，厂区和施工场地之间形成 3m 高的人工边坡。

在填方边坡坡底设置排水沟；在挖方边坡坡顶设置截水沟，坡脚设置排水沟。

9) 施工场地规划

施工临建场地包括核岛土建、核岛安装、常规岛土建、常规岛安装、BOP 建安、砂石料堆场、混凝土搅拌站及工程公司仓库区等。

厂址区域施工临建场地布置于厂址东侧，靠近次要进厂道路，其余施工临建用地需在厂外择地建设，具体方案待定。

施工生活区是施工期间土建及安装人员休息的场所，具体数值还待进一步落实，在厂外择地建设，具体方案待定。

施工期用水拟取自青堆镇净水厂。

施工期用电拟由南尖变低压侧引出单回 10kV 线路接入厂区内新建的临时变电站。

10) 厂址区域土地利用

辽宁庄河核电厂一期工程非居住区范围以反应堆厂房为中心，半径 500m。

辽宁庄河核电厂一期工程规划限制区范围以反应堆厂房为中心，半径 5km。

厂址土地利用现状类型主要为草地、耕地和农村宅基地，各类型用地面积暂缺。

11) 项目用海

用海区域集中在厂址南侧，用海方式包括填海造地用海、构筑物用海、围海用海、开放式用海及其他用海等。

12) 核电厂与当地规划发展的关系

辽宁庄河核电厂目前已列入国家《“十四五”现代能源体系规划》及《核电中长期发展规划（2023-2035 年）》开工备选项目。并列入辽宁省和大连市十四五规划纲要和能源规划中。

《庄河市国土空间总体规划（2023-2035）》草案中明确建设庄河南尖核电站。

综上，辽宁庄河核电厂与当地发展规划及国土空间规划相协调。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 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机组及其配套辅助设施。

4.1.2.2 厂区总平面布置

1) 厂区总平面布置

(1) 主厂房区

主厂房区分为核岛及常规岛，核岛包括反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、安全厂房、附属厂房、核岛消防泵房、应急柴油发电机 A 列、应急柴油发电机 B 列、SBO 柴油发电机厂房、应急空压机房及核废物厂房；常规岛包括汽轮发电机厂房、再生除盐水箱、仪用压缩空气储气罐、常规岛事故油坑、主变压器和降压变压器平台、主变备用相平台、辅助变压器区域及公用 10kV 配电间及 10kV 公用配电站。

(2) 配电装置区

配电装置区包括 500kV 开关站、220kV 开关站及网控楼，配电装置区位于 1、2 号机组北侧（建北方向，下同）。主变与配电装置区之间采用电缆沟连接。

(3) 冷却水设施区

冷却水设施区主要包括联合泵房、制氯站、虹吸井等各种水工设施。集中布置在 1、2 号机组南侧。

(4) 辅助生产区

辅助生产区根据有无放射性分为放射性辅助生产区和非放射性辅助生产区。

①放射性辅助生产区

放射性辅助生产区包括废物处理中心、放射性固体废物暂存库、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、放射性废油暂存库、放射性机修及去污车间、特种车辆库、放射源库及厂区实验楼等。

放射性辅助生产区集中布置于 1 号机组西北侧，远离厂前建筑区和其他设施区，位于全年主导风向的下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。

②非放射性辅助生产区

非放射性辅助生产区主要包括水处理设施区、仓库、机电仪修区及其它非放射性生产设施等。

水处理设施区：包括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、除盐水储存罐及污水处理构筑物。海水淡化预处理厂房及膜处理厂房集中布置在 1、2 号机组北侧；除盐水生产厂房及除盐水储存罐集中布置在 2 号机组东北侧，靠近海水淡化预处理厂房及膜处理厂房；污水处理构筑物布置在 2 号机组南侧，靠近虹吸井。

仓库、机电仪修区：包括非放射性机修车间、电仪修及专用工具库、综合仓库、棚库、龙门吊及环吊小车仓库、润滑油和油脂库及化学试剂库。集中布置在放射性辅助生产设施区西侧及北侧。

其它非放射性生产设施：包括保卫控制中心、新燃料组件运输中转贮存场地、辅助锅炉房、洗衣房及浴室、监督性流出物实验室、厂区附加电源柴油发电机厂房、公共气体贮存区 1、公共气体贮存区 2、氢气贮存及分配站、空气压缩机房、辅助锅炉房、厂区消防泵房及换热站。

保卫控制中心、厂区附加电源柴油发电机厂房、氢气贮存及分配站及厂区消防泵房集中布置在 1 号机组北侧；新燃料组件运输中转贮存场地及空气压缩机房布置在 2 号机组常规岛西侧；辅助锅炉房布置在 1 号机组常规岛西南侧，尽量靠近辅助变压器布置，方便电缆和蒸汽管道的接入；洗衣房及浴室布置在放射性辅助生产设施区北侧；公共气体贮存区 1、公共气体贮存区 2 分别布置在 1、2 号机组常规岛南侧；换热站布置在 1 号机组常规岛东侧。

（5）厂前建筑区

厂前建筑区包括综合办公楼、公共食堂及档案馆。厂前建筑区位于厂址东北侧，与主要进厂道路相接。

2) 竖向布置

厂区设计标高暂定 12.50m。场地排水采用有组织的管道或明沟排水系统，主厂区的雨水排水系统，按千年一遇降雨量设计，PMP 进行校核，并确保厂区排水满足在超设计基准水淹场景时厂区的防洪安全。

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、普通物料及新燃料的运输、氢气运输、日常通行及应急救援等，均采用公路运输方式。

为适应厂外运输及厂内厂房（车间）与厂房（车间）之间的货流及人行需要，厂区设干道、支道、车间引道及人行道。干道宽度为7m，支道宽度为4m，车间引道及人行道宽度根据建筑物出入口尺寸确定。干道及支道转弯内半径均不小于9m。重型路沿主厂房四周设置，并连接至大件码头，其转弯内半径不小于20m。

沿控制区和保护区围墙内侧、要害区围墙外侧，设置巡逻通道。

上述道路（除人行道外）兼作消防车道。

4) 实物保护

根据核电厂实物保护要求，厂区设置控制区围栏、保护区围栏和要害区围栏。

控制区围栏为单层铁丝网可视围栏，包围区域为主厂房区、循环水设施区及辅助生产设施区。

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、循环水设施区及大部分辅助生产设施。

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，部分利用核岛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、核岛附属设施及联合泵房。

控制区、保护区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。

控制区围栏的设置考虑工程分期建设的要求，相对独立设置。

5) 主要管廊管沟规划

包括重要厂用水进水廊道、重要厂用水排水廊道、循环冷却水进水廊道、循环冷却水排水廊道、废液排放管沟、综合技术廊道、主电源电缆廊道、辅助电源电缆廊道。

4.1.2.3 环境保护相关设施布置

环境保护相关设施除核岛厂房外，还包括放射性辅助生产设施、生活污水和生产废水处理设施、环境监测设施等。

1) 放射性厂房的布置

带有放射性的厂房有：废物处理中心、放射性固体废物暂存库、放射性机修及去污车间、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、放射源库、放射性废油暂存库、新燃料组件运输中转贮存场地、特种车辆库及厂区实验楼，上述子项集中布置于1号机组西北侧，远离厂前建筑区和其他设施区，位于全年主导风向的下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。

2) 污水处理设施的布置

污水处理构筑物位于 1、2 号机组南侧边缘，靠近虹吸井，避免对其它子项的影响。

3) 环境监测设施的布置

环境监测站及监督性监测子站分散布置在厂址周围，具体位置待定。

4) 应急指挥中心

应急指挥中心位于厂区西北侧，同时位于 500m 非居住区半径外，距离主要进厂道路较近。

5) 厂前建筑区

厂前建筑区位于厂址西北侧，与主要进厂道路相接，方便运输。厂前建筑区最南侧距离最近的放射性厂房约 161m，距离污水处理构筑物约 752m。

4.1.2.4 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它利用价值的土地，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、环境实验室等）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、挡土墙等，均进行绿化。

6) 利用本工程建设的时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少河（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

1) 废液排放口

废液排放采用冷却水和液态流出物混排的方式，排放口位于厂址南侧。

2) 废气排放口

气载流出物排放点为反应堆厂房气体排放口。

反应堆厂房气载流出物经过处理达标后，通过辅助厂房顶部的烟囱排入环境，烟囱的相对标高为 75.10m，绝对标高为 87.90m。

4.2 反应堆和蒸汽 — 电力系统

4.2.1 概述

庄河核电厂一期工程采用华龙一号。该核电机组由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛组成。

反应堆堆芯由 177 组燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，堆芯活性段高度 3.66m。为了展平功率分布，首循环按铀-235 富集度的不同分四区装载；各循环均使用固体可燃毒物钆，从第二循环开始堆芯采用低泄漏装载方式。堆芯燃料各区平均富集度将根据最终的堆芯燃料管理方案来确定。

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核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。庄河核电厂一期机组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系统失效。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，正确并保守地设计、建造、维修和运行核电厂。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核电站的在役检查、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提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。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针对设计基准可能已被超过的严重事故，以保证放射性的释放保持在尽可能低的水平。这一层次最重要的目的是保护包容功能。除了事故管理规程之外，还可以由防止事故进展的补充措施与规程，以及减轻选定的严重事故后果的措施来达到。

——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。在设计中，要求有适当装备的应急控制中心并编制厂内和厂外应急响应计划。

4.2.2 核岛

4.2.2.1 堆芯部件

庄河核电厂一期工程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，反应堆本体剖视图如图 4.2-1 所示。其中堆芯由 177 组 AFA 3G 燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，堆芯活性段高度 3.66m。

4.2.2.1.1 燃料组件

AFA 3G 燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架由 24 根导向管部件、1 根仪表管、11 个格架（2 个端部格架、6 个结构搅混格架及 3 个中间搅混格架）、上管座部件、下管座部件和相应的连接件组成。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。

4.2.2.1.2 相关组件

AFA 3G 燃料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。其中控制棒组件为可动式相关组件，其余为固定式相关组件。

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和卸压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。反应堆冷却剂系统流程图简图见图 4.2-2。

反应堆冷却剂进入反应堆压力容器后，在堆芯吊兰和反应堆压力容器壁之间的环形通道中向下流动，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，蒸汽发生器出口处的压力达到 6.73MPa（绝对压力）。

本工程的蒸汽发生器为 ZH-65 型，是立式自然循环 U 形管式。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，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，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。

箱内通常容纳水和以氮气为主的气体。采用氮气是为了保证箱内压力以及便于定期分析可能聚集的氢和氧的含量。

(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除余热；
- 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。系统流程简图见图 4.2-3。

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。系统流程简图见图 4.2-4。

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。系统流程简图见图 4.2-5。

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。

消防系统是为核电站可能发生火灾的场所提供灭火措施的系统。核电站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）、电气厂房消防系统（含电气厂房和运行服务厂房）、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机厂房及厂房内的系统和设备。

4.2.3.1 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为电能。本工程拟采用单轴、半转速、四缸六排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个高中压合缸（暂定）和三个双流低压缸组成，它与 24kV（暂定）、三相、50Hz 的交流发电机直接相连，汽轮发电机组转速为 1500rpm，额定功率 $\geq 1250\text{MW}$ 。

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

主蒸汽系统功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽输送至汽轮机发电，同时根据运行需要将主蒸汽输送至汽轮机旁路系统、汽轮机轴封系统、辅助蒸汽系统。

为了保护低压缸，减少对低压缸叶片的刷蚀，提高系统热经济性，在高压缸和中压缸（暂定）之间设置了两台汽水分离再热器。其主要作用是将湿度较大的高压缸排汽经分离

段除去水份，然后进入位于分离段上方的一级再热器、二级再热器接受再热，使蒸汽在流入中压缸（暂定）之前，温度得到提高。

凝结水系统是汽机热力系统的一个主要组成部分，它的主要功能是将凝结水从热井抽出，升压后送至低压加热器进行加热，同时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。

主给水系统的功能是将除氧器中满足蒸汽发生器温度、含氧量要求的给水升压，经过高压加热器向蒸汽发生器提供所需给水。

汽轮机旁路系统的主要功能是在汽轮机启动和停运、甩负荷、跳闸和反应堆紧急停堆等工况下，可将过量的主蒸汽排至凝汽器，平衡反应堆与汽轮机之间的功率差，确保机组的安全运行。

汽轮机回热抽汽系统的主要功能是利用汽轮机抽汽对凝结水和主给水进行加热，提高机组的热经济性，同时确保供至蒸汽发生器的主给水温度满足核岛的要求。机组配置 7 级回热抽汽，分别是两级高压加热器、四级低压加热器和一级除氧器。

4.2.3.2 凝汽器

汽轮机低压缸排汽、旁路系统排放蒸汽和其它汽水流体，进入凝汽器冷却和除氧。汽水凝结时的放热量由循环水带出，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。凝汽器由汽轮发电机组制造商成套供货。

凝汽器的热工设计符合美国热交换协会的法规和标准要求。凝汽器系三壳体、单流程、单背压表面式凝汽器，每个低压缸下部配有单独布置的凝汽器，三个凝汽器的热井由连通管相连。凝汽器是由喉部、壳体、水室、热井等组成的全焊接结构。凝汽器喉部与低压缸排汽口刚性连接，底部与混凝土基础采用刚性支撑。

凝汽器壳体由碳钢制成。三台 1 号和 2 号复合低压加热器布置在凝汽器喉部。

凝汽器换热管采用钛管，每台凝汽器壳体内布置有两组钛管管束。蒸汽在凝汽器钛管管束附近冷凝成水，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。

凝汽器热井布置在管束的下方，设计有足够的空间，流经管束下部的部分蒸汽能进入该空间，回流加热管束底部的凝结水，从而减轻传热过程中出现的过冷现象。凝汽器热井装有液位计，在现场可观测到热井水位；在热井内装有液位控制器，用以将液位信号反馈到主控制室。

为保证凝汽器冷却管的表面清洁，达到设计的换热效果，每组管束配备一套胶球清洗

装置，用以对冷却管内表面进行定期清洗。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水。

热废水为常规岛管道、设备等放水，可能带放射性，排至汽机房非含油废水池，经泵升压送至常规岛液态流出物排放厂房进行处理。

非放射性含油废水为汽机房检修、运行中产生的含油废水，排放至汽机房含油污水池，经泵升压送至含油生产废水油水分离池进行处理。

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、重要厂用水系统提供冷却水；向海水淡化厂房、制氯站提供生产原水；向滤网提供冲洗水；向制冷站提供冷却用水。循环水系统和重要厂用水系统采用海水直流冷却方式。

上述海水系统正常运行时的用水量详见表 4.3-1。

4.3.1.2 淡水用水

辽宁庄河核电项目一期工程淡水用水主要包括施工期间的生产用水、人员生活用水、消防用水和施工现场的降尘、洗车用水等，以及运行期间生产用水、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

1) 施工期间用水量

施工期间的淡水用水主要由施工生产用水和施工人员的生活用水组成。施工生产用水主要包括混凝土浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘等施工用水。

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 $2054\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1250\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量为 $438\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $4243\text{m}^3/\text{d}$ 。

2) 运行期间用水量

运行期间的淡水用水包括人员生活用水、生产用水、消防和绿化道路浇洒等用水。

运行期人员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、浴室用水等生活用水，最大日用水量为 $525\text{m}^3/\text{d}$ 。

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，最大日用水量为 9166 m³/d。

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 4300m³/d，最大日用水量约为 10231m³/d。

按照海水淡化一级反渗透产水计，本工程正常运行设计耗水指标为 0.023m³/s·GW。

（2）供水水源

施工期间淡水用水和运行期间人员的生活用水由青堆镇净水厂供给，生产用水由海水淡化厂房产品水提供；绿化、浇洒、洗车等用水由中水系统提供。

海水淡化厂房按照全厂 6 台机组共用设计，设计规模初步定为 19680 m³/d，其中一期工程设置 2 个系列，设计规模为 9840m³/d。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。

本工程正常运行期间道路浇洒、洗车用水日用水量约为 231m³/d。生活污水产生量约为 287m³/d，再生水产生量约为 258m³/d，可以满足道路浇洒、洗车等用水需求。

4.3.2 核电厂散热系统

取水明渠为 6 台机组共用，由取水防波堤、取水东堤及取水西堤组成。取水明渠口门处渠宽 310m，先是沿着取水东、西堤基本呈南北向布置，渠底宽 180m；然后通过转弯段过渡到核岛南侧近岸的取水明渠，基本呈顺岸的东西向布置，渠底最窄处宽 60m。取水口门朝西偏北，取水明渠设计底标高-9.0m（口门、明渠直线段及近大件码头位置）、-9.5m（近岸明渠区域），取水口门外原始泥面标高大致在-6.00m。取水西堤由口门起向北延伸与厂区南外护岸相接，总长约 2930m。取水防波堤与取水东堤相连，起于厂区南外护岸，由东西走向转为南北走向后至口门，总长分别为 1425m 及 2866m。一期工程在一期取水泵房附近设置一道临时隔堤，兼做取水防波堤。一期工程的取水临时隔堤、取水防波堤与取水东堤相连，总长分别为 370m、413m 及 2866m，取水西堤总长约为 2930m。

一期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 3550m，每孔过流净尺寸为 6.0m×5.5m（h）。

后续取排水工程平面布置将根据用海、环评等相关评审意见进行优化，待取得最终成果后更新完善。

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

辽宁庄河核电厂规划容量 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程拟采用我国自主研发的三代压水堆“华龙一号”技术方案，建设两台百万千瓦级压水堆核电机组。一期工程 2 台机组以发电机—变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入系统，发电机与主变压器之间装设发电机出口断路器。

本工程 500kV 配电装置选用 SF₆ 气体绝缘的全封闭组合电器（GIL）（暂定），采用一个半断路器接线。本期工程建设两台机组，建成 2 回变压器进线、4 回架空线出线，形成 2 个完整串，2 个半串；500kV 开关站最终拟建成 6 回进线，6 回出线，共 6 个完整串。

本工程辅助电源暂按 220kV 考虑，采用双母线接线方式。本期工程建设两台机组，设置两台辅助变，建成 2 回变压器进线，1 回架空线出线；最终拟建设 6 回辅助变压器进线接入 220kV 系统，形成 6 回变压器进线 2 回架空线出线。

最终方案应以接入系统审查意见为准。

220kV 厂外辅助电源，在机组正常启动和停机过程中作为优先电源（500kV 主电源）的后备电源。

当机组失去优先电源时，常备厂用设备切换到厂外辅助电源（220kV 辅助电源）。在机组正常运行时，如中压母线失去厂用进线电源，则由厂外辅助电源（220kV 辅助电源）通过辅助变向厂用负荷（常备厂用设备）供电。

在机组检修时，220kV 辅助电源可作为检修电源。

4.4.2 开关站的选型和布置

500kV 主开关站与 220kV 开关站布置在厂区北侧的开关站区域，其中 500kV 开关站以 500kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）与主变连接。为避免盐雾影响，主、辅开关站均选用室内型，配电装置采用 SF₆ 气体绝缘组合电器（GIS）。

主变压器、高压厂用变压器及其辅助变压器布置在汽轮机厂房附近。

4.4.3 与电力系统的连接

本工程以 500kV 主开关站作为发电和配电的连接枢纽，建设 6 回架空线，与外电网相连。

由于接入系统方案尚未确定，最终主接线方案应以接入系统审查意见为准。

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。
- 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，这取决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二个容量 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 8 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配系统（WCD）系统对贮水池进行补水。

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及活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化及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：

- 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）。

4.6.2.1 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）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，将高放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高放废液再注入反应堆厂房。

（2）系统描述

a) 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。

b) 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）的高放废液再注入反应堆厂房。

c) 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、电气厂房的地面疏水。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；

核岛放化实验室来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到 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）的高放射废液再注入反应堆厂房。

d) 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份的放射性废水。

除反应堆厂房的地面疏水被直接送到 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 化学排水接收槽。

e) 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。

f) 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

a) 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。

b) 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。

在反应堆厂房标高在 -6.70m 以上的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RVD003BA），再用泵（RVD014PO）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。

c) 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 化学排水接收槽。

d) 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。

反应堆厂房标高-3.40m 以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD011PS），疏水坑装有多个水位探测器，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（逻辑）。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

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-6.70m 以上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）。

位于反应堆堆腔和安全壳疏水坑（RVD011PS）之间的阀门（RVD608VE），正常情况下是关闭的，以便检测在反应堆冷却剂系统正常压力运行期间是否有泄漏进到堆腔里。

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，再用泵送至 ZLT 系统地面排水接收槽（ZLT003、004、005BA）。

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。

e) 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。

f) 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，本系统还可对来自 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 系统为单机组布置，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。

本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。

本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本系统前、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。

本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 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。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

ZBR 系统由三部分组成：

- 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

a) 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°C ，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；

— 如果冷凝液不合格，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氚浓度，当冷凝液放射性浓度低于排放限值送到核岛液态流出物排放系统（ZLD）排放，高于排放限值则送往废液处理系统（ZLT）处理。

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：

— 如果浓缩液合格，则用浓缩液泵 014PO 送到 RBM 系统作为补给硼酸用；

— 如果浓缩液不合格（硼含量远小于 7000ppm，但其他指标合格），则经浓缩液泵（014PO）返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；

— 如果浓缩液不合格（硼含量略高于 7700ppm），则可以用冷凝液稀释；

— 不合格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。

b) 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 的进料液转送到本系统的前贮槽，经本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，除盐水送入本系统的中间贮槽，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。

这项操作也是本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（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标准规定的限值，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。

— 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 27.2m³/h。地面排水量约为 5000m³/a，服务排水量约为 1250m³/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 8m³/h，去污因子为 10000~100000。工艺排水量约为 2250m³/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 4t/h，去污因子为 1000，处理废液量约为 1500m³/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 3×50m³，化学排水接收槽的容积为 3×50m³，工艺排水接收槽的容积为 2×50m³，工艺排水缓冲槽 1×20 m³（单机组分别布置），化学排水缓冲槽 1×20 m³（单机组分别布置），监测槽的容积为 2×50m³。

a) 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和、取样分析。

— 一台工艺排水泵（001PO），用于废液的混和搅拌、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管理限值时，也用其将废液送往过滤器 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，从而有利于下游的活性炭床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。

— 一台活性炭床 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。

b) 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、混和、取样分析和预处理。

— 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。

— 蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵 ZLT005PO、蒸发器预过滤器 ZLT001FI、一级预热器 ZLT003RE，二级预热器 ZLT006RE、加热器 ZLT010RE、蒸发器 ZLT001EV、蒸汽发生器 ZLT009RE、蒸汽压缩机 ZLT003CO、冷凝液冷却器 ZLT003RF、冷凝液缓冲槽 ZLT040BA 和冷凝液泵 ZLT040PO。

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。

c) 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、混和、取样分析及化学中和。

— 地面排水泵 ZLT002PO，用于废液的混和搅拌、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管理限时，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 IAW 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。

— 蒸发净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

— 除盐器是手动启动的，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

a) 核岛液态流出物排放系统逐槽收集下列来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地稀释排放。

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）。

— 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。

b) 当因环境稀释能力不足而要求延迟排放、或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物放射性浓度超过规定排放限时，可暂存液态流出物。

c) 将超过排放限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 1000m³ 的废液排放槽 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 ZLD007PO 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积流量计。

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。

排放管线厂房内的部分材料为不锈钢，TR 沟内的部分均为不锈钢。该管线上的其它设备的材料采用不锈钢。

（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环境稀释能力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限值时，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废水时，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，
- 废物处理中心（QS）的放射性废液和热洗衣房洗衣废液，
- 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。

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 WSR001/002BA 中。WSR001/002BA 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 WSR001/002PO 送往 ZLD 系统排放。

废水贮槽 WSR001/002BA 房间内的地坑 WSR003PS 收集的废液由地坑泵 WSR008PO 送往 WSR001/002BA。

WSR 系统 BOP 部分收集下列系统及场所的废液：

a) 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 WSR202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵 WSR202PO 送往 ZLT 系统的化学排水接收槽处理。

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 WSR201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 WSR201PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

b) 厂区试验楼排放废液

厂区实验楼排放废液靠重力流入厂区实验楼疏水箱 WSR203BA，经过混匀和取样分析后，由厂区实验楼排水泵 WSR203PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理。

c) 废物处理中心的放射性废液和热洗衣房洗衣废液

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 WSR003/004BA/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 WSR003BA/004BA/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 WSR608PS 中，然后由地坑泵 WSR608PO 将这些废液送到贮槽 WSR003/004/005BA 内。

超压机房间的地面疏水收集在 WSR609PS 中，然后由地坑泵 WSR609PO 将这些废液送到贮槽 WSR003/004/005BA 内。

（3）系统运行

— 核岛部分

当废水贮槽 WSR001/002BA 的液位达到高液位时，泵 WSR001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 WSR001/002PO 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

a) 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 WSR202BA 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 ZLT 系统的化学排水槽。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。

b) 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 WSR201BA 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，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽或 ZLD 系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

c) 厂区实验楼排放废液

厂区实验楼疏水箱 WSR203BA 的高液位信号自动启动泵。根据取样分析结果，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽。出现低液位信号时，自动停泵。

d) 废物处理中心的放射性废液和热洗衣房洗衣废液

废物处理中心贮槽 WSR003/004/005BA 达到高液位时，泵 WSR003/004/005PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 WSR003/004/005PO 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和均匀，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。

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；
- 为 RCS 系统充水、排水和进行水压试验。

(2) 系统描述

RCV 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。

a) 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，下泄流流过低泄孔板进行降压，再流过低泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在低泄热交换器的下游，通过低泄阀使下泄流的压力进一步降低。低泄阀的功能是保持其上游的压力，以防在低泄孔板的下游发生闪蒸。

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，可以再流过低泄除盐装置。

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。

两台离心式上充泵中的两台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。

b) 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与反应堆硼和水补给系统共同完成对反应堆冷却剂中硼浓度的控制，以补偿因温度变化、燃耗和氡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。冷却水泵和热交换器的冗余度为 3×100%。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统冷却回路的安全等级为 3 级。

a) 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）或两个冷却系列（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。

b) 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。

c) 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

a) 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 或 006PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF、002RF 或 003RF，然后返回到乏燃料水池。

— 过滤和除盐回路

— 表面撇沫和过滤回路

— 充水回路

b) 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。

根据乏燃料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 5m³/h。

— 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℃。

根据反应堆换料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 6m³/h。

4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（TTB）

（1）设计基准

a) 在正常运行时，TTB 系统水处理设计流量最高能达到 73.5t/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 24.5t/h）。

b) 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 10~73.5 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（即 45~56°C 左右）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 5 μ m 的过滤器，然后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 25 μ m 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

a) 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 10~73.5t/h 之间。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。

b) 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

换热器冷却，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限值时，可暂存液态流出物；

将超过允许排放限值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽 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，一个用于废液的混匀、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，也用于废液排放或将废液送回废液处理系统（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积流量计。

（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废液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，如果排放废液的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

贮槽废液放射性浓度超过排放限值，废液被送回 ZLT 系统化学排水槽作再处理。

当 WQB 系统的贮槽不能接收废水时，ZLD 的备用贮槽将用于接收常规岛的废液。

4.6.2.10 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。
- 废液的运输、收集、滞留、处理期间的衰变。

液态放射性流出物排放源项分两种工况（现实和保守）考虑：现实工况假设整个循环中主冷却剂比活度都处于 0.55GBq/t I-131 当量下，其结果称为现实排放源项；保守工况假设整个循环主冷却剂比活度都处于 4.44GBq/t I-131 当量下，其结果称为保守排放源项。

液态放射性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。

现实工况下一台机组除氚、C-14 外其他核素的排放量为 1.06E+00GBq/a，液态氚为 3.86E+04GBq/a，液态 C-14 为 10GBq/a；保守工况下一台机组除氚、C-14 外其他核素的排放量为 7.13E+00GBq/a，液态氚为 4.36E+04GBq/a，液态 C-14 为 2.68E+01GBq/a。

即使在保守工况下，本工程核岛及 BOP 液态流出物排放浓度为 4.01E+02Bq/L，常规岛液态流出物排放浓度为 5.41E+00Bq/L，说明核岛及 BOP、常规岛的液态流出物排放浓度能保证低于 1000Bq/L，满足我国核动力厂环境辐射防护规定 GB6249-2011 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排放量、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。

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 GB6249-2011《核电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 2×100%。
- ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成屏障 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。来自 RVD 系统集气管的含氢废气中的氧含量由缓冲罐进气总管上的两台氧分析仪连续监测。当氧浓度达到 1.5%至 3.5%时，触发主控制室内的报警信号，并在主控制室内记录该测量值。

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 0.005MPa （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 5.2~112.5 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）
- 核燃料厂房
- 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；
- 没有沾污的房间每小时换气次数为 0.5 次。

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

- 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进风口。

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）分别备有 1E 级的 AC 电源。

有抗震要求的设备部件采取特殊措施，如支吊架、基座等。设备安装符合空间的可达性、运行和维修计划的要求。

(3) 通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

·进风预过滤器

为送风气流中的大气除尘设置了预过滤器。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（或 HEPA 过滤器）上游，用来收集气流中粗颗粒灰尘，以提高高效过滤器的使用寿命，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。这些过滤器净化系数至少为 3000。

过滤器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。除非另有说明，过滤器介质使用玻璃纤维材料。单元过滤器放在碳钢涂漆的框架上或放在密封过滤小室（或箱体）中。

·碘吸附器

碘吸附器用于不同的 HVAC 系统，用来吸附气流中气载放射性碘。这些过滤器吸附甲基碘的净化系数至少为 1000。

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：

a) 安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统冷却安全壳内的设备。

CCV 系统所考虑热负荷主要来自反应堆厂房内的设备（包括堆坑和控制棒驱动机构区域）。为使混凝土内应力低于容许极限，混凝土的内外温差不得超过 40°C。在反应堆厂房内，CCV 系统作为一个再循环系统运行。

b) 安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳空气净化系统的设计，考虑了反应堆厂房内部发生放射性污染时，要减少空气中放射性污染浓度，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，经初效过滤器、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，空气吸自 CCV 送风干管，使其能利用安全壳连续通风系统（CCV）的预过滤器。只有在污染情况下，工作人员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 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由安装在混凝土小室内的净化机组和环形区的两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100% 的净化回路组成，包括：

- 电动隔离阀；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器（净化系数 > 3000）；
- 碘吸附器（净化系数（对甲基碘） > 1000）；
- 手动平衡阀。

两台容量为 100% 冗余配置的风机并联。每台风机后设止回阀，风机前设隔离阀。当 CUP 系统运行时，两台风机中一台及净化机组运行。

c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下三个子系统组成：

— 小扫气子系统是直流系统，在反应堆正常运行期间，它确保安全壳大气的净化，使排风经过高效空气粒子过滤器（HEPA）和碘吸附器的过滤。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 时，进行安全壳排气。

— 泄漏试验子系统，使用压缩空气系统（WAS）的空气给安全壳加压。

— 安全壳大气监测子系统。本系统能够完成下述功能：

- 监测安全壳大气的温度和压力。
- 用 IRM（电厂辐射监测系统）辐射监测设备监测安全壳的空气放射性污染水平。

d) 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。

e) 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事故排风子系统（一用一备），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 包括以下两个子系统：

1) 正常排风子系统由一台预过滤器（过滤效率：85%）、一台高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000 ）和配有止回阀的排风机组成。

2) 两个事故排风子系统的组成均包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000 ）；
- 一台碘吸附器（净化系数（对甲基碘） >1000 ）；
- 一台 100%容量并联的排风机，并配有止回阀。

f) 安全厂房控制区通风系统（VMO）

在正常运行期间，VMO 系统为直流式通风系统，对安全厂房控制区进行通风。在事故工况下，VMO 系统以低流量碘排风过滤系统运行。

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、冷却盘管、送风机），配有止回阀；

— 一台排风过滤器、预过滤器（过滤效率：85%）、高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000）；

— 三台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；

— 两台并联连接的 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；

— 排风过滤器、高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000）、碘过滤器（净化系数（对分子碘） >5000）；

— 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。

g) 核燃料厂房通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤系统运行。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 情况时，低流量排风与 RHR 泵及 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，系统的设计都能保持其功能。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 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

— 预过滤器（过滤效率：85%）；

— 高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000）；

— 平衡阀；

— 两台 100%容量并联的排风机，装有逆止阀；

— 一支通向烟囱的排气管，配有两个冗余设置的快速关闭阀门，在事故时把系统与室外隔离。

h) 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；

— 按辐射防护分级，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；

— 减少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溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

— 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。

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VNA 系统由送风机组、电气柜房间循环冷却机组、无碘污染房间的排风机组（称“正常排风”）、潜在碘污染房间的排风机组（称“碘排风”）、排烟机组、送风管道和排风管道及烟囱组成。

① 正常送风机组

正常送风机组由以下部件组成：

— 四台 50%冗余配置的空调机组，每台空调机组包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）

— 一台高效过滤器（其效率至少为 95%）

— 一台冷却盘管

— 一台风机

— 止回阀；

— 一台加热盘管，服务于 CSV 系统，由 WHD 系统提供热水；

— 加配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管道；

② 电气柜房间循环冷却机组

循环冷却空调机组，包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）

— 一台风机

— 一台冷却盘管，由 WSC 系统提供冷水

— 带有平衡阀和防火阀的通风管道。

③ 碘排风机组

两个容量为 100% 的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

- 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（过滤效率：85%）；
 - 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 > 3000）；
 - 一台碘吸附器（甲基碘净化系数 > 1000）；
 - 一台配有止回阀的风机；
- 带有平衡阀、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。

④ 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

- 四台并联的过滤器箱体，每台过滤器箱体包括：
 - 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
 - 一台高效过滤器（过滤效率：95%）；
- 四台 50% 冗余设置的风机，并联连接，并配置止回阀（两用两备）；
- 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

⑤ 排风烟囱

排风烟囱固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 75.1m，高出反应堆厂房 3m。

在烟囱中设有一个监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

⑥ 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电散热器和电加热器，以防止发生任何结晶的可能。

i) 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；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 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溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VRW 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统组成。

① 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、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（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；
- 一台配有止回阀的风机。

② 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、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（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；
- 一台配有止回阀的风机。

③ 碘排风子系统

碘排风子系统由 2 台 100%容量的机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的碘排风管路组成，每台机组包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；
- 一台碘吸附器（甲基碘净化系数>1000）；
- 一台配有止回阀的风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

j) 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。该系统三个独立的子系统：

- 冷区通风子系统
- 热区通风子系统
- 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。

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。

主通风管路包括下列主要设备和阀门，包括：

- 一台 100%风量的空调机组，包括：

一台预过滤器；

一台高效过滤器；

一台加热器；

一台冷却盘管；

一台送风机及相应阀门；

回风管路包括：

- 一台回风机及相应阀门；

排风管路包括：

- 一台直排风机及相应阀门；

热区通风子系统采用直流式全新风系统，该子系统包括：

- 一台 100%风量的送风空调机组，包括：

一台预过滤器；

一台高效过滤器；

一台加热器；

一台冷却盘管；

一台送风机及相应阀门；

- 一台过滤器箱体包括：

一台预过滤器；

一台高效空气粒子过滤器；

- 一台排风机及相应阀门；

制冷机房通风子系统为循环冷却系统，设置一台循环冷却机组，循环冷却机组的主要作用为：当 WNC 制冷机组工作时，维持房间一定温度。

4.6.3.3 放射性废气排放源项

气载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）。

现实工况下一台机组的惰性气体排放量为 $9.76\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为 $1.13\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为 $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为 $4.29\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为 $2.20\text{E}+02\text{GBq/a}$ ；保守工况下一台机组的惰性气体排放量为 $5.85\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为 $5.82\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为 $9.36\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为 $4.84\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为 $3.65\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

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 6249-2011
- 《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、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》 GB 36900.2-2018

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，经封盖和检测后通过屏蔽运输车转运至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 厂房的废树脂贮槽中，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，经封盖和检测后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NH 厂房直接装入容器桶，然后送到废物处理中心贮存衰变，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 厂房进行烘干后装入 200L 金属桶。

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，经封盖和检测后送至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，装入塑料袋送到固体废物暂存库进

行贮存衰变，等待清洁解控。

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→送固体废物暂存库暂存。

（3）固体废物暂存库

固体废物暂存库用于暂存四台华龙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。

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。

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、TTB 废树脂桶贮存区、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，随后用浓缩液泵装入 200L 钢桶进行桶内干燥，经封盖和检测后用屏蔽运输车运送到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 厂房的废树脂贮槽。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通过计量泵送往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送到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辊道送到固体废物暂存库暂存。

(5) 废物包暂存

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，现实工况基于运行经验反馈数据的平均值，设计工况基于经验反馈数据的最大值。

经分析，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，在分析固体废物设计源项的过程中，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，而不用于辐射屏蔽设计。

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

核电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等），“华龙一号”核电厂单台机组年产生杂项干废物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

4.6.4.2.2.1 控制放射性废物产生的设计措施

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。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入容器桶中，送到废物处理中心进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，进行清洁解控。

— 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。

— 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

计划每两年向放射性废物处置场运输一次（多批）废物包，放射性固体废物的运输起点为庄河一期项目的固体废物暂存库，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，公路运输的经验表明，事故发生率很低。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处置前进行论证，放射性废物的处置将遵守国家的区域处置政策。

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、乏燃料贮存水池、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。

乏燃料贮存在乏燃料贮存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，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。

乏燃料贮存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。

在乏燃料贮存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乏燃料组件和换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。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面有否渗漏。

在正常情况下乏燃料贮存水池充满含硼水，以保证乏燃料贮存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。

在乏燃料贮存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》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故障期间，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。在设计中摒除了事故工况下置信部分水池中可溶硼的方法来保证临界安全，即在 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) 乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；

- (3) 防止不属于提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，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，应使得乏燃料贮存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、外部灾害的防护措施；
- (14) 乏燃料贮存水池的设计，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) 在乏燃料贮存水池中设有多道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。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

4.6.5.3 乏燃料水池的冷却和处理

乏燃料水池的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、乏燃料贮存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贮存水池内的腐蚀产物、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，反应堆换料水池及乏燃料贮存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恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

2) 系统的设计基准

乏燃料水池冷却和处理系统的设备为为功能等级 F-SC2，屏障等级 B-SC3；与余热排出系统连接的管路以及带隔离阀的安全壳贯穿件为为功能等级 F-SC1，屏障等级 B-SC2；在安全壳内的所有其他部分为功能等级 NC，屏障等级 NC。

该系统设有三台同样的泵，每台泵可提供 100% 的流量；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。

乏燃料贮存水池冷却系统的设计，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

为满足辽宁庄河核电厂一期工程的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理，用于生产淡水的海水淡化系统所需的原料海水也需要进行一定的预处理。

化学处理的主要方法是在系统中加入一定量的混凝剂、絮凝剂、杀菌剂、阻垢剂、还原剂、树脂再生用酸碱药剂、调节 pH 值用酸碱药剂、除氧药剂、污泥脱水用药剂等，以保证相关工艺系统的正常运行。这些化学物质的最终产物也将随着排水排入到环境中去。

4.7.1.1 化学处理系统设计

辽宁庄河核电厂一期工程释放到环境中的化学物质主要产生于海水淡化系统、除盐水生产系统、循环水处理系统、凝结水精处理系统等。

(1) 海水淡化系统

海水淡化系统的原水取自海水，主要功能包括：提供除盐水生产系统原水、提供全厂生产水。海水淡化系统采用“混凝沉淀+V 型滤池+超滤+海水膜反渗透+淡水膜反渗透”工艺。海水淡化系统浓盐水最大排放量约为 599 m³/h。

海水淡化系统加入的化学物质主要为次氯酸钠、聚合氯化铁、聚丙烯酰胺、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 Na_2SO_3 。海水淡化系统的酸碱废水经中和处理达标（pH 调节至 6~9）后排放。

经过海水膜反渗透装置处理的一级产水再经淡水膜反渗透处理后一部分供向除盐水生产系统，一部分调质后供给生产水系统。

(2) 除盐水生产系统

除盐水生产系统提供符合水质水量要求的除盐水。

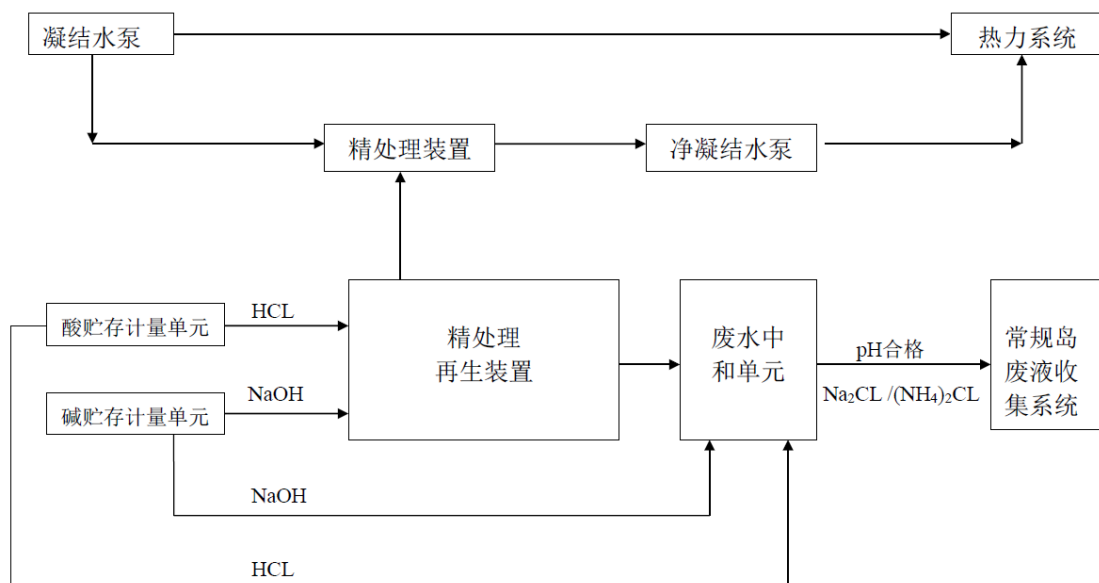
除盐水生产系统原水来自海水淡化系统产水，再经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。除盐水生产系统使用的化学物质主要为盐酸和氢氧化钠，用于树脂再生后的酸碱废液收集于废水中和池，废液经过中和处理后，pH 值达到 6~9 后排放，排放水质指标符合《辽宁省污水综合排放标准》(DB 21/1627-2008)。

(3) 循环水处理系统

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，在联合泵房进行连续加氯使循环水系统及重要厂用水的海水中的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。

辽宁庄河核电厂一期工程采用电解海水的工艺来获取次氯酸钠，海水经过滤网过滤后进入电解系统。从次氯酸钠发生器中出来的次氯酸钠溶液进入次氯酸钠贮箱中，氢气在其中被分离出去，稀释后排入大气。次氯酸钠溶液从贮存箱中通过加药泵进入加药点。

(4) 凝结水处理系统



4.7.1.2 废水来源与排放

辽宁庄河核电厂一期工程排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 循环水处理系统；
- 海水淡化系统的浓盐水、酸碱等化学废水；
- 除盐水生产系统的酸碱废水；
- 凝结水精处理系统；
- 核电厂有关厂房的液体流出物及系统排污水处理；
- 核电厂洗衣房的排水。

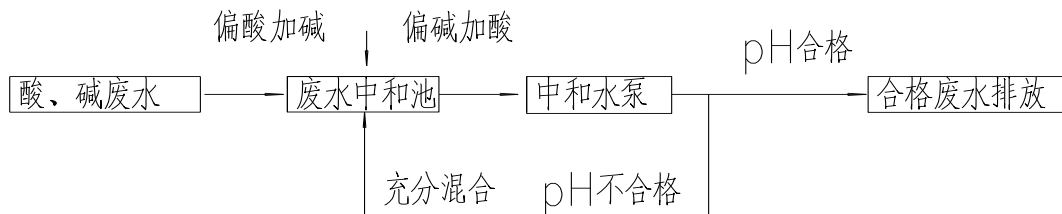
4.7.1.3 化学物质处理流程图

上述化学物质的处理，主要包含酸碱中和处理、三废系统化学物质处理三部分。

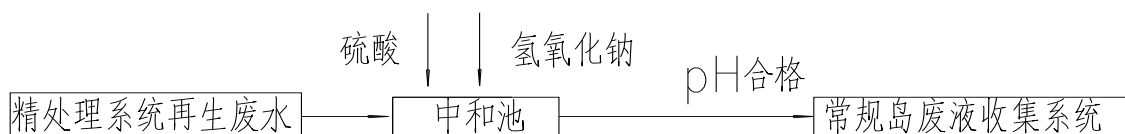
酸碱中和处理：酸、碱药液分别通过加碱和加酸进行中和处理，使 pH 值达到 6~9 排放。处理容量满足一次再生酸碱废水总量。

三废系统化学物质处理容量：满足辽宁庄河核电厂一期工程（华龙一号）的三废排放需求。

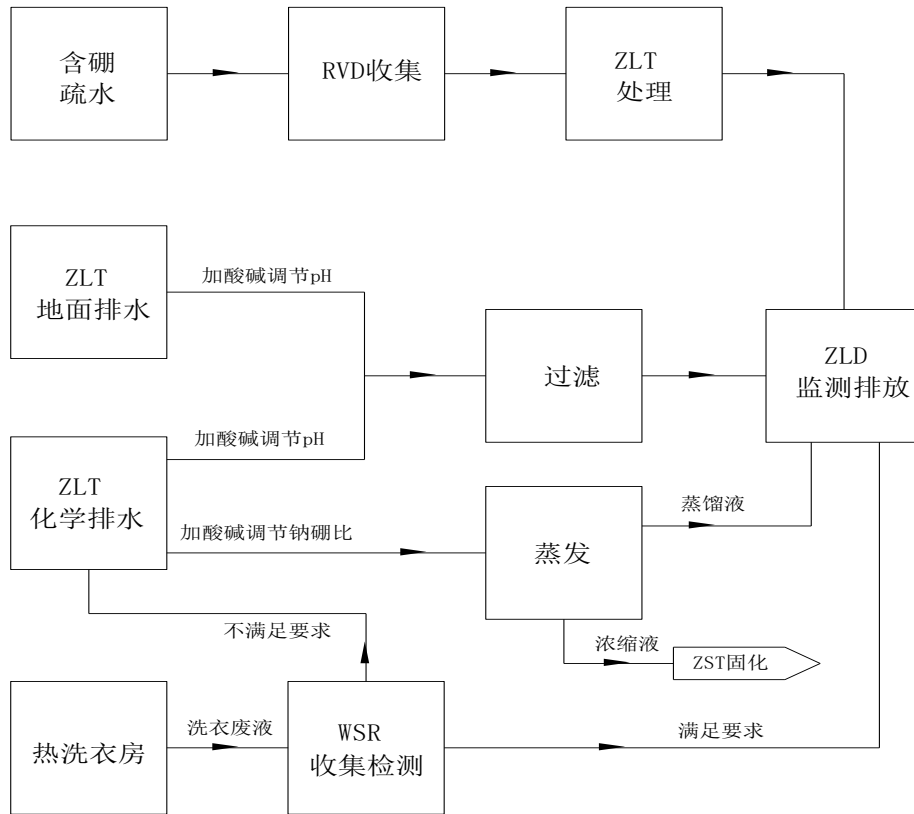
除盐水生产系统、循环水处理系统的酸碱中和处理流程图如下：



凝结水精处理酸碱废水处理简易流程图如下：



三废系统化学物质排放系统图如下：

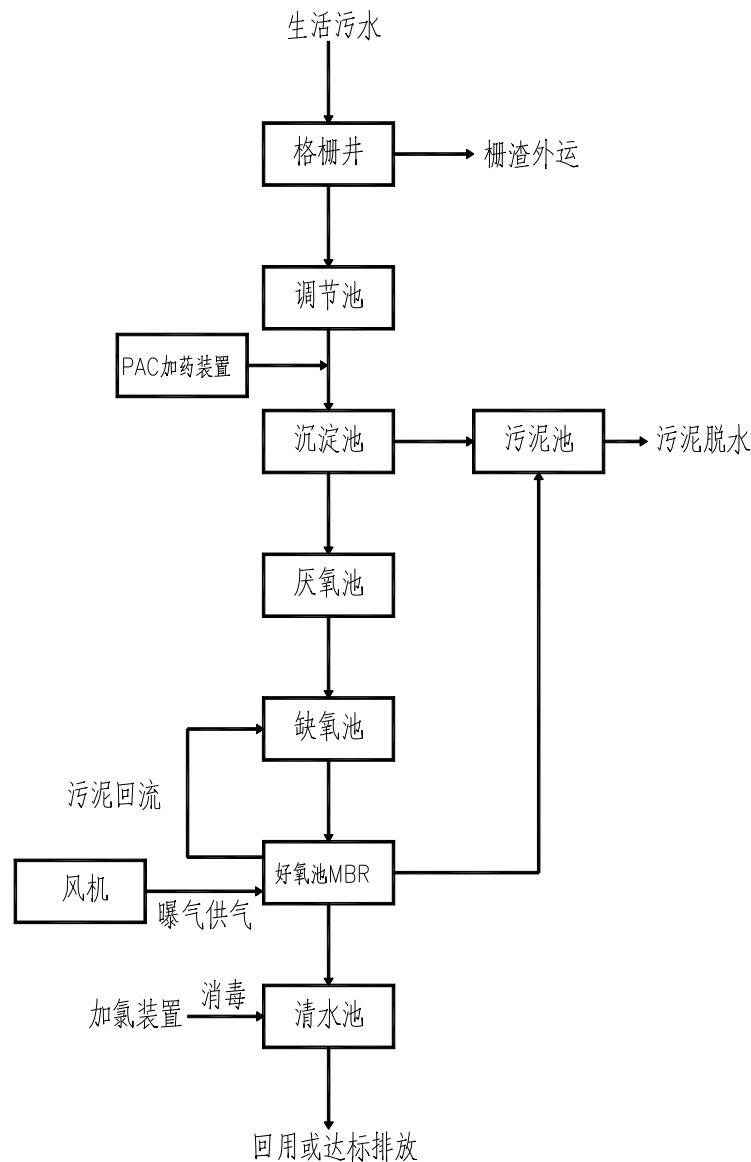


4.7.2 生活废物

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通过相应污水管网汇集至污水处理构筑物。生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海，排放水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准。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 m³/d，大修和启动工况增加至 446m³/d。生活污水处理站总设计规模 1500 m³/d。污水处理构筑物主要工艺流程图如下：



4.7.3 其他废物

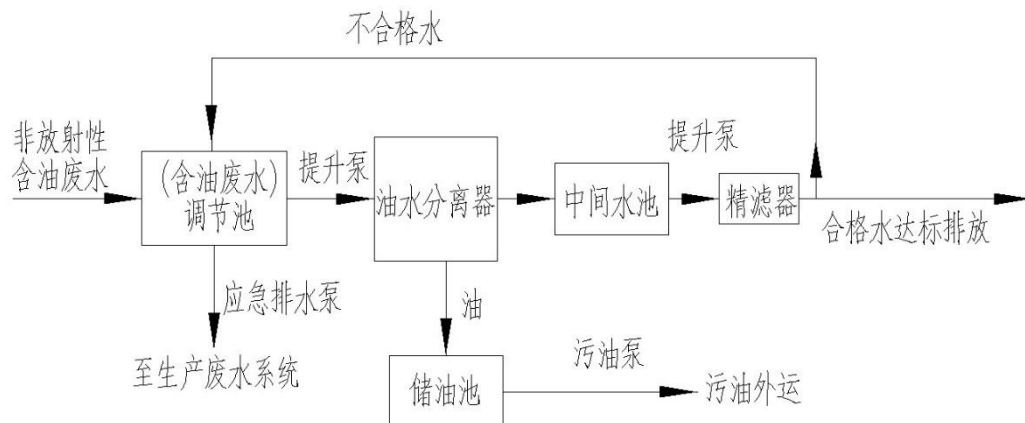
本工程运行期产生的其它废物主要为非放射性含油废水、废油、固体废物等。

本工程非放射性生产废水包括除盐水生产厂房树脂再生废水、制氯站酸洗废水、设备冷却水系统检修排水、冷冻水系统检修排水、非放射性含油废水、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。非放射性生产废水中污染物种类主要有化学需氧量（ COD_{Cr} ）、总氮、氨氮、总磷、生化需氧量（ BOD_5 ）、悬浮物（SS）、阴离子表面活性剂、色度、pH、石油类。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至非放射性含油废水处理站。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中的标准（含油类 $<3\text{mg/L}$ ），排

入非放射性生产废水处理站处理；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 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

非放射性含油废水处理流程图如下：



本工程拟新建非放射性生产废水处理站，非放射性生产废水单独收集，汇集至新建非放射性生产废水处理站进行处理达标后排放，有条件情况下可回用。非放射性生产废水其水质达到满足《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，排入室外管网，最终排至大海。新建非放射性生产废水处理站考虑全厂共用。

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业废物。

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。海水淡化处理和生活污水处理过程中产生的污泥，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。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，定期外运处理。

海水淡化膜处理工艺设计采用超滤膜组件和反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，超滤膜元件、反渗透膜元件的使用年限为5年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经海水淡化处理工艺用过的废弃膜元件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。

除盐水生产过程中产生废弃的离子交换树脂，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。

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。

4.8 放射性物质运输

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

本项目选用的新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

首循环 177 组燃料组件，平衡循环每次换料 72 组。

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。每台新燃料容器可装载 2 组新燃料组件，每台机组采用 36 台容器运输，每一年半运输一次，可满足要求。

4.8.2 乏燃料运输

从核电站卸下的乏燃料在乏燃料贮存水池暂存若干年后，将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池作后处理前的暂存。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，一般不需要做经常性的运输，需要换下来的可以存放在乏燃料贮存水池内，在反应堆退役时作为废弃物运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，平衡循环每 18 个月平均换料 72 组燃料组件。按平衡换料数量考虑，如使用可装载 21 组组件的乏燃料运输容器，

2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

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。如果后处理厂选在中核四 0 四有限公司，可采用公铁或公铁海联运的运输方式。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

辽宁庄河核电厂一期工程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。

废树脂和废活性炭收集在 NH 厂房和 QF 厂房的废树脂贮槽中，NH 厂房废树脂通过屏蔽运输车转运至 QF 厂房废树脂接收槽中，在 QF 厂房进行锥形干燥器烘干处理，干燥后树脂装入 200L 钢桶。正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NH 厂房直接装入容器桶，然后送到废物处理中心贮存衰变，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 厂房进行烘干后装入 200L 钢桶。废树脂、废活性炭的槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。在装载时，废树脂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。废树脂运输槽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 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，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，经桶内干燥器烘干形成装有烘干盐的 200L 钢桶废物包，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 后暂存。废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心处理后产生的 200L 钢桶桶装废物用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。运输废物的屏蔽运输车装载废物后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，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，保证运输过程中的安全。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后产生的 200L 钢桶桶装废物通过辊道转运至固体废物暂存库暂存。

辽宁庄河核电厂一期工程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的混凝土 HIC，装有水泥固定的废过滤器芯以及超级压实后水泥固定的杂项干废物的 200L 钢桶。其中，废滤芯和杂项干废物产生的 200L 钢桶废物包送至固体废物暂存库暂存，废树脂、废活性炭和浓缩液处理后产生的 200L 钢桶废物包用辊道或屏蔽运输车送至固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。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。

计划每两年向放射性废物处置场运输一次（多批）废物包，首次运输时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为庄河一期项目的固体废物暂存库，运输终点为放射性废物处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率很低。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处置前进行论证，放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》的要求。

表 4.3-1 海水用水量

单位：(m³/h)

机组 编号	单机容量 (MW)	夏季凝汽 器冷却水	冬季凝汽 器冷却水	辅助 冷却 水	重要 厂用 水	海水 制氯 用水	鼓网 反冲 洗水	海水 淡化 用水	总水量	
									夏季	冬季
1	1200	239400	151200	6000	3800	70	600	10790	260660	172460
2	1200	239400	151200	6000	3800	70	600	10790	260660	172460
合计	2400	478800	302400	12000	7600	140	1200	21580	521320	344920

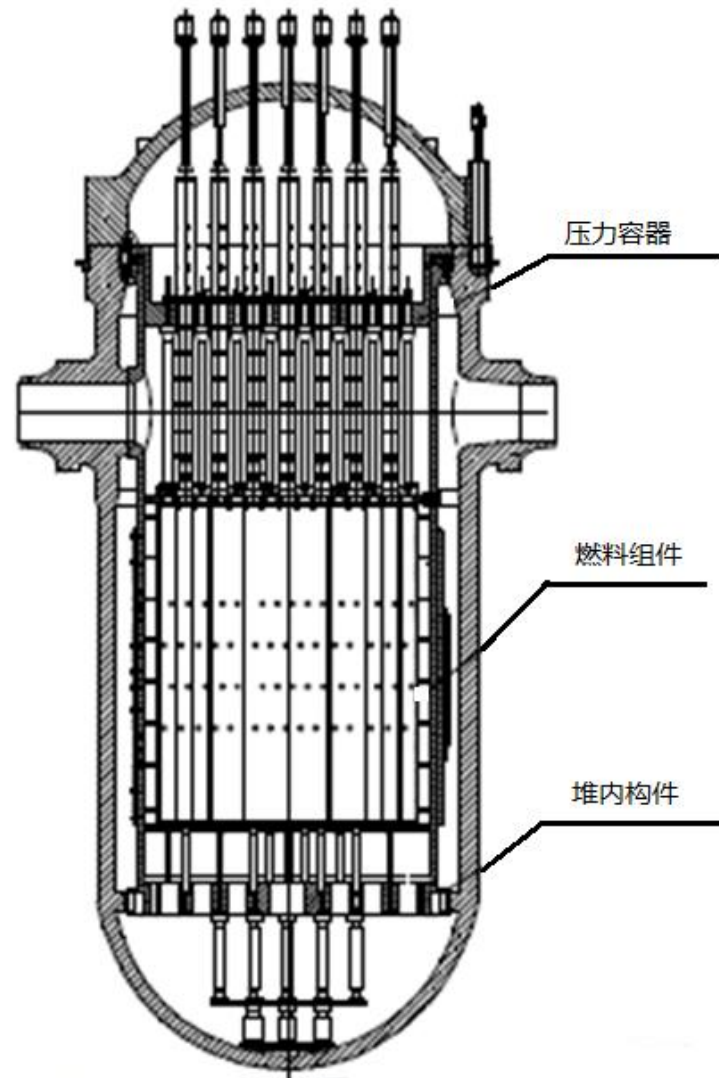


图 4.2-1 反应堆本体图

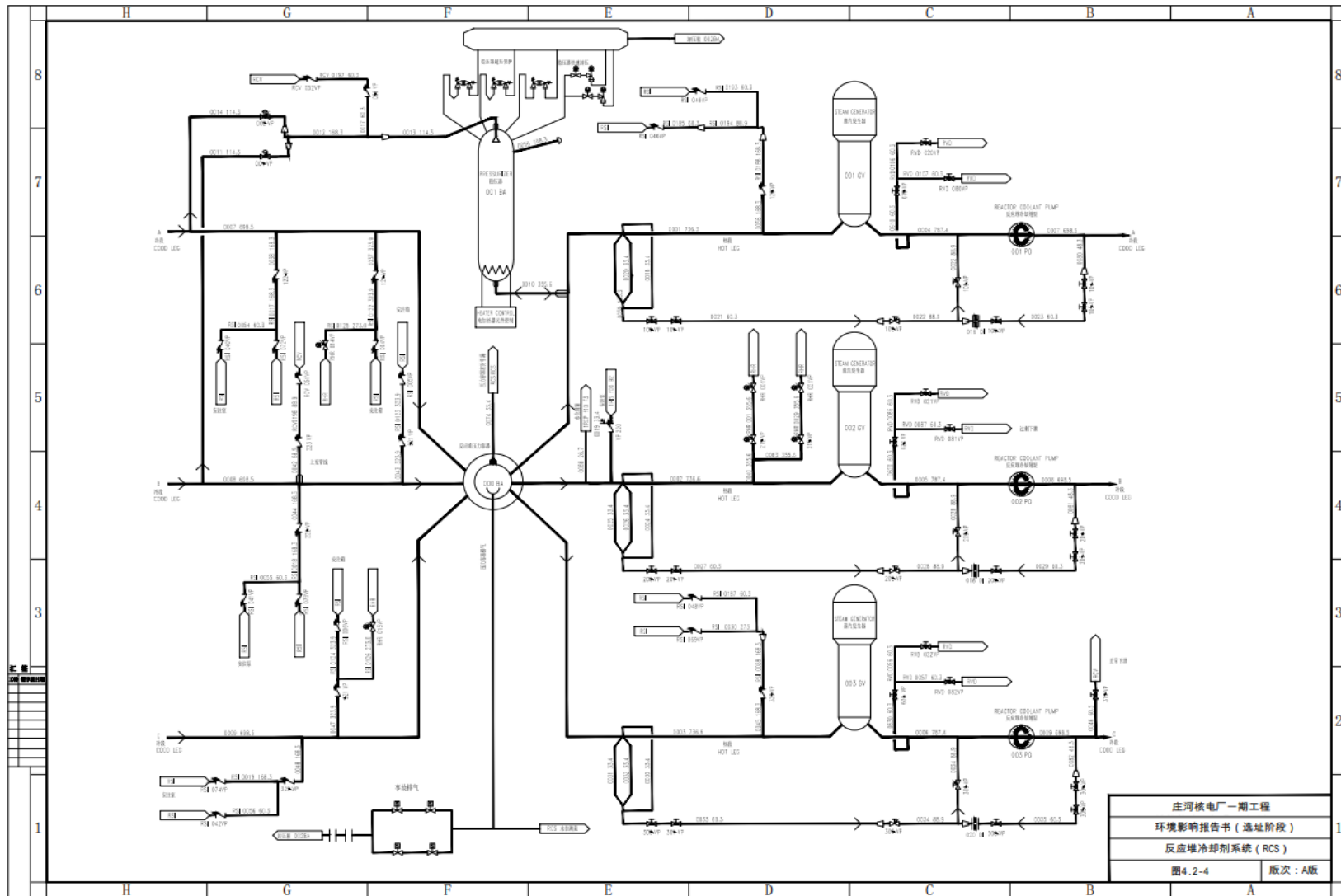


图 4.2-2 反应堆冷却剂系统流程简图

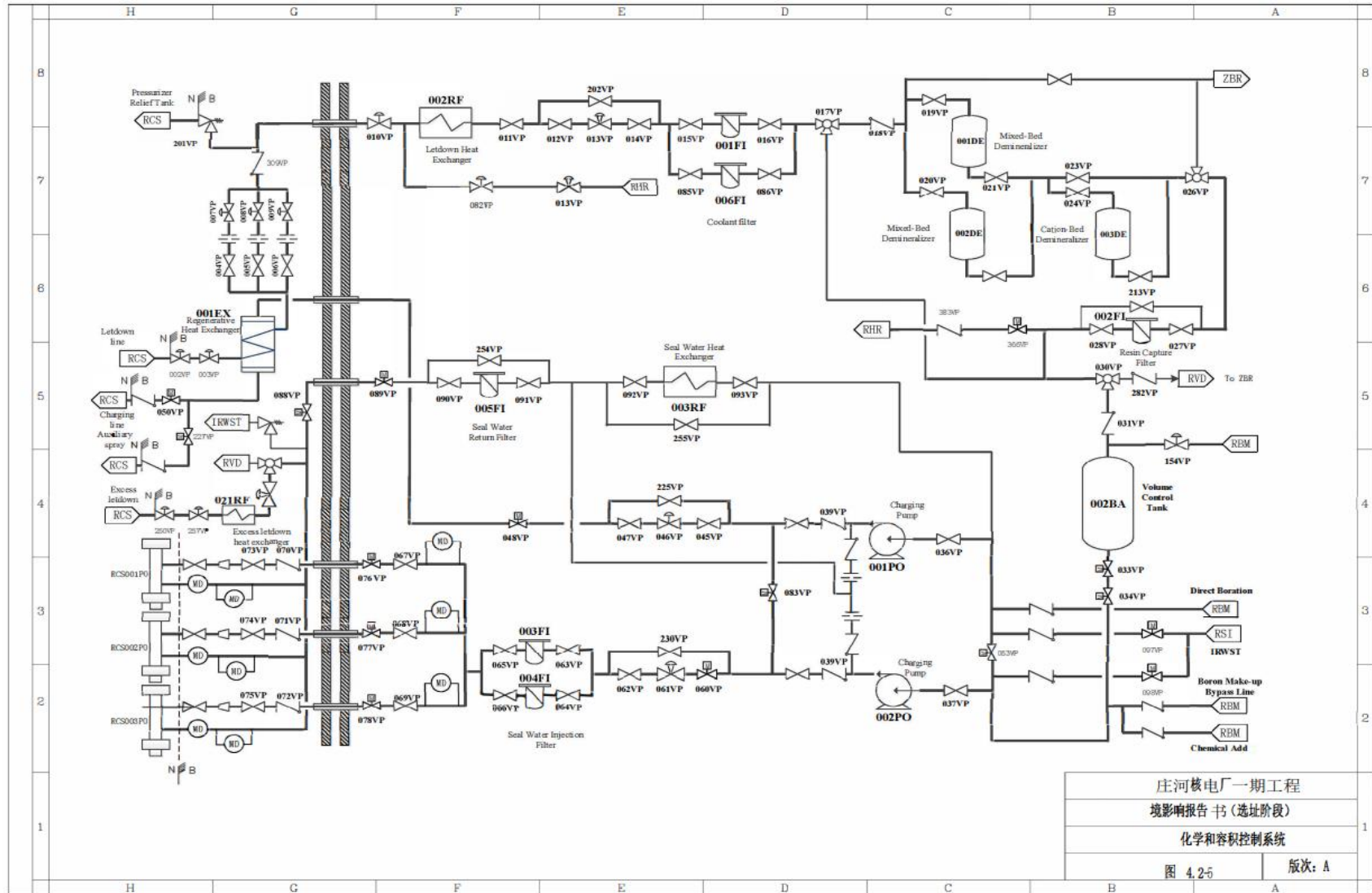


图 4.2-3 化学和容积控制系统流程简图

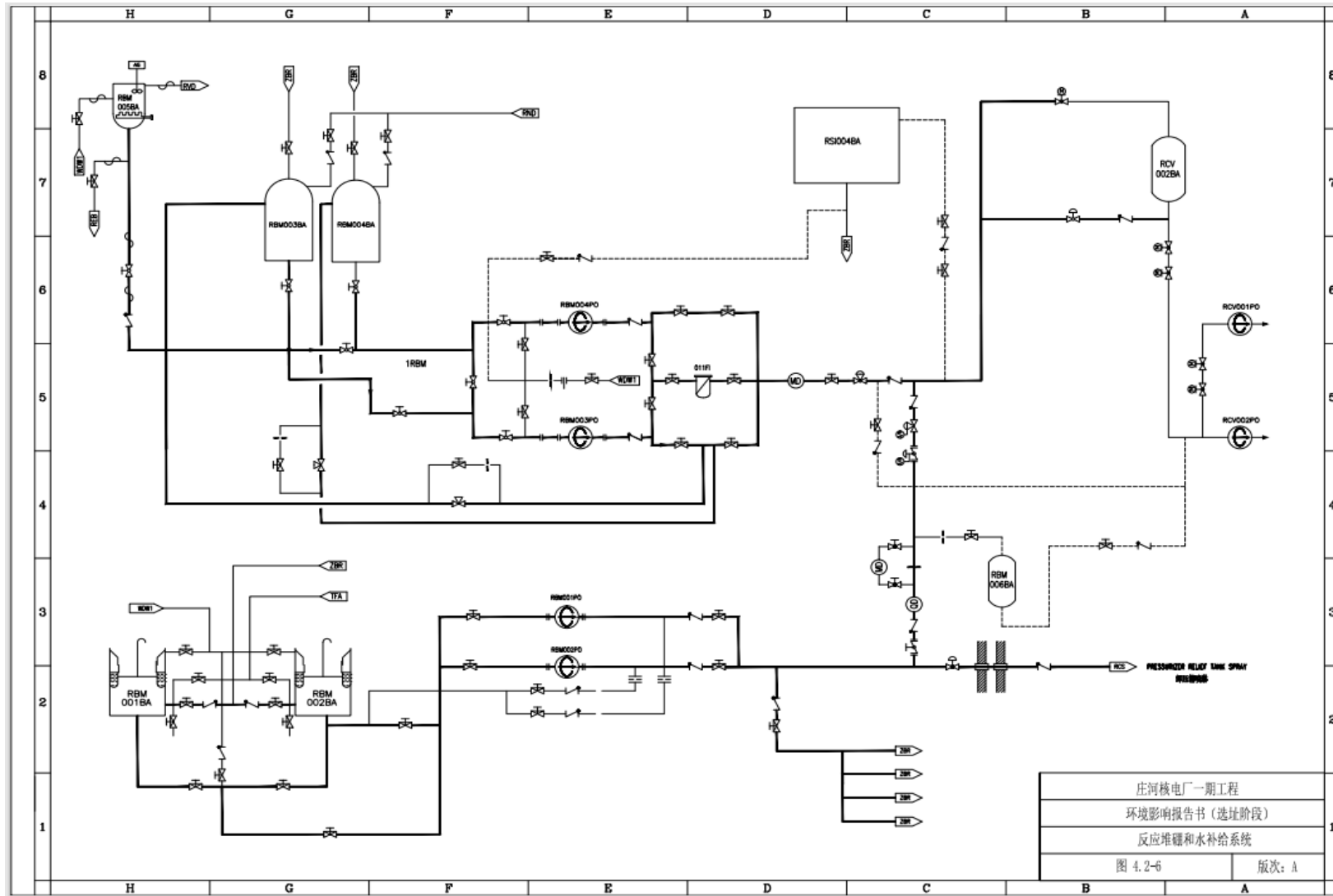


图 4.2-4 反应堆硼和水补给系统流程简图

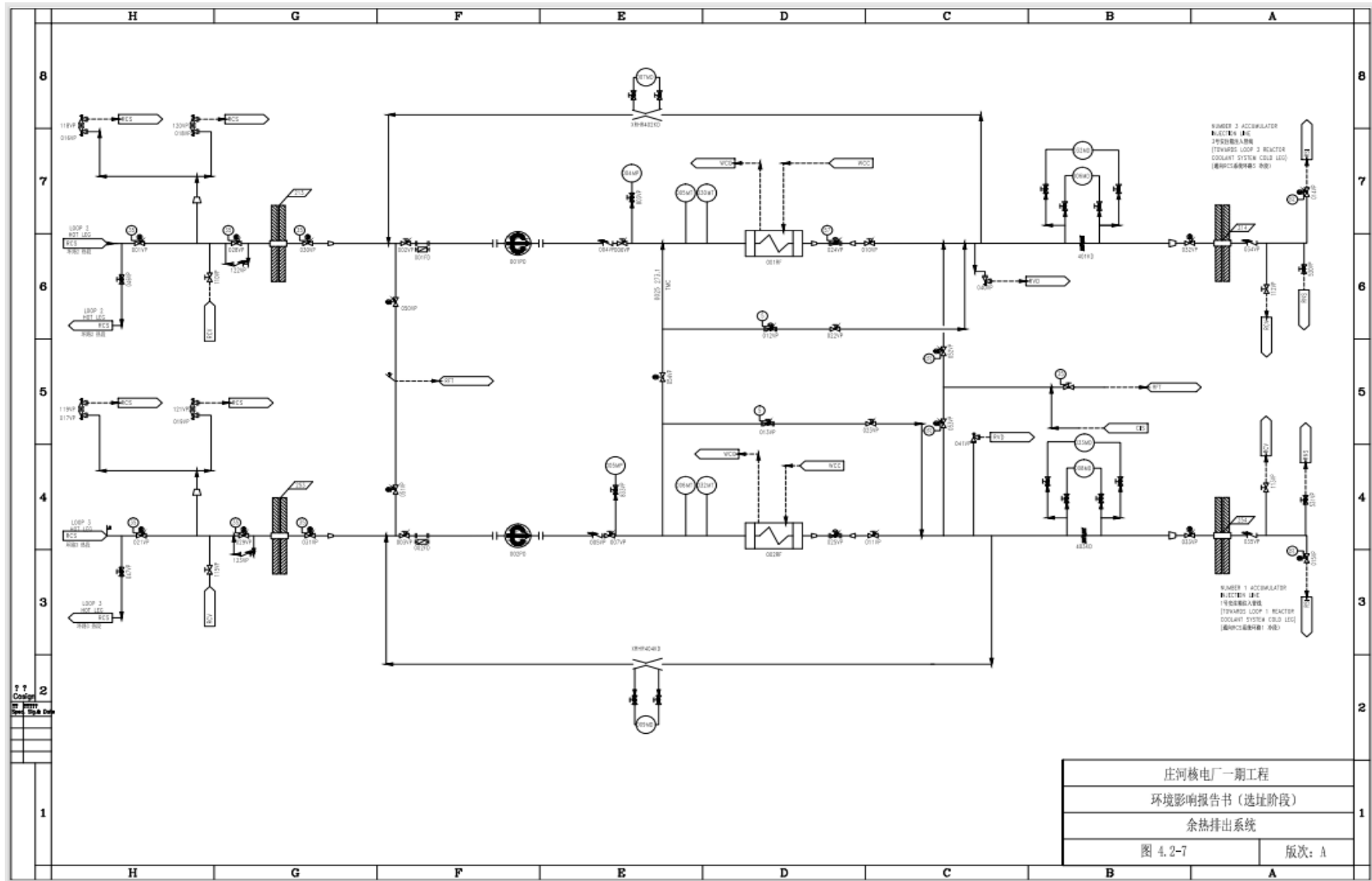


图 4.2-5 余热排出系统流程简图

第五章 核电站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

5.2 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

5.3 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 非放射性物质的控制措施

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 施工期的大气噪声监测方案

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

本工程施工建设会改变用地范围内（包含征地范围及租地范围）的土地利用类型，从原本的草地、耕地和农村宅基地变更为建设用地；由于非居住区边界内涉及拆迁，因此拆迁相关用地的土地利用类型后续也会发生变化。

除土地利用类型外，施工建设会将用地范围内现状高程为-1.9~40.794m的土地平整为12.00m及15.00m的场地。

5.1.2 施工建设占用土地情况

1) 厂址用地规模

辽宁庄河核电厂厂址用地类型主要为草地、耕地和农村宅基地。

2) 土地利用合理性分析

(1) 本工程已被列入辽宁省十四五规划重大能源工程清单。也是《庄河市国土空间总体规划（2023-2035）》中明确建设的项目。

(2) 满足两台华龙一号机组的建设要求。

(3) 厂房集中布置或合并是节约用地的有效措施之一，总平面布置在满足消防、防爆、卫生防护及工艺要求的条件下，安排生产厂房与其联系紧密的辅助设施、管理设施进行联合，组成联合厂房或多层建筑。

(4) 核电厂系统复杂，室外管线较多。为避免都采用直埋敷设占用大量的平面空间而造成用地浪费，将性质将近、不相互影响的管线尽可能共沟敷设。

(5) 通过合理紧凑布置总平面，避免占用厂址周边的基本农田，尽量减少填海造地。

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，场地平整标高暂定12.00m。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

本工程拟按 1、2 号机组范围向东 100m 及施工场地为平整边界，挖方约 291.69 万 m³（实方），填方约 186.51 万 m³，海工工程量约 570 万 m³ 石方，福建漳州核电站 1、2 号机组场地平整按六台机组的规模一次完成，挖方量为 2535.95 万 m³，场地填方量为 1538.35 万 m³。福建漳州核电站 1、2 号机组施工量远大于本工程，用于施工期间对本工程大气的环境影响进行类比具有包容性。

根据 2015-2023 年福建漳州核电站 1、2 号机组的施工期监测结果及数据分析（已包括施工最严重阶段），无组织排放源各监测点的 SO₂、NO_x 和颗粒物浓度满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”要求。

环境空气监测点的 SO₂、NO₂、NO_x 和 CO 小时浓度及日均浓度可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求；TSP、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 日均浓度除施工初期 2015-2017 年厂区内的办公楼以及人家村部分时间不满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求外。其余时间及点位可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求。

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。

本工程将对附近居民点进行搬迁，搬迁后的最近居民点为 1.1km 距离处的兴隆村孙屯，距离较远，预计施工期的大气环境不会对居民点造成影响。

5.1.3.5 对声环境的影响

本工程拟按 1、2 号机组范围向东 100m 及施工场地为平整边界，挖方约 291.69 万 m³（实方），填方约 186.51 万 m³，海工工程量约 570 万 m³ 石方，福建漳州核电站 1、2 号机

组场地平整按六台机组的规模一次完成，挖方量为 2535.95 万 m³，场地填方量为 1538.35 万 m³。福建漳州核电站 1、2 号机组施工量远大于本工程，用于施工期间对本工程大气的环境影响进行类比具有包容性。

根据 2015-2023 年福建漳州核电站 1、2 号机组的施工期监测结果及数据分析（已包括施工最严重阶段），施工场界噪声排放均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准要求。

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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）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。

本工程将对附近居民点进行搬迁，搬迁后的最近居民点为 1.1km 距离处的兴隆村孙屯，距离较远，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 1063m³/d，拟接入市政污水管网排放处理。施工生产用水主要用于消耗和重复利用。施工生产废水除混凝土浇筑、养护、冲洗机具、降尘等损耗外，冲洗砂石排水沉淀后复用。

因此核电站施工对水环境无明显影响。

5.1.3.7 产生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。

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 1250m³/d，施工现场降尘和洗车用水量为 438m³/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 4243m³/d。

3) 供水水源

施工期间淡水用水由青堆镇净水厂供给；降尘、浇洒、洗车等用水由中水系统提供。

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》（送审稿），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

5.2.2.1 海域施工的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取水明渠导流堤、排水暗涵、大件码头、护岸、临时施工围堰等海工工程施工。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。

5.2.2.2 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水环境的影响：

1) 减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

- a) 避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
- b) 将施工期环保要求列入招投标内容。

2) 减轻疏浚过程对海域环境影响的环保措施

a) 基槽和爆破挤淤淤泥清淤时，建议尽量采用抓斗式挖泥船并尽量采用封闭式抓斗挖泥船，以减少悬浮泥沙入海量。

b) 施工过程中合理安排施工进度和选用施工器具，如在不影响施工进度情况下尽可能选用较小的抓斗，设置拦污屏等防护措施，尽量将悬沙影响和溢油风险降至最低。

c) 开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发现，应立即采取措施。

3) 施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

a) 施工船舶含油污水不能随意排放，对于未安装油水分离器的小型船舶，可考虑施工期在岸上增设油水分离和处理设施。

b) 施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。

c) 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

d) 根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达 GB3552-2018《船舶水污染物排放控制标准（发布稿）》要求后到港外排放，禁止在港内排放。

e) 重件码头到港船舶未配备油水分离处理设施，或因故障未能正常运行的，应直接交予有资质的含油污水接收处理船接收处理。

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；
- 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，应总结前期施工降噪经验，用于本期工程施工建设中；应严格遵守土石方爆破《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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），并按照 GB12523-2011 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

本工程施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。石料加工场及冲洗机具排水经过沟渠进入沉淀池，经过二级沉淀后复用。

施工期间施工临建区的生活污水最大日产生量约为 1063m³/d，拟接入市政污水管网排放处理。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 非放射性物质的控制措施

对于需进行表面处理的设备、管道、钢材等，要求设备承包商在出厂前进行处理，必须要在现场处理的，由施工单位严格执行化学物品使用管理规定，对其使用量严格控制。

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~40.794m。场地平整后形成的边坡，高度一般在 1m~20m，边坡坡率按建筑边坡工程相关标准规范选用。

5.3.8 水土保持措施

厂区场地平整前，对厂址区域占用耕地、林地等可剥离表土的场地进行表土剥离，表土集中堆放。

对临时堆土场采取临时拦挡、密目网苫盖、排水和沉沙措施。

施工场地内设置临时排水沟。

厂区场地排水采用有组织的管道排水系统。

在厂区保护区，除道路、广场外，均采用碎石铺地。

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。

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 施工期的大气噪声监测方案

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 6 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) 厂址周围污染源概况

根据初步调查，厂址半径 5km 范围内没有含集中排气筒的固定大气污染源，厂址半径 5km 范围内主要的大气污染物来源于居民的正常生活、生产，以及道路交通运输。道路交通运输包括国道 G228 和县道 X205。

2) 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。具体情况如下：

于屯：位于厂址春季下风向，且邻近进场道路；

大王屯：位于厂址秋季下风向，且为厂址最近居民点；

高屯：厂址半径 5km 范围内最大居民点。

（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 2 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、拟建弃土场处设置 1 个无组织排放监测点，即在监测当季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。

在场地平整、土建及安装阶段，在厂区内设置 6 个监测点。厂址边界监测点 3 个，即：厂址东厂界、厂址西厂界、厂址北厂界；厂区内无组织排放监测点 3 个，即：搅拌站、碎石厂、拟建大件码头。

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、厂址北厂界 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。

3) 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：SO₂、NO_x、TSP 等 3 项，环境空气保护目标监测因子为：SO₂、NO₂、NO_x、CO、O₃、TSP、PM₁₀、PM_{2.5} 等 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，SO₂、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》（GB3095-2012）中的规定，TSP 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 24 小时，PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、NO_x 日均值每天采样 1 次，每次至少连续采样 20h；SO₂、NO₂、CO、NO_x、O₃ 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；O₃ 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。

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 6 月完成的《庄河核电站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) 厂址周围污染源概况

厂址半径 5km 范围内的主要噪声源为交通道路运输车辆产生的移动噪声源以及附近各居民点和集市内居民进行各类商业生活活动产生的固定噪声源。包括：（1）国道丹东线（G228）及厂址评价范围内的县道、乡道及各村级道路上车辆行驶产生的交通噪声；（2）厂址附近各居民点和商业中心、集市混合区内的居民日常生活产生的商业和社会生活噪声。

本项目现场监测期间将对以上固定和移动噪声污染源现状进行调查核实，如有其他新增污染源会对其进行监测，同时给出其位置、测量时间、测量结果和噪声来源等的相关信息。

2) 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。

厂址周围声环境敏感目标主要为居民点和门头幼儿园，厂址半径 5km 范围内共有 21 个自然村，没有医院，有 1 所幼儿园，没有机关、科研单位、自然保护区等。选择距核电现场较近、人口数较多且在施工前现状监测设点的于屯、大王屯、高屯等村落布设对照监测点位，以了解庄河核电站一期工程对周围声环境产生的影响，以及核电项目开展时相关施工人员、车辆进出活动增加对周边声环境带来的影响。其中，于屯位于厂址春季下风向，且邻近进场道路；大王屯位于厂址秋季下风向，且为厂址最近居民点；高屯是厂址半径 5km 范围内最大居民点。

此外，于庄河市栗子房镇大屯幼儿园所在大屯布设监测点。

厂址地区主要交通路线是厂址的进厂道路和应急道路，国道丹东线（G228）及厂址评价范围内县道栗南线 X205。

厂址半径 5km 范围内声环境敏感目标监测点 6 个，即：于屯、大王屯、高屯、大屯、李沟屯、大圈西屯；厂址附近的交通噪声监测点 4 个，即：进厂道路、应急道路、国道丹东线（G228）、乡道栗南线 X205。

（2）厂区内监测点

a) 场地平整阶段

根据《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，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站厂区都在施工，因此可以将整个核电站视为施工场地，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。厂址边界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；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《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，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。因此，在厂址主要施工区域场地东南西北四个边界处各设置一个监测点，作为施工场界监测点；同时增加核电站厂址边界的 4 个监测点，作为核电站厂址边界监测点。

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。核电站厂界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；核电站施工场界监测点 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站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。核电站厂界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；核电站施工场界监测点 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。

3) 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（每个测点昼夜各两组有效数据）。

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。

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 大气弥散和水体弥散
- 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 非人类生物的辐射剂量
- 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 其他环境影响

- 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

表

表 6.3-1 庄河核电厂一期工程与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

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 台华龙一号机组，本工程拟采用海水直流冷却方式，取水工程位于厂址南侧，通过取水明渠将海水引至联合泵房，以满足核电厂用水要求。本工程每台机组夏季取排水量约 $71\text{m}^3/\text{s}$ ，冬季取排水量约 $46\text{m}^3/\text{s}$ 。

（1）取水工程

取水明渠为 6 台机组共用，由取水防波堤、取水东堤及取水西堤组成。取水明渠口门处渠宽 310m，先是沿着取水东、西堤基本呈南北向布置，渠底宽 180m；然后通过转弯段过渡到核岛南侧近岸的取水明渠，基本呈顺岸的东西向布置，渠底最窄处宽 60m。取水口门朝西偏北，取水明渠设计底标高-9.0m（口门、明渠直线段及近大件码头位置）、-9.5m（近岸明渠区域），取水口门外原始泥面标高大致在-6.00m。取水西堤由口门起向北延伸与厂区南外护岸相接，总长约 2930m。取水防波堤与取水东堤相连，起于厂区南外护岸，由东西走向转为南北走向后至口门，总长分别为 1425m 及 2866m。一期工程在一期取水泵房附近设置一道临时隔堤，兼做取水防波堤。一期工程的取水临时隔堤、取水防波堤与取水东堤相连，总长分别为 370m、413m 及 2866m，取水西堤总长约为 2930m。

（2）排水工程

一期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 3550m，每孔过流净尺寸为 $6.0\text{m}\times 5.5\text{m}$ （h）。

后续取排水工程平面布置将根据用海、环评等相关评审意见进行优化，待取得最终成果后更新完善。

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及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 10.2km^2 。

（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，应注意堤头防护。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应不大。

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 0.16km²，1℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 26.24km²；冬季半月潮 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 0.20km²，2℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 5.22km²。

6.1.2.2.2 温排水与海洋生态保护红线相符性

根据辽宁省“三区三线”划定成果及温排水计算结果，本项目不直接占用生态红线区及保护地，夏季 1℃和冬季 2℃温升未扩散至生态保护红线区，符合辽宁省“三区三线”管控要求。

6.1.2.2.3 温排水与“三线一单”相符性

根据温排水计算结果，本项目温排水影响范围主要位于青堆子湾及河口保护区（HY21020030013）和海洋红预留发展区 01（HY21020030004），未进入优先保护单元。

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，暂缓开发，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。本项目运营期间冬季 2℃、夏季 0.5℃和 1℃温升线部分进入该单元，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。

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。本项目海工构筑物位于开放海域，未在半封闭海湾内，不会影响潮汐通道和行洪安全。根

据泥沙冲淤数模报告，明渠走向与工程海区主流向基本一致，明渠渠内流态顺明渠走向，流态平顺。工程方案实施后取水渠两侧海域流速呈减弱趋势，取水渠堤头受挑流影响及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10.2km²。工程方案采用暗涵排水，由于排水管埋在海床内部，不会对工程海域现状流态和流速场产生不利影响。可见，本项目符合青堆子湾及河口保护区（HY21020030013）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）》（报批版）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《大连市近岸海域环境功能区划调整的复函》（辽环函〔2006〕157号），厂址所在海域执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中二类标准。目前庄河核电正在开展近岸海域环境功能区划调整工作，待调整工作完成后补充完善。

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

取排水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取排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。

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。不同增温区对鱼类的影响也

不同，特别是夏季增温对某些鱼类分布的影响比较明显。而在其他季节，特别是冬季，增温对某些暖水性鱼类可能会表现出有利的影响，一定范围内种群数量随水温升高而提高，并且鱼类种类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。

研究表明，通常情况下热排放对邻近水域鱼类的产卵活动会产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。鱼类一般避开温升 1.0℃以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0℃）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℃，对海洋生物影响可明显减少。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

(1) 气载流出物排放源项

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 75.1m 的烟囱排入大气。本厂址规划的 6 台机组均拟采用华龙一号机型，在评价计算时均采用与本工程相同的排放源项。

本工程单台机组运行状态下，气载流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程单台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	单台排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	5.85E+13	6.00E+14	9.75%
碘	5.82E+08	2.00E+10	2.91%
粒子 (T _{1/2} ≥8d)	9.36E+07	5.00E+10	0.19%
氡	4.84E+12	1.50E+13	32.27%
碳-14	3.65E+11	7.00E+11	52.14%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址所有机组的年总排放量应控制在单台机组控制值的 4 倍以内。

厂址 6 台机组运行状态下，气载流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	厂址 6 台机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	3.51E+14	2.40E+15	14.63%
碘	3.49E+09	8.00E+10	4.37%
粒子 (T _{1/2} ≥8d)	5.62E+08	2.00E+11	0.28%

氚	2.90E+13	6.00E+13	48.40%
碳-14	2.19E+12	2.80E+12	78.21%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

核电站运行状态下的气载流出物中，C-14 主要以碳氢化合物和 CO₂ 两种形态排放。以碳氢化合物形态排放的 C-14，是造成 C-14 全球影响的主要因素。要计算它的全球效应是一个较为复杂的过程，现阶段没有适宜的计算模型和参数，无法得到真正有现实意义的结果。UNSCEAR（1982）中指出，C-14 气态途径排放的化学形态中，20%以 CO₂ 形态排放，80%以 CH₄ 和 C₂H₆ 形态排放；IAEA421 号报告（2004 年）中提出，欧洲和美国的压水堆核电站以 CO₂ 形态排放的 C-14 仅占 5~25%。因此，本报告中 C-14 对公众造成的辐射影响只考虑以 CO₂ 形态排放造成的剂量影响，其排放量为整个 C-14 气态途径排放量的 25%。

（2）液态流出物排放源项

本工程单台华龙一号机组运行状态下，液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程单台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	单台排放量控制值 Bq/a	比值
氚	4.36E+13	7.50E+13	58.13%
碳-14	2.68E+10	1.50E+11	17.87%
其余核素	7.13E+09	5.00E+10	14.26%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

厂址 6 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	厂址 6 台机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
氚	2.62E+14	3.00E+14	87.20%
碳-14	1.61E+11	6.00E+11	26.80%
其余核素	4.28E+10	2.00E+11	21.39%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：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。

6.2.2.2 液态途径

本工程运行状态下，液态流出物与循环冷却水混合后排入受纳海域，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。

6.2.2.3 其他途径

本工程所在厂址为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用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，计算了气载流出物对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。

在计算气载流出物在大气中迁移和弥散时，使用了本报告 2.4 节中给出的 10m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，并采用了《核电站厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）中推荐的 P-G 曲线，P-G 大气扩散参数。在计算运行状态下气载流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：剂量估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》（GB 18871-2002），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；居民食谱、生活习性和人口分布数据取自本报告第 2.2、2.3 节。

（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，计算了液态途径流出物对厂址半径 80km 范围内公众造成的个人有效剂量。剂量估算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 K_d 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 范围内公众所受到的最大个人剂量。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

（1）大气弥散

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $2.91E-10 \text{ s/m}^3 \sim 4.93E-07 \text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥

散因子范围为 $2.76\text{E-}10 \text{ s/m}^3 \sim 4.93\text{E-}07 \text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $2.91\text{E-}10 \text{ s/m}^3 \sim 4.93\text{E-}07 \text{ s/m}^3$ 。大气弥散因子最大值均出现在厂址 E 方位 0-1km 处。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $4.37\text{E-}13 \text{ m}^{-2} \sim 7.40\text{E-}10 \text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $2.76\text{E-}12 \text{ m}^{-2} \sim 4.93\text{E-}09 \text{ m}^{-2}$ 。相对干沉积因子最大值均出现在厂址 E 方位 0-1km 处。

Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围为 $9.65\text{E-}15 \text{ m}^{-2} \sim 9.33\text{E-}12 \text{ m}^{-2}$ ，相对湿沉积因子最大值均出现在厂址 NE 方位 0-1km 处。

（2）水体弥散

本工程液态流出物随温排水通过暗涵排放，厂址周围 5km 范围内各居民评价点稀释因子按照液态流出物数模结果全潮平均相对浓度等值线取值，5~80km 稀释因子按照排水口周围不同半径海域水体平均相对浓度取值。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程运行状态下，气载流出物中的放射性核素经大气弥散作用后，在厂址半径 80km 范围内各子区空气中的年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 E 方位半径 0~1km 处，代表性核素的年均放射性活度浓度最大值为 $3.50\text{E-}03 \text{ Bq/m}^3$ （C-14）。

本工程运行状态下，两台机组共用一套低放废液排放系统，核电站排放口处的放射性核素浓度满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应放射性指标要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

在计算公众的最大个人有效剂量中，采用设计排放源项。

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.70\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $1.75\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $1.26\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $1.06\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.71\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $6.58\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $4.33\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $1.64\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。

（3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为 $1.88\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $8.33\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $5.59\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $2.70\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为 $1.88\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占本工程个人剂量约束值（ 0.08 mSv/a ）的 2.35%。

本厂址 6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.71\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.57\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.73\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $8.57\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为 $5.71\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 2.28%。其中气态途径剂量为 $5.80\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $5.13\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。

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，同时还计算了庄河核电站 1-6 号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“非人类物种”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

由生物的剂量率限值（ERICA 推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ ）反推出各核素在环境介质中对不同生物体的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、介质、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）庄河核电站一期工程两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，庄河核电站一期工程两台机组正常运行时，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，庄河核电站一期工程两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）庄河核电站 1~6 号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，庄河核电站 1-6 号六台机组正常运行时，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^{-2} 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，庄河核电站 1-6 号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) 庄河核电站一期工程两台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

①各陆生生物影响率的计算

从影响率的结果来看，庄河核电站一期工程两台机组正常运行时，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^{-4} 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，庄河核电站一期工程两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的

(2) 庄河核电站 1~6 号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，庄河核电站 1~6 号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，庄河核电站 1~6 号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 $2.02\text{E-}02$ 人·Sv/a。

厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为 $6.40\text{E-}07$ Sv/a、 $3.06\text{E-}07$ Sv/a、 $1.75\text{E-}07$ Sv/a、 $8.07\text{E-}08$ Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 NW 方位 1~2km 处，此处居住的是大王屯的村民，可能的关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $6.40\text{E-}07$ Sv/a，其中气载途径所致的剂量为 $6.45\text{E-}08$ Sv/a，液态途径所致的剂量为 $5.76\text{E-}07$ 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 80.94%；其次为吸入空气内照射途径，约占气态途径总剂量的 16.09%。气态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占气态剂量的 66.16%；其它贡献较大的核素为 H-3，占气态途径总剂量的 30.77%。

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 98.85%。液态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占液态途径总剂量的 85.33%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 I-131，分别占液态途径总剂量的 6.22% 和 2.25%。

气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $5.69\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 88.91%；其次为气态途径的食入农牧产品内照射途径，占气液态总剂量的 8.14%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $5.34\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 83.40%；另外 Co-60 的剂量贡献也较大，占气液态总剂量的 5.64%。

厂址 6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.95\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $9.43\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $5.37\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.51\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 1~2km 处，此处居住的是毕屯的村民。可能的关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $1.95\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。关键途径为食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.71\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 87.77%；其次为食入农牧产品造成的内照射途径，占气液态总剂量的 9.07%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $1.62\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 83.18%；另外，Co-60 的剂量贡献也较大，占气液态总剂量的 5.58%。

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 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

辽宁庄河核电厂一期工程工艺系统中化学污染物对环境的其它影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

本工程排放的化学物质主要来自下列工艺过程产生的废水：

- 海水淡化系统；
- 除盐水生产系统；
- 凝结水精处理；
- 循环水处理系统。

6.3.1.1 海水淡化系统

海水淡化系统产生的废水其主要化学物质是海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、海水膜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泥浆水进行脱水，固体物质不排入水体，滤出液回收至混合反应沉淀池进水端，不排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

海水膜反渗透装置排放的浓盐水总量约 1250 m³/h，浓缩倍率约为 1.8，浓盐水排至海水排放口与海水混合稀释后，浓度降低。《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。

6.3.1.2 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 2 g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比较低。《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》（GB3097-1997）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。

6.3.1.3 凝结水精处理

本工程精处理再生处理过程中投加 HCl 和 NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用使 pH=6~9，然后通过废水泵送到常规岛废液收集系统（QB）。再生废水中的主要物质是 NH₄Cl 和 NaCl。其中对环境产生影响的是 NH₄Cl，排放浓度为 2.8 mg/L。氨氮排放满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准（15mg/L），允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。因此，不会影响附近海域的海水质量。

6.3.1.4 循环水处理系统

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，在联合泵房进行连续加氯，使循环水系统及重要厂用水的海水中的次氯酸钠的浓度达到 1 ppm，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。

加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（NH₂Cl）、二氯胺（NHCl₂）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要的因素是残余氯在海区中的稀释与扩散，冷却水排入海域后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余

氯亦得到稀释，不断扩散到海区中去，并进一步得到消耗。循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度很低。

余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。根据余氯扩散计算结果，本工程 2 台机组共同运行工况，夏季余氯绝对浓度 0.02mg/L 最大包络面积 0.26 km²，冬季余氯绝对浓度 0.02mg/L 最大包络面积 0.15 km²。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。黄海水量丰富，扩散稀释能力较好，余氯不会对受纳水体产生明显影响。

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影响

本工程非放射性生产废水包括除盐水生产厂房树脂再生废水、制氯站酸洗废水、设备冷却水系统检修排水、冷冻水系统检修排水、非放射性含油废水、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。非放射性生产废水中污染物种类主要有化学需氧量（COD_{Cr}）、总氮、氨氮、总磷、生化需氧量（BOD₅）、悬浮物（SS）、阴离子表面活性剂、色度、pH、石油类。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）的标准，排入非放射性生产废水处理站；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。

本工程拟新建非放射性生产废水处理站，非放射性生产废水单独收集，汇集至新建非放射性生产废水处理站进行处理达标后排放，有条件情况下可回用。非放射性生产废水其水质达到满足《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，排入室外管网，最终排至大海。新建非放射性生产废水处理站考虑全厂共用。

辽宁庄河核电项目一期工程各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至污水处理构筑物，经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）车辆冲洗标准，回用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海，排放水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准。

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和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准的废水

均允许排入《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。同时，污水处理构筑物处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放。

因此，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

核电站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。

厂址附近的陶屯村、南尖村大王屯和大屯村于屯已规划在后续启动搬迁撤并工作。因此距离厂址中心点最近的居民点为 NW~NNW 方位的兴隆村大王屯，距离 1.1km，采用考虑几何发散引起的声级衰减的保守预测公式：

$$\Delta L = 10 \lg \left(\frac{1}{4\pi r^2} \right)$$

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 电磁的影响

庄河核电站一期工程拟建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开关站的电磁辐射强度和分布的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。本工程500kV开关站与田湾核电站现有开关站比较内容见表6.3-1。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：

工频电场/工频磁场：田湾核电站厂区工频电场强度监测值在0.164V/m~ 1428.52V/m之间，工频磁场强度监测值在0.036 μ T ~9.793 μ T之间；输电线路工频电场强度监测值范围在1.326V/m~2044.64V/m之间，工频磁场强度监测值在0.035 μ T ~6.817 μ T之间；田湾核电站厂外环境敏感区工频电场强度监测值在0.118V/m~106.80V/m之间，工频磁场强度监测值在0.038 μ T ~0.087 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。距离田湾核电站厂址最近的居民区为位于厂址NNW方位约1.4km处的

自然村，此处工频电场监测值为0.371V/m，工频磁场监测值为0.043 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。

庄河核电厂一期工程厂址周围距离厂址最近的自然村位于厂址NW~NNW方位0.85km处，此处工频电场强度监测值为0.07V/m，工频磁场监测值为0.0049 μ T。工频电场、磁场监测值小于田湾核电厂距离厂址最近的自然村的工频电场、磁场强度监测值，且工频电场强度监测值和工频磁场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。

由表 6.3-1 及以上分析可见，庄河核电厂一期工程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，庄河核电厂一期工程建成投运后 500kV 开关站对周围环境的电磁辐射影响也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，以及生活污水处理过程中产生的污泥，污水处理构筑物、污水系统油水分离器调节池前格栅拦截的污物，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，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。本工程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，定期外运处理。淡水处理过程、生活污水处理过程产生的污泥脱水后将泥饼外运处理；污水处理构筑物、污水系统油水分离器格栅拦截的污物定期外运处理。

海水淡化系统膜处理工艺设计采用超滤膜组件和反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经海水淡化处理工艺用过的废弃膜元件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。

除盐水生产过程中废弃的离子交换树脂等，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。

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。本工程危险废物，集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

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。

表 6.3-1 庄河核电厂一期工程与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

	庄河核电厂一期工程	田湾1-6号机组
建设规模	2*1230 MW	田湾一、二期工程4*1060 MW 田湾5、6号机组2*1000 MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内电磁辐射源	1个拟建500kV出线开关站、一个拟建220kV开关站，6台拟建主变压器	2个500kV开关站，一个220kV辅助开关站，6台主变压器
厂区外电磁辐射源	1条拟建500kV输电线，1条拟建220kV输电线	3条500kV输电线，1条220 kV输电线，2条110 kV输电线

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 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

7.4.1 厂址周围的人口分布

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

7.4.3 厂址周围交通条件

7.4.5 小结

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

庄河核电厂一期工程拟采用“华龙一号”机型。

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在厂址审批阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。本节对庄河核电厂一期工程选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

7.1.1.1 事故描述

依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017RK）给出的准则对选址假想事故源项及其放射性后果进行分析和评价。该准则采用设计基准大破口失水事故（DBALOCA）作为选址假想事故。通常假设这种事故的发生与大的失冷事故 LOCA 相关，由于一回路管道双端断裂，冷却剂从破口中大量流失，而作为专设安全设施的安全注入系统全部失效，堆芯得不到及时冷却，从而过热引起堆芯大规模熔化。熔化的燃料芯块中的全部惰性气体、部分的卤素和少部分的挥发性固态核素将从一回路系统的破口进入安全壳中。

7.1.1.2 事故源项

“华龙一号”机型设计采用双层安全壳，外层安全壳与内层安全壳一起形成安全壳环形空间，环形空间设置有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，从而可以有效包容内壳泄漏到环形空间的放射性物质，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，并通过环形空间安全系列过滤排放，进一步控制向环境的放射性释放。

本节选用双层安全壳的设计参数，基于《核电厂选址假想事故源项分析准则》中的基本假定和计算模型，计算由安全壳释放到环境的总活度。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

利用 NB/T 20182-2012《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》推荐的计算模式计算用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子。采用庄河核电厂一期工程厂址区域庄河气象站 2021~2022 年 10 米高度的风向、风速、稳定度三维联合频率以及 P-G 扩散参数，计算各方位 99.5% 概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95% 概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。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平均大气弥

散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

在事故释放期间，考虑公众受到烟云外照射和吸入空气内照射两种途径的影响。

外照射剂量转换因子取自 GB18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002。

采用厂址 2029 年的预期人口数据计算集体剂量。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

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

7.1.3.2 后果评价和分析

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011) 的相关规定以及选址假想事故条件下拟定非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，庄河核电厂一期工程厂址是适宜的。

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

本项目采用的新燃料运输容器的设计和制造满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》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，即使发生运输事故使容器本身发生变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，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。

7.2.2 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贮存水池中暂存，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 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》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，我国已多次进行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。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

辽宁庄河核电厂一期工程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。

废树脂和废活性炭收集在 NH 厂房和 QF 厂房的废树脂贮槽中，NH 厂房废树脂通过屏蔽运输车转运至 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固体废物暂存库装入 HC 暂存。正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NH 厂房直接装入容器桶，然后送到废物处理中心贮存衰变，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 厂房进行烘干后装入 200L 钢桶。废树脂、废活性炭的槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。在装载时，废树脂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。废树脂运输槽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 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，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，装有烘干盐的 200L 钢桶通过烘干盐桶屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心处理后产生的 200L 钢桶桶装废物用辊道转运至固体废物暂存库暂存。运输废物的屏蔽运输车装载废物后外表面剂量率不超过 2mSv/h，屏蔽容器的盖子能够锁死，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，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废物处理中心，经处理后产生的 200L 钢桶桶装废物通过辊道转运至固体废物暂存库暂存。

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。

7.3 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 事故应急

我国《核电厂核事故应急管理条例》要求，在核电厂选址阶段应考虑在核事故时执行应急计划的可能性。如果推荐的核设施厂址在制定和执行应急预案方面出现难以克服的特殊困难，则可以成为不选择该厂址的充分理由。

7.4.1 厂址周围的人口分布

厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市。

厂址半径 10km 范围内无 10 万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围内无 1 万人以上的乡镇。

厂址半径 5km 范围内共有学校 1 所。

厂址半径 10km 范围内无医院、监狱、养老院等其他难以掩蔽的机构和人群。

厂址半径 15km 范围内流动人口以流出为主，主要原因为外出务工和求学。

厂址半径 10km 陆域范围内无自然保护区、风景名胜区和自然遗迹等。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

厂址半径 50km 范围内有一个国家基本气象站庄河站。庄河辖区内的骨干站 6 个、省级气象站 23 个。厂址半径 5km 范围内无气象站。

厂址半径 10km 范围均达到了村村通固定电话，中国移动、中国电信、中国联通按信号覆盖需要在各乡镇区域均建有各自移动通讯基站，3G、4G 通讯信号可以覆盖全境；广播电视信号已覆盖全境；邮政站点已覆盖至境内各行政村。

应急情况下，厂址周围的气象、通讯、公安、消防可以为场外应急、公众隐蔽和撤离等行动提供支持和帮助。

7.4.3 厂址周围交通条件

厂址区域公路交通较为发达。厂址半径 15km 范围内有一条铁路（丹大快速铁路），一条高速（G11 鹤大高速），两条国道，G201 鹤大线和 G228 丹东线。

7.4.5 小结

从现有厂址环境条件看，庄河核电厂一期工程厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市，厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇，厂址 5km 范围内没有万人以上的乡镇，应对厂址 5km 范围内的人口进行控制以避免其机械增长。

厂址半径 5km 范围内有 1 所幼儿园，该特殊人群在制定与实施应急预案时需要加以特殊考虑。除此之外，厂址半径 5km 范围内无医院、养老院、监狱等特殊人群，无文物古迹和文物保护单位，无自然保护区。厂址的气象观测条件有利于应急计划的实施，厂址周围交通方便，对于确定不同方向的两条应急撤离路线有利。综上所述，厂址不存在实施应急预案难以克服的困难。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.3.3 监督性监测系统

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

表

表 8.1-1 运行期间环境辐射监测初步方案

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

本工程的运行期间流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。在流出物监测中，对气载和液态放射性流出物进行重点监测。

放射性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 监测依据

本工程制定流出物监测方案的主要依据

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB 11217-89）；
- 《核电厂事故监测仪表准则》（GB/T 13627-2021）；
- 《液态排出流和地表水中放射性核素监测设备》（GB/T 10253-2012）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》（GB/T 7165.1-2005）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.2-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.3-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.4-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.5-2008）；
- 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 1 部分：一般要求》（GB/T 12726.1-2013）；
- 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》（GB/T 12726.2-2013）；
- 《核设施烟囱和管道释放气载放射性物质的取样和监测》（ANSIN13.1-2011）；

- 《核电厂流出物放射性监测技术规范》（国核安发[2020]44号）。

8.1.1.2 监测目的

本工程机组运行期间流出物监测目的

- 监测释放到环境中的气载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，为鉴别排放性质、种类及其程度提供监测数据，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，可为本工程在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.3 监测原则

本工程机组运行期间流出物监测方案的制定和监测系统的设计遵循的主要原则

- 满足国家标准法规及国家生态环境部在管理规定上的要求；
- 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。

8.1.1.4 气载放射性流出物监测

本工程采用单堆布置，核岛反应堆厂房、燃料厂房、辅助厂房、附属厂房、安全厂房等的放射性排放经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放。每个机组设有一个排风烟囱，常规岛放射性气体均送至核岛烟囱统一进行排放，因此，气载放射性流出物监测集中对核岛烟囱进行监测，并对烟囱排气进行取样测量。

- 气载放射性流出物连续监测

气载放射性流出物连续监测道包括烟囱排气气溶胶活度监测道、烟囱排气碘活度监测道、烟囱排气低量程和高量程惰性气体监测道。

- A. 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。

- B. 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。

- C. 烟囱放射性惰性气体监测

分为正常情况监测和事故情况监测。监测仪的量程满足核电站正常排放和事故排放监测要求，高低量程互相重叠一个量级。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，这些要求包括：

- 系统设计为冗余监测，冗余设备之间进行实体隔离和电气隔离；
- 采用不间断电源供电；
- 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 对设备进行预先的质量鉴定，确保设备在事故后环境条件及地震条件下能保持正常运行；
- 对设备进行定期试验、校准。

- 气载放射性流出物取样测量

与烟囱连续监测设备并行设置了连续取样设备，对烟囱气载流出物中的气溶胶、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，样品送至实验室进行分析。利用样品分析的数据，连续监测仪器测得的数据以及烟囱排放总流量可计算出电厂通过烟囱向环境中排出的总活度。

8.1.1.5 液态放射性流出物监测

- 液态放射性流出物取样测量

在核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房的废液排放前，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不超过运行管理限值。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 测量仪及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

液态放射性流出物样品的分析项目包括 γ 谱分析、 ^3H 、 ^{14}C 等活度浓度测量及必要时的 ^{90}Sr 分析。

- 液态放射性流出物连续监测

本工程设置核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房。核岛液态流出物排放厂房主要收集、贮存核岛废液排放系统废液；常规岛液态流出物排放厂房主要收集、贮存常规岛废液排放系统废液。在厂房各设置一套低放液体排放监测仪，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报警时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。低放液体排放监测道是非安全级设备，无抗震要求。

8.1.1.6 配合地方环保部门监督性监测

为了满足地方环保部门进行监督性监测，本工程将采取一系列措施，以满足地方环保部门进行流出物监督性监测。这些措施主要包括：

- （1）根据有关规范要求配合辽宁省环保部门建设监督性监测流出物实验室，将本工程的气载和液态流出物在线监测的数据传输至环保部门指定地点；
- （2）经常保持与地方环保部门联系，接受地方环保部门的监督与指导；
- （3）积极配合地方环保部门进行流出物监督性监测工作，并为地方环保部门定期取样提供方便，包括：
 - 可根据需要向地方环保部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；
 - 提供烟囱中 ^{14}C 和 ^3H 样品给地方环保部门进行测量；
- （4）向地方环保部门及时提供流出物监测月报表；
- （5）定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

8.1.2 辐射环境监测

本工程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。本阶段的环评报告简要描述本工程运行后拟建设的环境监测设施及监测方案。

运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《环境 γ 辐射剂量率技术规范》（HJ1157-2021）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- 《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》（国核安发[2012]98号文）；
- 《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号文件）。

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活度的变化，并查找原因，以便采取预防措施；
- 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 监测方案

本工程详细环境监测大纲初稿将在运行阶段的环评报告中提供。

8.1.2.3 监测范围

依据国家有关法规和本工程所在厂址的具体情况，在进行常规环境辐射监测时，应与运行前的辐射环境本底调查工作相衔接，充分利用运行前环境调查所获得的资料。常规环境辐射监测的 γ 辐射水平的调查范围半径一般取20km，其余项目的调查范围半径一般取10km。

8.1.2.4 布点原则

本工程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及因素有：

- （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）对居民密集地区、主导风下风向及环境敏感点适当增加监测点；

- (3) 与运行前环境调查保持适当比例的同位点；
- (4) 环境 γ 辐射监测点及气载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。

8.1.2.5 监测项目

本工程运行期间主要计划进行以下项目的监测工作：

(1) 气象参数测量

- 风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射。

(2) 环境 γ 辐射水平监测

- 大气中 γ 辐射水平的连续监测；
- 累积剂量监测；
- 非连续监测的瞬时剂量率。

(3) 环境介质放射性核素浓度监测

- 大气

气溶胶： ^{90}Sr 及 γ 谱分析；

大气沉降物： ^{90}Sr 及 γ 核素分析；

空气中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 。

- 水监测

降水： ^3H ；

饮用水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 核素分析；

地表水（水库、河流等）：总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 及 γ 能谱；

地下水： ^3H 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱，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 核素分析，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 核素分析。

- 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；

海洋沉积物： ^{90}Sr 及 γ 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 谱分析。

- 土壤及底泥

^{90}Sr 和 γ 核素分析，每个方位最近的1个点加测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

8.1.2.6 测量方法

根据监测任务和样品的种类拟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、低本底液体闪烁测量装置、低本底 γ 谱仪、 α 谱仪等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 γ 核素分析、 α 核素分析、 ^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) 固定式环境 γ 辐射监测和流动的辐射监测

- 设置环境监测站，进行连续监测；
- 在环境中定点布设TLD元件，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/应急监测车进行本工程周边环境 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、降雨量、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。

8.1.2.7 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，本工程考虑主要从以下几个方面保证对监督性监测的支持：

（1）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；

（2）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解；

（3）根据有关规范要求配合辽宁省环保部门建设监督性监测设施。

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，本工程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）环境辐射与气象监测系统：

- 环境监测站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 72 小时的备用电池，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。

- 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。

- 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。

- 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。

（2）环境实验室

环境实验室拟建设在本工程的烟羽应急计划区外，以避免事故情况下对环境实验室测量的影响，使其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 其他监测

8.2.1 热影响监测

在核电厂机组运行前，将编制温排水监测方案，并在运行期间按照计划定期完成本工程的温排水监测。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物和生活污水对水环境的影响，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、BOD₅、余氯、氨氮、总氮、总磷、石油类、悬浮物、阴离子表面活性剂、色度、盐度等。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于监测本工程气载和液态流出物的样品，以确定被排放气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。

流出物实验室包括热制备间、冷制备间、流出物 γ 谱仪测量室、流出物测量间。其中热制备间用于核岛气液态流出物样品制样，冷制备间用于常规岛气液态流出物样品制样，流出物 γ 谱仪测量室用于流出物 γ 谱放化测量，流出物测量间用于流出物放化测量。

流出物实验室需配备总有机碳分析仪、抽滤装置、干燥箱、温控电热板、高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 测定仪、液闪计数仪、电子天平、恒温水浴锅、pH 计、移液器、除湿机等流出物监测用仪器和设备，来满足流出物监测的需求。流出物实验室配备独立的一套仪器设备，不与放化实验室共用。

气载放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目包括：烟囱气态 ^3H 、烟囱气态 ^{14}C 、烟囱惰性气体、烟囱气态 I、烟囱气溶胶、核岛液态 ^3H 、核岛液态 ^{14}C 、核岛液态 γ 核素以及核岛液态流出物中 ^{90}Sr （在必要时测量或者定期测量）。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境辐射与气象监测系统

本工程将建设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，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主要包括 6 个部分：

(1) 气象观测

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、降雨量、大气压、天空总辐射、天空净辐射。

（2）环境 γ 辐射监测站

本工程拟在厂区内外环境 γ 辐射监测站，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，主要与结合监督性监测子站互补，在烟羽应急计划区内，基本覆盖核电厂周围陆域各方位，在主导风下风向布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。

设备配备包括： γ 辐射探测器、取样装置、数据传输装置等。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、 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 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 1 辆环境监测车及 1 辆应急监测车。车辆放置在环境实验室的专用车库中。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，和便携式多道 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：正常运行情况下电厂周围环境 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。

（4）环境介质采样车：本工程将设置 1 辆环境介质采样车，按照程序定期从厂址周围环境进行各类环境介质的采集、运输。采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

（5）移动式 γ 辐射监测系统：可连续测量环境 γ 辐射水平。在事故期间且固定式环境 γ 辐射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。

（6）中央数据处理站：中央数据处理站将设在应急指挥中心内，主要进行环境 γ 辐射和气象数据的接收、处理、存储。中央数据处理站主要设备有包括环境 γ 辐射和气象数据的接收处理装置、数据处理计算机、中央数据服务器、操作工作站等。

8.3.2.2 环境实验室

本工程将建设环境实验室，拟选择在烟羽应急计划区以外，避开主导风下风向。

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。实验室测量的项目包括 γ 谱分析、 α 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，并主要配置以下几类设备：

- （1）放射性分析测量仪器：低本底 α/β 测量仪、低本底液体闪烁计数器、高纯锗 γ 谱仪、 α 谱仪和累积剂量测量设备等；
- （2）制样设备：马福炉、烘箱、电子天平等；
- （3）实验室家具：通风柜、实验台等。

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，将设置地下水监测井，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。地下水监测井的布设原则主要有：

- （1）根据厂区地下水径流情况确定；
- （2）监测井与被监测对象处于同一地质单元，并尽量靠近被监测对象；
- （3）布设位置考虑监测井与室外管线之间的相互影响；
- （4）监测井应布设于不受今后施工影响区域，以免遭到破坏。

8.3.3 监督性监测系统

本工程将依据《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。监督性监测系统内容包括：

- （1）监督性监测流出物实验室；
- （2）监督性监测前沿站；
- （3）监督性监测子站；
- （4）流出物在线监测数据传输。

8.4 质量保证

为了保证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，本工程将按照国家和行业标准规范的要求，制订环境监测大纲，对流出物及周围环境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）准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 10% 以内；

（4）操作样品时具有防止交叉污染的措施；

（5）采样时的样品数量包括分析样品总数 5% 的质量控制样品及分析样品总数的 20% 的保留样品；

（6）环境样品采集一定的平行样品以进行平行样测量分析和进行复检；

（7）可保存的各类常规样品（包括分析剩余样品、非破坏性分析样品和备检样品）部分保存十年，并附有可靠的标签和专门的记录。强沾污样品及有特殊情况的样品将保存到作出结论后再处理。

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。并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注意检查载体和标准溶液的质量。严格制备供放射性测量的样品；

（2）在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；

（3）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；

（4）比对：为了发现监测设备和监测中可能存在的缺陷，验证环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性和可比性，参加国家和环境监测系统主管部门组织的实验室之间分析测量的比对和国际比对；

（5）仪器的刻度和检验：对环境监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，

所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。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) 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并有责任者签字。原始记录和环境监测结果将永久保存；

(2) 详细、准确的质量控制记录；

(3) 进行数据统计学处理，对数据处理、计算结果进行严格审核。审核人在审核报告上签字；对于异常结果，计算者和审核者应及时查明原因，若属于分析测量差错或其它过失应该及时采取纠正或补救措施；

(4) 对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查；

(5) 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准；

(6) 对不符合质量保证要求的监测结果，必须进行审查、评价，并确定是否使用，还是废弃或采取补救办法。

8.4.2 质量管理

8.4.2.1 组织机构

(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，因此，拟制定下列措施：

(1) 从事环境监测的人员必须具有高中或中等专业学校以上的文化程度以及环境监测专业知识和工作能力；

(2) 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训，要求熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗；

(3) 为了保持从事环境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初步方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	
1	陆地环境 γ 辐射	连续测量	空气吸收剂量率	连续	10km	
		剂量率	空气吸收剂量率	1 次/季	20km	
		累积剂量	γ 辐射累积剂量	1 次/季	20km	
2	陆地介质	空气	气溶胶	⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/季	10km
			沉降物	⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/季	10km
			³ H、 ¹⁴ C 和 ¹³¹ I	¹⁴ C、HTO、 ¹³¹ I	1 次/季	10km
		水	降水	³ H	1 次/季	10km
			饮用水	³ H、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			地下水	³ H、 ⁹⁰ Sr 及 γ 能谱，可选择部分点位分析 ¹⁴ C	1 次/半年	10km
			地表水		1 次/半年	10km
		土壤	⁹⁰ Sr 和 γ 核素分析，每个方位最近的 1 个点加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年	10km	
		底泥		1 次/年	10km	
		陆生生物	粮食类	³ H (TFWT, OBT)、 ¹⁴ C、γ 核素分析，每类至少选择一个样品进行 ⁹⁰ Sr 分析	收获期	10km
			蔬菜		收获期	10km
			肉类		1 次/年	10km
			淡水鱼		1 次/年	10km
			水果类		1 次/年	10km
牛奶	¹³¹ I		1 次/年		10km	
指示生物	⁹⁰ Sr 和 γ 核素分析	1 次/年	10km			
3	海洋介质	海水	总 β、 ⁴⁰ K、 ³ H，可选择部分点位分析 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr 及 γ 能谱	1 次/半年	10km	
		沉积物	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年	10km	
		海洋生物	³ H(TFWT, OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析，部分点位测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年	10km	

第九章 厂址比选

9.1 选址过程

9.2 候选厂址评价与比选

9.2.1 地理位置、地形地貌

9.2.2 场地条件

9.2.3 人口分布及其评价

9.2.4 地质地震

9.2.5 工程地质

9.2.6 供水条件

9.2.7 气象和大气弥散条件

9.2.8 水文和水体弥散条件

9.2.9 外部人为事件

9.2.10 正常运行对环境的影响

9.2.11 事故对环境的影响

9.2.12 制定和实施应急预案的可行性

9.3 推荐厂址评价

9.1 选址过程

2006年10月受大唐国际发电股份有限公司的委托，东北电力设计院（以下简称东北院）开始进行辽宁庄河地区厂址普选工作；

2006年11月6日至9日大唐国际辽宁核电项目筹备处和东北院组成核电厂址踏勘小组，该小组对辽宁庄河沿海地区核电厂址进行了踏勘，共踏勘了5个厂址：庄河市河口厂址、庄河市花园口厂址、庄河市南尖厂址、庄河市楼上、庄河市于家沟厂址。

2006年12月4日东北院对各个可能厂址地形地貌、地震地质、工程水文、人口分布、厂址周围环境、外部情况等资料进行分析整理，完成并提交了《辽宁大唐国际庄河沿海地区核电厂址调查报告》，报告推荐南尖厂址和于家沟厂址作为备选厂址。

2006年12月28日大唐国际发电股份有限公司发函至东北电力设计院，在《关于开展大唐国际大连庄河核电项目初步可行性研究报告的委托函》中，同意以南尖厂址和于家沟厂址作为备选厂址开展初可研工作。

2007年1月9日东北院启动初步可行性研究报告准备阶段的工作；

2007年11月东北院完成了《辽宁大唐国际庄河核电工程厂址选择报告》；

2008年12月30日至31日，电力规划设计总院在大连市主持召开了辽宁大唐国际庄河核电工程厂址预评审会，并形成《辽宁大唐国际庄河核电工程厂址预评审意见》（电规发电[2009]11号）；

2009年9月，东北电力设计院对庄河市南尖和于家沟2个厂址开展初步可行性研究工作，编制完成了《辽宁大唐国际庄河核电项目初步可行性研究报告》；

2009年12月10日至11日，电力规划设计总院在辽宁省大连市主持召开了辽宁大唐国际庄河核电项目初步可行性研究报告审查会。2010年5月31日，电力规划设计总院印发《关于辽宁大唐国际庄河核电项目初步可行性研究报告的审查意见》（电规发电[2010]181号），评审意见认为，南尖厂址基本具备建设6×1000MW级压水堆核电机组的条件；

2022年12月2日，中核大唐庄河核电项目筹备组给中国核电工程有限公司发《关于开展庄河核电一期工程可研阶段工作的委托函》，正式委托中国核电工程有限公司开展本项目的可研阶段工作。

2023年10月26日，中国核电工程有限公司给中核大唐庄河核电有限公司发《关于庄河项目机型规划的建议》（XMY-000246-XANH），建议庄河项目暂按六台华龙开展后续工作。

2023年11月3日，中核大唐庄河核电有限公司给中国核电工程有限公司发《关于庄河项目机型规划建议的复函》（庄河函[2023]50号），同意暂按六台华龙开展后续工作。

2023年12月25日，中核大唐庄河核电厂有限公司给中国核电工程有限公司发《关于庄河项目名称规范的函》，规范项目名称为“辽宁庄河核电厂一期工程”。

9.2 候选厂址评价与比选

9.2.1 地理位置、地形地貌

（1）南尖厂址

南尖厂址位于辽宁省庄河市栗子房镇陶屯的西南侧，东北距于家沟厂址约15km。厂址濒临黄海，西南距庄河市约38km，距大连市直线距离约180km，北距沈阳约230km，东北距丹东市92km。

该厂址地貌为剥蚀平缓丘陵，基岩多被残坡积土覆盖，自然地面高程0.0m-30.00m，地形起伏较小，场地较开阔，厂区内地表为耕地。设想厂区按平坡式布置。厂址附近为小型渔港，约三百户民居和海产养殖育苗房两处。附近海岸上有数十座坟莹，旧碉堡一座，旧战壕数公里。

（2）于家沟厂址

于家沟厂址属辽宁省庄河市黑岛镇黑岛村管辖，黑岛村潮海珠的东侧。厂址濒临黄海，西距庄河市25km，西南距大连市约166km，东北距丹东市104km，距沈阳约234km。

该厂址位于滨海台地，地貌为剥蚀缓丘，基岩多被残坡积土覆盖，山梁上基岩裸露，谷中堆积坡积层。自然地面高程0.00m~92.0m，地形起伏较大，厂区内地表大部分为耕地，局部地段为人工林及杂木林。

海岸陆域为陡崖，标高较高，设想厂区按阶梯式布置。

9.2.2 场地条件

（1）南尖厂址

南尖厂址厂区内地表为耕地。设想厂区按平坡式布置。厂址附近为小型渔港，约三百户民居和海产养殖育苗房两处。附近海岸上有数十座坟莹，旧碉堡一座，旧战壕数公里。

（2）于家沟厂址

于家沟厂址自然地面高程0.00m~92.0m，地形起伏较大，厂区内地表大部分为耕地，局部地段为人工林及杂木林。海岸陆域为陡崖，标高较高，设想厂区按阶梯式布置。

9.2.3 人口分布及其评价

（1）南尖厂址

南尖厂址半径80km评价区范围内共涉及辽宁省大连市所辖的庄河市、普兰店市、长海县，营口市所辖的盖州市，鞍山市所辖的岫岩满族自治县，丹东市及其所辖的凤城市、东港市等共8个县市。

南尖厂址半径 80km 范围内 2021 年户籍人口总数为一百八十余万人。

南尖厂址半径 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 年共有户籍人口一万余人。

南尖厂址半径 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 年户籍人口共六万余人。

（2）于家沟厂址

于家沟厂址半径 80km 评价区范围内共涉及辽宁省大连市所辖的庄河市、普兰店市、长海县，营口市所辖的盖州市、大石桥市，鞍山市所辖的岫岩满族自治县以及丹东市所辖的凤城市、东港市的部分区域，共 8 个县市。

于家沟厂址半径 80km 评价区范围内，截止 2005 年底的总人口数约为 214 万人。

于家沟厂址半径 5km 范围内涉及庄河市黑岛镇所辖黑岛村、冷家村和西阳宫村共 3 个行政村中的 27 个自然屯，截至 2005 年底共有人口约 7 千人。厂址半径 1km 范围内有 4 个自然屯，分别为潮海珠自然屯、下管屯、东管屯和安屯。

于家沟厂址半径 15km 范围内主要涉及庄河市所辖的黑岛镇全部区域和吴炉镇、青堆镇、鞍子山乡的部分区域。此外，兰店乡和栗子房镇的很小一部分也包含在厂址 15km 范围内。

9.2.4 地质地震

两个备选厂址区域内的断裂构造具有以下一些特点：

1) 厂址在大地构造位置上处于中朝准地台的二级构造单元辽东台隆的东侧。新构造运动大体上继承了中生代以来的构造格局，总的趋势是辽东、燕辽山地持续地间歇性上升，下辽河地区、辽东湾、北黄海地区不断整体下降，形成隆凹相间的构造格局。区域断裂较为发育，但晚更新世—全新世活动的断裂并不多。断裂以北东向、北北东向最为发育，北西—北西西向次之。北东—北北东向断裂具有多期次的活动，规模大、切割深，区域晚更新世以来活动的断裂多为北东—北北东向，与地震关系密切；控制区域断裂构造的主要格局，常常是地质构造单元的分界线。北西—北西西向断裂一般规模不大，延伸较短，并往往与北东—北北东向断裂共轭。

2) 区域范围内共鉴定出 11 条段的发震构造。区域内震级最高的发震构造为 7.5 级，为海城隐伏断裂（F4）。距厂址最近的发震构造为鸭绿江断裂（F16）水丰以南段，最大潜在地震为 7.0 级，距厂址的距离为 42km。厂址位于辽东南部地震构造区（I），最大弥散地震震级为 5.5 级。厂址近区域范围内不存在发震构造。近区域范围没有第四纪以来的火山活动。

3) 区域介于华北地震区内强地震活动区向相对较弱地震活动区的过渡部位，总体地震活动水平中等。区域范围自 1416 年以来，至 2022 年 12 月共记载到 ≥ 4.7 级的破坏性地震 45 次，其中 7.0~7.5 级地震 1 次（1975 年海城 7.3 级地震）；6.0~6.5 级地震 3 次；5.0~5.9 级地震 21 次；4.7~4.9 级地震 20 次。厂址所遭受的最大历史地震是 1975 年海城 7.3 级地震和 1944 年丹东南海中 6 级地震，对厂址最大影响烈度为 VI 度。

4) 厂址近区域范围内现代地震活动较弱，厂址近区域范围内未记载到 4.7 级以上破坏性地震。自 1970 年 1 月至 2022 年 12 月共记录到 $M \geq 1.0$ 级地震 111 次，其中 4.0~4.6 级地震 3 次，3.0~3.9 级地震 9 次，2.0~2.9 级地震 51 次，1.0~1.9 级地震 48 次。厂址附近范围仅有 2 次 2.0 级左右微震，地震活动较弱。

5) 厂址附近范围内不存在能动断层。厂址区不存在地震导致的地表断层破裂、砂土液化、软土震陷、地面塌陷、地震滑坡、崩塌等地震地质灾害；也不存在诱发地震、湖涌和地震海啸等地震次生灾害。

6) 厂址 SL-2 级地面运动基岩水平向、垂直向峰值加速度均为 0.20g，厂址 SL-2 级设计基准谱能够被华龙一号抗震设计谱所完全包络。厂址地震基本烈度为 VII 度。

9.2.5 工程地质

(1) 南尖厂址

厂址区原始地貌主要为剥蚀平缓丘陵地貌及海成地貌、人工地貌。自然地面地形平坦开阔，高程为-1.80m~35.30m，总体呈东高西低，地表多为耕地，基岩多被海积土覆盖。

厂址区内第四系主要为人工填土层 (Q_4^{ml})，海积 (Q_4^m) 砂砾石层、淤泥层、中砂层，残坡积 (Q_4^{dl+cl}) 粉质黏土层及坡洪积 (Q_3^{dl+pl}) 含碎石黏土层；基岩主要为辽河群盖县岩组 (Pt_1gx)，岩性主要为变质砂岩，分布比较稳定。

厂址区内地质构造主要有单斜岩层、断层和节理裂隙。单斜岩层倾向一般在 $185^\circ \sim 240^\circ$ 之间，倾角变化不大，主要为 $15^\circ \sim 35^\circ$ 。菩萨庙断层位于厂址区域的东部，距离 6 号机组常规岛最近位置约 50m，走向 NE-NNE，属非能动断层。厂址区内节理裂隙产状以走向 $NE25^\circ \sim 45^\circ$ 、倾向 NW、SE (SE 为主)、倾角 $60^\circ \sim 75^\circ$ 最发育，其次为走向 $NW290^\circ \sim 310^\circ$ 、倾向 SW、NE (SW 为主)、倾角 $60^\circ \sim 80^\circ$ 和走向 $NW335^\circ \sim 350^\circ$ 、倾向 SW、NE (SW 为主)、倾角 $65^\circ \sim 80^\circ$ 。厂址区发育有 5 条节理密集带，其物理力学性质与周围岩石差别不大，可作为一般岩性带考虑，对厂址稳定性没有影响。

厂址区内不良地质作用主要有崩塌，无滑坡、泥石流、塌陷、地裂缝、地下空洞等其它不良地质作用与地质灾害。崩塌体主要分布于厂址区海岸边陡崖崖脚部位，在场地平整后将不存在，对厂址稳定性无不良影响。

厂址附近范围以大庙山~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，总体呈“U”形。厂址附近范围内地下水被分水岭分割为三个水文地质单元，“U”形内部为I单元（含厂址区北部）；“U”形北侧为II单元；“U”形南侧（含厂址区南部）为III单元。以上三个水文地质单元之间没有明显的水力联系。

厂区内的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。第四系孔隙潜水含水层主要为山前斜坡及低洼地带海积层、坡洪积层及残坡积层，含水层较薄，透水性较弱，富水性较差。

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。厂址区浅部岩体属中等透水岩体，中等风化变质砂岩层属弱透水~微透水，以弱透水为主，微风化变质砂岩属弱透水~极微透水。

厂址区地下水对混凝土结构具微腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋在干湿交替情况下具中腐蚀性；在长期浸水情况下具微腐蚀性。

场地内地下水对与核安全相关物项地基安全没有影响。

核岛区地基为中等~微风化基岩。中等风化岩体属较硬岩，岩体完整程度主要为较破碎，岩体基本质量等级为III~IV级，剪切波速值为 1472m/s，地基承载力特征值为 3MPa。微风化岩体属坚硬岩，岩体完整程度主要为完整~较完整，岩体基本质量等级为I~II级，剪切波速值为 2270m/s，地基承载力特征值为 7MPa。以中等~微风化岩体为地基，地基均匀、稳定。

联合泵房基底标高以下主要为微风化基岩。以微风化岩体为地基，地基均匀、稳定。

厂址区天然边坡、岸坡整体稳定。当平整至厂坪标高+12.5m 后，在厂址北侧、西侧将形成人工挖方边坡，为永久性边坡，边坡坡脚距核岛厂房最近距离不小于 300m。人工挖方边坡不属于核安全相关边坡。类比厂址区附近现有人工边坡，厂址区内人工挖方边坡根据相关规范规定的坡角放坡，对节理发育、较破碎的岩体采取锚喷支护等边坡支护措施。

（2）于家沟厂址

该厂址位于滨海台地，地貌为剥蚀缓丘，沿海岸带边缘多分布于丘陵的前部。基岩多被残坡积土覆盖，山梁上基岩裸露，谷中堆积坡积层。自然地面高程 0.00m~61.70m，地形起伏较大，厂区内地表大部分为耕地，局部地段为人工林及杂木林。

厂址区陆域钻孔揭露残坡积覆盖层厚度小于 2.00m（局部残坡积层可达 5.00m 厚），下伏基岩以岩浆岩和变质岩为主，岩浆岩以花岗斑岩为主，变质岩主要为千枚岩。全风化~强风化层厚度一般为 2.00m~15.00m，其下为中等风化~微风化。

厂址内地质构造简单，主要地质构造为构造混合岩化带和挤压片理带。

厂址所在区域处于相对稳定的构造环境。厂址近区域位于辽东台隆东侧边缘，东邻狼林台隆，为长期隆起区，近区域内不存在发震构造。地震活动性研究结果表明，厂址近区域地震活动性较弱。厂址范围内不存在能动断层。

厂址区内分布的基岩主要为千枚岩和花岗斑岩，分布于整个厂址区。厂址区陆域部分，标高-2.00m 以下主要以微风化千枚岩和花岗斑岩为主，局部为强风化~中等风化千枚岩和花岗斑岩。厂址区岩性简单，地基岩石较完整。未发现地下空洞与采空区等，地基不会产生塌陷。地基周边无临空面，不存在滑移和倾覆的可能。因此厂址区的地基岩体整体上是稳定的。

根据本次勘测，于家沟厂址区内大部分地段为千枚岩、花岗斑岩，厂址地基条件较复杂，挖方区地形起伏较大，厂址区存在两个面积较大的沟谷（下管屯和东管屯所在地），根据钻孔资料，强风化千枚岩厚度一般为 4.20m~13.00m，强风化花岗斑岩厚度一般为 2.00m~14.80m，该区域在高程-2.00m 处多为强风化岩石，核岛不宜布置在该区域。海域部分有礁盘分布，为填方区，也不宜布置核岛。钻孔 Y02 和 Y03 所在的山脊为挖方区，根据钻孔资料，在高程-2.00m 处地层揭露为中等风化~微风化的千枚岩和花岗斑岩，可做为核岛摆放位置，因此建议核岛布置在该区域。

影响边坡稳定性的因素主要有地形地貌、地层岩性、结构面特征及组合关系和水文地质条件等。厂址区内的边坡主要有自然斜坡、岸坡和人工边坡，现分述如下。

1) 自然斜坡

厂址所处地貌单元为剥蚀缓丘，地面高程 0.00m~61.70m，地势起伏较大。坡体覆盖层厚度较小，下伏基岩为花岗斑岩和千枚岩。根据地面调查结果，自然斜坡未发现滑动、蠕动、张裂隙等迹象，在自然营力下处于稳定状态，故斜坡是稳定的。

2) 岸坡

由于基岩海岸受海蚀作用及重力崩塌作用，沿节理面、裂隙或层理面形成的陡峭悬崖，一般高出海面 10m~25m，形成海岸岩质边坡。

工程地质测绘表明，岩层倾向与坡向基本一致，构成一种有利于稳定的组合关系。

岩质岸坡受海蚀作用及重力崩塌作用，造成岩体崩塌、坠落，多在坡脚形成散乱小型碎石或岩块石堆，并且该区域海岸以基岩海岸为主，从而一定程度上对海岸侵蚀起到了防护的作用。

该区域无大的航运码头等工程设施，人为活动对岸坡影响也不明显。

综合上述分析，厂址区海岸边坡处于稳定状态。

3) 人工边坡

目前厂址内无人工边坡，厂地整平后，局部地段将形成人工边坡。钻孔 Y03 所在的山脊地面高程为 14.00m~61.70m，按设计地坪标高 8.00m 计算，开挖后将形成 6.00m~53.70m 的人工边坡，根据钻孔资料和地质测绘可知，地层岩性主要为千枚岩和花岗斑岩，千枚岩强风化层厚度一般为 4.20m~13.00m；花岗斑岩强风化层厚度一般为 2.00m~14.80m，完整程度为极破碎，岩体基本质量级别为 V 级。地层产状为 $210^{\circ} \angle 42^{\circ}$ 。千枚岩属层状裂隙结构岩体，有较好的导水性，当有较多地下水入渗后，边坡的稳定性差。根据工程地质类比法，人工边坡按 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 左右分级放坡，同时做适当的坡面和坡顶的护坡处理，边坡是稳定的。

9.2.6 供水条件

(1) 南尖厂址

南尖厂址考虑采用海水直流冷却方式，取水拟采用明渠取水方案。取水明渠与 7.0m 水深线相衔接，取水明渠长约 3.75km，明渠底宽约 120m，渠底标高-9.0m，两条导流堤长约 3.75km。一期工程排水采用在电厂东北侧近岸排放，二期与三期排在电厂西南侧，每台机组设一条排水隧洞，本期共 2 条排水隧洞，每条排水隧洞 4m×8m（可做双孔），每条排水隧洞长约 1.1km。

(2) 于家沟厂址

于家沟厂址考虑采用海水直流冷却方式，取水拟采用明渠取水方案。取水明渠与 7.0m 水深线相衔接，取水明渠长约 2.0km，明渠底宽 120m，渠底标高-9.0m，导流堤分别长约 2km 和 1.6km。每台机组设一条排水隧洞，本期共 2 条隧洞，每条隧洞直径 6.5m，每条隧洞长 1.4km。

9.2.7 气象和大气弥散条件

两候选厂址所在区域均属于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。

根据候选厂址代表性气象站庄河站 1992~2022 年的气象观测资料统计结果，候选厂址地区年平均气压为 1011.8hPa，极端最高气压为 1042.4hPa，极端最低气压为 975.1hPa。年平均气温为 9.6℃，极端最高气温为 37.7℃，极端最低气温为 -28.1℃。年平均风速为 2.7m/s，最大风速为 23.7m/s，极大风速为 31.7m/s。年最多风向为 W，风频为 8.7%，次多风向为 WNW，风频为 8.2%，年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 7.1%。年平均相对湿度为 68.2%，最小相对湿度为 0%。年平均水汽压为 11.0hPa。年平均降水量为 764.3mm，一日最大降水量为 196.0mm。年平均蒸发量为 1138.9mm。年平均日照时数为 2518.4h。年平均总云量为

4.9 成，年平均低云量为 3.3 成。

调查 1949~2022 年间以候选厂址为中心，3 个经纬度范围内的龙卷风资料，共收集到龙卷风样本 83 例，年平均 1.2 例，最强龙卷风为 F2 级。调查 1949~2022 年间以候选厂址为中心半径 400km 范围内的热带气旋，得到影响候选厂址区域的热带气旋共 80 个，年平均 1.1 例，主要出现在盛夏季节。两候选厂址区域年平均暴雨日数为 1.8~3.8d，年平均大风日数为 7.7~42.3d，年平均雷暴日数为 19.0~31.0d，年平均闪电日数为 4.4~7.8d，年平均冰雹日数为 0.8~1.0d，年平均飏线日数为 0.2~1.1d，年平均雨淞日数为 0.3~1.0d，年平均雾淞日数在 1.6~4.8d 之间，年平均雾日数为 33.4~56.9d，两候选厂址区域各站沙尘暴很少发生，最大冻土深度为 94~114cm。

两候选厂址区域以中性 D 类天气为主，约占 37.4%，不稳定 A~C 类天气分别为 6.4%、11.3% 和 13.5%，稳定 E、F 类天气分别为 14.2% 和 17.2%。

9.2.8 水文和水体弥散条件

南尖厂址和于家沟厂址均位于大连市庄河市境内。

（1）海洋水文

本海区潮汐性质属于正规半日潮。最高潮位为 359.1cm，最低潮位为-367.9cm，平均高潮位 182.1cm，平均低潮-218.9cm，平均潮差 401cm，最大潮差 638cm，平均涨潮历时 364min，平均落潮历时 381min；本海域最高、最低天文潮位分别为 340cm 和-312cm。10% 超越概率天文高、低潮位分别为 335cm 和-303cm。工程海域各测流站周日全潮平均流速的分布特征是：表层最大，中层次之，底层最小；就潮期而言则是大潮最大，中潮次之，小潮最小。

两厂址地处辽南沿岸，海水温度受陆地径流、黄海水系影响较大。冬季，水温较低，可以降到 0℃以下，具有沿岸水温比外海水温低的特征。春季，随着气温回升，水温逐渐升高。夏季，海水温度升至高峰，表层水温可以达到 30℃以上。具有沿岸水温比外海水温高的特征。全年平均盐度为 28.9，最高盐度为 32.6（1997 年 8 月），其次为 32.5（1998 年 1 月），最低盐度为 22.7（1998 年 2 月）。

两厂址都处于结冰区，但两厂址所处的黄海北部冰情一般较轻，厂址海冰以流冰为主。

（2）陆地水文

1) 流域概况

全市共有中小河流 364 条，总长约为 1500km，流域面积超过 100 平方公里的有碧流河（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，两个厂址区域附近分布的主要河流有英那河、庄河、湖里河、地窖河等。

2) 厂址上下游主要水利工程概况

厂址区域附近的庄河、英那河、湖里河等主要河流上，不同时期分别建有不同规模的水利水电工程，其中大、中型水利水电工程有四座，庄河流域已建有朱隈水库（大 2 型）及为弥补朱隈水库水源不足问题修建的蓉花山引水工程各一座，英那河流域已建有英那河水库（大 2 型），湖里河已建有转角楼水库（大 2 型），地窖河已建有永记水库（中型）。

3) 水文站资料

河流域现有水文、雨量站共 8 个，于二十世纪五十年代后期陆续设立，其中水文站 1 个、水库水文站 1 个、雨量站 6 个。

(3) 厂址防洪

于家沟和南尖两个厂址处无较大河流分布，所处位置在庄河境内的庄河、英那河、湖里河、地窖河等四大河流的流域之外，河流通向厂址处分水岭较高，且厂址距四条河流的入海口距离较远，可以初步判定厂址区域不受内陆河流洪水的影响；两个厂址区域可产生坡面洪水条件的面积较小，同时具有坡面洪水向厂区四周汇流的条件，通过对附近居住村民调查，多年来厂址处受坡面洪水的影响极小，故坡面洪水不会给厂址带来大的影响。

(4) 水体弥散条件

两厂址液体放射性流出物随电厂温排水排入厂址周围海域，水体弥散条件均较好。

9.2.9 外部人为事件

两个厂址半径 15km 范围内没有炸药库，也没有易燃易爆品仓库和生产企业，输油管线和天然气管线。有一些小型加油站和液化气站。

两个厂址半径 15km 范围内国道 G201 线和丹大高速公路距其较远，均超过了 10km。县道距厂址较近，为 1~0.7km 左右。县道所运输危险品主要有液化气、汽油和柴油。液化气一次最大运输量为 20t，汽油和柴油一次最大运输量为 12t。厂址半径 15km 范围内的海港，无危险品运输，同时厂址 15km 范围内无海上货物运输航线。

经计算分析上述危险源均不会对厂址安全造成影响。

两个候选厂址半径 80km 范围内无民用机场，距两个候选厂址最近的航线是大连—丹东航线，在地面投影距离于家沟厂址约 37km，距南尖厂址约 33km。

9.2.10 正常运行对环境的影响

(1) 南尖厂址

正常运行工况下，南尖厂址气液态流出物排放对厂址周围公众个人造成的最大个人有效剂量满足国家标准 GB6249-2011 剂量约束值（0.25mSv/a）的要求。

(1) 于家沟厂址

正常运行工况下，于家沟厂址气液态流出物排放对厂址周围公众个人造成的最大个人有效剂量满足国家标准 GB6249-2011 剂量约束值（0.25mSv/a）的要求。

从正常运行工况下气液态流出物排放对厂址周围公众个人造成的辐射剂量角度考虑，所选择两个厂址正常运行工况下，对公众造成的辐射剂量都满足国家标准《核电厂辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的剂量约束值的要求。因此，就核电厂正常运行工况下流出物排放对周围公众造成的辐射影响而言，上述两个厂址均可行。

9.2.11 事故对环境的影响

依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017RK）给出的准则对选址假想事故源项及其放射性后果进行分析和评价。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定以及南尖厂址和于家沟厂址在选址假想事故条件下拟定非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，两个厂址的选址假想事故后果均满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，南尖厂址和于家沟厂址均是适宜的。

9.2.12 制定和实施应急预案的可行性

按照《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101-2023）的要求，在核电厂选址时应考虑到事故对公众的潜在后果和执行应急预案的能力，以及可能妨碍执行应急预案的任何外部事件影响，因此，在核电厂选址阶段必须在厂址周围建立外围地带，从而确定不存在妨碍制定应急预案的根本问题。

从厂址所处的地形特征、人口分布、交通运输以及通讯网络方面考虑，未来核电厂在制订和实施应急预案方面不存在难以克服的困难。

9.3 推荐厂址评价

2009 年 12 月 10 日至 11 日，电力规划设计总院在辽宁省大连市主持召开了辽宁大唐国际庄河核电项目初步可行性研究报告审查会，在会上针对两个厂址场地条件、工程水文、环境与安全等因素初步综合分析。2010 年 5 月 31 日，电力规划设计总院印发《关于辽宁大唐国际庄河核电项目初步可行性研究报告的审查意见》（电规发电[2010]181 号），评审意见认为，南尖厂址综合建厂条件较优于于家沟厂址，推荐南尖厂址作为优先候选厂址，南尖厂址基本具备建设 6×1000MW 级压水堆核电机组的条件。

第十章 利益代价分析

10.1 利益分析

10.1.1 运行带来的直接利益

10.1.2 建设和运行带来的间接利益

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

10.2.2 间接代价

10.1 利益分析

10.1.1 运行带来的直接利益

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、大连市城市投资控股集团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157亿度。

10.1.2 建设和运行带来的间接利益

（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。但是，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的需要，因此，庄河核电厂一期工程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。庄河核电厂一期工程 $2\times 1250\text{MW}$ 机组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。

庄河核电厂一期工程的建设，不仅将有效地解决辽宁省的能源供求矛盾，还将缓解交通运输的紧张状况，推动当地的经济的发展，提高人民的生活水平。核电厂项目投资大，建设周期长，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题，促进当地金融等服务产业发展。建设期间，可提供约6万人年的各种建设人才的就业机会。

同时还起到优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。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。

庄河核电厂一期工程的建设将进一步有利于当地的交通、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快辽宁地区的经济发展具有重要意义。

（2）行业效益

庄河核电厂一期工程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，从而全面推动我国核电事业的发展，促进民族工业的振兴。

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，并培养出一批核电站建设组织管理人才，为其后续机组和国内其它核电厂的建设培养人材。从而全面推动我国核电事业的发展。

（3）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，核电机组每年可使电网减少燃煤 600 万吨，有效减少了 CO₂、SO₂、NO_x、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染，缓解酸雨的发生。

同时，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。

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

庄河核电厂一期工程的项目计划总资金包括建筑工程费、设备购置费、安装工程费等工程费用和建设单位管理费、设计和技术服务费、联合试运转费等工程其他费用以及预备费、建设期贷款利息和融资费用、铺底流动资金、进口环节增值税。

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、环境整治以及施工期环保投入等费用。其中废物处理处置系统包括核岛废物处理和排放系统、三废处理设施及环境保护系统费用；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、安全壳泄露监测系统等监测系统费用；环境整治包括厂区绿化、边坡、截排洪沟等费用；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。

10.2.2 间接代价

10.2.2.1 社会代价

庄河核电厂一期工程占地 118.84hm²，厂区、生活区需要长期征用大量的土地。

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。

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，不可避免的增加当地的运输负担。

但是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。

10.2.2.2 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，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庄河核电厂一期工程的环境影响做出了详细的论证。

从以上分析可以得出结论：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。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。

第十一章 结论与承诺

11.1 结论

- 11.1.1 核电厂建设项目
- 11.1.2 环境保护设施
- 11.1.3 放射性排放
- 11.1.4 辐射环境影响评价结论
- 11.1.5 非辐射环境影响评价结论
- 11.1.6 公众意见采纳情况总结

11.2 承诺

11.1 结论

11.1.1 核电厂建设项目

辽宁庄河核电站位于辽宁省庄河市栗子房镇陶屯西南侧。规划容量为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台华龙一号压水堆机组”建设。

11.1.2 环境保护设施

11.1.2.1 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。

11.1.2.2 非放射性废物处理系统

辽宁庄河核电项目一期工程拟建污水处理构筑物对生活污水进行收集和处理，再生水回用满足回用水相关标准，回用剩余水量排放满足国标的相关要求；通过室外管网收集各子项的非放射性生产废水，汇集至非放射性生产废水处理站进行处理，排水

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。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。

11.1.2.3 辐射环境监测

为保证核电厂各系统运行的有效性，保护环境、公众和职业人员安全，本工程将设置完整而全面的流出物监测系统和能够覆盖整个厂址区域的环境辐射与气象监测系统，并且制定运行期间流出物和环境监测方案及应急监测方案。

11.1.3 放射性排放

本工程两台机组及全厂址 6 台机组共同运行状态下，各类气载和液态放射性流出物年设计排放量均能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中排放量控制值要求，槽式排放出口处的放射性流出物中除氡和 C-14 外其他放射性核素浓度低于 1000Bq/L，可以满足 GB6249-2011 中对流出物排放浓度的控制要求。

11.1.4 辐射环境影响评价结论

（1）对公众的辐射影响

本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为 $1.88\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $8.33\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $5.59\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.70\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为 $1.88\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占本工程个人剂量约束值（ 0.08mSv/a ）的 2.35%。

本厂址 6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.71\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.57\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.73\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $8.57\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为 $5.71\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 2.28%。其中气态途径剂量为 $5.80\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $5.13\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。

本工程运行状态下分析可能的关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用现实排放源项。可能的关键居民组为厂址 NW 方位 1~2km 处大王屯村的成人组，受到的最大个人有效剂量为 $6.40\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。可能的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $5.69\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 88.91%；其次为气态途径的食入农牧产品内照射途径，占气液态总剂量的 8.14%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $5.34\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 83.40%；另外 Co-60 的剂量贡献也较大，占气液态总剂量的 5.64%。

厂址 6 台机组运行状态下，可能的关键居民组为厂址 NE 方位 1~2km 处毕屯村的成人组，受到的最大个人有效剂量为 $1.95\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。可能的关键途径为食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.71\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 87.77%；其次为食入农牧产品造成的内照射途径，占气液态总剂量的 9.07%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $1.62\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 83.18%；另外，Co-60 的剂量贡献也较大，占气液态总剂量的 5.58%。

因此从正常运行对公众的辐射影响角度来看，辽宁庄河核电厂一期工程厂址是适宜的。

（2）对非人类生物的辐射影响

1) 水生生物

从影响率的结果来看，本工程两台机组正常运行时，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，本工程两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

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^{-2} 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。

2) 陆生生物

从影响率的结果来看，本工程两台机组正常运行时，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^{-4} 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，本工程两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

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，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。

（3）事故工况的辐射影响

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定以及选址假想事故条件下拟定非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，选址假

想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，庄河核电站一期工程厂址是适宜的。

11.1.5 非辐射环境影响评价结论

11.1.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

核电站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，采取乔灌木相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。因此核电站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导流堤、排水暗涵、大件码头、护岸、临时施工围堰等海工工程施工。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。

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 $1063\text{m}^3/\text{d}$ ，拟接入市政污水管网排放处理。施工生产用水主要用于消耗和重复利用。施工生产废水除混凝土浇筑、养护、冲洗机具、降尘等损耗外，冲洗砂石排水沉淀后复用。

（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。

11.1.5.2 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 2 台机组运行工况下，夏季半月潮 4°C 温升垂向投影全潮最大包络面积为 0.16km^2 ， 1°C 温升垂向投影全潮最大包络面积为 26.24km^2 ；冬季半月潮 4°C 温升垂向投影全潮最大包络面积为 0.20km^2 ， 2°C 温升垂向投影全潮最大包络面积为 5.22km^2 。

（2）生产废水和生活污水的影响

本工程非放射性生产废水通过室外管网排至非放射性生产废水处理站，其水质达到《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，排入室外管网，最终排至大海。

本工程生活污水由生活污水排水系统收集送至生活污水处理站集中处理。生活污水经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中冲厕、车辆冲洗标准后，用于绿化、洗车、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海，排放水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准。

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和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB/T 18918-2002）一级 A 标准的废水均允许排入《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。同时，污水处理构筑物处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，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。

（3）化学污染物的环境影响

辽宁庄河核电厂一期工程工艺系统中化学污染物主要来自工艺过程产生的废水，包括海水淡化系统、除盐水生产系统、凝结水精处理、循环水处理系统。

海水淡化系统产生的浓盐水排至海水排放口与海水混合后，浓度降低。因此，不会影响附近海域的海水质量。

除盐水生产系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，与海水中天然 NaCl 浓度相比较低。因此，不会影响附近海域的海水质量。

本工程凝结水精处理再生处理过程中产生的废水排入废水中和池内，然后通过废水泵送到常规岛废液收集系统（QB）。其中对环境产生影响的是 NH₄Cl，排放浓度为 2.8 mg/L。氨氮排放满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准（15mg/L），允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。因此，不会影响附近海域的海水质量。

加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度很低。余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。根据余氯扩散计算结果，本工程余氯影响范围很小，不会对受纳水体产生明显影响。

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 台华龙一号机组是可行的。

11.1.6 公众意见采纳情况总结

中核大唐庄河核电有限公司依据相关法规标准的要求开展了辽宁庄河核电厂一期工程选址阶段的公众参与活动。在环评信息公示期间，未接到电子邮件、电话咨询和信件方式反馈的意见和咨询信息；在公示期间，有一企业工作人员到访庄河核电办公楼，寻求了解采购设备情况。本次调查工作人员已及时给与回复。

2024 年 1 月 18 日，辽宁庄河核电厂一期工程公众参与座谈会在庄河市召开，座谈会由庄河市重大项目建设指挥部办公室（以下简称大项目办）主办，中核大唐庄河核电有限公司（以下简称庄河核电）承办，庄河市政府、发改局、生态环境局、科协的有关负责同志，黑岛镇、青堆子镇、栗子方房及鞍子山乡的有关负责同志及村民代表，庄河市部分国企、私企代表及当地大学生代表等 41 人参会。会上，首先向与会领导汇报了庄河核电项目概况和进展情况，并重点报告了庄河核电项目公众参与工作

情况；其次中核工程汇报了庄河核电项目环境影响评价结论；在最后的交流座谈环节中，与会代表均持积极支持态度，希望项目早日开工建设。

11.2 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、同时投入使用的环境保护“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。