

徐大堡核电厂 3、4 号机组

# 环境影响报告书

(运行阶段)

中核辽宁核电有限公司

二〇二五年六月





# 徐大堡核电厂3、4号机组

## XUDAPU NUCLEAR POWER STATION UNITS 3 & 4

工 程 号 1817

子项号或系统号

子项或系统名称

设 计 阶 段 施工图设计

工 种 综合

图册(文件)名称 环境影响报告书  
(运行阶段)

图册(文件)序号 —

批 准 字建军

文件编码	XDP	Y	B000	01	13100000	TR	0001	H
------	-----	---	------	----	----------	----	------	---

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



中国核电工程有限公司

二〇二五年六月



## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	0ee4a3		
建设项目名称	徐大堡核电厂3、4号机组		
建设项目类别	55-167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	 中核辽宁核电有限公司		
统一社会信用代码	912114816866442216		
法定代表人（签章）	陈劲 		
主要负责人（签字）	于志成 		
直接负责的主管人员（签字）	郜振晓 		
<b>二、编制单位情况</b>			
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		
<b>三、编制人员情况</b>			
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	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张敬辉	第四章	BH026938	
陈春燕	第五章	BH009721	
薛娜	第六章、第七章	BH026661	
魏刚	第九章	BH026932	

高桂玲	第一章、第十章	BH026937	高桂玲
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣
胥密	第二章	BH071294	胥密

文件修改记录

版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2025.06	-	-	首次出版



# 总 目 录

## 前 言

## 第一章 概述

- 1.1 建设项目名称和建设性质
- 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划
- 1.3 建设项目经费和环保设施投资
- 1.4 建设目的
- 1.5 建设项目的进度
- 1.6 环境影响报告书编制依据
- 1.7 评价标准
- 1.8 工程组成
- 1.9 环境保护措施
- 1.10 评价范围
- 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

## 第二章 厂址与环境

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

## 第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

## 第四章 核电厂

- 4.1 厂址总体规划及厂区总平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统
- 4.3 核电厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统

- 4.5 专设安全设施
- 4.6 放射性废物管理系统和源项
- 4.7 非放射性废物处理系统
- 4.8 放射性物质厂内运输
- 第五章 核电厂施工建设过程的环境影响**
  - 5.1 土地利用
  - 5.2 水的利用
  - 5.3 施工影响控制
- 第六章 核电厂运行的环境影响**
  - 6.1 散热系统的环境影响
  - 6.2 正常运行的辐射影响
  - 6.3 其它环境影响
  - 6.4 初步退役计划
- 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险**
  - 7.1 核电厂放射性事故和后果评价
  - 7.2 严重事故
  - 7.3 场内运输事故
  - 7.4 其它事故
  - 7.5 事故应急
- 第八章 流出物监测与环境监测**
  - 8.1 辐射监测
  - 8.2 其它监测
  - 8.3 监测设施
  - 8.4 质量保证
- 第九章 利益代价分析**
  - 9.1 利益分析
  - 9.2 代价分析
- 第十章 结论与承诺**
  - 10.1 核电厂建设项目
  - 10.2 环境保护设施

- 10.3 放射性排放
- 10.4 辐射环境影响评价结论
- 10.5 非辐射环境影响评价结论
- 10.6 公众意见采纳情况总结
- 10.7 承诺



## 前 言

受中核辽宁核电有限公司的委托，中国核电工程有限公司根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等法律法规、标准和导则的要求，并依据《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）的相关要求，结合徐大堡核电厂 3、4 号机组的设计特征及本阶段环评的重点工作，编写了本报告书。

辽宁徐大堡核电厂厂址规划容量为 6 台百万千瓦级核电机组，统一规划，分期建设。根据目前的规划，1、2 号机组建设 2 台 CAP1000 压水堆核电机组；3、4 号机组建设 2 台 VVER-1200 压水堆核电机组；5、6 号机组规划建设 2 台百万千瓦级机型核电机组。

徐大堡核电厂 3、4 号机组由中核辽宁核电有限公司作为建设和营运单位，负责核电厂的建设、调试、运营和管理。3 号机组已于 2021 年 7 月浇筑第一罐混凝土，两台机组开工间隔为 10 个月，3、4 号机组分别计划于 2026 年 12 月和 2027 年 10 月投入商业运行。

本报告书的编制采用了最新的专题成果，报告书共分为十章，主要就本工程的厂址与环境、本工程环境排放相关的工程特征、施工建设过程对环境的影响、本工程运行及事故的环境影响、流出物监测与环境监测、效益分析进行了全面说明和论述。

根据本报告书分析和评价，本工程厂址的自然条件和社会条件可以满足本工程建设的需要；本工程施工建设过程对环境的影响可以满足我国有关法规、标准的要求；本工程气态和液态流出物排放量均能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中的排放量控制值要求，槽式排放出口处的放射性流出物中除氡和碳-14 外其他放射性核素浓度低于 1000Bq/L；运行状态下，温排水对海洋生态环境及养殖业的影响是可以接受的；正常运行和事故工况下的辐射影响和后果均可以满足 GB6249-2025 的相关要求；本工程运行产生的其他非放污染满足相关法规标准要求，不会对环境造成明显影响。本工程的设计能够满足环境保护的要求，从设计上可以保证环境保护设施得到落实。

本工程在建造和运营阶段将严格执行配套建设的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；工程建造过程中，严格执行施工期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。

本报告书是中核辽宁核电有限公司和报告书编制单位共同财产，任何单位或个人未经书面许可，不得以任何方式复制、传播、发表和外传。



## 第一章 概述

### 1.1 建设项目名称和建设性质

#### 1.1.1 核电厂名称与营运单位

#### 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 主要法规

#### 1.6.2 技术导则、标准

### 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

#### 1.9.1 辐射影响防治措施

#### 1.9.2 非辐射环境影响防治措施

#### 1.9.3 环境辐射监测设施

### 1.10 评价范围

#### 1.10.1 辐射环境影响评价范围

#### 1.10.2 非辐射环境影响评价范围

### 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

表

表 1.7-1 液态流出物中的放射性核素活度浓度推荐值

图

图 1.10-1 徐大堡厂址半径 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 核电厂名称与营运单位

核电厂名称：徐大堡核电厂 3、4 号机组。

核电厂营运单位：中核辽宁核电有限公司。

### 1.1.2 建设性质

徐大堡核电厂 3、4 号机组为新建项目，由中核辽宁核电有限公司作为建设和营运单位，负责核电厂的建设、调试、运营和管理。本工程核岛以俄罗斯列宁格勒二期核电站为参考电站，核岛设计由俄方负责，中国核电工程有限公司负责核岛技术后援工作、常规岛和 BOP 工程设计、采购、建安等工程承包工作。

## 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

辽宁徐大堡核电厂厂址位于辽宁省兴城市徐大堡镇方安村，规划容量为 6 台百万千瓦级核电机组，统一规划，分期建设。根据目前的规划，1、2 号机组建设 2 台 CAP1000 压水堆核电机组；3、4 号机组建设 2 台 VVER-1200 压水堆核电机组；5、6 号机组规划暂按 2 台百万千瓦级核电机组考虑。

VVER-1200 反应堆电功率为 1200MW，热功率为 3200MW。本工程机组规划布置在徐大堡 1、2 号机组西南侧，与徐大堡 1、2 号机组属同一厂址。其中核岛以俄罗斯列宁格勒核电站二期工程为参考电站，常规岛以田湾核电站 3、4 号机组常规岛为参考。

徐大堡厂址在厂区平面布置、场地建设和取排水设施等方面兼顾六台机组容量进行规划，工程建设分期进行，建成后整个厂址区将形成一址多堆的核电基地。为实施高效、安全的管理及辐射防护、环境保护的优化设计，电厂业主遵循近远期结合、统筹规划的原则进行厂址总体规划，对多堆厂址的环保设施进行统筹安排，在环境保护方面实施“四统一”，即统一运行管理、统一申请排放量、统一进行流出物和环境监测、统一制定并实施应急计划和准备。

## 1.3 建设项目经费和环保设施投资

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程采用与俄方合作的 VVER-1200 机型。按照工程固定价总投资资金需求，项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资（包含换汇所需资金）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。其中，直接和间接用于环境保护的费用的建设投资约占总项目计划总资金的 2.78%。



## 1.4 建设目的

### （1）符合国家能源政策和地区发展需求

我国电力生产以煤为主的能源结构已受到煤炭供应和环保压力的双重挑战，发展核电是应对煤电发展受制约的客观需要，也是我国电源结构调整优化的重要措施之一。逐步提高核电在能源结构中的比例，已成为我国的重要能源发展战略。作为世界能源消费大国，发展核电是解决我国资源分布不均、能源短缺的重要途径。

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。

考虑到辽宁省能源资源禀赋少，环境承载能力弱，一次能源自给率低，电力需求大等特点，且辽宁地处沿海，有着北方地区异常稀缺的核电厂址资源，在东北地区特别是辽宁省适当布局建设一定规模的核电，显得十分必要和迫切。

### （2）落实党中央关于东北全面振兴决策部署

东北地区是我国重要的清洁能源基地，资源条件好，产业基础雄厚，区位优势独特，发展潜力巨大，在国家发展大局中具有重要战略地位。党中央高度重视东北振兴工作，2023 年 9 月 7 日，习近平总书记组织召开新时代推动东北全面振兴座谈会；2023 年 10 月 27 日，习近平总书记主持召开中央政治局会议，审议《关于进一步推动新时代东北全面振兴取得新突破若干政策措施的意见》，两次会议均提出“加快发展风电、光电、核电等清洁能源，建设风光火核储一体化能源基地”。推进 3、4 号机组项目建设是落实党中央关于新时代推动东北全面振兴有关要求的重要举措，对助力加快建设风光火核储一体化能源基地具有促进作用，符合东北地区能源发展形势，可有效助力东北地区清洁、低碳发展，助力产业转型升级。

### （3）适应辽宁电力需求增长、调整能源结构、促进可持续发展的需要

近年来，在国家振兴东北战略实施指引和带动下，辽宁省及东北地区经济触底反弹，各项经济指标明显好转，社会用电量增幅较大，能源需求进一步扩大。根据辽宁电网电力平衡计算结果，建设本工程可适应辽宁电网“十五五”电力需求；增加核电项目比重，可改善辽宁以火电为主的能源结构，减缓煤炭供应和运输压力，并减少二氧化碳、烟尘、二氧化硫、氮氧化物等主要大气污染物的排放，环保效果显著；辽宁省一次能源匮乏，能源供应对外依存度超过 75%，发展核电是实现辽宁能源供应可持续发展的重要途径，是实现能源供应可持续发展的需要。



#### （4）有利于保护环境

辽宁省电力能源消费以煤为主，煤电装机占总装机容量比重高，这种以煤电为主的能源消费状况存在的问题有：随着经济发展，煤炭消耗量增加，煤炭开采、运输及燃烧对环境的污染日益严重。随着国家对环保要求不断提高，出台更加严格的法规和标准，排放量控制将更加严格，因此环境问题已成为电力发展主要制约因素之一。鉴于辽宁省能源资源储量、生产消费以及交通运输和环境等因素制约，从可持续发展角度，适当增加新能源建设，尤其是清洁能源，比如核电、气电、风电等，是完全必要的。

#### （5）有助于实现碳达峰、碳中和目标

我国力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策。核能是重要的清洁能源，未来前景广阔。大力开发核能，对于替代化石能源、减少二氧化碳排放具有显著作用，有利于构建清洁低碳、安全高效的能源体系，是如期实现碳达峰、碳中和目标的重要抓手。

综合上述分析，徐大堡核电厂 3、4 号机组的建设符合国家能源政策，能够为辽宁省节约发电用煤，减轻铁路运煤压力，减少长距离输电的损耗，提高对负荷中心供电的清洁性和可靠性，同时考虑后期核能综合利用，有助于实现碳达峰、碳中和，对于改善辽宁省电源结构、推动辽宁电网电源多样化发展具有重大意义。

### 1.5 建设项目的进度

徐大堡核电厂 3 号机组已于 2021 年 7 月浇筑第一罐混凝土，两台机组开工间隔为 10 个月，3、4 号机组分别计划于 2026 年 12 月和 2027 年 10 月投入商业运行。

### 1.6 环境影响报告书编制依据

#### 1.6.1 主要法规

- （1）《中华人民共和国环境保护法》（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) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）；
- (12) 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）；
- (13) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日）；
- (14) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；
- (15) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002, 2011）；
- (16) 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401-1997）；
- (17) 《辽宁省环境保护条例》（2022 年 4 月 21 日）；
- (18) 《辽宁省大气污染防治条例》（2022 年 4 月 21 日）；
- (19) 《辽宁省海洋环境保护办法》（2019 年 11 月 8 日第四次修正）。

### 1.6.2 技术导则、标准

- (1) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2020 年 11 月 30 日生态环境部令第 16 号公布，自 2021 年 1 月 1 日起施行）；
- (2) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02-1987）；
- (3) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03-1987）；
- (4) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04-1989）；
- (5) 《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05-1991）；
- (6) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06-1991）；
- (7) 《核电厂厂址选择的极端气象事件》（HAD101/10-1991）；
- (8) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11-1991）；
- (9) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）；
- (10) 《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）；
- (11) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (12) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (13) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (14) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (15) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- (16) 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；



- (17) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (18) 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- (19) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996）；
- (20) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）；
- (21) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）；
- (22) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ1037-2019）；
- (23) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (24) 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）；
- (25) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）；
- (26) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）；
- (27) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (28) 《海洋调查规范》（GB/T12763.1~7-2007）；
- (29) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (30) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (31) 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）；
- (32) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (33) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T17230-1998）；
- (34) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- (35) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (36) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (37) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；
- (38) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (39) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (40) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (41) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (42) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (43) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (44) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- (45) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；



- (46) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ1186-2005）；
- (47) 《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》（GB14569.1-2011）；
- (48) 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB12711-2018）；
- (49) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- (50) 《辽宁省污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）。

## 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》（GB6249-2025）中的有关规定。

#### (1) 运行状态下剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的规定，任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。核动力厂必须按每堆实施流出物年排放量控制，对于 3000MW 热功率的反应堆，其控制值如下：

气态流出物：

- 惰性气体： $1.0 \times 10^{14}$ Bq/a；
- 碘： $3.0 \times 10^9$ Bq/a；
- 粒子（半衰期 $\geq 8$ d）： $9.0 \times 10^9$ Bq/a；
- 碳-14： $7 \times 10^{11}$ Bq/a；
- 氚： $1.5 \times 10^{13}$ Bq/a。

液态流出物：

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

单堆流出物年排放量控制值可根据其功率参考 GB6249-2025 附录 C 的方法进行适当调整，徐大堡核电厂 3、4 号机组额定热功率为 3200MW，调整后的单堆流出物控制值如下：

气态流出物：

- 惰性气体： $1.06 \times 10^{14}$ Bq/a；
- 碘： $3.20 \times 10^9$ Bq/a；



—— 粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）： $9.30 \times 10^9 \text{Bq/a}$ ；

—— 碳-14： $7.17 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；

—— 氡： $1.60 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态流出物：

—— 氡： $7.67 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；

—— 碳-14： $1.52 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；

—— 其余核素： $9.60 \times 10^9 \text{Bq/a}$ 。

徐大堡核电厂场址剂量约束值为  $0.25 \text{mSv/a}$ ，本期工程（两台机组）运行状态下的公众辐射剂量约束值为  $0.06 \text{mSv/a}$ 。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）第 6.5 条中规定液态流出物排放浓度的要求，本厂址属于滨海厂址，槽式排放出口处的液态流出物中氡的活度浓度不应超过  $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的活度浓度不应超过  $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其他放射性核素总活度浓度不应超过  $1000 \text{Bq/L}$ ，各核素活度浓度应满足表 1.7-1 的要求。

#### （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》（GB6249-2025），对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在  $5 \text{mSv}$  以下，甲状腺当量剂量应控制在  $50 \text{mSv}$  以下；在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在  $100 \text{mSv}$  以下，甲状腺当量剂量应控制在  $1000 \text{mSv}$  以下。

#### （3）海水中的放射性核素浓度标准

本工程采用《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，运行期间接纳水体中的放射性核素浓度控制值为：

Co-60： $0.03 \text{Bq/L}$ ；

Sr-90： $4 \text{Bq/L}$ ；

Ru-106： $0.2 \text{Bq/L}$ ；

Cs-134： $0.6 \text{Bq/L}$ ；

Cs-137： $0.7 \text{Bq/L}$ 。

#### （4）运行后的排放量申请值

气态流出物：



- 惰性气体： $3.83 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；
- 碘： $5.46 \times 10^8 \text{Bq/a}$ ；
- 粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）： $6.01 \times 10^8 \text{Bq/a}$ ；
- 碳-14： $3.31 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 氡： $2.92 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ 。

液态流出物：

- 氡： $2.62 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；
- 碳-14： $1.74 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ；
- 其余核素： $3.20 \times 10^9 \text{Bq/a}$ 。

### 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

#### （1）环境空气质量标准和大气污染物排放标准

环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表2无组织排放监控浓度限值。

#### （2）近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

根据2023年辽宁省生态环境厅批复的“关于《徐大堡核电项目近岸海域环境功能区划调整方案》的批复”（辽环函〔2023〕25号），混合区面积由现行的12.6平方公里调整为9.98平方公里，调整后的混合区水温指标执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中关于混合区的相关规定，其他指标执行第二类海水水质标准。第三类近岸海域环境功能区面积由现行的11.5平方公里调整为16.02平方公里，海水水温指标执行第三类海水水质标准，其他指标执行第二类海水水质标准。

#### （3）污水排放标准

生活污水回用执行《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，详见下表。

序号	项目	限值
1	pH	6.0~9.0
2	色度，铂钴色度单位	$\leq 15$
3	嗅	无不快感
4	浊度/NTU	$\leq 5$
5	五日生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）/（mg/L）	$\leq 10$

6	氨氮/（mg/L）	≤5
7	阴离子表面活性剂/（mg/L）	≤0.5
8	铁/（mg/L）	≤0.3
9	锰/（mg/L）	≤0.1
10	溶解性总固体/（mg/L）	≤2000
11	溶解氧/（mg/L）	≥2.0
12	总氯/（mg/L）	≥1.0（出厂），≥0.2（管网末端）
13	大肠埃希氏菌/ （MPN/100mL 或 CFU/100mL）	无

非放射性生产废水排放执行《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008），主要指标及限值如下：

序号	项目	限值
1	氨氮/（mg/L）	≤10
2	总磷/（mg/L）	≤0.5
3	悬浮固体（SS）/（mg/L）	≤20
4	化学需氧量（COD）/（mg/L）	≤50
5	硼/（mg/L）	≤2
6	石油类/（mg/L）	≤3

#### （4）声环境质量标准及噪声排放标准

厂界的声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准；厂界外周边村庄声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准；交通噪声执行 4a 类标准。

厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准；施工期间执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

#### （5）电磁辐射

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

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



## 1.8 工程组成

本项目主体工程包括反应堆厂房、蒸汽间、安全厂房、控制厂房、重要厂用水厂房、辅助厂房、应急柴油发电机厂房、核服务厂房等组成的核岛，汽轮机厂房及其厂房内的系统设备组成的常规岛，以及用于支持主体工程运行的 BOP 配套辅助工程如循环水系统、输配电系统、气体系统、废物处理系统等。环境保护相关设施主要包含放射性辅助生产和处理设施、生活污水和生产废水处理设施等。

## 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、废物处理和排放系统、厂区三废处理设施及环境保护工程、辐射监测系统，以及进行厂区绿化等。

### 1.9.1 辐射影响防治措施

本工程放射性废物管理系统包括特种下水收集系统，疏水处理系统（KPF），液体放射性废物贮存系统（KPK），常规岛废液排放系统（LDL），放射性废气处理系统，液体放射性废物转运系统（KPH）、固体放射性废物贮存厂房（41UKT）和厂址废物处理设施（T4UKT）。

#### 1.9.1.1 特种下水收集系统

特种下水收集系统由反应堆厂房设备疏水系统（KTA）、反应堆厂房设备排气系统（KTB）、含硼疏水收集系统（KTC）、反应堆厂房特种下水收集系统（KTF）、安全厂房特种下水收集系统（KTL）、核辅助厂房特种下水收集系统（KTH）和核服务厂房特种下水收集系统（KTT）组成。特种下水收集系统的功能是分类收集各厂房的特种下水，并将收集的特种下水分别输送到疏水处理系统（KPF）、含硼疏水收集系统（KTC）的贮槽，对核岛内由 KTT 系统收集的废水监测排放。

#### 1.9.1.2 疏水处理系统（KPF）

KPF 系统的功能是接收和处理放射性废液，将蒸发产生的蒸残液送往液体放射性废物贮存系统（KPK）中贮存。处理后达到允许指标的冷凝液尽可能复用做补给水，其余部分向环境排放。

#### 1.9.1.3 液体放射性废物贮存系统（KPK）

KPK 系统用于把核电厂运行和维修过程中产生的放射性废树脂和吸附剂、KPF 系统蒸发产生的蒸残液在送往徐大堡核电基地厂址废物处理设施（T4UKT）处理前进行中间贮存。

#### 1.9.1.4 常规岛废液排放系统（LDL）



常规岛废液排放系统（LDL）收集凝结水精处理废液中和及排放系统树脂再生和管道清洗水，机组启动初期 30%负荷以下的疏排水，常规岛厂房检修时的含油废液（除油后）和设备管道疏水以及蒸汽发生器化学清洗后的冲洗水。这些废液在 LDL 系统贮槽内混匀、取样分析，低于规定排放控制值时通过虹吸井后有控制地向环境排放。

#### 1.9.1.5 放射性废气处理系统

放射性废气处理系统包括氢燃烧系统（KPL10）、放射性气体处理系统（KPL30）、贮槽排气处理系统（KPL70）和核岛通风系统（HVAC）中的排风净化系统。

#### 1.9.1.6 液体放射性废物转运系统（KPH）

液体放射性废物转运系统（KPH）用于将核岛内液体放射性废物贮存系统（KPK）贮存的废树脂、蒸残液和泥浆转运到相应的运输槽车。KPH 系统的设备位于机组辅助厂房（UKA）内，每台机组各设一套。

#### 1.9.1.7 固体放射性废物贮存厂房（41UKT）

41UKT 用于暂存大件废物和待解控废物。

#### 1.9.1.8 厂址废物处理设施（T4UKT）

T4UKT 用于集中处理厂址机组产生的放射性固体废物，包括废树脂处理系统（KPM）、蒸残液处理系统（KPN）、干废物处理系统（KPG）、固体废物运送和水泥固定系统（KPD）、放射性固体废物暂存库（KPE50）、特种洗衣房（SRP）、放射性废液收集和排放系统（KTD）和废物跟踪系统（KPY）。

### 1.9.2 非辐射环境影响防治措施

#### ① 污水处理设施

本工程施工期产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至厂区内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。厂区内生活污水处理站设计规模 1500m<sup>3</sup>/d，满足施工期生活污水处理要求。待徐大堡镇污水处理厂建成投运后，施工期生活污水送至徐大堡镇污水处理厂进行处理。

本工程运行期产生的生活污水送至徐大堡镇污水处理厂，设计处理规模 1500m<sup>3</sup>/d，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，部分送回厂区用于绿化、洗车、道路浇洒等。徐大堡镇污水处理厂处理能力可满足运行期生活污水处理要求。

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》（DB21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1，石油类 $\leq 3\text{mg/L}$ ），排入室外管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理站设计规模 $2\times 5\text{m}^3/\text{h}$ 。

### 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，使厂房的建筑物起到一定的隔声效果。从而使厂区边界处噪声满足国家标准要求。

### ③固体废物污染防治措施

#### a.一般工业固废

本工程施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾等。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。

本工程运行期产生的一般工业固体废物主要包括可回收固体废物和不可回收固体废物，可回收固体废物在固定收集点收集后回收处置，不可回收固体废物收集后由外部处置单位进行转移和处置。海水淡化厂房设置污泥池和污泥脱水机等设备，对海水淡化处理产生的污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

#### b.危险废物

施工期间产生的危险废物主要包括废铅蓄电池、废油漆桶、废树脂桶类、岩棉、废灯管/泡、废电路板、废矿物油、废机油、废油漆类、废显影液、有机溶剂废物等；运行期产生的危险废物包括废有机溶剂、矿物油废物、油漆类废物、有机树脂类废物、废酸、废碱、废抗燃油、废弃包装物容器、废电路板、化学实验废液等；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。按照“减量化、资源化、无害化”原则对固体废物进行分类收集、处理和处置，日常建立危险废物台账并设专人看管，定期组织符合要求的单位进行合规处理。

#### c.生活垃圾及污泥



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。生活污水处理站设置污泥脱水设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

### 1.9.3 环境辐射监测设施

环境监测设施主要包括环境辐射和气象监测系统、环境实验室、厂区地下水监测井、监督性系统前沿站和子站。环境辐射和气象监测系统用于连续监测厂区及周围地区的环境  $\gamma$  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。环境实验室主要负责核电基地周围环境介质样品的采集、制样、样品分析测量以及数据处理与评价。

## 1.10 评价范围

### 1.10.1 辐射环境影响评价范围

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）及《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89），本次评价范围为以 3 号机组的烟囱为中心，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。图 1.10-1 给出了厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图。

### 1.10.2 非辐射环境影响评价范围

#### （1）大气环境

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）及《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）的相关要求，本次大气环境影响评价范围为 5km。

#### （2）水环境

温排水评价范围参照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

#### （3）声环境

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）及《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）的相关要求，本次声环境影响评价范围为 5km。

#### （4）电磁辐射

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）及《电磁环境控制限值》



（GB8702-2014），同时结合本项目开关站和输电线路情况，本项目评价范围如下：

工频电场强度、工频磁场强度：以开关站为中心，半径0.5km的环形区域以及电力出线送电走廊两侧0.5km带状区域。

射频综合场强：调查范围为核电厂厂址周围5km范围内环境敏感区域。

#### （5）生态环境

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），陆生生态环境的现状调查评价范围为厂址半径10km；水生生态的现状调查评价范围为以排水口为中心半径15km。

### 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

2021年7月27日，生态环境部《关于辽宁徐大堡核电厂3、4号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复》（环审〔2021〕62号）要求的下一阶段工作如下：

（1）在工程建造阶段及今后一个时期应重点落实放射性固体废物处置方案，确保本项目放射性固体废物的安全处置。

（2）建设项目应严格执行配套建设的环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

以上批复意见的落实情况如下：

（1）关于“重点落实放射性固体废物处置方案，确保本项目放射性固体废物的安全处置。”

本项目低放固体废物计划送至龙和处置场进行处置。本项目产生的低放固体废物货包满足《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB9132-2018）和《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB12711-2018）相关要求，符合龙和处置场废物接收准则。

（2）关于“应严格执行配套建设的环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。”

在项目设计工作中，已经同步开展了环境保护设施的设计工作，本项目会严格执行同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

表 1.7-1 液态流出物中的放射性核素活度浓度推荐值

核素	推荐值 Bq/L
Fe-55	190
Ni-63	90
Sr-90	10
Cr-51	40
Mn-54	15
Co-58	200
Fe-59	10
Co-60	120
Zn-65	10
Ru-106	45
Ag-110m	70
Sb-124	20
Sb-125	60
Cs-134	20
Cs-137	30
I-131	10
I-133	10

注：Fe-55、Ni-63 及 Sr-90 等难测核素排放前的活度浓度合理估值应低于推荐值，在留样测量中进行复核。不同放射性核素之间的浓度推荐值可根据其衰变能量比值进行适当调整，但除氡和碳-14 外其他核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L。



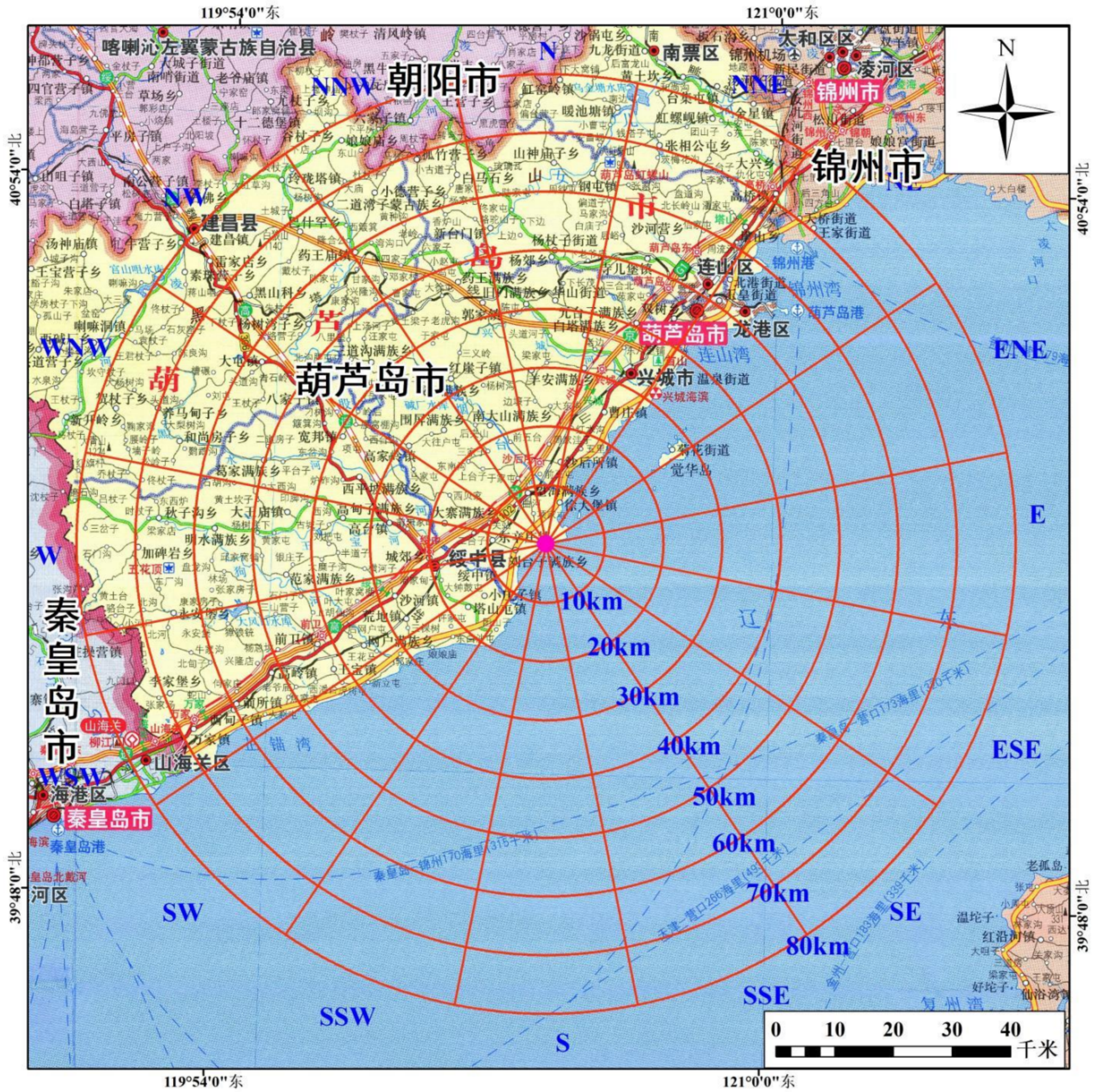


图 1.10-1 徐大堡厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图



## 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 人口分布与饮食习惯

#### 2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

#### 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

### 2.3 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 混合层高度及大气扩散参数值

#### 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



## 2.1 厂址地理位置

### 2.1.1 厂址位置

厂址 3 号机组核岛中心东北距徐大堡镇政府约 2.7km、距兴城市政府约 33km、距葫芦岛市政府约 46km，西距绥中县政府约 18km，距东辛庄镇约 8km，距刘台子乡约 5km，东南距红沿河核电厂约 103km。

### 2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

#### 2.1.2.1 厂址边界

厂址用地边界即为厂址边界，本工程控制区围栏边界为本工程厂区边界。

本工程永久用地面积 72.50hm<sup>2</sup>，用于建设核电厂生产运行必需设施，如厂房、厂内道路以及其它建构物等。

#### 2.1.2.2 非居住区及规划限制区

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：

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

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

经过保守计算分析，半径 500m 处公众在设计基准事故发生后受到的剂量后果满足 GB6249-2025 中规定的剂量验收准则要求。

根据兴城市人民政府《关于补充明确徐大堡核电厂非居住区包络边界的复函》，徐大堡核电厂非居住区陆域边界分别以 1-6 号机组的核岛为中心，800m 为半径，划定的最大包络线范围，海域边界分别以 1-6 号机组的核岛为中心，按照海域各方位划定的最小包络范围，最终确定全厂址非居住区边界的包络范围。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）要求，核动力厂必须设置非居住区及规划限制区。规划限制区半径不小于 5km。



对于非居住区范围以内、征地边界以外的土地管理，中核辽宁核电有限公司与当地人民政府已达成协议（兴城市人民政府 2013 年 3 月 23 日出文《关于同意对徐大堡核电厂非居住区实施有效控制的复函》、2020 年 6 月 19 日出文《关于补充明确徐大堡核电厂非居住区包络边界的复函》）。

根据辽宁省人民政府《关于划定辽宁徐大堡核电厂厂址周围规划限制区的批复》（辽政〔2013〕54 号），规划限制区边界以反应堆厂房为中心、半径 5km 范围。

本工程非居住区范围内已完成搬迁。

## 2.2 人口分布与饮食习惯

本节内容依据中核第四研究设计工程有限公司于 2025 年 1 月完成的《徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址周围人口和人口分布及食谱补充调查和统计报告》进行编制。

厂址半径 80km 范围内包括辽宁省葫芦岛市、锦州市、朝阳市 3 个地级市，以及河北省秦皇岛市 1 个地级市。人口调查的资料和数据来源于：厂址半径 5km 范围内是通过走访各行政村村委会，并结合现场实地调查获得的数据；厂址半径 15km 范围内是通过收集各行政村或所属镇（乡）政府统计部门统计报表的方式和询问各行政村的方式收集的资料；厂址半径 15~80km 范围内是评价区域涉及的有关省、市、区、县、镇各级政府及其相关各个部门的统计年鉴或有关统计资料提供的人口数据。

### 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 25 个自然村或居民点，包括徐大堡镇的 19 个自然村或居民点，刘台子满族乡 6 个自然村或居民点，常住人口七千余人。距离厂址最近的居民点为徐大堡屯，位于厂址 WNW 方位 1.08km 处，常住人口九十余人。常住人口数最多的居民点为台里屯，位于厂址 NE 方位 2.91km 处，常住人口八百余人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内分布有 2 所小学、1 所医院，厂址半径 5km 范围内没有监狱、敬老院。

#### 2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围的陆域面积共涉及 65 个行政村/社区，共有常住人口八万余人，其中距离厂址最近的行政村为徐大堡镇的方安村，位于厂址 WNW 方位 1.08km 处，常住



人口一千余人。常住人口最多的行政村为东辛庄镇的东辛庄村，位于厂址 W 方位 8.72km 处，常住人口四千余人。

厂址半径 10km 内分布有 17 所学校（幼儿园）、医院 4 家、规模以上企业 5 家，厂址半径 10km 范围内无监狱和养老院。

根据《兴城市国土空间总体规划（2021—2035）》以及各乡镇国土空间规划草案，涉及厂址半径 10km 内的人口规划。厂址半径 5km 不涉及 1 万人以上的人口中心规划，厂址半径 10km 内不涉及 10 万人以上人口中心规划。

### 2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围共涉及 7 个乡镇的流入人口。2023 年流入人口共三千余人，主要集中在徐大堡镇，以核电项目建设人员为主，还包括务工、经商、投奔亲戚的人员，全部为停留半年以上的长期流动人口。流出人口共四万余人，均为去往外地务工、经商、求学、投奔亲戚的半年以上的流出人口。

厂址半径 15km 范围的热门旅游景点有 2 处，包括金沙湾海滨旅游度假区、碧海湾浴场，旅游旺季为 7 月 15 日-9 月 15 日，旺季最高峰旅游人数均为 3000 人。

厂址半径 5km 范围内流入人口共两千余人，均为停留半年以上的长期流动人口，多为在此租房居住的核电建设人员，主要居住地在金沙湾社区、方安村和台里村等，其中方安村的核电建设人员最多，近两千人。除核电建设人员外，此范围流入人口的流入目的主要为务工、经商或投奔亲戚。流出人口共近三千人，均为外出务工、经商或投奔亲戚的长期在外的流动人口。

## 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

### 2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围内 2023 年末有常住人口二百三十四万余人，厂址半径 80km 范围内的平均人口密度小于辽宁省同期人口密度。

### 2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围涉及辽宁省葫芦岛市、锦州市、朝阳市 3 个地级市，以及河北省秦皇岛市 1 个地级市。涉及葫芦岛市所辖的兴城市、绥中县、建昌县、连山区、龙港区、南票区，锦州市太和区，朝阳市朝阳县。

厂址半径 80km 范围内 10 万人以上人口中心共有 4 个，分别是葫芦岛市市区、兴城



市市区、绥中县县城、山海关区。其中距离厂址最近的 10 万人以上人口中心为绥中县县城，位于厂址 WSW~W 方位 19.4km 处，有人口 12.3 万人。人口最多的人口中心为葫芦岛市市区，位于厂址 NNE 方位 48km 处，有人口 62.5 万人。

## 2.3 土地利用及资源概况

### 2.3.1 土地和水体的利用

本节内容依据中核第四研究设计工程有限公司于 2024 年 11 月完成的《徐大堡核电厂 1、2 号机组厂址周围环境及其外部人为事件补充调查和统计报告（B 版）》进行编制，成果报告中的调查中心为 1 号机组核岛，本报告中对距离方位以 3 号机组核岛为中心的数据进行单独说明。

3 号机组半径 10km 范围土地利用类型以耕地占比最高（50.07%），主要为旱地，也包括少量的水田和水浇地。水域及水利设施用地占比也较高（20.68%），主要为养殖坑塘，也包括少量的河流、沟渠水库水面等。范围内还涉及一定的湿地（6.05%）、林地（5.59%）、住宅用地（6.33%）和交通运输用地（3.74%）等其他土地利用类型。厂址所在区域用地类型为工业用地。根据《兴城市国土空间总体规划（2021-2035）》，厂址所在区域土地规划类型为村庄建设区，厂址半径 10km 范围内的土地利用规划以一般农业区占比最高。厂址周边水域规划为工矿通信用海区。

厂址半径 5km 范围无矿产资源分布。

厂址半径 10km 陆域范围内无 3A 级以上风景游览区。

厂址半径 10km 陆域范围内无自然保护区。

厂址半径 10km 陆域范围内有名胜古迹 2 处，均为市级文物保护单位，为大窑坑遗址和狐仙洞遗址，分别位于厂址 WSW 方位 8.5km 和 SW 方位 9.7km。

根据葫芦岛市生态环境分区管控 2023 年调整成果（2024 年底已正式批复），本项目 3 号机组半径 10km 范围内共涉及 11 处管控单元，厂址区域主要位于葫芦岛市兴城市一般管控单元（ZH21148130005），距 3 号机组最近的优先保护单元（ZH21148110043）位于东北方向，最近距离约为 0.6km。

根据兴城市自然资源局提供的“三区三线”相关资料和图件，本项目 3 号机组半径 10km 范围内涉及 2 处生态保护红线，分布有多处永久基本农田。距离最近生态保护红线 8km。



厂址半径 15km 水域范围内无风景名胜区、自然遗迹、人文遗迹，有 1 处自然保护区，为辽宁葫芦岛六股河入海口滨海湿地市级自然保护区，位于厂址 SSW~SW 方位，最近处距厂址 8.4km。

厂址半径 50km 范围内中型以上水库有 4 个，分别为碱厂水库、青山水库、龙屯水库、猴山水库，无主要湖泊，最近的水库为碱厂水库，位于厂址 NNW 方位 29.3km。

厂址半径 15km 范围内主要涉及 5 条河流，分别为六股河、烟台河、东沙河、菱角河和小庄子河。厂址半径 15km 范围内涉及烟台河部分饮用水水源保护区，一级保护区最近处位于厂址 N 方位，9.8km 处，二级保护区最近处位于厂址 N 方位，8.5km 处。厂址半径 15km 范围内无湖泊和大中型水库，有小 II 型水库 1 个，为余粮水库，位于厂址 NW 方位 14.6km，集雨面积 2.1km<sup>2</sup>，总库容 15.25 万 m<sup>3</sup>，不属于饮用水水源保护区。厂址半径 15km 范围地表水河流、水库不直接为居民饮用，居民生活用水和饮用水水源分为集中供水点和分散供水点，集中供水点指自来水深井供水点，分散供水点指家庭井水，两者主要来自地下水。

厂址半径 5km 范围内没有水库，河流涉及菱角河部分河段，在厂址半径 5km 范围内长度约 8.6km。厂址半径 5km 范围徐大堡镇和刘台子满族乡用水来源为地下水，刘台子乡和徐大堡镇主要为集中供水点。厂址半径 5km 范围共有供水工程 4 处，包括水井 5 口。

### 2.3.2 陆生资源及生态概况

本节依据中核第四研究设计工程有限公司于 2024 年 11 月完成的《徐大堡核电厂 1、2 号机组厂址周围环境及其外部人为事件补充调查和统计报告（B 版）》和《徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址附近陆域生态环境现状调查及分析评价成果报告》编制。

#### 2.3.2.1 农业生产情况

3 号机组半径 80km 范围内农产品包括粮食作物、经济作物、蔬菜在内的农作物种植总面积为 273362 hm<sup>2</sup>，其中粮食种植面积 141972 hm<sup>2</sup>，油料作物种植面积 103050 hm<sup>2</sup>，蔬菜种植面积 28839 hm<sup>2</sup>。粮食作物主要是玉米、高粱、大豆，有少量水稻；油料作物主要是花生；蔬菜主要是西红柿、茄子、尖椒、油菜和食用菌等。生产的农副产品多以供应本市为主，少部分销往省外和全国各地。

#### 2.3.2.2 畜牧业情况

3 号机组半径 80km 范围内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，猪的日均饲料消耗量为 5-6 kg，家



禽的日均饲料消耗量为 0.25 kg；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，肉的贮存期最短为 1 天，最长 30 天。生产的肉一般为本地销售，少量的运往区域外。

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（苜蓿等）和袋装饲料，牛的饲料日均消耗量为 10-20 kg，羊的消耗量为 2 kg；屠宰后的肉的贮存期最短为 3 天，最长为 7 天，肉主要为本地销售，其余的在邻县流动，一般本地消费量占总量的 85-90 %。

### 2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

兴城市林地类型共分为 8 个类型，其中有林地面积为 63063.16hm<sup>2</sup>，疏林地面积为 203.17 hm<sup>2</sup>，灌木林地面积 1376.12 hm<sup>2</sup>，苗圃地面积为 9.24 hm<sup>2</sup>，无立木林地面积 2893.77 hm<sup>2</sup>，宜林地面积 19054.92 hm<sup>2</sup>，辅助生产林地面积 17.21 hm<sup>2</sup>。

厂址所在兴城市是葫芦岛市重要的能源原材料基地之一，较葫芦岛市的其他县市而言，资源种类和总量均偏少。本市矿产资源以能源、非金属矿产为主。已查明主要矿产地 17 处，包括煤、地下热水、铜、铁、铅、锌、金、银、灰岩、砂岩、花岗岩、安山岩。

### 2.3.2.4 陆生生态系统状况

#### 2.3.2.4.1 植物及植被调查

##### 2.3.2.4.1.1 植被及群系类型概况

据实地调查及参考有关文献资料，经过整理统计，调查区内分布有维管束植物 52 科 142 属 218 种，现场调查到的植物有 161 种。其中蕨类植物 1 科 1 属 1 种，裸子植物 2 科 2 属 2 种，被子植物 49 科 139 属 215 种。

##### 2.3.2.4.1.2 调查区内分布的重点保护植物

本次现场调查和资料收集发现保护植物物种 2 种，现场调查过程记录到国家二级重点保护植物 1 种，为野大豆；辽宁省重点保护植物 1 种，为胡桃楸；未发现易危和濒危物种。

根据当地林业局提供的古树名木资料，调查区共记录到 1 株古树，为小叶朴。

#### 2.3.2.4.2 动物现状调查

##### (1) 鸟类

2024 年 8 月开展鸟类夏季现场调查时共记录到鸟类物种 9 目 19 科 29 种，从科级水平统计，鸥科最多有 5 种，鸠鸽科、鹭科、鹬科各有 3 种，其它各科均为 1 种。

2024 年 9 月开展鸟类秋季现场调查时共记录到鸟类物种 12 目 19 科 32 种，从科级水平统计，鹭科最多有 5 种，鸥科有 4 种，鹬科有 3 种，鸠鸽科、秧鸡科、反嘴鹬科和鹧鸪



科各有 2 种，其它各科均为 1 种。

2024 年 8 月和 9 月开展现场调查时共记录到鸟类物种 12 目 24 科 43 种,结合调查区上期调查资料共统计到调查区鸟类 16 目 36 科 87 种。

根据现场调查和资料收集，本项目调查区内分布有国家重点保护鸟类 9 种，其中国家一级重点保护鸟类有 2 种，分别为黄嘴白鹭和黑嘴鸥，国家二级重点保护鸟类 7 种，分别为白琵鹭、白腰杓鹬、大杓鹬、大滨鹬、白腹鹬、红隼、红胁绣眼鸟。其中黑嘴鸥、白琵鹭、白腰杓鹬、白腹鹬共 4 种为现场调查所记录到的。

根据现场调查和资料收集，本项目调查区内辽宁省重点保护野生鸟类 36 种，分别为翘鼻麻鸭、斑嘴鸭、绿头鸭、小鸕鹚、凤头鸕鹚、山斑鸠、灰斑鸠、火斑鸠、普通雨燕、大杜鹃、黑水鸡、白骨顶、绿鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、普通鸬鹚、戴胜、普通翠鸟、大斑啄木鸟、黑卷尾、红尾伯劳、灰喜鹊、大山雀、东方大苇莺、白头鹎、黄腰柳莺、红胁绣眼鸟、普通鹇、灰椋鸟、乌鸫、布氏鸚、白鹡鸰、灰头鹇。其中斑嘴鸭、小鸕鹚、山斑鸠、灰斑鸠、黑水鸡、白骨顶、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、普通鸬鹚、戴胜、普通翠鸟、黑卷尾、红尾伯劳、东方大苇莺、白头鹎、布氏鸚、白鹡鸰等共 20 种为现场调查所见，其余为资料调查。

## （2）哺乳动物

现场调查时仅记录到 1 种野生哺乳动物，为松鼠。本项目哺乳动物的调查根据调查区历史调查数据进行资料整理，共统计到哺乳动物种类有 5 目 7 科 15 种。

从物种组成看，啮齿目种类最多为 10 种，其次食肉目有 2 种，翼手目、劳亚食虫目、兔形目各 1 种。在科的级别中鼠科和松鼠科种类最多，均为 4 种，鼬科和仓鼠科各 2 种，其它科各 1 种。

现场未记录到哺乳动物保护动物。根据资料调查，调查区未记录国家重点保护野生哺乳动物，记录有辽宁省重点保护野生哺乳动物黄鼬。

## （3）两栖动物

本项目两栖动物的调查根据调查区生境状况和周边区域历史调查数据进行资料整理，共统计到两栖动物种类有 1 目 4 科 5 种。

调查区现场和资料未记录到国家和辽宁省重点保护野生两栖动物。

## （4）爬行动物

本项目爬行动物的调查根据调查区生境状况和周边区域历史调查数据进行资料整理，共统计到爬行动物种类有 1 目 5 科 8 种。



现场未记录到爬行动物保护动物。根据资料调查，爬行动物中有国家和辽宁省重点保护野生爬行动物 1 种，为团花锦蛇。

### （5）无脊椎动物

根据现有相关文献资料结合现场调查情况，统计出环节动物、软体动物、节肢动物共 3 门 5 纲 26 目 185 科 676 种，其中节肢动物 528 种、软体动物 107 种、环节动物 41 种。

调查区域无脊椎动物中昆虫资源最为丰富，共 496 种，隶属 11 目 102 科。其中直翅目 4 科 10 种，半翅目 20 科 62 种，鞘翅目 20 科 143 种，双翅目 5 科 7 种，鳞翅目 34 科 234 种，膜翅目 11 科 26 种，网翅目 1 科 2 种，脉翅目 4 科 7 种，蜻蜓目 1 科 3 种，蜚蠊目、革翅目均为 1 科 1 种。

### 2.3.2.5 陆域生态保护红线和陆域生态环境分区管控单元

根据《兴城市国土空间规划（2021-2035 年）》，本项目不占用陆域生态保护红线，与生态保护红线的管控要求相符。

根据葫芦岛市生态环境局 2024 年 12 月发布的《葫芦岛市生态环境分区管控成果动态更新 生态环境准入清单》，厂址区域主要位于葫芦岛市兴城市一般管控单元（ZH21148130005）。

### 2.3.2.6 距离反应堆最近的种植区和饲养场等

厂址半径 10km 范围分布有种植区和饲养场，最近的种植区位于方安村，最近的养殖场位于台里村。

### 2.3.3 水产资源及水生态概况

本节编制依据为中国水产科学研究院东海水产研究所 2024 年 9 月完成的《徐大堡核电厂 1、2 号机组厂址附近海域生态环境调查与分析评价项目总技术报告》。

#### 2.3.3.1 厂址附近海域海洋沉积物质量

沉积物中的有机碳、油类、六六六、滴滴涕、铜、锌、铅、镉、汞、砷均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类要求。有 1 个站位沉积物硫化物符合第二类要求，其他所有站位测值均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类要求。

#### 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

五个航次调查结果显示，调查海域水体的粪大肠菌群测值均符合《海水水质标准》第一类的要求。



## （2）叶绿素 a 和初级生产力

2023 年 2 月航次，调查海域表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $2.31 \text{ mg/m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 含量均值为  $1.58 \text{ mg/m}^3$ 。2023 年 5 月航次，调查海域表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $2.74 \text{ mg/m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 含量均值为  $2.12 \text{ mg/m}^3$ 。2023 年 8 月航次，调查海域表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $3.83 \text{ mg/m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 含量均值为  $2.23 \text{ mg/m}^3$ 。2023 年 10 月大潮航次，调查海域表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $4.77 \text{ mg/m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 含量均值为  $5.07 \text{ mg/m}^3$ 。2023 年 10 月小潮航次，调查海域表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $3.72 \text{ mg/m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 含量均值为  $3.26 \text{ mg/m}^3$ 。

2023 年 2 月航次，初级生产力平均值为  $61.62 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；2023 年 5 月航次，初级生产力平均值为  $245.34 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；2023 年 8 月航次，初级生产力平均值为  $151.18 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；2023 年 10 月大潮航次，初级生产力平均值为  $441.01 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；2023 年 10 月小潮航次，初级生产力平均值为  $354.25 \text{ mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

## （3）浮游植物和赤潮生物

### 1) 浮游植物

2023 年 2 月航次，网样中共鉴定出浮游植物 3 门 59 种；其中硅藻 55 种，甲藻 3 种，金藻 1 种。水样中共鉴定出浮游植物 3 门 21 种，其中硅藻 19 种，甲藻 1 种，金藻 1 种。2023 年 5 月航次，网样中共鉴定出浮游植物 2 门 42 种；其中硅藻 35 种，甲藻 7 种。水样中共鉴定出浮游植物 3 门 25 种，其中硅藻 12 种，甲藻 12 种，金藻 1 种。

2023 年 8 月航次，网样中共鉴定出浮游植物 3 门 52 种；其中硅藻 48 种，甲藻 3 种，金藻 1 种。水样中共鉴定出浮游植物 3 门 30 种，其中硅藻 19 种，甲藻 10 种，金藻 1 种。2023 年 10 月大潮航次，网样中共鉴定出浮游植物 3 门 73 种；其中硅藻 59 种，甲藻 13 种，金藻 1 种。水样中共鉴定出浮游植物 3 门 55 种，其中硅藻 41 种，甲藻 13 种，金藻 1 种。

2023 年 10 月小潮航次，网样中共鉴定出浮游植物 2 门 71 种；其中硅藻 55 种，甲藻 16 种。水样中共鉴定出浮游植物 3 门 45 种，其中硅藻 36 种，甲藻 8 种，金藻 1 种。

### 2) 赤潮生物

#### ①大面站

2023 年 2 月航次，大面站共鉴定出赤潮生物 3 门 10 种，其中硅藻门 8 种，甲藻 1 种，金藻 1 种。

2023 年 5 月航次，大面站共鉴定出赤潮生物 3 门 16 种，其中硅藻门 6 种，甲藻 10



种。

2023 年 8 月航次，大面站共鉴定出赤潮生物 3 门 15 属 17 种，其中硅藻门 9 种，甲藻 7 种，金藻 1 种。

2023 年 10 月大潮航次，大面站共鉴定出赤潮生物 3 门 20 属 32 种，其中硅藻门 18 种，甲藻 13 种，金藻 1 种。

2023 年 10 月小潮航次，大面站共鉴定出赤潮生物 3 门 18 属 28 种，其中，硅藻门 19 种，甲 8 种，金藻 1 种。

#### （4）浮游动物

2023 年 2 月航次，共鉴定出浮游动物 4 门 15 种，其中桡足类的种类最多，有 6 种。2023 年 5 月航次，共鉴定出浮游动物 3 门 20 种，其中水螅水母和桡足类种类最多，各 7 种。

2023 年 8 月航次，共鉴定出浮游动物 6 门 32 种，其中桡足类种类最多，有 11 种。

2023 年 10 月大潮航次，共鉴定出浮游动物 6 门 38 种，其中桡足类种类最多，为 20 种。

2023 年 10 月小潮航次，共鉴定出浮游动物 5 门 30 种，其中桡足类种类最多，为 15 种。

#### （5）潮下带底栖生物

2023 年 2 月航次，潮下带（底泥）样品中共鉴定大型底栖生物 5 大类 87 种，其中环节动物种类数最多，为 46 种，甲壳动物 25 种，软体动物 11 种，棘皮动物 4 种，其他动物（纽形动物）1 种。

2023 年 5 月航次，潮下带（底泥）样品中共鉴定大型底栖生物 5 大类 97 种，其中环节动物种类数最多，为 51 种，甲壳动物 28 种，软体动物 13 种，棘皮动物 4 种，其他动物（纽形动物）1 种。

2023 年 8 月航次，潮下带（底泥）样品中共鉴定大型底栖生物 9 大类 107 种，其中环节动物种类数最多，为 48 种，甲壳动物 31 种，软体动物 16 种，棘皮动物 5 种，其他动物 7 种（鱼类和刺胞动物各 2 种，纽形动物、扁形动物和腕足动物各 1 种）。

2023 年 10 月航次，潮下带（底泥）样品中共鉴定大型底栖生物 8 大类 82 种，其中环节动物种类数最多，为 47 种，甲壳动物 16 种，软体动物 13 种，棘皮动物 2 种，其他动物 4 种（刺胞动物、纽形动物、扁形动物和帚虫动物各 1 种）。



### （6）潮间带生物

2023 年 2 月航次，定量样品共鉴定出 4 大类 39 种，其中环节动物种类最多，为 18 种，软体动物 16 种，甲壳动物 4 种，其他动物（刺胞动物）1 种。

2023 年 5 月航次，定量样品共鉴定出 7 大类 69 种，其中环节动物种类最多，为 29 种，软体动物 16 种，甲壳动物 20 种，其他动物（刺胞动物、扁形动物、纽形动物和鱼类）4 种。

2023 年 8 月航次，定量样品共鉴定出 8 大类 101 种，其中甲壳动物种类最多，为 40 种，软体动物 27 种，环节动物 26 种，其他动物 8 种（鱼类 3 种，刺胞动物 2 种，扁形动物、纽形动物和尾索动物各 1 种）。

2023 年 10 月航次，定量样品共鉴定出 7 大类 101 种，其中环节动物种类最多，为 39 种，甲壳动物 38 种，软体动物 19 种，其他动物 5 种（刺胞动物 2 种，纽形动物、尾索动物和鱼类各 1 种）。

### （7）鱼卵仔鱼

2023 年 2 月航次，在水平网和垂直网中未采集到鱼卵，垂直网中采集到 1 种仔稚鱼（1 尾）。

2023 年 5 月航次，在水平网和垂直网中共采集到不同发育程度的鱼卵和仔稚鱼 5 种；其中，鱼卵 3 种共 601 枚鱼卵（垂直网中 597 枚），仔稚鱼 2 种各 1 尾。

2023 年 8 月航次，在水平网和垂直网中共采集到不同发育程度的鱼卵和仔稚鱼 5 种；其中，鱼卵 2 种共 52 枚鱼卵（垂直网中 10 枚），仔稚鱼 3 种 30 尾。

2023 年 10 月航次，仅在水平网中采集到仔稚鱼 1 种 20 尾。未在垂直网中采集到鱼卵和仔稚鱼样品。

### （8）游泳动物

2023 年 2 月航次，在拖网渔获样品中共鉴定出游泳动物 34 种，分别隶属于 3 门 10 目 23 科。其中，鱼类的种类最多，为 19 种，虾类 8 种，蟹类 5 种，虾蛄（口足类）类和头足类各 1 种。

2023 年 5 月航次，在拖网渔获样品中共鉴定出游泳动物 40 种，分别隶属于 3 门 10 目 23 科。其中，鱼类的种类最多，为 24 种，虾类 8 种，蟹类 3 种，头足类 4 种，虾蛄种类最少，仅 1 种。

2023 年 8 月航次，在拖网渔获样品中共鉴定出游泳动物 50 种，隶属于 3 门 9 目 31 科。其中，鱼类最多，为 27 种，虾类 11 种，蟹类 8 种，头足类 3 种，虾蛄种类最少，仅



1 种。

2023 年 10 月航次，在拖网渔获样品中共鉴定出游泳动物 37 种，隶属于 3 门 9 目 22 科。鱼类最多，为 25 种，虾类 5 种，蟹类 3 种，头足类 3 种，虾蛄种类最少，仅 1 种。

### （9）污损生物

污损生物调查站位共鉴定出 9 大类 35 种污损生物，以甲壳动物种类数最多（12 种）。

表层板共鉴定出污损生物 25 种，甲壳动物种类数最多（9 种）。

底层板共鉴定出污损生物 26 种，甲壳动物种类数最多（10 种）。

### 2.3.3.3 生物质量

2023 年 5 月航次：鱼类、甲壳类、头足类和腹足类样品的石油烃残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》，双壳类样品的石油烃残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类、甲壳类和头足类样品的石油烃残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》，双壳类样品的石油烃残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 5 月航次：鱼类和甲壳类样品的铬残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，腹足类和头足类样品的铬残留量符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，双壳类样品的铬残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类、甲壳类和头足类样品的铬残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，双壳类样品的铬残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 5 月航次：鱼类样品的铜残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，头足类、腹足类和甲壳类的铜残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；牡蛎样品外的双壳类样品的铜残留量符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求，牡蛎样品的铜符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第二类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类样品的铜残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，头足类和甲壳类的铜残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；双壳类（牡蛎）样品的铜残留量符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第三类要求。

2023 年 5 月航次：鱼类样品的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，甲壳类的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，头足



类的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；牡蛎样品外的双壳类样品的锌残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求，牡蛎样品的锌残留量符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第三类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类样品的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，甲壳类的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，头足类的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；牡蛎样品的锌残留量符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第三类要求。

2023 年 5 月航次：除 11 号站焦氏舌鳎样品外，鱼类样品的总砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；甲壳类样品的总砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，头足类和腹足类样品的总砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；除牡蛎和栉孔扇贝样品外，其他双壳类样品的总砷残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求，牡蛎和栉孔扇贝样品的总砷残留量符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第二类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类样品的总砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，甲壳类样品的总砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，头足类样品的总砷残留量符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》；双壳类样品的总砷残留量超《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求，符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第二类要求。

2023 年 5 月航次：鱼类样品的镉残留量符合《水产品中有毒有害物质限量》，甲壳类样品的镉残留量符合《水产品中有毒有害物质限量》，头足类和腹足类样品的镉残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》，双壳类样品的镉残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类样品的镉残留量符合《水产品中有毒有害物质限量》，甲壳类样品的镉残留量符合《水产品中有毒有害物质限量》，头足类样品的镉残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》，双壳类样品的镉残留量符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第二类要求。

2023 年 5 月航次：鱼类、头足类和腹足类样品的总汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，甲壳类的总汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，双壳类样品的总汞残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类和头足类样品的总汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源



综合调查简明规程》，甲壳类的总汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》，双壳类样品的总汞残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 5 月航次：鱼类和甲壳类样品的铅残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》（ $\leq 0.5\text{mg/kg}$ ），头足类和腹足类的铅残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》（ $\leq 1.0\text{mg/kg}$ ），藻类的铅残留量符合《食品安全国家标准 食品中污染物限量》（GB2762-2022）（ $\leq 0.5\text{mg/kg}$ ），双壳类样品的铅残留量均符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第一类要求。

2023 年 10 月航次：鱼类和甲壳类样品的铅残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》，头足类的铅残留量均符合《水产品中有毒有害物质限量》，双壳类样品的铅残留量符合《海洋生物质量》(GB18421-2001)第二类要求。

#### 2.3.3.4 工程周围环境敏感目标

工程周围环境敏感目标包括辽宁葫芦岛六股河入海口滨海湿地公园、辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区等；以及包括主要经济鱼类的“三场一通道”，如小黄鱼、银鲳、蓝点马鲛等，均在排水口半径 5km 外。

#### 2.3.3.5 渔业生产与海水养殖

从统计情况来看，鱼类主要捕捞品种包括小黄鱼、梅童鱼、梭鱼、鲈鱼、鲅鱼等。虾类包括毛虾、对虾和虾蛄等；蟹类产量以梭子蟹为主。头足类以乌贼、章鱼为主。

鱼类养殖以鲆为主养品种，虾类主养品种为南美白对虾、中国对虾、日本对虾；贝类主养品种为贻贝、虾夷扇贝、海湾扇贝、文蛤、菲律宾蛤仔；海参也是葫芦岛市的主养品种。

#### 2.3.3.6 海域生态保护红线和海域生态环境分区管控单元

根据《兴城市国土空间规划（2021-2035 年）》，本项目取、排水口不占用海域生态保护红线，与生态保护红线的管控要求相符。

根据葫芦岛市生态环境局 2024 年 12 月发布的《葫芦岛市生态环境分区管控成果动态更新 生态环境准入清单》，本项目取水口、排水口位于工矿通信用海区重点管控单元（编号：HY21140020013）。

#### 2.3.4 工业、交通及其它相关设施

本节内容依据中核第四研究设计工程有限公司于 2024 年 11 月完成的《徐大堡核电厂 1、2 号机组厂址周围环境及其外部人为事件补充调查和统计报告（B 版）》进行编制，成果报告中的调查中心为 1 号机组核岛，本报告中对距离方位以 3 号机组核岛为中心的数据



进行单独说明。

#### 2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 内产业主要为种植业、渔业、养殖业生产，以及水产品加工、轻工业等，有规模以上企业 8 家。其中距离最近的是国电和风风电开发有限公司兴城分公司，位于 3 号机组 WSW 方位 2.3km，从事风力电力行业。

根据《葫芦岛市国土空间总体规划（2021-2035）》产业空间布局，厂址半径 15km 范围主要涉及全省清洁能源与核技术示范基地，厂址即位于该基地内，该基地内规划有多个产业园区，主要包括辽宁徐大堡核电项目、兴城陆上风电项目。根据现有规划，厂址附近无大型危险品企业规划，初步判断不会对厂址安全构成影响。

根据计算，上述危险源及其运输车辆均不会对核电厂安全构成潜在危险。

#### 2.3.4.2 交通

##### （1）陆上交通

厂址半径 15km 范围内陆上主要交通为 2 条铁路（沈山铁路、秦沈快速铁路），位于厂址的 NW 方位，最近距离分别为 7.3km 和 11.3km；一条高速公路（G1 京哈高速），位于厂址的 NW 方位 11.0km；2 条国道（G228 丹东线、G102 京抚线），G102 京抚线位于厂址 N 方位 8.7，G228 丹东线位于 3 号机组 NE 方位 1.7km；以及 11 条乡道、44 条村道。

根据《兴城市综合交通运输发展“十四五”规划》，“十四五”期间厂址半径 15km 范围陆上交通规划涉及国道 G1 京哈高速改扩建工程、G228 丹东线(台里)段改扩建工程。G1 京哈高速改扩建工程与厂址的最近距离不变，G228 的规划路段最近点位于 3 号机组 NNE 方向，距离 1.5km。

##### （2）海运

厂址半径 15km 范围内涉及海滨台子里东港、海滨台子里南港、刘台子码头、刘台子避风港，最近的码头为海滨台子里南港，位于 3 号机组 ENE 方位 1.8km。厂址半径 15km 范围内还涉及徐大堡核电厂大件运输码头，位于 3 号机组 SW 方位 1.8km 处。厂址半径 15km 内涉及一条海上航道，为徐大堡核电厂大件码头专用航道，最近点位于 3 号机组 SW 方位 1.8km 处。厂址半径 15km 内均不涉及有危险品的码头、港口及航道。

根据葫芦岛市海事局提供的资料，厂址半径 15km 范围内不涉及新建设海上港区、航道的相关规划，不涉及新建设陆岛码头、渔港的相关规划。



### （3）空运

根据中国民航东北地区管理局提供的资料，厂址半径 16km 范围内无民用机场。厂址半径 4km 范围内无民用空中航线和起落通道。距厂址最近的机场为锦州湾机场，位于厂址的东北方向，距厂址约 89.4km。距厂址最近的民用空中航线为 H130 航线，位于厂址的西南方向其中心线投影线距厂址垂直距离约 52.3km。根据中国民航东北地区管理局提供的资料，厂址半径 16km 和 4km 范围内不涉及新建民用机场和民用空中航线划定的相关规划。厂址半径 16km 范围内没有机场，空中航线距离厂址 4km 以外，按核安全导则 HAD101/04（1989）的规定，可不考虑飞机坠毁对核电厂安全的影响。

## 2.4 气象

### 2.4.1 区域气候

厂址所在区域属温带半湿润和半干旱的季风气候区，四季分明，冬季寒冷，干燥少雪；春季干旱多风；夏季高温多雨，雨热同季；秋季天高气爽。

春季：主要气候特点是回暖较快，风大干旱。进入春季后，由于太阳高度角增高，日射增强，致使蒙古高压迅速北撤，此期间虽有冷空气入侵，但降温强度已逐渐减弱，因此气温回升较快；降水量虽比冬季有所增加，但其量尚少，约占全年总降水量的 13%~16%。

夏季：主要气候特点是降水量充沛，高温潮湿。由于太平洋高压势力增强并逐渐北移，潮湿的东南季风则沿着高压的西侧向北移动，所以夏季降水频繁且降水量集中，但东西地区差异较大，辽西山区、西北风沙区降水量不足 400mm，而凤城、宽甸最长达 700mm 以上。

秋季：主要气候特点是降水量骤减，气温速降。入秋以后，由于太阳高度角渐低，日射减弱，太平洋高压随之南撤，西北季风开始增强，所以降水量急剧减少，秋季大部分地区降水量约占全年总降水量的 14%~19%。

冬季：主要气候特点是气候干冷，为期漫长。入冬以后，由于北方高压势力不断增强，西北风势力很强，干冷的空气源源不断地从北、西两方向侵入，因此空气干冷、降雪稀少。冬季降水量一般只占全年总降水量的约 3%~9%。

厂址周边主要的气象站有建昌、绥中、兴城和连山气象站。

根据上述四个气象站自建站~2023 年的气象观测资料统计分析结果，厂址区域年平均气压为 972.5hPa~1015.3hPa，极端最高气压为 1048.2hPa，极端最低气压为 941.8hPa。年



平均气温为 8.7°C~9.8°C，极端最高气温为 41.5°C，极端最低气温为-28.4°C。年平均水汽压为 8.6hPa~10.4hPa。年平均风速为 2.5m/s~3.4m/s，最大风速为 33.0m/s，极大风速为 27.9m/s。年平均相对湿度为 54.6%~64.3%。年平均降水量为 550.2mm~621.1mm，一日最大降水量为 274.2mm。年平均蒸发量为 1383.0mm~1790.0mm，一日最大蒸发量为 29.9mm。最大冻土深度为 102.0cm~129.0cm。最大积雪深度为 23.0cm~30.0cm。

## 2.4.2 设计基准气象参数

### 2.4.2.1 常规气象

以下根据代表性气象站绥中气象站 1956~2023 年的气象要素统计结果，分析厂址的当地气象条件。

#### （1）气压

绥中站年平均气压为 1014.6hPa，7 月份平均气压最低，为 1002.0hPa，1 月份平均气压最高，为 1025.3hPa。极端最高气压为 1046.9hPa，极端最低气压为 982.2hPa。

#### （2）气温

绥中站年平均气温为 9.8°C，1 月份平均气温最低，为-7.5°C，7 月份平均气温最高，为 24.3°C。极端最高气温为 41.1°C，极端最低气温为-26.4°C。

#### （3）相对湿度和水汽压

绥中站年平均相对湿度为 62.8%，月平均值最大出现在 7 月份，达到 83.1%；月平均值最小出现在 1 月份，为 52.6%，最小相对湿度为 0%。

绥中站年平均水汽压为 10.4hPa，7 月份平均水汽压最高，为 25.1hPa，1 月份平均水汽压最低，为 1.9hPa。极端最高水汽压为 37.7hPa，极端最低水汽压为 0.2hPa。

#### （4）风向、风速

绥中站年平均风速为 2.7m/s，一年中以 4 月份的平均风速最大，达到 3.8m/s；8 月份最小，为 2.1m/s，最大风速为 20.0m/s，极大风速为 26.1m/s。

绥中站年最多风向为 SSW（12.9%），年次多风向为 N（9.9%）。混合统计的年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 16.3%，使用自动站后，年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 9.1%。

#### （5）降水

绥中站年平均降水日数为 65.3d，年平均降水量为 621.1mm，一年中 7 月份平均降水量最大，为 171.3mm，1 月份最少，为 1.8mm。一日最大降水量为 243.7mm。



### （6）日照

绥中站年平均日照时数为 2647.5h，月平均日照时数以 5 月份最多，为 264.8h，11 月份最少，为 194.2h。

### （7）蒸发

绥中站年平均蒸发量为 1548.6mm，5 月份的平均蒸发量最大，为 237.0mm，1 月份的平均蒸发量最小，为 42.6mm。

## 2.4.2.2 极端气象

### （1）龙卷风

收集以厂址为中心、经纬度 3°范围内的龙卷风资料，但由于样本数偏少，将调查范围扩大到整个环辽东湾各市县（去掉样本很少，强度不大的河北和内蒙相邻区域），总面积共计 91219km<sup>2</sup>。调查时间为 1952~2023 年，共获得龙卷风样本 127 个，年平均约 1.8 个。

按照 HAD101/10（1991）推荐的富士达分类法，对上述 127 个龙卷风样本进行评级，得到 F3 级 1 个，F2 级 19 个，F1 级 60 个，F0 级 47 个。

以 10<sup>-7</sup>/年作为设计基准龙卷风的概率水平，得到厂址区域设计基准龙卷风为 F3 级，设计基准龙卷风最大风速为 92.0m/s。

设计基准龙卷风的其他参数如下：

—— 最大旋转风速	74.1m/s
—— 最大旋转风速半径	50m
—— 平移速度	17.9m/s
—— 总压降	63.2hPa
—— 最大压降速率	22.6hPa/s

### （2）热带气旋

收集以厂址为中心、半径 400km 范围内 1949~2023 年的热带气旋资料，共得到影响厂址区域的热带气旋共 53 个，年平均约 0.7 个。

厂址区域 10m 高度处百年一遇热带气旋最大风速为 39.0m/s，百年一遇热带气旋极大风速为 53.3m/s。

### （3）极端风速

收集厂址周边建昌、连山、绥中和兴城四个气象站自建站~2023 年的实测最大风速资料。采用耿贝尔函数进行极值拟合，并考虑各参证站的实测极值，最终确定厂址区域百年



一遇实测极端风最大风速为 33.0m/s，百年一遇实测极端风极大风速为 49.4m/s。

综合热带气旋和实测极端风的概率统计结果，本工程与核安全有关的抗震 I 类建、构筑物设计基准风速为 53.3m/s（3s 阵风）。

#### （4）极端气温

收集厂址周边建昌、连山、绥中和兴城四个气象站自建站~2023 年的极端气温资料，采用耿贝尔函数进行极值拟合，并考虑各参证站的实测极值，最终确定厂址区域百年一遇极端最高气温为 42.2℃，百年一遇极端最低气温为-31.1℃。

#### （5）极端积雪

收集厂址周边建昌、连山、绥中和兴城气象站自建站~2023 年的极端雪深和冬季连续 2d、3d 最大降水量资料。采用耿贝尔函数对各站的极端积雪序列和冬季连续 2d、3d 最大降水量序列进行极值拟合，不同再现间隔年冬季 48h 最大降水量取对应的连续 2d 和 3d 最大降水量拟合结果的平均值，按照 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。保守考虑，当百年一遇拟合结果小于实测极值时，取实测极值进行后续计算，最终确定厂址区域百年一遇雪荷载为 0.83kN/m<sup>2</sup>。

### 2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址气象站 2017~2021 年的现场观测资料的统计结果，分析厂址的当地气象条件。

#### （1）风向、风速

观测期间气象铁塔各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）的年最多风向均为 SW，频率分别为 13.8%、14.7%、14.9%、15.2%和 16.2%；年次多风向均集中在 NNE 和 SSW 方位上，两者频率相当。气象铁塔各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率分别为 1.7%、0.8%、0.9%、0.5%和 1.2%。

气象铁塔各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）年平均风速分别为 3.1m/s、4.4m/s、5.2m/s、5.6m/s 和 6.1m/s。月平均风速均以 4 月份最大，分别为 3.9m/s、5.3m/s、6.3m/s、6.8m/s 和 7.4m/s；1 月份平均风速最小，分别为 2.6m/s、3.9m/s、4.5m/s、4.9m/s 和 5.3m/s。

地面站年最多风向为 SW，频率为 13.9%，年次多风向为 SSW，频率为 10.7%。年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 2.8%。

地面站年平均风速为 3.5m/s，4 月份平均风速最大，为 4.5m/s；12 月份平均风速最小，



为 2.9m/s。

## （2）气温

观测期间气象铁塔各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）年平均气温分别为 10.6℃、10.9℃、11.0℃、11.1℃和 11.1℃。月平均气温最高值均出现在 7 月或 8 月，分别为 24.7℃、24.8℃、24.4℃、24.6℃和 24.3℃；月平均气温最低值均出现在 1 月份，分别为-5.2℃、-4.6℃、-4.3℃、-4.1℃和-4.0℃。

地面站年平均气温为 11.5℃，7 月份平均气温最高，为 26.4℃，1 月份平均气温最低，为-5.4℃。

观测期间各层出现逆温的频率分别为 47.3%、45.8%、46.8%和 47.3%；强逆温的出现频率分别为 21.6%、18.9%、15.3%和 21.6%。

地面站年平均露点温度为 4.7℃，月平均露点温度最高值出现在 7 月，为 24.2℃，月平均最低值出现在 1 月，为-13.3℃。

## （3）气压

地面站年平均气压为 1015.4hPa，7 月份平均气压最低，为 1004.0hPa；12 月份平均气压最高，为 1026.7hPa。

## （4）相对湿度和水汽压

地面站年平均相对湿度为 67.1%，月平均相对湿度最大值出现在 7 月份，达到 89.6%；月平均相对湿度最小值出现在 12 月份，为 51.6%。

地面站年平均水汽压为 12.4hPa，1 月份平均水汽压最低，为 2.5hPa；7 月份平均水汽压最高，为 30.2hPa。

## （5）降水

观测期间地面站年平均降水量为 505.8mm，月平均降水量最高值为 160.5mm，出现在 8 月份；月平均降水量最低值为 1.3mm，出现在 2 月。观测期间降水量多分布在偏东北和偏西南风向上。

## （6）辐射

地面站年平均总辐射量为 132.6W/m<sup>2</sup>，6 月份平均总辐射量最大，为 219.3W/m<sup>2</sup>；1 月和 12 月份平均总辐射量最小，为 83.3W/m<sup>2</sup>。年平均净辐射量为 31.0W/m<sup>2</sup>，6 月份平均净辐射量最大，为 81.3W/m<sup>2</sup>；12 月份平均净辐射量最小，为 2.9W/m<sup>2</sup>。



#### 2.4.4 大气稳定度

利用厂址气象站 2017~2021 年五整年的现场气象观测资料，采用  $\Delta T \sim u$  法进行大气稳定度分类。可见，厂址区域中性 D 类天气占 37.3%，不稳定的 A~C 类天气占 25.1%，稳定的 E、F 类天气占 37.6%。

#### 2.4.5 联合频率

根据厂址气象铁塔 2017~2021 年的风向、风速资料，以及地面站的降水观测数据，结合上述大气稳定度的分类结果，统计计算得到 10m 高度的风向、风速、大气稳定度三维联合频率和 100m 高度的风向、风速、大气稳定度和降水四维联合频率。

#### 2.4.6 混合层高度及大气扩散参数值

##### （1）混合层高度

本厂址在现场开展了大气边界层特征观测试验。根据观测期间所探测到的气温资料，利用干绝热曲线法分别对冬、夏两季各测点的混合层高度数据进行统计。可见，当大气处于弱不稳定状态时，湍流较弱，混合层厚度较小；而大气处于不稳定状态时，湍流混合较强，混合层厚度较厚，污染物容易被稀释扩散。总体上看，观测期间混合层高度随大气层结变得稳定而降低。从地理位置上看，距海岸线越远，平均混合层高度越高。

根据上述冬、夏两季的混合层观测结果，综合分析后给出厂址不同稳定度下的混合层高度为：A~B：689m，C：540m，D：431m。

##### （2）大气扩散参数

本厂址在现场开展了湍流观测、中小尺度风场与输送规律研究、野外示踪试验和大气扩散数值模拟等。

研究表明，厂址释放污染物迁移途径在四季大天气系统控制及局地地形的共同作用下，总体上，污染物以向东北方向输送为主。厂址西北侧为山体，南邻海湾，东南端为半岛。北部高地最高为 1300m 左右，其它地区多为丘陵地貌。西北侧高地对污染物有阻隔作用，而南侧海湾地形有利于污染物沿海湾向东北、西南方向输送。

本厂址大气扩散参数的确定综合了 SF<sub>6</sub> 示踪试验、铁塔湍流观测和大气扩散数值模拟三种方法。通过对三种方法获得的大气扩散参数结果进行比较，得到三种方法表现的总体趋势一致。考虑到现场示踪试验能够最直接反映厂址扩散稀释情况，特别是湍流观测和数值模拟在一定程度上与示踪试验结果互相支持与验证；湍流观测和数值模拟与 P~G 曲线



不同稳定度类的结果也反映类似的变化趋势。因此，综合比较三种方法拟合的各稳定度类大气扩散参数后，最终得到厂址区域的大气扩散参数推荐值。

#### 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状态和事故工况下气态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。气象观测系统的各气象要素年数据联合获取率均应保证在 90%以上。

厂址气象站位于厂内的西北方位，2010 年 9 月正式开始现场气象观测。其中气象铁塔梯度观测包括对 10m、30m、50m、70m 和 100m 处的风向、风速和气温观测；地面气象观测包括对 10m 风向和风速、气温、相对湿度、总辐射、净辐射、气压、降水量共 8 项要素的观测。

用于计算联合频率的数据联合获取率为 95.1%，满足核安全导则的相关要求。

### 2.5 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程基准。

#### 2.5.1 地表水

##### 2.5.1.1 海洋水文

由于厂址工程海域没有长期实测水文观测资料，因此在工程海域进行为期一年的水文观测，以获得一年的观测数据，自 2007 年 1 月开始，2008 年 1 月结束，主要观测项目有潮位、波浪、水温等。

##### 2.5.1.1.1 潮汐

工程海域为不规则半日潮。按照目前我国采用的潮汐类型划分标准，厂址的调和常数  $R = (H_{K_1} + H_{O_1}) / H_{M_2} = 1.02$ 。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；两次高潮和两次低潮的高度相差较明显。

根据葫芦岛海洋站 1956 年 1 月~2019 年 1 月长期观测资料，厂址站拓延后的历时潮汐资料，计算得到厂址工程海域潮汐与潮位特征值如下：

1000 年一遇高潮位	2.51m
100 年一遇高潮位	2.26m
50 年一遇高潮位	2.19m
33 年一遇高潮位	2.14m
平均高潮位	0.58m



厂址平均海面	-0.06m
平均低潮位	-0.71m
平均潮差	1.29m
33 年一遇低潮位	-2.65m
50 年一遇低潮位	-2.74m
100 年一遇低潮位	-2.88m
1000 年一遇低潮位	-3.32m
平均涨潮历时	6 小时 21 分
平均落潮历时	6 小时 05 分

### 2.5.1.1.2 海流

渤海呈半封闭状态，海水很浅，平均水深只有约 20m，最深处在老铁山水道附近，约为 70m，在黄河口附近只有十几米深，是典型的陆架边缘浅海。虽然渤海地处东亚季风带，受季风的影响明显，但由于其为半封闭海湾，每年受季风的影响时间短，且随季节的不同，风向也有很大变化，风暴潮或寒潮的作用时间更短，因此潮汐潮流运动占据了渤海水流运动的主要形式。徐大堡核电厂址附近岸线较为复杂，部分地段有凸出岸线，工程东北侧还有一座环抱式港池码头，因此近岸水流流态较为复杂，部分时段有回流存在。在离开厂址区前沿 2km 后水流已经较为平顺，基本为平行于岸线的往复流。

2019 年进行了徐大堡厂址海域水文测验工作，本次水文测验包括春、夏、秋、冬四个季节的典型大、中、小潮的全潮观测。

#### a. 潮流性质和运动形式

施测海域潮流属规则半日潮流性质。海流主流向大体为偏 SW~NE 向，偏 NE 向为涨潮流向，偏 SW 向为落潮流向。从各季的大、中、小潮期实测海流平面分布来看，观测海域海流以往复流为主。

#### b. 流速

在春季三个潮次的观测中，大潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 19~50cm/s 之间，落潮流平均流速在 16~51cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 17~46cm/s 之间，落潮流平均流速在 14~39cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 12~33cm/s 之间，落潮流平均流速在 12~30cm/s 之间。

在夏季三个潮次的观测中，大潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 18~50cm/s 之间，落潮流平均流速在 17~54cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 17~50cm/s 之间，落潮流平均流速在 11~45cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~43cm/s



之间，落潮流平均流速在 12~39cm/s 之间。

在秋季三个潮次的观测中，大潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~48cm/s 之间，落潮流平均流速在 21~55cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 16~42cm/s 之间，落潮流平均流速在 14~38cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~37cm/s 之间，落潮流平均流速在 13~37cm/s 之间。

在冬季三个潮次的观测中，大潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 20~47cm/s 之间，落潮流平均流速在 16~57cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~39cm/s 之间，落潮流平均流速在 16~41cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~41cm/s 之间，落潮流平均流速在 12~36cm/s 之间。

#### c. 海流分布特征

空间分布来看，V1、V2、V3、V4 的流速较小，V5、V6、V7、V8 的流速稍大，V9、V10、V11、V12、V13 的流速最大，表现出近岸流速小，外海流速大的特征；垂向分布来看，大部分由表层至底层有随深度增加逐渐减小的趋势；时间分布来看，大部分站位大潮期海流流速最大，中潮次之，小潮最小。

#### d. 余流

春季大潮期各站各层余流流速在 0.5~13.4cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.1~17.6cm/s 之间；小潮期余流流速在 0.3~10.7cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V3 测站的 0.4 层，流速为 13.4cm/s，流向为 121°；中潮期余流最大值出现在 V3 测站的表层，流速为 17.6cm/s，流向为 85°；小潮期余流最大值出现在 V7、V8 测站的表层，流速为 10.7cm/s，流向分别为 201°、189°。除表层和部分测站外，绝大部分测站的各层余流流速值不超过 10cm/s。

夏季大潮期各站各层余流流速在 0.7~14.8cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.2~11.2cm/s 之间；小潮期余流流速在 0.0~12.1cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V9 测站的表层，流速为 14.8cm/s，流向为 186°；中潮期余流最大值出现在 V9 测站的表层，流速为 11.2cm/s，流向为 181°；小潮期余流最大值出现在 V6 测站的表层，流速为 12.1cm/s，流向为 81°。除表层和部分测站外，绝大部分测站的各层余流流速值不超过 10cm/s。

秋季大潮期各站各层余流流速在 1.0~13.7cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.1~11.0cm/s 之间；小潮期余流流速在 0.3~9.1cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V9 测站的表层，流速为 13.7cm/s，流向为 217°；中潮期余流最大值出现在 V10 测站的 0.4 层，流速为 11.0cm/s，流向为 11°；小潮期余流最大值出现在 V9 测站的表层，流速为 9.1cm/s，流向为 238°。除表层和部分测站外，绝大部分测站的各层余流流速值不超过 10cm/s。

冬季大潮期各站各层余流流速在 1.6~25.2cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.8~20.6cm/s



之间；小潮期余流流速在 0.6~16.1cm/s 之间。大潮期余流最大值出现在 V11 测站的表层，流速为 25.2cm/s，流向为 133°；中潮期余流最大值出现在 V11 测站的表层，流速为 20.6cm/s，流向为 167°；小潮期余流最大值出现在 V11 测站的表层，流速为 16.1cm/s，流向为 138°。除表层和部分测站外，绝大部分测站的各层余流流速值不超过 10cm/s。

四季总体来看，实测海域余流不大，除个别测站的表层和 0.2H 层之外，绝大部分测站各季各层余流流速值不超过 10cm/s。实测余流较大值均出现在外海的 V9、V10、V11 站。

总体来看，春、夏、秋、冬四季余流分布特征表现为各站大潮期间余流大于小、中潮期间的总体趋势，个别站位有所不同；在空间平面上，各测站的余流表层流速相对较大、底层相对较小；余流流向，测区中部测站（V7、V8、V9 和 V11）以 S~SW 向为主，近站余流流向较为分散。由于余流受制于当地地形及观测期间的风场，所以上述余流概况仅能代表观测期间的余流实况。

#### 2.5.1.1.3 泥沙

根据《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程海域水文测验分析报告》（2020.03），施测海域水体含沙量小。春季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量为 0.0118kg/m<sup>3</sup>，其中大潮为 0.0135kg/m<sup>3</sup>，中潮为 0.0105kg/m<sup>3</sup>，小潮为 0.0115kg/m<sup>3</sup>。夏季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量均为 0.017kg/m<sup>3</sup>，其中大潮为 0.015kg/m<sup>3</sup>，中潮为 0.022kg/m<sup>3</sup>，小潮为 0.014kg/m<sup>3</sup>。秋季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量为 0.034kg/m<sup>3</sup>，其中大潮为 0.037kg/m<sup>3</sup>，中潮为 0.039kg/m<sup>3</sup>，小潮为 0.026kg/m<sup>3</sup>。冬季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量为 0.052kg/m<sup>3</sup>，其中大潮为 0.058kg/m<sup>3</sup>，中潮为 0.058kg/m<sup>3</sup>，小潮为 0.040kg/m<sup>3</sup>。

四季含沙量平面分布均呈近岸高，离岸低的分布，含沙量垂向分布均呈现从表层到底层逐渐增大的分布状态。

施测海域四个季度的悬沙颗粒的粒度组成均以粉砂 T 为主，含量均超过 70%，四季度含量相差不大。

#### 2.5.1.1.4 海水温度

2019 年补充收集了葫芦岛海洋站 2008~2018 年的表层海水温度连续观测资料，根据厂址站 2007 年 1 月~2008 年 1 月表层海水温度观测资料及葫芦岛海洋站 1963~2018 年的表层海水温度连续观测资料分析海水温度的变化规律。徐大堡厂址与葫芦岛同期水温相关性较好，相关系数  $R=0.9976$ ，相关方程为： $T_{\text{徐大堡厂址}}=0.976\times T_{\text{葫芦岛}}+1.1611$ 。2007 年 1 月~2008 年 1 月观测期间徐大堡厂址月平均表层水温都较葫芦岛站高，且具有明显的季节变化特征，夏季（7~9 月）海水温度最高，冬季最低。



鉴于复核分析采用的资料年限较长，统计结果更为稳定合理，因此，推荐采用 2019 年复核分析结果作为徐大堡核电厂址的水温设计参数：徐大堡核电厂址海域历史最高、历史最低和多年平均表层海水温度值分别为 30.8℃、-1.5℃和 12.7℃，夏季表层水温累积频率 1%和 10%的水温值为 28.7℃、27.7℃。

#### 2.5.1.1.5 海水盐度

2019 年补充收集了葫芦岛海洋站 2008~2018 年的历年海水盐度观测资料，利用葫芦岛海洋站 1963~2018 年共 56 年的连续盐度观测资料，对工程海域海水盐度变化进行了统计分析。

厂址多年平均盐度为 29.9；春季盐度最高，5 月份最高为 30.8；夏季盐度最低，8 月份最低为 28.5。春季盐度极大值的出现频率较高，达 41.1%，其中 4、5 月份分别占 12.5%和 21.4%；秋季次之，为 32.1%，而其中 12 月的出现频率达 19.6%。历史最高盐度为 35.0，分别出现在 1993 年 10 月 27 日、1996 年 6 月 24 日与 2004 年 12 月 29 日。海水盐度的极小值主要出现在夏季与秋季，其出现频率分别为 46.4%与 30.4%；其中，1985 年 12 月 20 日最低为 3.1。

#### 2.5.1.1.6 海冰

##### （1）工程海域海冰状况

工程海域所处的辽东湾海域受寒潮侵袭的影响，每年冬季皆有程度不同的结冰现象。在气候正常的年份，冰情并不严重，对航行和海上生产危害不大。但在某些“冷冬”年份，冰冻现象严重，沿岸浅水区堆积着厚冰，某些海面被海冰覆盖，致使航道封冻，交通中断。对于“暖冬”来说，冰情很轻，只在辽东湾北部及其它沿岸港湾河口附近才见有冰。

工程海域海冰时空分布按其形成发展和消融直至消失过程的规律，可以分三个阶段：初冰期、严重冰期、融冰期。由于每年冬季海面结冰的冰期时间长短、海冰范围大小分布、冰厚度以及海冰表面堆积程度等诸因素差异较大，因此可分为冰情常年、冰情重年、冰情轻年、冰情偏重年、冰情偏轻年五种等级。

徐大堡核电厂址海域冰情特征为：

a)一般年份，初冰日为 12 月 7 日（大雪）左右，终冰日为 3 月 6 日左右（惊蛰），冰期为 90d 左右。其间，1 月中旬至 2 月中旬为冰情相对严重阶段，终冰期阶段有时会发生“返冻”现象。

b)沿岸冰持续时间较短，宽度多在 15~100m 范围，最宽一般不超过 3000m，厚度一般为 10~25cm，一般不超过 35cm，其它时间，搁浅冰和冰脚出现较多。

c)北海浅滩、六股河口和辽东湾北部海区是徐大堡核电厂址附近海域流冰的三大来源，



它们在该海域多以冰排形成的东北-西南向（大致为 230° 方向）流冰通道的形式出现，速度多在 0.3~0.5m/s 之间。

d)一般情况下，该海区总体上为浮冰离岸区，不易出现重迭、堆积和冰脊现象。

e)受周期性天气过程影响，该海区冰情基本上维持冻、融交错的格局，导致冰厚变化很快。

## （2）海冰对取水安全的影响

根据历年来辽东湾海冰冰情资料，特别是近几年的冰情资料，海冰对核电厂取水安全的影响主要是浮冰的影响，为了防止浮冰进入取水渠内影响核电厂取水安全，在取水口处设置防冰格栅结构，确保核电厂取水安全。

### 2.5.1.1.7 海域地形、岸滩演变

核电工程附近沿岸为基岩沙砾质海岸，近岸水深坡陡，0m、2m 和 5m 等深线基本与岸线平行。2019 年委托相关单位进行了工程海域水下地形测量工作，并与前期测量成果进行了对比分析，对比范围内除工程构筑物周边因工程施工原因导致的水深地形变化较大外，水深变化整体上相对较小，海底地形较为稳定。此外，根据《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组海床及岸滩稳定性和取排水口泥沙冲淤演变数值模拟试验研究》（2019.10），得到关于工程海域岸滩演变的主要研究结论如下：

#### ——岸线变化

本工程位于辽东湾西岸六股河口东北侧，沿岸为基岩沙砾质海岸，自然状态下海岸线长期保持基本稳定，冲淤变化较小。近期受徐大堡核电取排水工程及多个小渔港建设的影响，近岸局部岸线局部向海推进，形成人工岸线。六股河河口及烟台河口区域岸线有明显向外移动，主要为近岸人为围垦所致。

#### ——海床等深线变化

根据工程海域 1963 年、1995 年海图等深线及 2009 年和 2019 年局部水深测图提取的等深线（理论深度基准面）进行对比分析可知：

1) 1960~1995 年期间，工程海域 0m、2m、5m 等深线都有不同程度的侵蚀后退，但各等深线的走向和轮廓变化不大；10m 等深线变化不大。由此可以看出，1960~1995 年期间，工程附近近岸区域海床呈缓慢侵蚀状态。

2) 1995~2019 年期间，核电厂址附近 0m、2m、5m 等深线冲淤相间分布，整体走向和轮廓变化不大，这一时期工程附近水域海床总体保持基本稳定状态。

3) 总的来看，本工程海域波流动力不强，泥沙来源偏少，海床地形长期保持基本稳定状态。



### ——近期局部冲淤

根据本工程附近水域 2009、2019 年局部水深测图进行冲淤分析，核电工程海域 2009~2019 年期间冲淤变化特征如下：

1) 核电工程两侧小渔港附近局部水域、核电取、排水口之间局部水域水深明显增大 2m 以上，这可能与工程建设导致局部开挖有关。

2) 核电取水口和排水口堤头附近出现局部冲刷，冲刷深度在 1~3m 之间，这可能与堤头挑流导致局部动力增强有关。

3) 核电取水口和排水口北侧及取排水口之间局部水域呈现明显淤积状态，淤积厚度 0.5~2m，这可能与取排水工程修建后导致局部水动力减弱有关，同时也受施工因素影响。

4) 六股河口附近局部淤厚大于 2m，这显示河口少量来沙堆积在河口局部区域。河口北侧养殖区围堤前局部冲刷 0.5~1m，显示围堤前有较为明显的堤前冲刷。

5) 近期核电工程海域地形变化较大的区域主要在近岸局部区域，离岸水深较大的区域水深变化较小，这一点从断面地形对比图上也能看出。近期核电工程海域近岸局部区域地形变化较大，主要与核电取排水工程及周边小型渔港工程建设的影响有关。受人为施工影响较小的离岸水域地形冲淤变化不大，保持稳定状态。

6) 总的来看，近期核电工程海域，除近岸局部水域受人为工程的影响而有较明显的冲淤变化外，整体仍能保持基本稳定状态。

#### 2.5.1.2 陆地水文

辽宁徐大堡核电厂厂址位于葫芦岛市兴城市境内，海边丘陵，地势较高，厂址半径 15km 范围内主要涉及 5 条河流，分别为六股河、烟台河、东沙河、菱角河和小庄子河。六股河位于厂址的 SW 方位，最近距离为 11.0km，河流全长为 162km，流域面积为 3069km<sup>2</sup>。烟台河位于厂址的 NNE 方位，最近距离为 9.5km，河长 45km，流域面积 320km<sup>2</sup>。菱角河发源于兴城市东辛庄镇英茂山，流经东辛庄、刘台子、徐大堡三个乡镇入渤海。菱角河位于厂址 NW 的方位，最近距离为 3.2km，全长约 24km，流域面积约 143km<sup>2</sup>。东沙河位于厂址 NNE 的方位，最近距离为 13.9km，全长约 23.7km，流域面积约 132km<sup>2</sup>。小庄子河位于厂址 SW 的方位，最近距离为 14.1km，全长约 23km，流域面积约 57.5km<sup>2</sup>。

厂址半径 15km 范围内无湖泊和大中型水库，有小 II 型水库 1 个，为余粮水库，位于厂址 NW 方位 14.6km，集雨面积 2.1km<sup>2</sup>，总库容 15.25 万 m<sup>3</sup>。

由于辽宁为缺水地区，核电厂距离海边较近，海水资源丰富，本工程淡水水源采用海水淡化供水方案。全厂施工期和运行期生产、生活用水由海水淡化后供给。



## 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 地下水类型

厂址附近范围地下水按赋存介质主要可分为第四系孔隙水和基岩裂隙水两大类。第四系孔隙水主要赋存于第四系冲洪积层、海积层、坡残积层等土层孔隙中，属孔隙潜水，基岩裂隙水主要赋存于岩体风化裂隙及构造裂隙中，以下对其特征分别叙述：

##### 1) 第四系孔隙水

按含水岩组可分为以下三类：

##### a) 第四系全新统冲洪积层孔隙水

第四系全新统冲洪积层孔隙水由凌角河及其支流冲积而成。上部为粉质粘土、粉土，下部为砂砾石、砂。含水层厚度15~30m，透水性好，地下水赋存于土层孔隙中，属孔隙潜水，水量中等。地下水主要接受地表河流、池塘、大气降水补给和山体斜坡的侧向补给，顺河流走向排泄于大海或侧向补给于海积地层中。

##### b) 第四系全新统海积层孔隙水

该孔隙水分布在厂址区东侧长山寺湾及南部沿海。东侧长山寺湾一带含水层岩性主要为粉质粘土、含砂粉质粘土、砂砾石，砂砾石为主要含水层，含水层厚度小于20.0m，富水性好，水量中等，主要接受地表水及大气降水补给。

南部沿海含水岩组主要为海积成因的中粗砂、砂砾石，透水性好，厚度小于20 m。地下水赋存于砂、砂砾石层孔隙中，地下水位受海水影响较大，与海水有密切联系，主要为海水补给，其次是第四系冲洪积层孔隙水侧向补给。一般涨潮时接受海水补给，退潮时向大海排泄。

##### c) 第四系坡残积层孔隙水

该层分布于第四系地层下部与基岩面的接触带，岩性以褐黄色粉质粘土为主，夹碎石、砾石，厚1~5m不等，属弱透水层。地下水主要赋存于山体斜坡的坡残积层孔隙中，水量贫乏。主要接受大气降水补给和基岩区的侧向补给，排泄于沟谷洼地，最终排向大海，雨季赋存少量地下水，旱季干涸。

综上，第四系孔隙水含水层主要包括冲洪积、海积及坡残积成因的粉质粘土、粉土、中粗砂、含砂粉质粘土、粉细砂、砂砾石等，对于中粗砂、砾石等土层，其结构疏松、孔



隙率大，富水性良好，单位涌水量达 $200\sim 500\text{m}^3/\text{d}$ ，含水层厚度变化较大，地下水赋存条件较好，水量中等~丰富；对于粉质粘土、含砂粉质粘土等土层，透水性一般，根据抽水试验结果，其渗透系数一般为 $1.1\sim 2.5\text{m}/\text{d}$ ，单位涌水量 $24\sim 69\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 2) 基岩裂隙水

含水岩组由太古宇花岗岩、片麻岩和侏罗系义县组火成岩组成。地下水赋存于基岩裂隙中，浅部风化裂隙较发育，裂隙水主要以网状、支脉状赋存于强风化~中等风化岩体中，在微风化~未风化岩体中，节理裂隙闭合，水量贫乏或无水，无法形成统一地下水水面。基岩裂隙水主要受大气降水补给，主要以渗水形式侧向排泄于低洼处的第四系孔隙水含水层，最终向东、南排入大海。

### 2.5.2.1.2 地下水的补给、径流、排泄

#### 1) 第四系孔隙水

##### a) 第四系全新统冲洪积层（ $Q_4^{\text{al+pl}}$ ）孔隙水

冲洪积层孔隙水主要受大气降水、上游河谷地下水径流侧向补给和地表水入渗，另外还受坡残积孔隙水和农田灌溉水下渗补给。靠近海积层的冲洪积层孔隙水还接受少量的海水入渗。地下水接受补给后，顺地形向河流或其下游以渗流方式流动。地下水主要排泄于大海或侧向补给海积平原土层中，其次为蒸发、人工开采和向下渗入基岩。地下水水力坡度约在 $1.5\times 10^{-3}\sim 6\times 10^{-3}$ 之间，地下水流速度约在 $1.5\times 10^{-3}\sim 6\times 10^{-3}\text{m}/\text{d}$ 之间。

##### b) 第四系全新统海积层（ $Q_4^{\text{m}}$ ）孔隙水

东北部海积层孔隙水主要受地表水和大气降水入渗补给，其次接受地势较高的坡残积孔隙水、冲洪积孔隙水和基岩裂隙水侧向补给。地下水主要通过地表蒸发、向下部基岩入渗排泄。南部海积层孔隙水主要受大气降水补给，在高潮水位时接受海水补给，另外还接受北侧地势较高的基岩裂隙水和坡残积孔隙水侧向补给。地下水靠近大海，除蒸发排泄外，多通过渗流方式向大海排泄。地下水水力坡度约在 $1.5\times 10^{-3}\sim 6\times 10^{-3}$ 之间，地下水流速约在 $1.5\times 10^{-3}\sim 6\times 10^{-3}\text{m}/\text{d}$ 之间。

##### c) 第四系坡残积层（ $Q_p^{\text{dl+el}}$ ）孔隙水

分布于山体斜坡地段的坡残积层孔隙水主要受大气降水和基岩裂隙水侧向补给。水量变化受降雨量控制，地下水排泄方式除蒸发外、多通过渗流方式向大海或海积区和冲洪积区排泄，少部分向下渗入基岩裂隙或被人工开采等。



## 2) 基岩裂隙水

基岩裂隙水在山体地段多为基岩裸露，覆盖层少，接受大气降水补给，在海岸、河岸地段还接受地表水的侧向补给；北部基岩裂隙水以山体为中心向四周排泄，南部基岩裂隙水主要以北东向展布的地势较高的丘陵为分水岭，顺地形变化向两侧排泄于大海或第四系松散岩类孔隙中，最终排泄入海。

根据抽水试验结果，中等风化和微风化花岗岩渗透系数为 $3.5 \times 10^{-7} \sim 2.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，属极微~微透水层。依据钻孔压水试验成果，岩体的透水率一般小于 $1.0 \text{Lu}$ ，属微透水层；部分地段透水率为 $1.72 \sim 5.4 \text{Lu}$ ，属弱透水层，局部裂隙发育地段，透水性强。

### 2.5.2.1.3 地下水化学类型

水化学类型受地层岩性和海水成分影响，无明显分带，总的表现为阴离子以 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 为主，其次为 $\text{HCO}_3^-$ ，阳离子以 $\text{Na}^+$ 为主，其次为 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 。pH值在 $5.9 \sim 7.4$ 间，属中性水；总矿化度多小于 $0.5 \text{g/l}$ ，仅井17为 $1.573 \text{g/l}$ 和J09为 $0.939 \text{g/l}$ ，属低矿化水。

### 2.5.2.1.4 地下水与地表水的水力联系

厂址附近范围濒临大海，地下水除直接向大海排泄外，还沿地形在山间沟谷低洼处汇入河流或池塘，最终向大海排泄。厂址附近范围共有1条主河流流入大海，河流受大气降水、基岩裂隙水及第四系孔隙潜水的补给，补给量受大气降水及地层渗透性影响。区内雨季河流水量充沛，流速较大，除接近入海口处有少量流水外，多数河段为滞水。河流对其两侧的地下水有补给，海岸地段地下水还接受海水的高潮位补给，地下水与地表水有一定的联系。

地下水面与地形基本一致，地下水流向依地形而变，地下水顺地形坡降向沟谷洼地排泄后，最终以渗流或径流方式向大海方向排泄。

### 2.5.2.1.5 地下水各含水层之间的水力联系

基岩裂隙水接受大气降水补给后，以节理裂隙为径流通道，以分水岭为界向两侧沟谷或洼地径流，排泄于第四系孔隙中形成孔隙水。第四系孔隙水接受大气降水及基岩裂隙水侧向补给后，一部分顺层向地势低洼处流动，沿冲沟延伸方向形成地表径流或河流，一部分补给下部的基岩裂隙水。

### 2.5.2.1.6 水文地质单元划分

厂址附近范围地下水均为潜水，根据已有资料，以地表分水岭为界可将厂址附近范围分为两个水文地质单元。两个水文地质单元之间无水力联系。



厂址大部分位于南侧水文地质单元，水文地质单元地下水类型主要为第四系孔隙水和基岩裂隙水，主要接受大气降水补给，地下水受地形控制，自西北向东南由地势高处向地势低处流动，最终排入大海。

场地平整后，厂坪标高为+9.1m，原有部分地段分水岭将被挖除，正挖后，厂区北侧原始地形标高依然高于厂坪标高，分水岭将稍向西北移动，在厂区的北侧开挖边界处形成新的地表分水岭，厂区全部位于分水岭南侧水文地质单元。地下水主要接受大气降水补给，自西北向东南流动，最终排入大海。

场地平整后厂区北部出露为基岩，南部为回填层，根据抽水试验结果，回填层渗透系数为 $1.76 \times 10^{-4} \sim 7.64 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，属中等透水层。

#### 2.5.2.1.7 地下取水点的调查

厂址及附近地区无大型厂矿，无地下水水源地及集中开采区。

厂址附近地区取水点为小的民井，部分民井已废弃。仅7口民井分布在厂址所在的水文地质单元。厂址下游无取水点。

#### 2.5.2.2 电厂对地下水的利用计划

核电厂没有利用地下水的计划。

#### 2.5.2.3 电厂对地下水的可能影响

厂址及附近地区无大型厂矿，无地下水水源地及集中开采区。

未发现贯通厂区内外的断裂构造所形成的含水通道。

厂址区内地下水径流方向基本受地形控制，总体上自西北向东南流动，最终排入大海。厂址区场地平整后，分水岭将稍往西北侧移动至开挖边界，不会改变地下水的总体流向。场地平整后，厂区紧邻大海，厂址地下水下游无村庄和取水点。因此，核电厂建设对周边地下水无影响。

### 2.5.3 洪水

#### 2.5.3.1 海洋洪水

##### 2.5.3.1.1 历史洪水

徐大堡核电厂址海域的历史洪水调查是通过查阅兴城市档案局的“兴城县志”等历史档案资料及调访厂址附近一些老村民，确定厂址海域的海洋洪水对厂址没有造成灾害。

“兴城县志”记载了 1937 年以来至今兴城区域因降雨发生水灾的情况，但没有因海洪水造成厂址区域受灾的情况发生，尽管兴城县内的河流因山洪暴发，河水上涨造成灾害，



但对厂址地区没有影响。

通过调访厂址附近村民得知：厂址地区没有因海水上涨造成灾害的发生。解放后几次最高潮位的发生，厂址附近都没有因此而发生灾害，如 1956 年 8 月份高潮位达 2.10m。1964 年 7 月份高潮位达 2.00m，1985 年 8 月份高潮位达 2.10m，还有 1984 年 8 月份高潮位达 1.99m，2007 年 7 月份高潮位也达 1.98m，但这些高潮位的产生都没有造成厂址地区的海洋洪水灾害。

#### 2.5.3.1.2 天文潮

根据厂址站 2007 年 1 月~2008 年 1 月的潮位观测资料和葫芦岛海洋站长期潮位资料进行相关，拓延出厂址站历时潮汐资料序列。利用拓延后的厂址站长序列的潮汐资料计算厂址站主要分潮的潮汐调和常数，进而推算 21 年的天文潮位。得出最高天文潮位 1.74m，最低天文潮位-1.26m；10%超越概率天文高潮位 1.62m，10%超越概率天文低潮位-1.19m。

#### 2.5.3.1.3 风暴潮增、减水

2019 年补充收集了 2008 年以来的台风、验潮站风场、增减水等资料。2008 年以来，影响厂址海域的台风较少，温带过程也不严重，主要包括 1109 号强台风“梅花”、1210 号台风“达维”、1410 号强台风“麦德姆”和 2008 年 8 月 21~23 日、2010 年 12 月 9~11 日温带过程。这些过程对厂址及附近验潮站的增减水影响都不大，厂址附近主要验潮站葫芦岛站和芷锚湾站的增减水都没有超过 1m。

##### ——概率论法计算增、减水

2019 年复核计算仍采用原报告依据的厂址和葫芦岛站 2007 年 1 月~2008 年 1 月的同期增减水资料，确立的增、减水的相关关系，拓延厂址站的历时增、减水序列，据此计算其 P-III 分布和 Gumbel 分布，获得厂址不同重现期的增、减水值。本着合理偏保守的原则，与原报告一样推荐 P-III 分布结果作为徐大堡核电厂址重现期风暴潮增减水值。分析结果表明 2008 年以后的风暴潮增减水值对徐大堡核电厂风暴增减水参数没有产生较大影响。建议徐大堡核电厂址工程的风暴增减水设计参数仍采用原报告结果，千年一遇增水值为 2.20m，千年一遇减水值为-2.89m。

##### ——可能最大风暴潮增、减水

2019 年补充收集了 2008~2018 年的台风资料，按照核安全导则《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11-1991）的要求，选取进入辽宁徐大堡核电厂址 400km 半径范围内的 70（1949-2018）年的台风中心年最低气压为样本。本次复核计算结果表明：以核电厂址为中心 400km 半径范围内统计计算的千年一遇  $P_0$  为 948hPa，比原报告结果低 1hPa，说明 2008 年以后发生的台风对厂址  $P_0$  影响不大，原报告计算的  $P_0=947hPa$  足够保守；原报



告在确定  $P_0$  时，考虑当台风进入渤海后，要增加由气候学统计法得出的台风中心气压最少抬升量 5hPa，台风中心气压  $P_0$  变为 952hPa，本报告认为这一处理是合理的，也符合渤海的实际情况，因此在确定最终  $P_0$  取值时，仍采用这一方案，即徐大堡核电厂址 PMTC 参数台风中心气压  $P_0$  为 952hPa。

其它 PMTC 参数包括台风外围气压  $P_\infty$ 、最大风速半径  $R$  和台风移速  $V$ ，经论证确定，结果与原报告取值一致。即计算所使用的确定可能最大热带气旋 PMTC 参数为：

$P_\infty$ 取 1010hPa；

$P_0$ 取 947hPa，考虑堵塞影响  $P_0$ 取 952hPa；

台风最大风速半径为 50km。

此次复核计算结果表明，近年来厂址海域发生的台风和温带天气系统没有对厂址可能最大风暴潮取值构成影响，因此，徐大堡核电厂址海域可能最大风暴潮（PMSS）的取值仍采用原报告结果，即可能最大风暴潮增水（PMSS）为 3.58m，由台风引起；可能最大风暴潮减水（-PMSS）为-3.88m，由温带天气系统造成。

#### 2.5.3.1.4 海啸

工程海域所处的辽东湾海域其平均深度不到 20m，最深处也不过 30m，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。计算结果表明，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辽宁徐大堡核电厂的影响都较小，产生的最大海啸波幅都不超过 0.2m。

#### 2.5.3.1.5 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。利用葫芦岛站 2002-2017 年 5 分钟观测潮位资料，对其假潮现象进行了较为系统的研究，研究发现工程海域存在假潮现象。基于葫芦岛站年极值假潮序列，计算其 Gumbel 分布，取其千年一遇值作为该海域的可能最大假潮值。



由于厂址和葫芦岛站都位于辽东湾内，二者的假潮变化规律和重现期分布结果是一致的。因此，将葫芦岛站 1000 年一遇的假潮近似作为厂址海域的可能最大假潮值，即辽宁徐大堡厂址工程海域的可能最大假潮为 0.23m。

#### 2.5.3.1.6 海平面异常

依据厂址临近海域的葫芦岛海洋站 1960~2018 年海平面资料，采用海平面变化预测模型，考虑工程海域潮汐与海平面实际变化状况，取 5 个周期振动（1.0a、1.19a、3.57a、8.85a 和 18.61a）作为海平面变化中的显著周期成分，计算了工程海域未来 20、40、60、80 和 100 年海平面上升值，计算结果表明未来 60 年和 80 年海平面将分别上升 12cm 和 15cm。

#### 2.5.3.1.7 波浪

鉴于近年来厂址海域没有新的波浪观测资料，工程海域的波浪状况仍采用原报告厂址专用水文观测站于 2007 年 1 月 15 日~2008 年 1 月 20 日进行的为期一年的波浪观测的分析结果，即：工程海域主要受 ENE~SSW 的影响，其中 S、E 与 SSE 向的出现频率较高，分别为 23.5%、18.4%和 15.8%。0.5m 以下的波高  $H_{1/10}$  所占频率达到 76.4%，1.5m 以上的波高所占频率仅为 0.5%，说明该海域波浪较小。波浪的强度以 E 最强，ESE 向次之，观测到最大的  $H_{1/10}$  为 2.24m，波向为 ESE，相应周期为 4.9s，出现日期为 2007 年 10 月 28 日。工程海域波浪出现频率最大的周期为 3.1~4.0s，所占频率为 78.4%，其次为 4.1~5.0s，所占频率为 18.4%。

2019 年复核分析收集了葫芦岛海洋站和芷锚湾海洋站 1963~2018 年的测波资料，根据导则要求采用第三代近岸海浪数值计算模式 SWAN 模型，气压场和风场分别采用 Jelesnianski C.P.（1965）公式和 Veno Takeo(1981)公式重新计算了厂址海域可能最大台风浪。在原报告结果基础上，对 2008 年以后辽宁徐大堡核电厂址有显著影响的典型台风过程（1210 号“达维”台风过程）进行了模拟计算和检验，利用该海域海洋站波浪观测结果进行检验，确定模型计算精度和可行性。应用验证后的波浪数值模型计算了厂址外海 -15m 等深线处特征点的可能最大台风浪，结果为有效波高 5.17m，比原报告结果 5.44m 稍小约 5%。鉴于二者相差不大，遵循合理偏保守原则，建议徐大堡厂址外海可能最大台风浪结果仍采用原报告结果。

#### 2.5.3.1.8 洪水影响

根据《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09-1990），厂址不考虑波浪影响的设计基准洪水位的组合如下：

10%超越概率天文高潮位： 1.62m

可能最大风暴潮增水： 3.58m



海平面上升：                    0.15m

设计基准洪水位：                5.35m

厂坪标高暂定为 9.1m，高于设计基准洪水位。通过防波堤或护岸防护可确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下不会对核岛的安全产生影响。

### 2.5.3.2 陆域洪水

#### 2.5.3.2.1 暴雨洪水

辽宁徐大堡核电厂的可能最大降水研究，是在广泛收集自然地理资料、暴雨洪水资料、气象资料的基础上，对区域暴雨洪水特性及暴雨天气成因进行分析，采用确定论法和概率论法分别计算厂址的可能最大降雨，从而得到厂址不同历时的可能最大降雨（PMP）资料 and 不同历时、不同重现期的设计暴雨资料。

辽宁徐大堡核电厂址的主厂区雨水排水系统，按千年一遇降雨量设计，PMP 进行校核，确保排水系统在可能最大降水（PMP）工况下厂区的雨水及时排出，不致造成厂区水淹。每个厂房屋顶都设有屋面排水系统用来收集、输送和排泄雨水。在平屋面女儿墙一定标高设置一定数量的溢水口以保证屋面水的及时排出。

#### 2.5.3.2.2 山洪的防护

厂址位于辽宁省兴城市徐大堡镇方安村徐大堡东南侧海岸边，属辽西沿海平原区，直接面向辽东湾。厂址位于面向辽东湾的高坡面上，厂区范围及厂区外围附近的地形地势呈缓降趋势，雨洪通常可直接排入辽东湾海域，厂址及厂区外围附近不会有洪水汇入，因此不存在山洪的影响。

#### 2.5.3.2.3 溪流与江河洪水的防护

辽宁徐大堡核电厂厂址位于葫芦岛市兴城市境内，海边丘陵，地势较高，在厂址附近较大的河流有六股河、烟台河和兴城河，均向东南注入渤海。另外，在徐大堡厂址邻近有菱角河，流域面积 115.54km<sup>2</sup>，河长 19.0km，河床宽 30~100m，其源短流急，季节性比较明显，为时令河。

根据计算分析，厂址附近的河流洪水不会对厂址构成威胁。

#### 2.5.3.2.4 溃坝洪水

对可能影响厂址的龙屯水库、马道子水库、碱厂水库进行溃坝分析计算，结果表明，溃坝洪水沿六股河流域出绥中水文站后，进入平原区，溃坝洪水迅速消散，不会对厂址造成影响。



## 2.6 地形地貌

厂址区域原始地形呈西南至东北向条带状，中间地势略高，为西南至东北向分水岭，南北侧地势略低，地形相对平缓舒展，地面标高一般为 3.0~25.0m，最高丘陵标高 31.2m（1985 国家高程基准，下同），东南侧为海域。

厂址区域已在 1、2 号机组工程建设预备期完成了场地平整施工，本工程无场地平整工程量。厂址区域原始地貌已发生改变，现状为平整的场地，场地东西方向长度约为 500m~2100m，南北方向长度约为 810m~1050m，平整标高约为 8.4m~14m。

3、4 号机组核岛、常规岛负挖及回填均已完成。



## 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 运行前辐射环境本底调查方案

表 3.1-2（1/2） 测量项目所采用的仪器、测量方法及依据标准

表 3.1-2（2/2） 测量项目所采用的仪器、测量方法及依据标准

表 3.1-3（1/4）  $\gamma$  谱仪分析测量参数

表 3.1-3（2/4）  $\gamma$  谱仪分析测量参数

表 3.1-3（3/4）  $\gamma$  谱仪分析测量参数

表 3.1-3（4/4）  $\gamma$  谱仪分析测量参数

表 3.1-4 放化分析测量参数

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

表 3.2-2 声环境质量标准（GB3096-2008）



### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

中国核电工程有限公司委托中国原子能科学研究院（任务承担单位）于 2023 年 11 月起在厂址周围开展为期两年的运行前辐射环境本底调查，以了解徐大堡核电厂 3、4 号机组运行前环境中辐射水平和周围介质放射性本底水平。调查单位根据计划进度完成了 4 次现场取样、监测及实验室样品测量，编制了《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组运行前辐射环境本底调查中期成果报告》（以下简称“中期成果”），并通过了专家评审。本节主要采用中期成果的数据对本厂址周围环境的辐射环境质量现状进行说明。

##### 3.1.1.1 调查依据

中期成果中监测内容、监测项目、监测范围、点位布设及样品数量依据相关标准确定。

##### 3.1.1.2 调查项目

辐射环境本底调查主要分为资料收集和实地调查两部分：

（1）相关数据和资料收集，主要包括：

- 1) 厂址半径 50km 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；
- 2) 厂址半径 30km 范围内核设施，铀、钍矿设施概况；
- 3) 厂址半径 15km 范围内人为活动引起天然辐射照射增加的设施概况；
- 4) 厂址半径 15km 范围内同位素生产以及非密封放射源同位素的应用概况；
- 5) 厂址半径 5km 范围内 I 类和 II 类放射源的应用概况；
- 6) 厂址所在地的辐射水平历史资料。

（2）厂址周围区域辐射环境本底调查，主要包括：

- 1) 厂址半径 50km 范围内环境  $\gamma$  辐射水平：陆地环境  $\gamma$  辐射剂量率和累积剂量；
- 2) 厂址半径 20km 范围内主要环境介质中放射性核素活度浓度，监测的环境介质包括土壤、空气（气溶胶、沉降物、降水、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）、非受纳水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物和水生生物）、陆生生物（植物、动物、牛羊奶）、受纳水体（海水、海洋沉积物和海洋生物）。

上述现场调查中调查对象、监测项目以及监测频度等详见表 3.1-1。



### 3.1.1.3 布点原则及方案

#### 3.1.1.3.1 布点原则

调查的测量点/采样点应重点关注主导风向下风向区域、人口集中的居民区及敏感区，充分考虑样品和测量点的代表性，布点原则如下：

(1) 近密远疏、均匀覆盖各方位；

(2) 监测点位选址综合考虑厂址周围环境特征，尽可能选择被扰动和破坏可能性小的位置作为监测点位；

(3) 对关键居民组、人口集中的居民区、农牧业和养殖集中区、环境敏感区和主导风向下风向适当针对性布点；

(4) 环境  $\gamma$  辐射剂量率监测与累积剂量监测同点位布设，土壤采样点在选择环境  $\gamma$  辐射监测点位中选择；

(5) 地表水沉积物和水样采样点位应一致。

#### 3.1.1.3.2 布点方案

(1) 环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率

调查以厂址为中心，16 个方位与半径为 2km、5km、10km、20km、50km 的圆所形成的各扇形区域内半径 50km 范围内陆地上布点。共设置 93 个测量点和 2 个对照点。

(2) 环境  $\gamma$  辐射累积剂量

调查以厂址为中心，16 个方位与半径为 2km、5km、10km、20km、50km 的圆所形成的各扇形区域内半径 50km 范围内陆地上布点。共设置 65 个测量点和 2 个对照点。

(3) 环境  $\gamma$  剂量率连续测量

共设置 2 个测量点，厂区内设置 1 个点位。

(4) 土壤

调查以厂址为中心，在半径 20km 范围内，8 个方位陆地上进行布点，每个方位 2~4 个点，平均每个方位（陆域）最少 3 个点。

(5) 空气

空气介质包括气溶胶、沉降物、降水、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ ，调查以厂址中心为中心，半径 10km 范围内进行布点。共设置 5 个采样点和 2 个对照点。

(6) 非受纳水体

1) 饮用水

调查以厂址为中心，半径 5km 范围内进行布点。共设置 3 个采样点和 2 个对照点。



## 2) 地下水

调查以厂址为中心，半径 5km 范围内进行布点。共设置 4 个采样点和 2 个对照点。

## 3) 地表水和地表水沉积物

调查以厂址为中心，半径 10km 范围内主要地表水体、流域覆盖厂址 20km 范围面积较大的水体及流域覆盖主导风下风向面积较大的水体进行布点。地表水和地表水沉积物各设置 3 个采样点和 1 个对照点。

## 4) 水生生物

调查以厂址为中心，半径 10km 范围内，在主导风向下风向或流域覆盖厂址区域面积最大水体以及当地居民主要食用的水生生物的来源水体，选择代表性的水生植物和动物各 1 种。

水生生物共设置 1 个采样点和 1 个对照点。

## (7) 陆生生物

调查以厂址为中心，半径 20km 范围内进行布点。谷类、蔬菜类、水果类、家禽、家畜共设置 2 个采样点和 2 个对照点；指示生物松针、牧草共设置 1 个采样点和 2 个对照点；牛奶设置 1 个采样点。

## (8) 受纳水体

### 1) 海水及海洋沉积物

调查以厂址排水口为中心，半径 10km 范围内海域进行布点。共设置 14 个海水采样点、12 个沉积物采样点以及 1 个对照点。

### 2) 海洋生物

调查以厂址排水口为中心，半径 10km 范围内海域进行布点。藻类共设置 2 个采样点和 1 个对照点；鱼类、甲壳类、头足类、贝类共设置 2 个采样点和 1 个对照点。

### 3.1.1.4 测量仪器和分析方法

调查中测量项目所采用的仪器、测量方法及依据标准见表 3.1-2，各类环境介质的分析测量参数以及探测下限见表 3.1-3~表 3.1-4。

### 3.1.1.5 调查结果

#### (1) 厂址周围存在的核设施、辐射或放射源应用情况

- 1) 本厂址半径 80km 范围内有一个核设施为原子能院葫芦岛基地（在建）；
- 2) 半径 30km 范围内有一个铀、钍矿设施（目前已关闭）；
- 3) 半径 15km 范围内没有 NORM 设施；



4) 绥中县和兴城市没有放射源；

5) 厂址半径 5km 范围内无 I 类和 II 类放射源。

#### (2) 环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

宇宙射线测量结果均值为  $37.5 \pm 0.7 \text{ nGy/h}$ 。

- 道路  $\gamma$  辐射剂量率测量值（未扣除宇宙射线响应值）范围为  $76.4 \sim 125.3 \text{ nGy/h}$ ，均值为  $92.4 \text{ nGy/h}$ 。

- 原野  $\gamma$  辐射剂量率测量值（未扣除宇宙射线响应值）范围为  $65.0 \sim 149.7 \text{ nGy/h}$ ，均值为  $96.1 \text{ nGy/h}$ 。

- 对照点  $\gamma$  辐射剂量率测量值（未扣除宇宙射线响应值）范围为  $90.5 \sim 114.5 \text{ nGy/h}$ 。

- 道路  $\gamma$  辐射剂量率测量值（扣除宇宙射线响应值）范围为  $38.9 \sim 83.9 \text{ nGy/h}$ ，均值为  $54.9 \text{ nGy/h}$ 。

- 原野  $\gamma$  辐射剂量率测量值（扣除宇宙射线响应值）范围为  $27.5 \sim 112.2 \text{ nGy/h}$ ，均值为  $58.6 \text{ nGy/h}$ 。

- 对照点  $\gamma$  辐射剂量率测量值（扣除宇宙射线响应值）范围为  $53.0 \sim 77.0 \text{ nGy/h}$ 。

#### (3) 陆地环境 $\gamma$ 辐射累积剂量

- 道路  $\gamma$  辐射累积剂量（按小时平均）测量值范围为  $34.5 \sim 145.6 \text{ nGy/h}$ ，均值为  $95.0 \text{ nGy/h}$ 。

- 原野  $\gamma$  辐射累积剂量（按小时平均）测量值范围为  $41.4 \sim 125.3 \text{ nGy/h}$ ，均值为  $87.7 \text{ nGy/h}$ 。

- 对照点  $\gamma$  辐射累积剂量（按小时平均）测量值范围为  $69.1 \sim 151.5 \text{ nGy/h}$ 。

#### (4) 陆地环境 $\gamma$ 剂量率连续测量

厂内子站连续监测数据日均值变化范围在  $68 \sim 118 \text{ nGy/h}$ ，日均值的平均值为  $101 \text{ nGy/h}$ ；厂外站连续监测数据日均值变化范围在  $98 \sim 109 \text{ nGy/h}$ ，日均值的平均值为  $100 \text{ nGy/h}$ 。

#### (5) 土壤

- 土壤样品中的  $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$  测量结果均低于探测限；

- $^{226}\text{Ra}$  活度浓度范围为  $9.0\text{E}+00 \sim 9.2\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$ （干），均值为  $2.0\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$ （干）；

- $^{232}\text{Th}$  活度浓度范围为  $1.05\text{E}+01 \sim 3.94\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$ （干），均值为  $2.2\text{E}+01 \text{ Bq/kg}$ （干）；



- $^{238}\text{U}$  活度浓度范围为  $1.01\text{E}+01 \sim 4.25\text{E}+01$  Bq/kg(干), 均值为  $2.6\text{E}+01$  Bq/kg(干);
- $^{40}\text{K}$  活度浓度范围为  $5.31\text{E}+02 \sim 1.09\text{E}+03$  Bq/kg(干), 均值为  $8.2\text{E}+02$  Bq/kg(干);
- $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC} \sim 3.14\text{E}+00$  Bq/kg(干), 均值为  $4.2\text{E}-01$  Bq/kg(干);
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC} \sim 5.48\text{E}+00$  Bq/kg(干), 均值为  $1.1\text{E}+00$  Bq/kg(干)。

#### (6) 空气

##### 1) 气溶胶

● 气溶胶中放射性核素  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  测量结果均低于探测限;

- $^7\text{Be}$  活度浓度范围为  $6.96\text{E}-04 \sim 3.37\text{E}-03$  Bq/m<sup>3</sup>, 均值为  $1.8\text{E}-03$  Bq/m<sup>3</sup>;
- 总  $\alpha$  活度浓度范围为  $1.37\text{E}-05 \sim 1.81\text{E}-04$  Bq/m<sup>3</sup>, 均值为  $7.5\text{E}-05$  Bq/m<sup>3</sup>;
- 总  $\beta$  活度浓度范围为  $3.43\text{E}-04 \sim 1.66\text{E}-03$  Bq/m<sup>3</sup>, 均值为  $7.8\text{E}-04$  Bq/m<sup>3</sup>;
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC} \sim 8.99\text{E}-06$  Bq/m<sup>3</sup>, 均值为  $4.7\text{E}-06$  Bq/m<sup>3</sup>。

##### 2) 沉降物

● 沉降物中放射性核素  $\gamma$  核素 ( $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ ) 测量结果均低于探测限;

●  $^7\text{Be}$  活度浓度范围为  $5.30\text{E}-02 \sim 4.33\text{E}+00$  Bq/(m<sup>2</sup>·D), 均值为  $1.6\text{E}+00$  Bq/(m<sup>2</sup>·D);

● 总  $\alpha$  活度浓度范围为  $2.24\text{E}-02 \sim 6.7\text{E}-01$  Bq/(m<sup>2</sup>·D), 均值为  $1.8\text{E}-01$  Bq/(m<sup>2</sup>·D);

● 总  $\beta$  活度浓度范围为  $1.30\text{E}-02 \sim 2.09$  Bq/(m<sup>2</sup>·D), 均值为  $6.7\text{E}-01$  Bq/(m<sup>2</sup>·D);

●  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $2.58\text{E}-03 \sim 3.72\text{E}-02$  Bq/(m<sup>2</sup>·D), 均值为  $2.1\text{E}-02$  Bq/(m<sup>2</sup>·D);

##### 3) 降水

●  $\gamma$  核素 ( $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ ) 均低于探测限;

●  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $4.52\text{E}-01 \sim 7.03\text{E}-01$  Bq/L, 均值为  $5.9\text{E}-01$  Bq/L;

●  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $5.85\text{E}-03 \sim 2.05\text{E}-02$  Bq/L, 均值为  $1.0\text{E}-02$  Bq/L。

##### 4) 气体

●  $^{131}\text{I}$  测量结果低于探测限;

●  $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $2.28\text{E}-03 \sim 8.75\text{E}-02$  Bq/m<sup>3</sup>, 均值为  $1.6\text{E}-02$  Bq/m<sup>3</sup>;



- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $4.14\text{E-}02\sim 6.49\text{E-}02\text{ Bq/m}^3$ ，均值为  $5.4\text{E-}02\text{ Bq/m}^3$ ；

#### (7) 非受纳水体

##### 1) 饮用水

● 饮用水中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  测量结果均低于探测限；

- 总  $\alpha$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 6.92\text{E-}02\text{ Bq/L}$ ，均值为  $2.7\text{E-}02\text{ Bq/L}$ ；
- 总  $\beta$  活度浓度范围为  $4.29\text{E-}02\sim 2.39\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $1.1\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $6.52\text{E-}04\sim 1.31\text{E-}03\text{ Bq/L}$ ，均值为  $9.3\text{E-}04\text{ Bq/L}$ ；
- $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $4.08\text{E-}01\sim 6.13\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $5.1\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ；
- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $1.96\text{E-}03\sim 2.98\text{E-}03\text{ Bq/L}$ ，均值为  $2.6\text{E-}03\text{ Bq/L}$ 。

##### 2) 地下水

● 地下水中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  测量结果均低于探测限；

- 总  $\alpha$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 1.20\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $5.6\text{E-}02\text{ Bq/L}$ ；
- 总  $\beta$  活度浓度范围为  $2.44\text{E-}02\sim 8.67\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $1.7\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $6.73\text{E-}04\sim 1.39\text{E-}03\text{ Bq/L}$ ，均值为  $9.2\text{E-}04\text{ Bq/L}$ ；
- $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $3.75\text{E-}01\sim 6.89\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $5.3\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ；
- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $2.05\text{E-}03\sim 4.26\text{E-}03\text{ Bq/L}$ ，均值为  $3.1\text{E-}03\text{ Bq/L}$ 。

##### 3) 地表水

● 地表水中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  测量结果均低于探测限；

- 总  $\alpha$  活度浓度范围为  $6.86\text{E-}02\sim 1.53\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $1.0\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ；
- 总  $\beta$  活度浓度范围为  $1.25\text{E-}01\sim 3.81\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $2.5\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $8.27\text{E-}04\sim 9.90\text{E-}04\text{ Bq/L}$ ，均值为  $9.2\text{E-}04\text{ Bq/L}$ ；
- $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $7.10\text{E-}01\sim 7.48\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ，均值为  $7.3\text{E-}01\text{ Bq/L}$ ；
- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $2.63\text{E-}03\sim 3.58\text{E-}03\text{ Bq/L}$ ，均值为  $3.1\text{E-}03\text{ Bq/L}$ 。

##### 4) 地表水沉积物

● 地表水沉积物中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$  测量结果均低于探测限；

- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $3.91\text{E-}01\sim 8.13\text{E-}01\text{ Bq/kg(干)}$ ，均值为  $5.7\text{E-}01\text{ Bq/kg(干)}$ ；



- $^{226}\text{Ra}$  活度浓度范围为  $6.44\text{E}+00\sim 5.30\text{E}+01$  Bq/kg（干），均值为  $2.6\text{E}+01$  Bq/kg（干）；
- $^{232}\text{Th}$  活度浓度范围为  $7.9\text{E}+00\sim 3.34\text{E}+01$  Bq/kg（干），均值为  $1.8\text{E}+01$  Bq/kg（干）；
- $^{238}\text{U}$  活度浓度范围为  $6.62\text{E}+00\sim 2.84\text{E}+01$  Bq/kg（干），均值为  $1.5\text{E}+01$  Bq/kg（干）；
- $^{40}\text{K}$  活度浓度范围为  $4.21\text{E}+02\sim 8.7\text{E}+02$  Bq/kg（干），均值为  $6.7\text{E}+02$  Bq/kg（干）。

#### 5) 陆地水生生物

- 陆地水生生物中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  测量结果均低于探测限；
- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $1.88\text{E}+02\sim 3.60\text{E}+02$  Bq/（kg 鲜）；

#### (8) 陆地生物

● 谷类、水果、家禽、家畜、牧草和指示生物中  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$  测量结果均低于探测限，牛奶中  $^{131}\text{I}$  测量结果均低于探测限；

- $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 3.29\text{E}-01$  Bq/(kg 鲜)；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 3.16\text{E}-01$  Bq/(kg 鲜)；
- 有机氚活度浓度范围为  $1.54\text{E}+00\sim 5.46\text{E}+00$  (Bq/L 水)；
- 组织自由水氚活度浓度范围为  $1.11\text{E}+00\sim 1.42\text{E}+00$  (Bq/L 水)；
- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $4.42\text{E}+00\sim 8.16\text{E}+01$  Bq/(kg 鲜)；

#### (9) 受纳水体

##### 1) 海水

● 海水样品中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、总  $\alpha$  测量结果均低于探测限；

- $^{40}\text{K}$  活度浓度范围为  $4.95\text{E}-01\sim 2.70\text{E}+00$  Bq/L，均值为  $1.6\text{E}+00$  Bq/L；
- 总  $\beta$  活度浓度范围为  $6.74\text{E}+00\sim 1.33\text{E}+01$  Bq/L，均值为  $8.6\text{E}+00$  Bq/L；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $6.07\text{E}-04\sim 2.44\text{E}-03$  Bq/L，均值为  $1.2\text{E}-03$  Bq/L；
- $^3\text{H}$  活度浓度范围为  $3.28\text{E}-01\sim 6.35\text{E}-01$  Bq/L，均值为  $4.7\text{E}-01$  Bq/L；
- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $3.05\text{E}-03\sim 8.51\text{E}-03$  Bq/L，均值为  $4.3\text{E}-03$  Bq/L。

##### 2) 海洋沉积物

● 海洋沉积物中  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  测量结果均低于探测限；

- $^{239+240}\text{Pu}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 3.36\text{E}-02$  Bq/kg（干），均值为  $1.8\text{E}-02$  Bq/kg（干）；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 1.03\text{E}+01$  Bq/kg（干），均值为  $6.0\text{E}-01$  Bq/kg（干）；



- $^{226}\text{Ra}$  活度浓度范围为  $2.93\text{E}+00\sim 3.41\text{E}+01$  Bq/kg（干），均值为  $1.8\text{E}+01$  Bq/kg（干）；
- $^{232}\text{Th}$  活度浓度范围为  $1.80\text{E}+01\sim 5.34\text{E}+01$  Bq/kg（干），均值为  $2.9\text{E}+01$  Bq/kg（干）；
- $^{238}\text{U}$  活度浓度范围为  $2.04\text{E}+01\sim 5.21\text{E}+01$  Bq/kg（干），均值为  $3.5\text{E}+01$  Bq/kg（干）；
- $^{40}\text{K}$  活度浓度范围为  $6.19\text{E}+02\sim 9.8\text{E}+02$  Bq/kg（干），均值为  $8.3\text{E}+02$  Bq/kg（干）。

### 3) 海洋生物

- 海洋生物中  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$  测量结果均为探测限；
- $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 4.25\text{E}-02$  Bq/(kg 鲜)，均值为  $5.1\text{E}-02$  Bq/(kg 鲜)；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为  $<\text{MDC}\sim 1.96\text{E}-01$  Bq/(kg 鲜)，均值为  $7.6\text{E}-02$  Bq/(kg 鲜)；
- 有机氚度浓度范围为  $7.06\text{E}-02\sim 6.74\text{E}-01$  Bq/(kg 鲜)，均值为  $4.5\text{E}-01$  Bq/(kg 鲜)；
- 组织自由水氚活度浓度范围为  $8.23\text{E}-01\sim 1.49\text{E}+00$  Bq/(kg 鲜)，均值为  $1.0\text{E}+00$  Bq/(kg 鲜)；
- $^{14}\text{C}$  活度浓度范围为  $5.36\text{E}+00\sim 3.35\text{E}+01$  Bq/(kg 鲜)，均值为  $2.1\text{E}+01$  Bq/(kg 鲜)。

### 3.1.1.6 质量保证

为了对监测过程进行全面控制，以保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，在运行前辐射环境本底调查过程中，调查单位采取了一系列质量保证措施。在调查过程中质量保证措施主要有以下几个方面：

#### 3.1.1.6.1 组织机构与人员配备

调查单位在调查工作开始之前针对本次调查成立了项目组 and 质保组，在单位领导指导下开展调查工作。本项目的人员配备包括技术组和质保组，其中技术组是指从事与本项目技术活动相关的关键技术人员；质保组是负责质量管理体系运行的人员。参与的所有人员均具备从事该任务所必须的学历、经历和业务熟练程度。

#### 3.1.1.6.2 样品的控制

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。



- (4) 样品运输前填写样品清单，清点样品，检查包装。
- (5) 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。
- (6) 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。
- (7) 对样品分析的中间过程进行唯一性标识，防止样品间混淆。

#### 3.1.1.6.3 仪器设备的控制

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，所有仪器均在检定的合格期内使用。

#### 3.1.1.6.4 实验室对比

调查单位积极参加国内外各种实验室间比对、能力验证等质量控制活动，发现质量控制中存在的问题、纰漏，积极纠正、整改，确保实验室分析测试能力水平持续改进、持续提高。调查单位参加的实验室间比对结果均为满意。

#### 3.1.1.6.5 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，对环境介质样品采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与常规样品完全相同，结果表明样品平行性良好。

### 3.1.2 辐射环境质量评价

将中期成果结果与《中国环境天然放射性水平》、《辽宁徐大堡核电厂环境辐射本底初步调查报告》（2019）中的数据进行比较，以评价本厂址周围辐射环境水平。

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

## 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

#### 3.2.1.1 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司研发中心联合天津品凡监测科技有限公司于 2025 年 2 月完成的《徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址周围大气环境现状调查及评价报告》。

#### 执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；
- 《辽宁省生态环境厅关于辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组环境影响评价执行标准的



复函》（辽宁省生态环境厅，辽环函〔2020〕33 号，2020 年 2 月）。

项目区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准，规定的标准限值见表 3.2-1。

### 3.2.1.2 大气环境质量评价

本次现状监测各污染物平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，厂址区域大气环境质量较好。

### 3.2.1.3 质量保证

《徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址周围大气环境现状调查及评价报告》引用的监测数据为天津品凡监测科技有限公司检验检测并出具的监测报告，天津品凡监测科技有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：19021250040，且监测内容在天津品凡监测科技有限公司的检验检测的能力范围内。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

## 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

### 3.2.2.1 声环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司研发中心联合天津品凡监测科技有限公司于 2025 年 2 月完成的《徐大堡 3、4 号机组厂址周围噪声现状调查及评价报告》。

### 执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- 《辽宁省生态环境厅关于辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组环境影响评价执行标准的复函》（辽宁省生态环境厅，辽环函〔2020〕33 号，2020 年 2 月）。

声环境厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类标准，居民所在区域执行 2 类标准，交通噪声执行 4a 类标准。《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的标准限值见表 3.2-2。

### 3.2.2.2 噪声质量评价

#### （1）声环境保护目标

声环境保护目标噪声监测点，第一天昼间噪声等效声级为 51.9~57.8dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 50.9~58.2dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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 40.4~45.6dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 40.8~46.3dB（A），符合《声环境



质量标准》（GB 3096-2008）规定的 2 类声环境功能区夜间噪声标准限值 50dB（A）的要求。

#### （2）网格噪声

网格噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 50.1~55.0dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 51.1~56.4dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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 40.2~44.5dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 40.9~45.2dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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）厂区外固定噪声源

厂区外固定噪声源监测点第一天昼间噪声等效声级为 53.2dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 52.4dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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 42.8dB

（A），第二天夜间噪声等效声级为 44.3dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 1 类声环境功能区夜间噪声标准限值 45dB（A）的要求。

#### （4）交通噪声

交通噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 52.6~63.8dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 52.3~66.0dB（A），满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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 39.2~48.1dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 39.6~45.7dB（A），满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 4a 类声环境功能区夜间噪声标准限值 55dB（A）的要求。

#### （5）厂址区域环境噪声

①厂界噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 57.2~58.8dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 52.6~56.4dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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 43.7~45.2dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 45.7~51.7dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 3 类声环境功能区夜间噪声标准限值 55dB（A）的要求。

②施工场界噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 57.6~62.3dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 53.7~61.3dB（A），符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-



2011) 规定的建筑施工场界环境噪声排放限值昼间 70dB (A) 的要求；第一天夜间噪声等效声级为 43.0~47.7dB (A)，第二天夜间噪声等效声级为 40.4~47.2dB (A)，符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011) 规定的建筑施工场界环境噪声排放限值夜间 55dB (A) 的要求。

③厂区内声环境敏感目标监测点第一天昼间噪声等效声级为 50.5~55.8dB (A)，第二天昼间噪声等效声级为 50.7~53.4dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 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 43.8~44.8dB (A)，第二天夜间噪声等效声级为 41.9~44.6dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 1 类声环境功能区夜间噪声标准限值 45dB (A) 的要求。

#### (6) 厂区内固定噪声源

厂区内固定噪声源监测点第一天昼间噪声等效声级为 57.4~63.4dB (A)，第二天昼间噪声等效声级为 55.7~60.4dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 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 44.5~52.1dB (A)，第二天夜间噪声等效声级为 41.6~48.6dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 3 类声环境功能区夜间噪声标准限值 55dB (A) 的要求。

综上所述，各声功能区点位均满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 中的相关标准，厂址区域整体声环境质量较好。

### 3.2.2.3 质量保证

《徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址周围噪声现状及评价报告》引用的监测数据为天津品凡监测科技有限公司检验检测并出具的监测报告，天津品凡监测科技有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：19021250040，且监测内容在天津品凡监测科技有限公司的检验检测的能力范围内。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

### 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

2023 年对厂址海域开展了全年四季的生态调查工作，调查航次分别为 2023 年 2 月冬季航次、2023 年 5 月春季航次、2023 年 8 月夏季航次、2023 年 10 月秋季航次（大潮）和 2023 年 10 月秋季航次（小潮）。水质调查范围为以排水口为中心半径 15km，共布设 25 个调查站位。

海水水质调查要素包括水温、水深、盐度、电导率、水色、透明度、浊度、pH、总碱度、溶解氧、化学耗氧量、五日生化需氧量、挥发酚、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、非离子态氨、磷酸盐、硅酸盐、硫化物、氯化物、氰化物、氟化物、石油类、阴离子表面活性剂、总有机碳、总磷、总氮、悬浮物、硼、金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬）、砷、硒、余氯等。



采用单因子指数法对调查范围内的水质环境现状进行评价，海水水质评价标准依据《海水水质标准》（GB3097-1997）。

关于海水水质大面站调查结果，取得的主要调查评价结论如下：

在所有五个调查航次中海水里溶解氧、pH、非离子氨、硫化物、油类、挥发性酚、氰化物、阴离子表面活性剂、总铬、砷和硒均符合第一类海水水质标准；化学需氧量、五日生化需氧量、活性磷酸盐、铜、铅、镉和汞均符合第二类海水水质标准；锌在春季调查航次中表层有少量样品测值符合第三类海水水质标准，其余航次均符合第二类海水水质标准；无机氮秋季大、小潮两个航次符合第二类海水水质标准，其余航次均符合第四类海水水质标准。

### 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 1 日）
- 《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）
- 《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 988-2023）
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）

#### 3.2.4.2 调查内容及范围

（1）工频电场、工频磁场强度：以本工程核电厂开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线输电走廊两侧 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

- 每个测点分别测量离地 1.5m 的电场强度和磁感应强度。
- 每个测点记录当时的天气情况，环境温度和相对湿度。



- 在测量电场强度和磁感应强度时，每个点连续测量 5 次，每次测量时间不小于 15s，读取稳定状态最大值。

- 每个测量点均拍摄照片，用于反映各监测点原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

#### （2）射频综合场强

- 每个测点使用非选频式辐射测量仪，分别测量离地 1.7m 的综合场强。每个测点记录当时的天气情况，环境温度和相对湿度。

- 在进行电磁辐射测量时，每个监测点的测量时间区间，选择环境电磁辐射的高峰期，分别为：5:00~9:00、11:00~14:00、18:00~23:00。每次测量间隔时间为 1h，昼夜测量时间点不少于 10 个。

- 每个测点连续测量 5 个数据，每个数据测量时间不低于 15 秒，当数字变化过大时，适当延长测量时间。最终计算时每个时点采用其 5 个数据的平均值。

- 每个测量点均拍摄照片，用于反映各监测点原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

#### 3.2.4.4 监测时间

2025 年 1 月 3 日到 1 月 7 日，对徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址周围电磁环境进行了现场调查。

#### 3.2.4.5 电磁辐射源调查

厂址半径 5km 范围内现有电磁辐射源包括：厂区内和厂区外的通信基站 12 座、220kV 辅助开关站、500kV 出线输电线路、220kV 施工进线输电线路、光伏电厂和 4 个风电厂。

调查期间，1-4 号机组处于施工状态，5-6 号机组处于前期准备当中。1-6 号机组共用 500kV 出线开关站和 220kV 辅助开关站。此项目无独立施工进线，220kV 辅助开关站与施工进线变电站为同一座开关站，220kV 施工进线与 220kV 辅助输电线路共用一条输电线路。

#### 3.2.4.6 监测点设置

##### （1）厂区内监测点设置

厂区内共设置 17 个监测点，分别为在厂区边界设 4 个点（东南西北），厂区内设 13 个点，编号 N1~N17，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。

##### （2）开关站（变电站）及第一跨监测点设置

在 500kV 出线开关站、220kV 辅助开关站（施工进线变电站）设置监测点。在每个开



关站（变电站）东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度。在第一跨以导线档距中央弧垂最低位置处监测工频电场、工频磁场强度。开关站（变电站）及第一跨共设置 10 个监测点。

### （3） 地下廊道监测点设置

地下廊道共设置 12 个监测点，编号 L1~L12，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度。

### （4） 主变压器监测点设置

对于主变压器，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 范围设点，每个主变压器设 11 个监测点（编号 A1~A11、B1~B11、C1~C11、D1~D11、E1~E11、F1~F11），监测工频电场强度与工频磁场强度监测。

分别对核电厂 6 个主变进行监测，共设置 66 个监测点。

### （5） 输电线路监测点设置

共设 2 处输电线路监测断面（编号 P1~P2），断面设置情况如下：

P1 为 500kV 出线输电线路监测断面，P2 为 220kV 施工进线输电线路监测断面。分别在各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：

#### 1) 垂直方向的监测断面点位设置

在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。

#### 2) 平行方向的监测断面点位设置

在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 15m（220kV）、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。

### （6） 厂区外环境敏感区和通信基站监测点设置

在厂区外居民点等环境敏感区布点原则按照居民点设置监测点，共设置 29 个监测点，编号 1~29。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。

厂址半径 5km 范围内布设 12 个通信基站监测点，编号 T1~T12，监测射频综合场强。

### 3.2.4.7 电磁辐射现状评价标准

（1） 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。



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

#### 3.2.4.8 电磁辐射现状监测质量保证措施

为获得完整、正确、可靠的电磁辐射现状调查数据，以及对调查过程进行全面控制，在本次电磁辐射现状监测调查过程中采取了一系列质量保证措施，主要有以下几个方面：

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

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

(3) 监测仪器经由相应资质的计量部门检定合格，并处于有效期内。

(4) 每次测量前后，对仪器的工作状态进行检查，确保仪器处于良好的工作状态。

(5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(6) 监测报告严格实行三级审核制度。

(7) 提供所有参与本项目的现场监测人员的培训记录和资质证书的复印件。

(8) 提供所有本项目使用的现场监测设备处于有效期内的校准或检定合格证书的复印件。

(9) 提供本项目在现场监测采样阶段原始记录的复印件。

(10) 合作方配合完成各项与本项目相关的质量保证工作的责任和义务。

#### 3.2.4.9 电磁辐射现状监测结果评价

(1) 厂区内电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

厂区监测点工频电场强度监测值范围在  $0.05\sim 2.38\text{V}/\text{m}$  之间。工频电场强度最大值出现在 N17 监测点（中核二二现场办公点联通通信基站），其监测值为  $2.38\text{V}/\text{m}$ ，该点受周围施工用电影响，工频电场强度略高于其余点位。所有监测点都远小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值  $4\text{kV}/\text{m}$ ，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在  $0.0054\sim 0.2001\mu\text{T}$  之间，工频磁场强度最大值出现在 N16 监测点（中核二二现场办公点移动通信基站），其监测值为  $0.2001\mu\text{T}$ ，受周围施工用电影响，工频磁场强度略高于其余点位。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值  $0.1\text{mT}$ （ $100\mu\text{T}$ ），符合标准要求。



## 2) 射频综合场强

所有监测点监测值在 0.45~3.06V/m 之间，最大值出现在 N14 监测点（搅拌站移动通信基站），其监测值为 3.06V/m，各点监测值变化不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m，符合标准要求。

### (2) 开关站（变电站）及第一跨监测点电磁辐射监测结果评价

所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.08~405.82V/m 之间，最大值出现在 K8 监测点（220kV 辅助开关站施工进线变电站北），监测值为 405.82V/m。K8 监测点靠近 220kV 施工进线输电线路，受输电线路的影响，此监测点的工频电场强度高于其他监测点。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0136~0.1987 $\mu$ T 之间，最大值出现在 K3 监测点（500kV 出线开关站西），监测值为 0.1987 $\mu$ T，各点监测值差异不大。所有监测点均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

### (3) 地下输电廊道电磁辐射监测结果评价

所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.04~0.43V/m 之间，最大值出现在 L8 监测点（4 号机组地下廊道②），监测值为 0.43V/m。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0063~0.1839 $\mu$ T 之间，最大值出现在 L6 监测点（3 号机组地下廊道②），监测值为 0.1839 $\mu$ T。各点监测值变化不大。所有监测点均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

### (4) 主变压器电磁辐射监测结果评价

#### 1) 1 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.04~0.08V/m 之间，最大值出现在 A3 监测点（拟建 1 号机组主变压器南侧 10 米）处，其监测值为 0.08V/m，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0075~0.0665 $\mu$ T 之间，最大值出现在 A3 监测点（拟建 1 号机组主变压器南侧 10 米）处，其监测值为 0.0665 $\mu$ T，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

#### 2) 2 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.04~0.07V/m 之间，最大值出现在 B1 监测点（拟建 2 号机组



主变压器南侧 0 米）处，其监测值为 0.07V/m，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0104~0.0584  $\mu$ T 之间，最大值出现在 B4 监测点（拟建 2 号机组主变压器南侧 15 米）处，其监测值为 0.0584  $\mu$ T，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100  $\mu$ T），符合标准要求。

### 3) 3 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.09~0.20V/m 之间，最大值出现在 C9 监测点（拟建 3 号机组主变压器南侧 40 米）和 C11（拟建 3 号机组主变压器南侧 50 米）处，其监测值为 0.20V/m，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0302~0.0518 $\mu$ T 之间，最大值出现在 C9 监测点（拟建 3 号机组主变压器南侧 40 米）处，其监测值为 0.0518 $\mu$ T，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

### 4) 4 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.06~0.09V/m 之间，最大值出现在多个监测点处（D7、D8、D10），其监测值为 0.09V/m，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0210~0.0354 $\mu$ T 之间，最大值出现在 D6 监测点（拟建 4 号机组主变压器南侧 25 米）处，其监测值为 0.0354 $\mu$ T，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

### 5) 5 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.05~0.10V/m 之间，最大值出现在 E3 监测点（拟建 5 号机组主变压器南侧 10 米）处，其监测值为 0.10V/m，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0058~0.0078 $\mu$ T 之间，最大值出现在 E8 监测点（拟建 5 号机组主变压器南侧 35 米）处，其监测值为 0.0078 $\mu$ T，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准



要求。

#### 6) 6 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.04~0.09V/m 之间，最大值出现在 F7 监测点（拟建 6 号机组主变压器南侧 30 米）处，其监测值为 0.09V/m，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0050~0.0071 $\mu$ T 之间，最大值出现在多个监测点处(F3、F7、F9)，其监测值为 0.0071 $\mu$ T，各点监测值变化不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

### (5) 输电线路电磁辐射监测结果评价

#### 1) 500kV 出线输电线路（P1 监测断面）监测数据分析

500kV 出线输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 1.31~1.61V/m 之间。在 P1-15 监测点（500kV 出线输电线路垂直监测断面西边相下 0 米）处最大，其值为 1.61V/m，各点监测值变化趋势不明显。平行监测断面工频电场强度监测值在 1.40~1.55V/m 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

500kV 出线输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0044~0.0061 $\mu$ T 之间，在 P1-22 监测点（500kV 出线输电线路垂直监测断面西边相下 35 米）处最大，其值为 0.0061 $\mu$ T，各点监测值变化趋势不明显。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.0050~0.0060 $\mu$ T 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

#### 2) 220kV 施工进线输电线路（P2 监测断面）监测数据分析

220kV 施工进线输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 50.04~547.86V/m 之间。在 P2-15 监测点（220kV 施工进线输电线路垂直监测断面西边相下 0 米）处最大，其值为 547.86V/m，监测点监测值随距离的增加而减小。平行监测断面工频电场强度监测值在 300.51~334.97V/m 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

220kV 施工进线输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0092~0.0671 $\mu$ T 之间，在 P2-15 监测点（220kV 施工进线输电线路垂直监测断面西边相下 0 米）处最大，其值为 0.0671 $\mu$ T，监测点监测值随距离的增加而减小。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.0315~0.0337 $\mu$ T 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。



## （6） 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

厂区外环境敏感区所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.06~0.87V/m 之间，最大值出现在 28 监测点（国电和风风电开发有限公司）处，其监测值为 0.87V/m。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

厂区外环境敏感区所有监测点工频磁场强度监测值在 0.0057~0.0747 $\mu$ T 之间，最大值出现在 28 监测点（国电和风风电开发有限公司）处，其监测值为 0.0747 $\mu$ T。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

### 2) 射频综合场强

厂区外环境敏感区所有监测点监测值在 0.26~0.85V/m 之间。最大值出现在 27 监测点（光伏电厂东），其监测值为 0.85V/m。各监测点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m，符合标准要求。

所有监测点监测值在 0.39~2.82V/m 之间。最大值出现在 T7 点（刘台子哨所移动通信基站），其监测值为 2.82V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m，符合标准要求。



表 3.1-1 运行前辐射环境本底调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	点位数量	对照点数量
1	环境贯穿辐射	地表	$\gamma$ 辐射剂量率	1 次/季度	50km	93	2
			累积剂量			65	2
			连续剂量率	连续	10km	2	0
2	土壤	表层土	$\gamma$ 能谱分析、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 $^{90}\text{Sr}$	1 次/年	20km	29	2
3	空气	气溶胶	$\gamma$ 能谱分析、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$	1 次/季度	10km	5	2
		沉降物	$\gamma$ 能谱分析、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$			5	2
		降水	$\gamma$ 能谱分析、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$			5	2
		气体	$^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$			5	2
4	非受纳水体	饮用水	$\gamma$ 能谱分析、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$	1 次/半年	5km	3	2
		地下水				4	2
		地表水			3	1	
		地表水沉积物	$\gamma$ 能谱分析、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、		10km	3	1
		水生生物	$\gamma$ 能谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$		1 次/年	2	0
5	陆生生物	谷类（2种）	$\gamma$ 能谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙、组织 自由水氙	1 次/年	20km	2	2
		蔬菜类（4种）				2	2
		水果类（2种）				2	2
		指示生物				1	2
		牧草				1	2
		家畜（2种）				2	2
		家禽（1种）				2	2
		牛奶	$^{131}\text{I}$	1 次/半年	10km	1	0
6	受纳水体	海水	$\gamma$ 能谱分析、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{40}\text{K}$	1 次/半年	10km	14	1
		海洋沉积物	$\gamma$ 能谱分析、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 $^{90}\text{Sr}$	1 次/年		12	1
		海洋生物	$\gamma$ 能谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙、组织 自由水氙	1 次/年		2	1



表 3.1-2（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	测量方法依据
1	环境 $\gamma$ 辐射瞬时（连续）剂量率	RSS131 高气压电离室	HJ 1157-2021《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB/T 10264-2014《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》
3	总 $\alpha$	BH1227 $\alpha/\beta$ 测量仪 MPC-9604 $\alpha/\beta$ 测量仪	HJ 898-2017《水质总 $\alpha$ 放射性的测定厚源法》
4	总 $\beta$		HJ 899-2017《水质总 $\beta$ 放射性的测定厚源法》
5	生物灰 $^{90}\text{Sr}$		HJ 815-2016《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》
6	水中 $^{90}\text{Sr}$		
7	土壤、沉积物 $^{90}\text{Sr}$		EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》
8	水中 $\gamma$ 核素、 $^{40}\text{K}$	BE6530 HPGe $\gamma$ 谱仪 GEM35P483HPGe $\gamma$ 谱仪 GMS60S 反康 $\gamma$ 谱仪	GB/T11713—2015《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》 GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》
9	土壤、沉积物、气溶胶、沉降物 $\gamma$ 核素和 $^{131}\text{I}$		GB/T11713—2015《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》 HJ 1149-2020《环境空气 气溶胶中 $\gamma$ 放射性核素的测定 滤膜压片/ $\gamma$ 能谱法》 GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》 GB/T 14584-1993《空气中碘-131 的取样与测定》
10	生物灰 $\gamma$ 核素		GB/T11713—2015《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》 GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》



表 3.1-2（2/2） 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	测量方法依据
11	生物中组织自由水氚和有机氚	QUANTULUS1220 低水平液闪谱仪 RAH-3 氚取样器	HJ 1126-2020 《水中氚的分析方法》 HJ 1324-2023 《生物中氚和碳-14 的分析方法 管式燃烧法》
12	水中、空气中 $^3\text{H}$		HJ 1126-2020 《水中氚的分析方法》
13	水中、空气中、生物中 $^{14}\text{C}$		EJ/T 1008-1996 《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》 HJ 1056-2019 《核动力厂液态流出物中 $^{14}\text{C}$ 分析方法-湿法氧化法》 GB/T 37865-2019 《生物样品中 $^{14}\text{C}$ 的分析方法 氧弹燃烧法》
14	土壤、沉积物 $^{239+240}\text{Pu}$	Ensemble-8 型号 $\alpha$ 谱仪 7200 型号 $\alpha$ 谱仪	HJ 814-2016 《水和土壤样品中钚的放射化学分析方法》



表 3.1-3 (1/4)  $\gamma$  谱仪分析测量参数

环境介质	核素	能量(keV)	分支比	探测效率	本底净计数	探测限	单位	样品量	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
土壤， 沉积物	$^{226}\text{Ra}$	295.2	0.192	3.70E-02	19	5.5E-01	Bq/kg(干)	0.33kg	-	-
		351.9	0.358	3.35E-02	44	3.0E-01			-	-
	$^{232}\text{Th}$	583.1	0.3096	1.84E-02	90	3.7E-01			-	-
		911.2	0.277	1.36E-02	21	5.0E-01			-	-
	$^{238}\text{U}$	63.3	0.038	4.58E-02	0	2.0E+00			-	-
	$^{134}\text{Cs}$	604.7	0.9762	1.82E-02	0	6.6E-01			-	-
	$^{137}\text{Cs}$	661.7	0.85	1.80E-02	3	5.0E-01			5.0E-01Bq/kg(干)	1.0Bq/kg(干)
	$^{40}\text{K}$	1460.8	0.1067	9.90E-03	273	1.6E+00			-	-
	$^{54}\text{Mn}$	834.8	0.9997	1.48E-02	9	6.0E-01			-	-
	$^{58}\text{Co}$	810.8	0.9945	1.52E-02	0	5.6E-01			-	-
	$^{60}\text{Co}$	1173.2	0.9987	1.12E-02	0	6.8E-01			-	-
	$^{95}\text{Zr}$	756.725	0.5438	1.18E-02	0	1.5E+00			-	-
	$^{144}\text{Ce}$	133.515	0.1109	3.61E-02	0	2.8E+00			-	-
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.76	0.9561	1.50E-02	0	1.1E+00			-	-
生物灰	$^{134}\text{Cs}$	604.7	0.9762	1.73E-02	11	2.5E-02	Bq/kg (鲜)	0.12kg	-	-
	$^{137}\text{Cs}$	661.7	0.85	1.57E-02	0	1.0E-02			2.0E-03Bq/g(灰)	1.0E-02Bq/(kg 鲜)
	$^{54}\text{Mn}$	834.8	0.9997	1.31E-02	13	3.0E-02			-	-
	$^{58}\text{Co}$	810.8	0.9945	1.34E-02	6	3.0E-02			-	-
	$^{60}\text{Co}$	1173.2	0.9987	1.05E-02	2	5.0E-02			-	-



表 3.1-3（2/4） $\gamma$  谱仪分析测量参数

环境介质	核素	能量(keV)	分支比	探测效率	本底净计数	探测限	单位	样品量	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
沉降物	$^{137}\text{Cs}$	661.7	0.8521	1.98E-02	0	3.0E-03	$\text{Bq/m}^2\cdot\text{D}$	取样时间:90 天 取样面积: 0.25m <sup>2</sup>	3.0E-03Bq/m <sup>2</sup> ·D	
	$^{134}\text{Cs}$	604.7	0.976	2.06E-02	0	2.9E-03			-	-
	$^{58}\text{Co}$	810.8	0.9945	1.95E-02	0	9.6E-03			-	-
	$^{60}\text{Co}$	1173.2	0.9987	1.28E-02	0	5.4E-03			-	-
	$^{54}\text{Mn}$	834.8	0.9998	1.75E-02	0	5.5E-03			-	-
	$^7\text{Be}$	477.6	0.1044	2.41E-02	0	9.0E-03			-	-
	$^{131}\text{I}$	364.5	0.811	2.77E-02	0	9.3E-03			-	-
	$^{95}\text{Zr}$	756.725	0.5438	1.68E-02	0	8.6E-03			-	-
	$^{144}\text{Ce}$	133.515	0.1109	3.59E-02	0	7.0E-03	-	-	-	
气溶胶	$^{134}\text{Cs}$	604.7	0.9762	1.80E-02	0	4.6E-06	$\text{Bq/m}^3$	10000m <sup>3</sup>	-	-
	$^{137}\text{Cs}$	661.7	0.85	1.70E-02	3	5.0E-06			5.0E-06Bq/m <sup>3</sup>	1.0E-05Bq/m <sup>3</sup>
	$^{54}\text{Mn}$	834.8	0.9997	1.38E-02	0	5.0E-06			-	-
	$^{58}\text{Co}$	810.8	0.9945	1.41E-02	9	6.5E-06			-	-
	$^{60}\text{Co}$	1173.2	0.9987	1.04E-02	0	6.9E-06			-	-
	$^7\text{Be}$	477.6	0.1044	2.03E-02	6	5.0E-06			-	-
	$^{131}\text{I}$	364.5	0.811	3.80E-02	0	4.5E-04			-	-
	$^{95}\text{Zr}$	756.725	0.5438	3.50E-02	0	0.0E-06			-	-
	$^{144}\text{Ce}$	133.515	0.1109	7.44E-02	0	7.6E-06	-	-		



表 3.1-3 (3/4)  $\gamma$  谱仪分析测量参数

环境介质	核素	能量(keV)	分支比	探测效率	本底净计数	探测限	单位	样品量	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
空气	$^{131}\text{I}$	364.5	0.811	3.86E-02	0	2.0E-03	Bq/m <sup>3</sup>	300m <sup>3</sup>	-	2.0E-03Bq/m <sup>3</sup> (碘盒)
降水	$^{134}\text{Cs}$	604.7	0.9762	4.34E-02	0	3.0E-01	Bq/L	0.036kg 固体, 原始水 样 10L	-	-
	$^{137}\text{Cs}$	661.7	0.85	4.28E-02	0	3.0E-01			2.0E-03Bq/L	-
	$^{54}\text{Mn}$	834.8	0.9997	3.49E-02	0	3.0E-01			-	-
	$^{58}\text{Co}$	810.8	0.9945	3.58E-02	0	3.0E-01			-	-
	$^{60}\text{Co}$	1173.2	0.9987	2.67E-02	0	3.0E-01			-	-
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.76	0.9561	2.45E-02	0	3.0E-01				
	$^{124}\text{Sb}$	602.726	0.978	2.61E-02	0	3.0E-01				
	$^{106}\text{Ru}$	511.8605	0.204	2.93E-02	0	1.0E+00				
	$^{95}\text{Zr}$	756.725	0.5438	2.18E-02	0	5.0E-01				
	$^{65}\text{Zn}$	1115.539	0.5004	1.64E-02	0	5.0E-01				
$^{144}\text{Ce}$	133.515	0.1109	4.66E-02	0	1.0E+00					



表 3.1-3（4/4） $\gamma$  谱仪分析测量参数

环境介质	核素	能量(keV)	分支比	探测效率	本底净计数	探测限	单位	样品量	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
水	$^{134}\text{Cs}$	604.7	0.9762	1.82E-02	0	3.5E-03	Bq/L	0.34kg 固体， 原始水 样 50L	-	-
	$^{137}\text{Cs}$	661.7	0.85	1.80E-02	41	2.0E-03			2.0E-03Bq/L	3.0E-03Bq/L
	$^{54}\text{Mn}$	834.8	0.9997	1.48E-02	0	4.5E-03			-	-
	$^{58}\text{Co}$	810.8	0.9945	1.52E-02	0	6.0E-03			-	-
	$^{60}\text{Co}$	1173.2	0.9987	1.12E-02	0	4.5E-03			-	-
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.76	0.9561	2.45E-02	0	7.0E-03			-	-
	$^{124}\text{Sb}$	602.726	0.978	2.61E-02	0	8.0E-03			-	-
	$^{106}\text{Ru}$	511.8605	0.204	2.93E-02	0	7.0E-03			-	-
	$^{95}\text{Zr}$	756.725	0.5438	2.18E-02	0	6.0E-03			-	-
	$^{65}\text{Zn}$	1115.539	0.5004	1.64E-02	0	8.0E-03			-	-
$^{144}\text{Ce}$	133.515	0.1109	4.66E-02	0	9.0E-03	-	-			



表 3.1-4 放化分析测量参数

分析项目	环境介质	分析样品量	本底 (cpm)	测量时间 (min)	探测效率 (%)	化学回收率 (%)	探测下限	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
总 $\alpha$	气溶胶	10000m <sup>3</sup>	0.79	1200	3	100	15 $\mu$ Bq/m <sup>3</sup>		15 $\mu$ Bq/m <sup>3</sup>
	水	2L	0.028	1200	2	100	20mBq/L	2.0 E-02Bq/L	50mBq/L
	沉降物	90 天 0.25m <sup>2</sup>	0.79	1200	3	100	30mBq/(m <sup>2</sup> ·d)		30mBq/(m <sup>2</sup> ·d)
总 $\beta$	气溶胶	10000m <sup>3</sup>	0.79	1200	35	100	10 $\mu$ Bq/m <sup>3</sup>		10 $\mu$ Bq/m <sup>3</sup>
	水	2L	1.30	1200	27	100	30mBq/L	5.0 E-02Bq/L	30mBq/L
	沉降物	90 天 0.25m <sup>2</sup>	0.79	1200	28	100	15mBq/(m <sup>2</sup> ·d)		20mBq/(m <sup>2</sup> ·d)
<sup>90</sup> Sr	空气	10000 m <sup>3</sup>	0.79	600	44	80	2.0 $\mu$ Bq/m <sup>3</sup>		2.0 $\mu$ Bq/m <sup>3</sup>
	水	50L	0.79	600	44	80	0.16mBq/L	3.0 E-04Bq/L	1.0mBq/L
	生物灰	15g	0.79	600	44	80	0.80mBq/g 灰	8.0 E-04Bq/g	2mBq/g(灰)
	土壤及沉积物	50g	0.79	600	44	80	0.20Bq/kg	2.0 E-01Bq/kg	0.5Bq/kg
	沉降物	90 天 0.25m <sup>2</sup>	0.79	600	44	80	0.8mBq/ m <sup>2</sup> ·d	2.0 E-03Bq/(m <sup>2</sup> · D)	1.0mBq/(m <sup>2</sup> ·d)
<sup>3</sup> H	空气	250ml (空气 冷凝水取水量)	0.91	300	26	85	0.20Bq/L(水)	5.0 E-01Bq/L	25mBq/m <sup>3</sup>
	水	250ml	0.91	300	26	85	0.20Bq/L		2.0Bq/L
	生物中氚	500g	0.91	300	26	85	0.5Bq/kg· (鲜)		1.0Bq/kg·(鲜)
<sup>14</sup> C	空气	3m <sup>3</sup>	2.5	600	60	100	0.05Bq/g·碳	5.0 E-02Bq/ g	0.1Bq/g·(碳)
	水	50L	2.5	300	60	100	0.05Bq/g·碳		
	生物	500g	2.5	300	60	100	0.05Bq/g·碳		0.1Bq/g·(碳)
<sup>239+240</sup> Pu	土壤及沉积物	50g	0	1200	15	60	15mBq/kg	1.5 E-02Bq/kg	1.5 E-02mBq/g



表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

污染物名称	平均时间	二级浓度限值	单位
NO <sub>2</sub>	日平均	80	μg/m <sup>3</sup>
	小时平均	200	
NO <sub>x</sub>	日平均	100	
	小时平均	250	
SO <sub>2</sub>	日平均	150	
	小时平均	500	
CO	日平均	4	mg/m <sup>3</sup>
	小时平均	10	
PM <sub>2.5</sub>	日平均	75	μg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	日平均	150	
TSP	日平均	300	
O <sub>3</sub>	日最大 8 小时平均	160	
	小时平均	200	

表 3.2-2 声环境质量标准（GB3096-2008）

类别		昼间	夜间	单位
声环境功能区类别				
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

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。



## 第四章 核电厂

### 4.1 厂址总体规划及厂区总平面布置

#### 4.1.1 厂址总体规划

#### 4.1.2 厂区总平面布置

#### 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 应急堆芯冷却系统

#### 4.5.3 安全壳喷淋系统

#### 4.5.4 蒸汽发生器应急给水系统

### 4.6 放射性废物管理系统和源项

#### 4.6.1 放射性源项

#### 4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

#### 4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

#### 4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

#### 4.6.5 乏燃料贮存系统

### 4.7 非放射性废物处理系统

#### 4.7.1 化学污染物

#### 4.7.2 生活废物



4.7.3 其它废物

**4.8 放射性物质厂内运输**

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物运输



## 4.1 厂址总体规划及厂区总平面布置

### 4.1.1 厂址总体规划

辽宁徐大堡核电厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划、分期建设。1、2 号机组建设两台 CAP1000 压水堆核电机组；3、4 号机组建设两台俄罗斯 VVER-1200 压水堆核电机组；在 3、4 号机组西侧预留两台百万千瓦级核电机组用地。

徐大堡核电厂一期工程确定厂坪设计标高（安全重要构筑物场地设计标高）为 9.10m（1985 国家高程基准，下同），已通过核安全审查。徐大堡核电厂 3、4 号机组厂坪设计标高与一期工程相同，为 9.10m，高于设计基准洪水位。波浪的影响通过前期工程修筑的防波堤来解决，确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下不会对核岛的安全产生影响。

本工程冷却水均取用辽东湾的海水。采用明渠取水、暗涵排水的取排水方式。取水明渠位于厂区南侧，取水口位于厂区东南侧；排水口位于厂区西南侧。本工程施工期生产用水由兴城经济开发区 C 区水源工程提供，运行期生产用水采用海水淡化水；施工期及运行期生活用水由市政供水管网提供。污水排入已建生活污水处理站，生活污水处理站位于厂区西部。

电力出线采用 500kV 电压等级送出，6 台机组规划 6 回出线，接入辽西地区变电站。电力出线向西北方向送出，220kV 备用电源 6 台机组规划两回。

厂址一期工程已规划两条主要厂外道路（主要进厂道路、次要进厂道路）及一座 3000t 级大件码头，可满足本工程施工和运行期间对外交通运输的要求，大件码头建于厂址西南侧。

本工程厂区用地已在一期工程完成场地平整，本工程无场地平整工程量。

厂址周边已形成人工边坡，挖方边坡位于厂区的东侧、西侧和北侧，填方边坡位于厂区的西南侧。挖方边坡总长（坡脚线长度）2482.54m，边坡最大高差 16.48m。填方边坡总长 75.74m，最大高度 2.32m。

厂区边坡距核安全相关厂房最近点约 271.5m，高度约 16.48m，由于边坡高度较低，且与核安全相关厂房距离较远，按非核安全相关边坡设计，即可满足相关要求。

在厂区西侧、北侧边坡外设置有截水设施。将汇集的雨水引入厂区西侧自然边沟或沿其他设施区北侧、东侧征地边界线引入进厂道路北侧的边沟，最终排入辽东湾海域。

施工场地已在一期工程进行了规划，位于厂区的西侧，本工程利用现状施工场地。

### 4.1.2 厂区总平面布置

#### 4.1.2.1 布置原则



- 1) 按照两台俄罗斯 VVER-1200 压水堆核电机组及其配套辅助设施，进行 3、4 号机组厂区总平面布置，同时考虑扩建工程的需求。
- 2) 尽量考虑减少对已建设施的影响。
- 3) 厂区总平面布置与厂址总体规划协调一致。
- 4) 功能分区明确，合理划分放射区与非放射区。
- 5) 合理确定主厂房、循环冷却水设施和配电装置区位置，尽量保证循环水取排水管道和高压电气廊道的短捷、顺畅。
- 6) 建构筑物紧凑布置，节约用地。
- 7) 通道满足运输、防火、卫生、安全、实物保护、管线布置及施工安装要求。

#### 4.1.2.2 建设规模及项目组成

本工程规划建设 1200MWe 级俄罗斯 VVER-1200 压水堆核电机组及其相应的配套辅助设施。

#### 4.1.2.3 布置说明

厂区包含生产区及厂前建筑区。生产区包含主厂房区、循环冷却水设施区、配电装置区、辅助生产设施区等。

##### 1) 主厂房区

主厂房区包括核岛、常规岛、联合消防泵站（T1USG）、联合消防泵站储水罐（T1UGF/T2UGF）、机组柴油发电机厂房（31UBN/41UBN）和制冷站（31USJ/41USJ）等。

6 台机组并列式布置，自东向西（建筑坐标系方向，下同）依次为 1~6 号机组，核岛北向，常规岛南向。3、4 号机组位于一期工程西侧，3、4 号机组西侧预留 5、6 号机组用地。

反应堆厂房中心东西向距离：2 号与 3 号----250m，3 号与 4 号----230m，4 号与 5 号----370m。

机组柴油发电机厂房（31UBN/41UBN）和制冷站（31USJ/41USJ）布置在常规岛西侧，核岛南侧。

核岛区基底大部分地段为中等风化、微风化基岩为主，岩性以整体块状分布的花岗岩为主，局部见安山玢岩岩脉，与花岗岩高陡角接触，接触面胶结紧，地基承载力高，地基岩体完整性好，地基稳定、均匀。小部分地段基底有强风化、全风化或第四系，对强风化、全风化岩体及第四系进行挖除换填处理。

汽轮发电机厂房基底大部分地段为微风化、中等风化和强风化基岩，地基承载力满足



上部荷载的需要，地基稳定。小部分地段基底存在全风化、粉质黏土，全风化、粉质黏土地基承载力不满足上部荷载的需要，采用挖除换填进行处理。

## 2) 循环冷却水设施区

循环冷却水设施主要包括联合泵房（T1UQA）、虹吸井（T1UQF）、制氯站（T1UTL）等。联合泵房（T1UQA）按两台机组共用设置，布置在主厂房南部；制氯站（T1UTL）按 3~6 号机组共用设置，布置在联合泵房西侧。

联合泵房（T1UQA）与汽轮机厂房（31UMA/41UMA）以循环水进水隧洞（31UPN/32UPN/41UPN/42UPN）连接，从汽轮机厂房西侧进入。循环水排水通过循环水排水暗沟（31UQN/32UQN/41UQN/42UQN）接至虹吸井（T1UQF）。

联合泵房（T1UQA）与重要用户冷却水泵房（31UQB/41UQB）以重要厂用水进水隧洞（31UPP/32UPP/41UPP/42UPP）连接。重要厂用水排水通过重要厂用水排水暗沟（31UQP/32UQP/41UQP/42UQP）接至虹吸井（T1UQF）。

虹吸井（T1UQF）通过陆域排水暗渠（T1UQN/T2UQN）、排水暗涵（W1UQN/W2UQN）将冷却水排入厂址南侧海域。

## 3) 配电装置区

配电装置区包括 500kV 开关站（W1UAB）、220kV 开关站（W1UAD）和网控楼（W1UAC），布置在厂区的北侧。主变与开关站之间采用电缆廊道连接方式，500kV 开关站采用屋内式布置方案。

## 4) 辅助生产设施区

辅助生产区分为放射性辅助生产区和非放射性辅助生产区。

放射性厂房包括：

厂址废物处理设施（T4UKT）、特种汽车库（T1UZD）、去污和热检修车间（T1UST）、放射源库（T1USU）组成了放射性处理设施区，位于 4 号机组西侧，一方面靠近主厂区，方便放射性废物运输，另一方面远离厂前建筑区和其他设施区，尽量避免放射性废物运输与人员交通的相互影响。放射性废油暂存库（T1UKT）布置在去污和热检修车间南侧，厂区实验室（T3USV）布置在 3 号机组常规岛东南侧、除盐水泵房北侧，靠近主要干道并尽量靠近保护区出入口，方便工作人员进出。常规岛废液（LDL）排放厂房（T3UKT）布置在联合泵房（T1UQA）北侧，靠近排水连接井，方便达标废液排放。

非放射性辅助厂房包括：

水生产设施区：海水预处理厂房（T1UXA，1~6 号机组共用）和海水淡化设施（T2UXA、



T3UXA, 1~4 号机组共用) 布置在联合泵房东侧, 上述 3 个子项在 1、2 号机组施工准备期间已完成土建施工。

除盐水厂房 (T1UGC) 为 1~4 号机组共用, 布置在海水淡化厂房综合楼 (T3UXA) 东侧。

水处理设施区: 生活污水处理站 (W1UGQ) 布置在 6 号机组西侧, 已随一期工程建设完成。非放射性含油废水处理站 (T1UGM) 布置在虹吸井西侧, 方便处理达标废水排放。

氢气贮存及分配站 (T1UTK) 布置在厂区西南角、厂区边缘, 远离人群, 最大限度的考虑安全要求, 距离周边厂房的距离大于 25m, 满足《氢气站设计规范》(GB50177-2005) 的要求。空压机房和氮气站 (T1USC)、辅助锅炉房 (T1UTH) 布置在常规岛废液排放厂房北侧, 靠近规划的综合技术管廊干线, 方便工艺管线连接。保卫控制中心 (T1UZU) 布置在 3 号核岛东北角、保护区出入口北侧, 方便人员进出。

机修仓库区: 包括恒温恒湿库 (W1USU)、恒湿库 (W2USU)、中小型备件库 (W3USU)、大型备件库 (W4USU)、油脂库 (W5USU)、危险废物贮存库 (W6USU)、化学品库 (W1USD)、综合检修厂房 (W1UST)。本区布置于配电装置区东侧。

#### 5) 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, 包围区域为核岛及其附属设施。

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

#### 6) 竖向设计

厂区竖向布置采用平坡式, 厂坪设计标高确定为 9.10m, 核岛厂房和常规岛厂房室内 ±0.00 设计标高为 9.25m, 其它辅助生产设施室内 ±0.00 根据子项室内外高差和所处场地设计标高确定。

场地排水采用有组织的管道或明沟排水系统。

#### 7) 交通运输

##### (1) 厂区道路布置



厂内道路分为干路、支路、人行道、车间引道，干路宽度 9m、7m，支路宽度 4m，人行道用于各建筑物之间及各建筑物与道路的连接，宽度不小于 1.5m。车间引道根据建筑物出入口尺寸确定；干路转弯内半径不小于 9m，支路转弯内半径不小于 6m。

沿主厂房四周设置重型路，宽度有 9m 和 7m 两种，除路面加宽段外，转弯内半径不小于 25m。其余道路均为轻型路，在不具备设置道路的区域设置硬化场地。

沿控制区、保护区围栏内侧，要害区围栏外侧设置巡逻道路。

上述各类道路，除满足生产运输及实物保护要求外，还兼具消防功能。

重件道路在 1、2 号机组北侧段保持不变，3-6 号机组段较已建重件道路向北平移约 122m 进行改建。

## （2）厂区出入口布置

厂区共设置四个出入口，两个控制区出入口（W1UYF、W2UYF）、一个保护区出入口（T1UYF）以及一个货运出入口。控制区出入口（W1UYF）位于生产办公楼（W1UYA）东南角，控制区出入口（W2UYF）位于保卫控制中心（T1UZU）东侧；保护区出入口（T1UYF）布置在保卫控制中心南侧、控制区出入口西侧；在本工程主厂区西北侧实物保护围栏上设有一处货运出入口，连接主厂区及厂内干道。

出入口均与厂内主干道相连，用于新、乏燃料及放射性固体废物、备品备件运输，日常交通及厂区应急等特殊情况。

## 8）铺砌及绿化

由于核电厂对辐射防护、卫生、防火、安全保卫等方面的特殊要求，厂区分成绿化区和非绿化区。

——非绿化区。厂区保护区内不进行绿化，采用硬化地面或铺设 10cm 厚碎石。

——绿化区。厂前建筑区及保护区外生产区进行绿化，栽种行道树、花木、加铺草坪等，以改善环境，为核电厂职工提供良好的生产生活空间。

绿化区域的地表均需填筑不低于 30cm 厚的耕植土壤，以利于树木花卉的生长。

## 9）厂区主要管廊布置

厂区主要管沟包含：

重要厂用水进水隧洞（31UPP/32UPP/41UPP/42UPP），连接重要用户冷却水泵房（31UQB/41UQB）与联合泵房（T1UQA）。

重要厂用水排水暗沟（31UQP/32UQP/41UQP/42UQP），连接重要用户冷却水泵房（31UQB/41UQB）与虹吸井（T1UQF）。



循环水进水隧洞（31UPN/32UPN/41UPN/42UPN），连接联合泵房（T1UQA）与汽轮机厂房（31UMA/41UMA）。

循环水排水暗沟（31UQN/32UQN/41UQN/42UQN），连接汽轮机厂房（31UMA/41UMA）与虹吸井（T1UQF）。

综合技术廊道，连接生产区内大部分建构筑物。

500kV 电缆廊道，连接变压器区与配电装置区。

220kV 电缆廊道，连接变压器区与配电装置区。

控制电缆沟，连接变压器区与配电装置区。

废液排放管沟，由核岛、厂址废物处理设施（T4UKT）、常规岛废液（LDL）排放厂房（T3UKT）、放射性废油暂存库（T1UKT）、厂区实验室（T3USV）、去污和热检修车间（T1UST）连接至陆域排水暗渠（T1UQN/T2UQN）上面的排水连接井。

#### 4.1.2.4 环境保护相关设施的平面布置

环境保护相关设施除核岛外，主要包含放射性辅助生产设施、生活污水和生产废水处理设施等。

放射性厂房包括厂址废物处理设施（T4UKT）、特种汽车库（T1UZD）、去污和热检修车间（T1UST）、放射源库（T1USU）组成了放射性处理设施区，位于 4 号机组西侧，一方面靠近主厂区，方便放射性废物运输，另一方面远离厂前建筑区和其他设施区，尽量避免放射性废物运输与人员交通的相互影响。放射性废油暂存库（T1UKT）布置在去污和热检修车间南侧，厂区实验室（T3USV）布置在 3 号机组常规岛东南侧、除盐水泵房北侧，靠近主要干道并尽量靠近保护区出入口，方便工作人员进出。常规岛废液（LDL）排放厂房（T3UKT）布置在联合泵房（T1UQA）北侧，靠近排水连接井，方便达标废液排放。

水处理设施区：虹吸井（T1UQF）布置在联合泵房（T1UQA）东北侧，靠近汽机厂房，便于管线连接。生活污水处理站（W1UGQ）布置在 6 号机组西侧。非放射性含油废水处理站（T1UGM）布置在虹吸井（T1UQF）西侧。

应急指挥中心（W1UCE）布置在武警营房（W1UZU）北面、进厂道路北侧，满足可居留性要求并靠近进厂道路设置，交通便利；环境实验室设置在兴城滨海经济区。

电厂在厂内外设置多座环境监测子站。

#### 4.1.2.5 环境保护措施

在本工程建设中，充分考虑环境保护，使其对原有地貌的改变不仅能够补偿，而且得到改善，以创造优美的小区域环境。具体实施措施主要有以下几方面：



——在满足技术可行、安全可靠、经济合理、环境相容的前提下，尽量选择荒山及贫瘠土地，避免占用良田。

——在厂址总体规划及厂区总平面布置中，尽量紧凑布局，节约用地。

——厂坪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，同时充分考虑厂址现状，尽量减少土石方开挖、回填范围和工程量，以减少对现状地貌的再次改变。

——鉴于核电厂保护区内属非绿化区，因此在厂区总平面布置尤其对保护区内各设施的布置上，力求合理、紧凑，使非绿化区面积尽量小。

——所有边坡均进行绿化或防护。

——尽量为工程施工提供便利，使施工活动对环境的影响降低至最小。

——施工场地采用临时租地，施工结束后将还绿，并归还地方。

——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

#### 4.1.3.1 排放口位置

本工程流出物主要包括液态流出物和气态流出物。

##### 1) 低放废液排放点

低放废液经处理达标后，通过废液排放管沟排入陆域排水暗渠上的排水连接井，与冷却水混合后通过排水暗涵排至 3、4 号机组排水口（液态流出物排放点）。液态流出物释放点在核电厂宗海界限内。

##### 2) 气态流出物排放点

反应堆厂房排风烟囱为气态流出物排放点，产生的气态流出物经过处理达标后排入大气。

##### 3) 非放射性物质排放口

循环冷却水、重要厂用水、雨水通过地下管沟排至虹吸井，经陆域排水暗渠排至排水暗涵，最后通过排水暗涵排至 3、4 号机组排水口（液态流出物排放点），进入厂址西南部海域（受纳水体）。

处理达标的生产废水通过排水连通井经陆域排水暗渠排至排水暗涵，最后通过排水暗涵排至 3、4 号机组排水口（液态流出物排放点），进入厂址西南部海域（受纳水体）。

处理达标的生活污水运至徐大堡镇污水处理厂处理，部分中水回用。



### 4.1.3.2 排放口位置合理性

液态流出物经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，经陆域排水暗渠、排水暗涵，排放至 3、4 号机组排水口。根据厂址前沿的水深条件以及海域的流场规律，排水口布置在厂址西南侧有利于核素和液态流出物扩散。

气态流出物排放点远离厂前建筑区及生活配套设施，有效避免气态流出物扩散对生产生活的影晌。

## 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

### 4.2.1 概述

本工程拟建设两台 1200MWe 级俄罗斯 VVER-1200 型核电机组，其中核岛以列宁格勒核电站二期工程（以下称为 LNPP-2）为参考电站，主 I&C、通讯系统和消防 I&C 除外。常规岛设计相关的标准和要求参考田湾核电站 3、4 号机组。

每台机组的核蒸汽供应系统主要由反应堆冷却剂系统和相关的核辅助系统组成，蒸汽电力转换系统由汽轮发电机组及其辅助系统和二回路热力系统组成。

本工程是两台电功率 1200MW 压水堆核电机组。其反应堆装置是额定热功率为 3200MW 的 VVER-1200 型反应堆。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。本工程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的核电站在役检查、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投入专设安全设施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、应急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，还有可以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

核岛包括反应堆厂房、蒸汽间、安全厂房、控制厂房、重要厂用水厂房、核辅助厂房、应急柴油发电机厂房、核服务厂房、新燃料贮存厂房和固体放射性废物贮存厂房及其厂房内的系统设备。

### 4.2.2.1 堆芯部件

本工程反应堆的组成部分有：反应堆压力容器、上部组件、堆内构件（保护管组件，堆芯吊篮，围筒）、堆芯部件（燃料组件，控制棒组件）和堆内监测仪表。控制棒驱动机构装在属于上部组件的反应堆顶盖上。

### 4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

#### 1) 系统功能

##### a) 传热

在核电厂正常运行期间，一回路系统通过沿反应堆——蒸汽发生器——反应堆冷却剂泵——反应堆流动的一回路冷却剂将反应堆堆芯所产生的热量传递给蒸汽发生器二次侧的给水，并使蒸汽发生器二次侧的给水转化为驱动汽轮发电机的饱和蒸汽。本系统的传热功能还包括在反应堆冷却的初期和启动的后期将反应堆的热量传递给二回路系统。

##### b) 反应性控制

用作反应堆冷却剂的除盐除氧水既用来作为传热的介质，又充当中子慢化剂和反射层以及中子毒物硼酸的溶剂，从而提供一种独立的反应性控制手段作为控制棒的补充。



### c) 压力控制

在核电厂正常运行工况下，为了避免在反应堆内出现泡核沸腾，需要将反应堆冷却剂的压力保持在高于反应堆出口温度所对应的饱和压力。反应堆冷却剂的压力由通过波动管线连接到一条冷却剂环路的稳压器来维持。

### d) 第三道屏障

一回路系统及其设备作为反应堆冷却剂的压力边界构成防止溶解（或悬浮）在冷却剂中的放射性裂变产物释放的第三道屏障。

## 2) 系统概述

一回路系统主要由 4 条冷却剂循环环路、一套稳压和卸压系统（JEF/JEG）及有关的连接管道和阀门组成。

每条冷却剂循环环路包括一台 ПГВ-1000МКП 型卧式蒸汽发生器（JEA）、一台 ПЦНА-1391 型反应堆冷却剂泵（JEB）、将蒸汽发生器和反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器连接起来的 DN850 反应堆冷却剂管道（JEC）及有关的连接管道和阀门。

冷却剂在反应堆堆芯将燃料裂变所产生的热量带出堆芯，从反应堆压力容器的出口进入反应堆冷却剂管道的热段，然后从卧式蒸汽发生器的热集流管进入蒸汽发生器传热管将热量传递给二回路的给水，使二回路的给水产生饱和的用于驱动汽轮发电机的蒸汽，被冷却后的一回路冷却剂进入蒸汽发生器的冷集流管并离开蒸汽发生器进入冷却剂管道的过渡段，随后从反应堆冷却剂泵的下部进入反应堆冷却剂泵，在反应堆冷却剂泵内升压后的冷却剂经泵出口进入冷却剂管道的冷段，沿冷段从反应堆压力容器的入口进入反应堆堆芯完成一次循环。

蒸汽发生器的传热管既作为一回路冷却剂与二回路冷却剂传热的表面，也与冷、热集流管一起构成防止放射性裂变产物从一回路进入二回路的屏障。

稳压和卸压系统由一台稳压器、3 组稳压器安全阀、一台卸压箱及有关的连接管道和阀门组成。

稳压器通过一条波动管线使稳压器的下部与 4 号环路的热段相连接，通过一条喷淋管线使稳压器的上部与 3 号环路的冷段相连接。

## 3) 主要设备

### a) 主管道

反应堆冷却剂管道用于将反应堆压力容器、蒸汽发生器、反应堆冷却剂泵等连接起来，以便反应堆冷却剂在一回路系统中进行循环，完成其冷却堆芯并将热量传递给蒸汽发生器



二次侧给水的任务。

反应堆冷却剂管道属于安全 2H 级、抗震 I 类设备。

#### b) 蒸汽发生器

蒸汽发生器是一回路系统中的主要设备之一，作为传热设备用于将一回路冷却剂中的热量传递给二回路的给水，使其产生用于驱动汽轮发电机的干饱和蒸汽；作为一回路压力边界的一部分用于承受一回路冷却剂的压力，并与一回路其它压力边界一起构成防止堆芯放射性裂变产物向二回路或安全壳内释放的屏障。

蒸汽发生器属于安全 1H 级的正常运行设备，抗震类别为 I 类。

在设计污垢系数和堵管率小于 10%的条件下，能在电厂额定功率运行期间可靠地提供所要求的蒸汽流量，并满足湿度不大于 0.20%的所要求的蒸汽品质要求。

在所有的设计工况下，能够可靠地将一回路冷却剂冷却到所要求的温度。

#### c) 主泵

反应堆冷却剂泵组用于使一回路冷却剂沿反应堆——蒸汽发生器——反应堆冷却剂泵——反应堆进行强迫循环。

在与断电相关的事故工况下冷却剂泵组的惰转能保证冷却剂的循环，以确保堆芯的安全冷却，并为建立冷却剂的自然循环创造条件。

按照安全类别的分级，反应堆冷却剂泵组属于正常运行的装置。承受内压及接头的固定螺栓等部件属于 1H 级，电动机和预埋件属于 3H 级。反应堆冷却剂泵组属于抗震 I 类设备。

#### d) 稳压器及卸压系统

稳压器及卸压系统由一台稳压器、3 组稳压器安全阀、一台卸压箱及有关的连接管道和阀门组成。各设备安全分级如下：

——稳压器：1H；

——固定件、管式电加热装置：2H；

——波动管线、喷淋管线、稳压器和稳压器安全阀之间的蒸汽排放管道：2H；

——稳压器安全阀：23；

——喷淋管线上的阀门：2H；

——卸压箱：3H；

——从稳压器安全阀到卸压箱的蒸汽排放管线：3H。

稳压器及卸压系统所有设备和管道的抗震类别为 I 类。



### 4.2.2.3 主要辅助系统

VVER-1200 型机组方案核辅助系统主要包括容积和硼酸控制系统、一回路冷却剂净化系统、一回路冷却剂贮存系统、燃料水池冷却系统、燃料水池和硼水贮存箱水净化系统、蒸发器排污系统、蒸发器排污水净化系统、维持一回路冷却剂化学性质的化学药剂的配置和供应系统。

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出余热；
- 反应堆换料期间燃料组件的装卸。

各系统简要描述如下：

#### 1) 容积和硼酸控制系统（KBA）

主要功能为：维持冷却剂的物质平衡和水质；控制反应堆的反应性；调节水化学工况；净化冷却剂；供给主泵密封水；为了调节一回路的压力及冷却稳压器，向稳压器喷水；用于一回路系统的密封性和强度试验；保证停堆时冷却剂的除气；校正应急堆芯冷却系统非能动部分的蓄压箱中的水位和水质。

系统中设有：两台大流量上充泵；三台小流量活塞式上充泵；一台水压试验泵；下泄再生热交换器；下泄后冷却器；冷却剂排水冷却器；补给水除气器；冷却剂备用下泄热交换器；一回路冷却剂下泄再生热交换器等。

#### 2) 一回路冷却剂净化系统（KBE）

系统主要功能为净化以阴离子和阳离子形式存在的溶解产物，去除处于悬浮状态的放射性腐蚀产物，从而保证一回路的水化学工况标准。主要设备包括阳离子交换器、阴离子交换器、混合床离子交换器、滤料捕集器和相应的管道、阀门和仪表等。

#### 3) 一回路冷却剂贮存系统（KBB）

系统的主要功能是在正常运行工况（包括电站的启动和停堆工况）和预期运行事件工况下接收和贮存一回路系统的冷却剂；进行一回路冷却剂首次充注；接收和贮存来自含硼疏水收集系统的疏水；并在燃料循环寿期末从冷却剂中除去硼酸。

主要设备包括冷却剂贮槽、冷却剂输送泵、离子交换器、树脂捕集器、阀门、管道及仪表等。

#### 4) 燃料水池冷却系统（FAK）、燃料水池和硼水贮存箱水净化系统（FAL）

燃料水池冷却系统用于完成下列功能：



——排出存放在燃料水池内的乏燃料组件的余热；

——在正常运行和电站断电时，在反应堆竖井、燃料水池及换料检查井的燃料组件和乏燃料上面形成辐射防护层。

燃料水池和硼水贮存箱水净化系统用于完成以下功能：

——净化燃料水池冷却系统，除去所含的杂质，以降低它的放射性并确保透明度；

——净化硼水贮存系统，除去所含的杂质。

主要设备包括燃料水池冷却泵、燃料水池排水泵、热交换器、过滤器、离子交换器、硼水冷却器等。

#### 5) 蒸发器排污系统（LCQ-1）、蒸发器排污水净化系统（LCQ-2）

主要功能是从蒸发器中排污、净化和疏水。主要设备包括排污水返回泵、排污冷却器和排污后冷却器、阴离子交换器、阳离子交换器、过滤器和树脂捕集器等。

#### 6) 维持一回路冷却剂化学性质的化学药剂的配置和供应系统（KBD-1）

系统功能为：接受、配置和暂存指定运行浓度的化学药剂；向一回路提供化学药剂以确保一回路冷却剂化学性质的标准指标。

主要设备有计量泵、间歇性氨溶液贮罐、间歇性联氨溶液贮罐、带有搅拌器的配制槽等。

### 4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及其厂房内的系统设备。

#### 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岛蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换成电能。

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

**主蒸汽系统：**四根主蒸汽管道将四台蒸汽发生器产生的蒸汽，经过主蒸汽快速隔离阀，汽轮机主汽门和调节汽门送入汽轮机高压缸。在汽轮机厂房设有主蒸汽联络母管，以均衡各主蒸汽管道的压力。主蒸汽母管上还接有至汽水分离再热器的二级再热蒸汽管道、至汽轮机轴封蒸汽管道、至辅助蒸汽系统以及汽轮机旁路系统等系统的管道。

**汽水分离再热系统：**汽水分离再热器接收来自汽轮机高压缸的排汽，利用分离器去除其湿汽并经汽轮机高压缸抽汽和主蒸汽加热至过热状态，以避免汽轮机叶片腐蚀，提高电厂效率。汽水分离再热器（MSR）预留有核能供暖加热蒸汽接口，经 MSR 加热后的再热



蒸汽可从该接口引出，汇聚成一根母管后引入供热首站，最终进入热网加热器加热热网回水。

**凝结水系统：**凝结水系统是介于汽轮机本体和除氧器之间的系统，可将汽轮机乏汽经凝汽器凝结后的凝结水从凝汽器热井抽出，由凝结水泵升压，经过轴封蒸汽冷却器、疏水冷却器、凝结水精处理系统和低压加热器后，送至除氧器。除上述主要功能外，凝结水系统还具有接收低加疏水箱来的疏水，以及向低压缸喷淋系统、凝汽器水幕保护系统、疏水扩容器减温水系统和汽轮机旁路系统提供减温水等功能。

**主给水系统：**主给水系统是介于除氧器和蒸汽发生器给水入口之间的系统，可对给水进行加热、除氧和升压。

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

**汽轮机旁路系统：**在机组启动、停机和汽轮机甩负荷时，通过旁排阀（BRU-K），将蒸汽发生器产生的主蒸汽释放到汽轮机凝汽器中。当反应堆功率与汽轮机功率不一致时，该系统通过减压装置把多余的蒸汽排入凝汽器，以防止蒸汽发生器内部压力增加过大而导致大气释放阀（BRU-A）或安全阀动作。

**辅助给水系统：**在机组启动、停堆、计划冷却等机组过渡工况时向蒸汽发生器供水；当所有主给水泵都无法工作时，为蒸汽发生器供水，使反应堆可以在 7% 的额定功率下持续运行。

#### 4.2.3.2 汽轮发电机组

本工程组汽轮发电机组额定功率为 1274MW。汽轮机为单轴、四缸六排汽再热凝汽式汽轮机。汽轮机包括一个高压缸，三个低压缸及其附件，包括阀门、盘车装置、带顶轴油系统的润滑油系统、仪表和控制系统等。汽轮机采用半速汽轮机，额定转速 1500 转/分钟。

发电机为无刷励磁汽轮发电机，水氢氢冷却方式。

#### 4.2.3.3 凝汽器

汽轮机每个低压缸下部都设有一台凝汽器，从低压缸排出的乏汽进入凝汽器后，在冷却水的作用下转变为凝结水，从凝汽器底部的 6 根凝结水管道汇总成一根母管，再分别进入三台容量各为 50% 的凝结水泵。

凝汽器为表面式热交换器，即汽轮机的排汽与冷却水（海水）通过传热管表面进行间



接换热，冷却水管为钛管。每个凝汽器主要由接颈、壳体、水室、排汽接管和热井等组成。

凝汽器接颈内布置有汽轮机低压缸抽汽管道及汽轮机旁路蒸汽接收装置，最大能接收约 63.67% 额定流量的主蒸汽。为防止因汽机旁路蒸汽而使凝汽器温度升高和汽轮机低压缸超温，在凝汽器接颈内设有水幕喷淋保护装置和低压缸喷淋保护装置，由喷水形成水幕以保护凝汽器管束和低压缸。

每台凝汽器喉部接颈位置布置有一台合体低压加热器，每台机组共设置 3 台。

热井布置在管束下方，设计有足够的空间，使流经管束下部的部分蒸汽进入该空间，回流加热管束底部的凝结水，从而减轻传热过程中产生的过冷现象。热井内还附设了凝结水除氧装置，对凝结水进行真空除氧，避免机组在低负荷或空气大量泄漏情况下凝结水的含氧量大于 20ppb。

为确保凝汽器冷却管表面清洁，保证传热效果，每台凝汽器配备两套胶球清洗装置（每侧一套），用以对冷却管内表面进行定期清洗。在汽轮机适当减负荷至一定程度情况下可对凝汽器任意一半进行清洗或检修。

### 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

本工程海水取自渤海，其主要功能是向主循环水系统、重要厂用水系统提供冷却水；向制氯站提供生产原水；向滤网提供冲洗水；向海水淡化厂提供生产原水。主循环水系统和重要厂用水系统采用海水直流冷却方式。

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

##### 4.3.1.2 淡水用水

核电厂的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搅拌、混凝土养护、抑尘浇洒、砌筑工程用水等。

本工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 1400m<sup>3</sup>/d，施工人员生活用水最大日用



水量为 768m<sup>3</sup>/d，施工现场抑尘、道路浇洒用水量为 400m<sup>3</sup>/d，洗车用水量为 7m<sup>3</sup>/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 2398m<sup>3</sup>/d。

## 2) 运行期间用水量

运行期淡水用水包括生活用水、生产用水、消防用水和绿化、道路浇洒、洗车用水等。

生活水系统供给生活用水、采用生活水水质的生产用水、消防补水、洗车用水、道路浇洒用水（再生水不足部分）等。

采用生活水水质的生产用水主要包括循环水泵房用水、核岛用水、常规岛用水及工作人员生活用水等。生产用水主要供给除盐水处理系统原水。

道路浇洒用水采用再生水，洗车用水采用淡水。再生水水量不足时，由饮用水系统补足。

考虑管网漏损水量与未预见水量以及淡水厂自用水量，本工程运行期正常运行日用水量为 5103m<sup>3</sup>/d，最大日用水量为 9166m<sup>3</sup>/d。

本工程正常运行设计耗水指标为 0.026m<sup>3</sup>/s·GW。本工程工业用水的重复利用率约为 99.8%。

## (2) 供水水源

本工程运行期生产用水由兴城经济开发区 C 区水源工程提供，运行期生产用水采用海水淡化水；施工期及运行期生活用水由城市供水管网提供。道路浇洒用水采用再生水，洗车用水采用淡水。海水淡化厂房的原水取自渤海。本工程最大日用水量约为 9166m<sup>3</sup>/d。

海水淡化厂房的设计规模为 11520m<sup>3</sup>/d，可以满足本工程淡水用水要求。

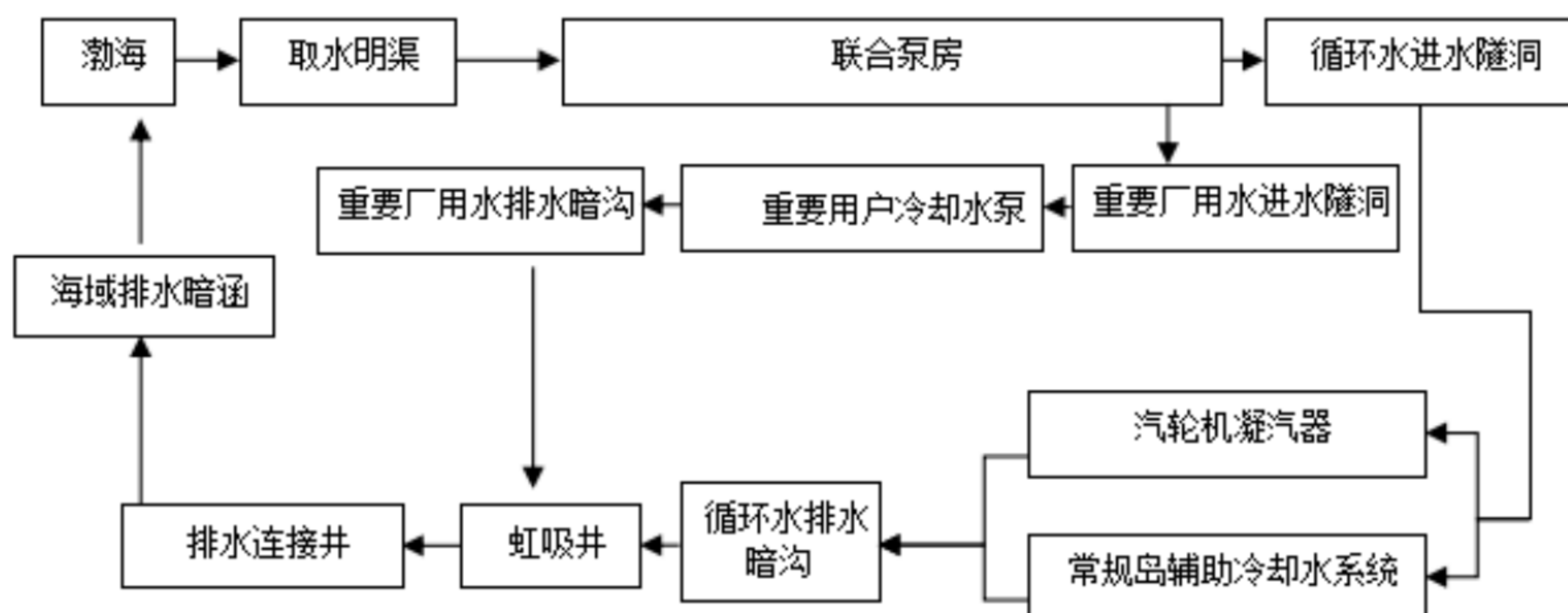
运行期绿化、道路浇洒日用水量约为 200m<sup>3</sup>/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 137m<sup>3</sup>/d，再生水产生量约为 118m<sup>3</sup>/d，再生水不足水量由饮用水系统补足。洗车用水采用淡水。

### 4.3.2 核电厂散热系统

本工程海水取排水系统的功能主要是为常规岛和核岛提供冷却水，并将常规岛循环冷却水、核岛重要厂用水排水以及符合排放标准的液态放射性流出物混合后经排水暗涵排入海域。徐大堡 3、4 号机组循环冷却水和重要厂用水均采用海水直流供水系统，海水取自辽东湾。

本工程取排水的主要流程为：





### （1）取水导流堤与取水明渠

厂址规划容量六台核电机组共用一条取水明渠，取水口门位于厂区东部，水深约-6.0m（1985 国家高程基准，下同）的区域，取水渠底开挖至-6.5m。取水明渠口门朝向为 NE 向，可有效避开工程海域的主浪向。口门底宽 180m，渠道内底宽 60m~160m，以确保明渠内流速均匀。

取水明渠两侧设置防波堤，防波堤主要作用是减少外海波浪在取水明渠中引起水面的波动，保护泵房取水不受波浪影响，同时为保护核岛厂区免受波浪的袭击。取水明渠南北两条导流堤总长约 1100m，取水明渠内护岸长度约 1500m。

### （2）联合泵房

本工程两台机组共设置一座联合泵房，联合泵房包括：循环水泵房部分和重要厂用水取水构筑物部分。

本工程每台机组均设置一座重要用户冷却水泵房。

### （3）排水构筑物与排水口

本工程循环冷却水和重要厂用水采用暗涵排水。冷却水自连接井出来后经过排水暗涵排至厂区东南侧水深约-6.0m 的海域。3、4 号机组排水暗涵长度为 670m，拟采用沉管方案。3、4 号机组排水沉管采用一机一洞、双孔共壁的结构形式，单孔尺寸为 5.3m×5.3m。排水口头部采用预制沉管方案，结构同排水沉管。在沉管顶部设 4 个竖井，每个竖井尺寸为 5.3m×5.3m，每个竖井设置 3 个出水窗口。

## 4.4 输电系统

### 4.4.1 电气主接线

本工程汽轮发电机的额定功率为 1274.385MW、额定功率因数为 0.9、发电机额定电压为 27kV，两台机组分别与三个单相升压变压器（主变）相连，以发电机—变压器组单元接



线方式升压至 500kV 接入系统。

发电机与主变压器通过离相封闭母线相连，母线上设有发电机出口断路器，发电机出口断路器的额定短时耐受电流为 210kA。

500kV 配电装置选用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘的全封闭组合电器（GIS），采用一个半断路器接线。

根据现阶段接入系统资料，徐大堡核电厂终期规模为 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，规划通过 6 回 500kV 线路送出。本期建设 3、4 号机组，及 4 回 500kV 线路（徐大堡核电厂至宽邦变 2 回 500kV 线路，徐大堡核电厂至沙河营变 2 回 500kV 线路）。

500kV 配电装置终期装设 2 组 150MVar 母线高抗，本期先装设 1 组，通过两组断路器间隔分别连接两条不同的 500kV 母线，满足任一母线、断路器发生单一元件故障或检修时，母线高抗仍可并网运行的要求。

500kV 开关站（W1UAB）采用 3/2 断路器接线，本期 3、4 号机组分别与沙河营 500kV 1、2 号出线组成两个完整串。1、2 号机组建成后将组成一个完整串。系统规划中要求预留的 2 回 500kV 线路将分别与本期建设的一组母线电抗器及终期建设的第二组母线电抗器组成 2 个完整串。规划建设的 5、6 号机组分别与宽邦 500kV 1、2 号出线组成 2 个完整串，本期仅建设与线路相关断路器间隔，待 5、6 号机组建设时再补充第 3 组断路器间隔。最终建设成 7 个完整串。

徐大堡核电厂一期工程已建有 220kV 开关站和相应的控制和保护设备，220kV 配电装置选用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘封闭电器（GIS），采用户内布置型式。220kV 开关站采用双母线接线型式，已安装 1 个 220kV 进线间隔、2 个施工变压器出线间隔、1 个母联间隔和 1 个双母线 PT 间隔；同时，预留 1、2 号机组的 2 个备用电源变压器间隔（设备未安装）。

本期将在之前已建成部分的基础上进行扩建，建设 3、4 号机组 2 个辅助变出线间隔（220kV 电缆连接），以及 1 期预留间隔的母线。

在现有的边界条件下，本工程每台机组设两台电压等级为 230/10.5-10.5kV、容量为 80/40-40MVA（暂定）的分裂绕组高压备用变压器，为 3、4 号机组的安全停运提供厂用备用电源。备用电源（由两台变压器组成一套）的总容量与高厂变容量一致，能够保障机组正常停机。每台机组的 2 台高压备用变压器作为一个组合，高压侧连接后共用 1 个 220kV 配电装置间隔，通过 1 回 220kV 高压电缆接入 220kV GIS 高备变出线间隔。

两台机组的两套备用电源段之间设计有分段连接电缆和联络开关，可以在一套备用电源的一台或两台变压器维修或者故障停运时使用任何一套备用电源。正常运行工况下高备变处于热备用状态，此时两套备用电源之间的联络开关是断开的。两台机组备用电源之间



的联络开关采用手动操作。

#### 4.4.2 开关站的选型和布置

本工程地处海边，所有电气设备都必须考虑盐雾腐蚀的影响，为提高电气设备供电的可靠性、安全性，500kV 与 220kV 开关站都是室内型，500kV 和 220kV 配电装置采用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘组合电器（GIS）。

500kV 和 220kV 开关站位置在厂区的北部，出线向北。主变压器及其厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。

#### 4.4.3 与电力系统的连接

本工程可优化东北地区能源及电源结构，有利于缓解一次能源运输的压力，提高能源供应的安全性，对减少碳排放、保护环境发挥着重要作用，同时还可充分利用稀缺的厂址资源和现有的技术力量，具有投资省、见效快的优点。本期 3、4 号机组以 500kV 电压等级接入系统，新建徐大堡核电厂～宽邦变 2 回 500kV 线路，线路长度约 2×35km，导线截面选择 4×630mm<sup>2</sup>；新建徐大堡核电厂～沙河营变 2 回 500kV 线路，线路长度约 2×60km，导线截面选择 4×630mm<sup>2</sup>。

### 4.5 专设安全设施

#### 4.5.1 概述

专设安全设施主要由应急堆芯冷却系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器应急给水系统等系统组成。其中应急堆芯冷却系统包括高压安全注入系统、低压安全注入系统、应急堆芯冷却系统非能动部分。

下面详细介绍关于专设安全设施中各系统的系统设计和性能描述。

#### 4.5.2 应急堆芯冷却系统

##### 4.5.2.1 高压安注系统（JND）

高压安注系统（JND）在冷却剂丧失事故期间，当反应堆冷却剂系统压力低于高压安注（JND）的工作压力时，高压安注系统保证快速向一回路注入硼酸溶液，以冷却堆芯，其注入量随一回路的背压降低而增加。

高压安注系统由 4 个相同且相互之间完全独立的系列组成，每个系列的容量为 100%，每个系列具有自己独立的工艺部分、控制系统和支持系统，能独立完成系统功能。每个系列设备实行实体隔离。

每个系列设有一台高压安注泵、阀门及相应的连接管道，以及相应的试验管线和再循环管线。



高压安注系统每两个系列通过低压安全注入系统（JNG-1）的管道与含硼水贮存系统（JNK）中的地坑水箱连接，地坑水箱贮存低浓度含硼水，其容积能满足高压安全注入系统（JND）、低压安全注入系统（JNG1）、安全壳喷淋系统（JMN）的泵同时运行的需求。

在高压安注泵的出口管线上的安全壳贯穿处，靠安全壳外侧设有电动隔离阀，靠安全壳内侧设有止回阀。

当发生一回路冷却剂丧失事故且高压安注泵接到信号后，四台高压安注泵分别从两个地坑水箱取水。当一回路中压力达到应急堆芯冷却系统非能动部分（JNG-2）或低压安全注入系统（JNG-1）的运行参数时，操作员可手动停止高压安全注入系统的运行，应急堆芯冷却系统非能动部分（JNG-2）或低压安全注入系统（JNG-1）投入运行。在事故工况下，在要求运行的整个周期时间内系统应连续运行冷却反应堆。

#### 4.5.2.2 低压安注系统（JNG-1）

低压安全注入系统在冷却剂丧失事故期间，包括 DN850 主冷却剂管道的断裂，当冷却剂系统的压力下降到低于 JNG-1 系统的工作参数时，向一回路注入硼酸溶液，以防止燃料组件的熔化和变形，其注入量随一回路的背压降低而增加。

低压安全注入系统由 4 个相同且相互之间完全独立的系列组成，每个系列的容量为 100%，每个系列具有自己独立的工艺部分、控制系统和支持系统，能独立完成系统功能。每个系列设备实行实体隔离。

每个系列设有一台低压安注泵、阀门及相应的连接管道，以及相应的试验管线和再循环管线。

在地坑水箱至低压安注泵的入口管线上设置电动隔离阀，防止地坑水箱中的水丧失。在低压安注泵的出口管线上的安全壳贯穿处，靠安全壳外侧设有电动隔离阀，靠安全壳内侧设有止回阀。在安全壳内一回路环路供给管道上设置止回阀，在正常运行工况下限制一回路冷却剂泄漏。低压安全注入系统（JNG1）、高压安全注入系统（JND）、安全壳喷淋系统（JMN）泵进口母管上设置热交换器，用于冷却水或导出余热。

低压安全注入系统每两个系列与含硼水贮存系统（JNK）中的地坑水箱连接，地坑水箱贮存低浓度含硼水，其容积能满足高压安全注入系统（JND）、低压安全注入系统（JNG-1）、安全壳喷淋系统（JMN）的泵同时运行的需求。

当发生一回路冷却剂丧失事故且低压安注泵接到信号后，四台低压安注泵分别从两个地坑水箱取水。在事故工况下，在要求运行的整个周期时间内，系统部件运行直至将反应堆装置转入到安全状态。



### 4.5.2.3 应急堆芯冷却系统非能动部分（JNG-2）

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG-2)的设计功能是：在冷却剂丧失事故期间，当一回路压力下降到低于限值时，快速向一回路注入硼酸溶液。硼酸溶液数量足以冷却反应堆堆芯直至低压安全注入系统投入（JNG-1）。

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG-2)由 4 个相同且相互之间完全独立的系列组成，每一系列包括应急堆芯冷却系统安注箱、管道与阀门。每台安注箱上各安装 2 个先导安全阀用于超压保护。自安注箱至反应堆压力容器的 DN300 管道上设置 2 个快速截止阀与 2 个止回阀。

在核电厂正常运行期间，两个串联的 DN300 止回阀将两台安注箱与反应堆压力容器隔离。当反应堆压力低于安注箱工作压力时，止回阀自动开启并将安注箱内的含硼水注入反应堆压力容器，两台安注箱与反应堆入口腔室相连，另外两台与反应堆出口腔室相连。

当安注箱的水位低于一定限值时，产生关闭快速截止阀的信号，以避免氮气进入反应堆。

安注箱的管道直接与反应堆压力容器连接，可避免当一回路冷却剂管道破裂时使注入的水流失，有利于事故后对堆芯进行冷却。

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG-2)在要求其运行的反应堆冷却剂系统的各种泄漏情况下向堆芯注入足够的含硼水。

### 4.5.3 安全壳喷淋系统

安全壳喷淋系统作为防止放射性裂变产物在事故工况下向环境释放的一项措施，其主要功能是导出事故后安全壳内大气中的热量，降低安全壳内的压力和温度，吸附和清除安全壳中的放射性裂变产物（尤其是放射性碘）。

安全壳喷淋系统设有 4 个相互独立的系列，每个系列可提供系统 50%的额定喷淋量。系统由 4 台喷淋泵、4 台化学添加剂泵，2 个化学贮存箱和有关的阀门、截流孔板及管道组成。

每个系列通过低压安注系统的管线与安全壳地坑相连接。

在安全壳内，每个系列的压力管线与装有喷嘴的喷淋母管相连接。喷淋母管和喷嘴安装在安全壳的穹顶部位，喷淋所覆盖体积约为安全壳自由空间的 70%，喷嘴为圆锥体。

JMN 系统的每个系列都有一条试验管线和一条再循环管线。

JMN 共设有两台化学添加箱。四个系列的化学添加泵分别与这两台化学添加箱相连接，构成化学添加子系统。所设的化学添加子系统保证了喷淋水合适的化学性质，这样既降低



了喷淋水对不锈钢材料所产生的腐蚀作用，又可提高对裂变产物（尤其是放射性碘）的去除效率。

包括管线和阀门在内的部分安全壳喷淋系统的设备位于安全壳内，而另外一部分管线、阀门和设备位于安全厂房中有防火屏障的独立房间内。

在安全壳喷淋系统的设计中考虑了下列设计基准事故：

- 一回路冷却剂系统管线的破裂；
- 位于安全壳内的二回路管线的破裂。

当反应堆一回路发生大破口失水事故或安全壳内的二回路主蒸汽管道发生破裂时，安全壳内压力增加。在喷淋初期，从硼水贮存箱取水进行喷淋，称为直接喷淋阶段；当硼水贮存箱的水用完后，喷淋系统切换到从安全壳地坑中取水进行喷淋，称为再循环喷淋阶段。在再循环喷淋阶段，安全壳地坑的水由安全壳喷淋系统的热交换器冷却。这样导出了安全壳内的热量，降低了安全壳内的压力和温度，减少了安全壳内大气中的放射性物质的含量，既保证了安全壳的密封性和结构完整性，也防止了安全壳内的放射性物质向环境释放。

#### 4.5.4 蒸汽发生器应急给水系统

蒸汽发生器应急给水系统（LAR/LAS）用于在正常运行条件偏离工况和设计基准事故下，当主给水系统和辅助给水系统不能供给水时，保证为蒸汽发生器提供给水。系统将在蒸汽发生器中液位降低相关始发事件下和要求应急冷却或机组保持热备用时发挥功能作用。

系统将在断电情况下不晚于 120s 保证向蒸汽发生器供给水。系统将在所有冷却阶段当蒸汽发生器中的压力在 9.0 MPa -0.1 MPa(绝压)范围内变化时，保证向蒸汽发生器供给水。当本系统和 BRU-A 的一个通道处于运行状态时，在全厂断电工况下系统应确保最小所需冷却速度 15 °C/h。系统应维持蒸汽发生器所需的液位。应急给水泵的管道应通过应急给水接管与蒸汽发生器单独连接。系统将在事故情况下可运行，并在事故后保持可用性。

应急给水系统由 4 个完全独立的系列组成，每个系列的容量为 100%，每个系列具有自己独立的系统部分、控制系统和支持系统。各个系列的设备实行实体隔离。在每个系列中设有一台应急给水泵、阀门及相应的连接管道，以及相应的试验管线和再循环管线。

每个通道均连接到容量为 1000 m<sup>3</sup> 的除盐水储存箱 LCU01 (04) BB001，还具备从 LCU02 (03) BB001 储存箱供水的可能性。水箱中的除盐水温度保持在 20-33°C。

应急给水系统的部分设备，包括管道和止回阀位于安全壳内，其它部分（应急给水泵、阀门、管道）位于相互之间有防火屏障实体隔离的单独的蒸汽隔间内。

根据事件的进展，应急给水系统保证向蒸汽发生器供水，并与大气释放阀一起将反应



堆装置维持在热停堆状态直到电源恢复或反应堆装置进入冷停堆状态。

## 4.6 放射性废物管理系统和源项

### 4.6.1 放射性源项

核电厂运行产生的放射性物质主要来源于反应堆燃料芯块内的裂变反应，裂变反应产生的裂变产物绝大部分都被包容在燃料元件包壳内，只有极少量的裂变产物由于燃料元件包壳破损而泄漏到反应堆一回路冷却剂中。同时裂变反应所产生的中子会使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、硼酸和其它材料发生活化而产生活化产物。

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

这些裂变产物和中子活化腐蚀产物通过冷却剂的净化、蒸汽发生器传热管束的泄漏等过程造成对二回路系统的污染。

### 4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液管理系统包括下列系统：

- 特种下水收集系统（KT\*）；
- 疏水处理系统（KPF）；
- 液体放射性废物贮存系统（KPK）；
- 常规岛废液排放系统（LDL）。

其中 KT\*、KPF、KPK 系统为单机组设置，LDL 为双机组设置。

#### 4.6.2.1 特种下水收集系统

特种下水收集系统由反应堆厂房设备疏水系统（KTA）、含硼疏水收集系统（KTC）、反应堆厂房特种下水收集系统（KTF）、安全厂房特种下水收集系统（KTL）、核辅助厂房特种下水收集系统（KTH）和核服务厂房特种下水收集系统（KTT）组成。

##### 1) 系统功能

——分类收集各厂房的特种下水，含硼疏水收集后进入冷却剂收集系统（KBB）；放射性活度浓度相对较高的特下水进入疏水坑箱 KPF12BB001 中，放射性活度浓度相对较低的废液进入低放介质收集箱 KPF60BB001(002,003)。

——将收集的特种下水分别输送到疏水处理系统（KPF）的贮槽。

——对核岛内由 KTT10 子系统收集的废水进行监测排放。

##### 2) 系统描述

——反应堆厂房设备疏水系统（KTA）分类收集设备疏水和泄漏水，其中一回路冷却



剂收集在可控泄漏箱 KTA10BB001 并用泵送至 KBA 或 KBB 系统，硼酸溶液收集在含硼疏水槽 KTA40BB001 并用泵送至 KTC 系统，化学去污水收集在 KTA20BB001 贮槽并用泵送至 KTC 系统。

——反应堆厂房设备排气系统（KTB）用于反应堆厂房主要设备和安全壳的空气排出以及通过低压氮气从反应堆压力容器和蒸汽发生器中吹扫氢气。

——含硼疏水收集系统（KTC）分类收集含硼疏水，含硼疏水和泄漏水收集至 KTC 贮槽 KTC10BB001，通过泵送至冷却剂收集系统（KBB）。

——反应堆厂房特种下水收集系统（KTF）分类收集反应堆厂房内控制区内及环形空间内的放射性废液，KTF90 收集的特种下水送至贮槽 KPF12BB001，火灾后消防产生的排水送至贮槽 KPF60BB001(002,003)。

——安全厂房特种下水收集系统（KTL）分类收集安全厂房的含硼放射性废液，将特种下水通过输送泵送到疏水坑箱 KPF12BB001，厂房高处相对洁净的排水和消防水自流至核辅助厂房的 KTH11BB001 地坑，由 KTL10 收集的相对洁净的消防水经 KTH11 系统管道进入低放介质收集箱 KPF60BB001/002。

——核辅助厂房特种下水收集系统（KTH）用于收集核辅助厂房（UKA）控制区内产生的放射性废液，并通过输送泵送至疏水处理系统（KPF）。

——核服务厂房特种下水收集系统（KTT）分类收集和输送来自核服务厂房的特种下水、管道和设备的排水、实验设备排水、带潜在放射性沾污的淋浴水和洗手盆排水、消防水以及反应堆冷却剂泵的冲洗水。其中，控制区的淋浴水和反应堆冷却剂泵冲洗水进入 KTT10 系统的三个贮槽进行槽式监测排放。如果 KTT10 监测槽内废水的放射性浓度超过排放控制值则送往 KPF60 系统进行处理。由 KTT40 收集的特种下水自流进入 KPF12BB001 收集后处理；由 KTT20 收集的相对洁净的淋浴水、洗手盆废水和实验室废水进入 KTH11BB001 地坑，输送至 KPF60 进行处理；控制区的消防水由 KTT11 收集并自流入 KTH11BB001 地坑后，输送至 KPF60 进行处理。

——常规岛汽机房管道和设备放水、凝结水精处理系统再生废水、启动和事故排水、检修时排水、蒸汽发生器排污系统的废液由常规岛废液排放系统（LDL）相应的收集槽（LDL10BB001、LDL20BB001、LDL30BB001）收集并进行监测排放；如果经监测发现放射性浓度超过排放控制值，则送往 KPF 系统处理。

#### 4.6.2.2 疏水处理系统（KPF）

##### 1) 系统功能



疏水处理系统（KPF）的功能是接收和处理放射性废液，将蒸发产生的蒸残液送往液体废物贮存系统（KPK）中贮存。处理后满足要求的冷凝液尽可能复用做补给水，其余部分向环境排放。

## 2) 设计基准

根据俄罗斯标准规范 NP-001-15 本系统属于正常运行的系统，核安全等级为“3H”。

根据 NP-089-15《核动力装置的设备和管道设置和安全运行规范》本系统质量等级为“C”组。

根据 NP-031-01 本系统的抗震类别为II类。

KPF 系统的设计处理能力为 7100 m<sup>3</sup>/a。

疏水坑箱 KPF12BB001，凝结水贮存箱 KPF30BB001 及疏水罐 KPF20BB001、KPF20BB002 房间设置钢覆面。

KPF 系统采用蒸发、离子交换的处理方法。蒸发器处理能力为 6t/h，蒸发器总的去污系数为 10<sup>5</sup>，凝结水过滤器（除盐器）的去污系数为 10~100。净化后的凝结水作为补给水，非平衡的部分向环境排放。经蒸发处理后，每台机组每年产生含盐量为 400g/L 的蒸残液约 25m<sup>3</sup>。

## 3) 系统描述

可机械去除的杂质的废液送入污染水区，在污染水区进行沉降后产生的泥浆将定期输送至 KPK 系统，此后送至徐大堡核电基地厂址废物处理设施（T4UKT）处理。沉降后的废液进入洁净水区，用泵 KPF12AP001、KPF12AP002 将该废液送入旋流器 KPF11AT001、KPF12AT001，在此杂质被分离出来，以泥浆的形式送入液体放射性废物转运系统（KPH）系统旋流器泥浆接收槽（KPH10BB001）暂存后送至徐大堡核电基地厂址废物处理设施（T4UKT）处理。

经旋流净化后的废液送入疏水罐 KPF20BB001/002。疏水罐 KPF20BB001/002 中的废液在送入蒸发器前，可在贮槽内利用 KBD-2 系统提供的 NaOH 进行 pH 调节并进行废液取样。用疏水箱泵 KPF21AP001 或 KPF22AP001 将疏水罐 KPF20BB001、KPF20BB002 内的废水混合。

用疏水箱泵 KPF21AP001（或 KPF22AP001）将废液送至过滤器 KPF24AT001/KPF25AT001 后，将废水先输送至蒸发器 KPF30AT001 进行蒸发，浓缩液进入后蒸发器 KPF30AT002 进一步蒸发，蒸发后浓度达 400g/L 的蒸残液进入液体废物贮存系统（KPK）贮槽。



蒸发器 KPF30AT001 的二次蒸汽在冷凝器 KPF30AC010 内冷凝，凝结水自流入凝结水贮存箱 KPF30BB001。凝结水泵 KPF41AP001、KPF42AP001 将 KPF30BB001 的凝结水送至凝结水冷却器 KPF40AC001 冷却，然后经除盐器 KPF40AT001、KPF40AT002 处理后进入控制贮箱 KPF40BB001、KPF40BB002 中的一个，凝结水在监测槽内经混合、取样分析，合格后用泵 KPF43AP001、KPF44AP001 将凝结水送到排放渠。当凝结水监测不合格时，可以将其返回到疏水罐 KPF20BB001、KPF20BB002 进行二次净化。后蒸发器 KPF30AT002 的二次蒸汽在冷凝器 KPF30AC030 内冷凝，之后流入疏水坑箱 KPF12BB001 并重新进行蒸发处理。

未冷凝的蒸汽和气体的混合物从冷凝器 KPF30AC010、KPF30AC030 送到排气冷却器 KPF30AC020。排气冷却器中的不凝气体进入贮槽排气处理系统（KPL70），而蒸汽的凝结水同样流入凝结水贮存箱 KPF30BB001，然后进行除盐处理。

KPF60BB001/002 用于接收来自各个厂房相对洁净的排水以及消防水、核服务厂房特种下水收集系统 KTT10 监测槽内放射性浓度超过排放控制值的废水，以及来自常规岛废液排放系统（LDL）的超标废液。废液通过除盐器 KPF60AT001/002 进行离子交换处理，处理后的废液进入 KPF60BB003，取样合格后将其输送至排放管线进行排放。

#### 4.6.2.3 液体废物贮存系统（KPK）

##### 1) 系统功能

液体废物贮存系统（KPK）用于把核电厂运行和维修过程中产生的放射性废树脂和吸附剂、KPF 系统蒸发产生的蒸残液在送往徐大堡核电基地厂址废物处理设施（T4UKT）处理之前进行中间贮存。

##### 2) 设计基准

进入 KPK 系统的放射性废物量（单台机组）年预期值为：蒸残液  $13\text{m}^3$ ，废树脂  $13.9\text{m}^3$ 。

KPK 系统设有 2 个  $80\text{m}^3$  蒸残液贮槽、2 个  $30\text{m}^3$  中放废树脂贮槽、一个  $30\text{m}^3$  低放废树脂贮槽、一个  $80\text{m}^3$  备用贮槽。

##### 3) 系统描述

###### ——蒸残液的处理

KPK 系统接收 KPF 系统后蒸发器 KPF30AT002 产生的蒸残液及核岛内各过滤器水力卸料时产生的离子交换废树脂。

蒸残液自流入蒸残液贮槽 KPK10BB001 或 KPK10BB002。当蒸残液的含盐量低于  $400\text{g/L}$  时，将其输送回 KPF20BB001/002 处理。蒸残液需要处理时，使用泵 KPK40AP001、



KPK40AP002 通过软管和快速接头把蒸残液从贮槽 KPK10BB001、KPK10BB002 输入蒸残液屏蔽运输槽车，然后送到徐大堡核电基地厂址废物处理设施（T4UKT）处理。

在应急情况下可以把蒸残液从贮槽 KPK10BB001、002 送入备用贮槽 KPK10BB003，当故障排除后介质再返回原贮槽。

#### ——废树脂的处理

燃料水池和含硼水贮槽水净化系统（FAL）、一回路冷却剂净化系统（KBE）、冷却剂贮存系统（KBB）、一回路冷却剂处理系统（KBF）和疏水处理系统（KPF）产生的中放废树脂送入中放废树脂贮槽 KPK20BB001 或 KPK20BB002 贮存。贮槽 KPK20BB001 和 KPK20BB002 互为备用，同时在应急情况下可以把废树脂由 KPK20BB001、002 送入 KPK30BB001，当故障排除后介质再返回原贮槽。

废树脂需要处理时，使用泵 KPK52AP001、KPK54AP001 通过软管和快速接头把废树脂从 KPK20BB001、KPK20BB002 输入废树脂屏蔽运输槽车，然后送到徐大堡核电基地厂址废物处理设施（T4UKT）处理。

重要厂用水中间冷却回路（KAA）、液体废物处理系统（KPF）和蒸汽发生器排污水净化系统（LCQ40）过滤器产生的低放废树脂大部分情况下为非放或极低放树脂，为降低低放废物产生量，这些系统产生的树脂先收集在树脂中间容器 KPK60AT001 中，达到清洁解控标准的树脂经过辐射监测和监管部门批准后可作为非放废物处理，宜再生时装入容器桶，存放在固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变；其他树脂送至低放射性树脂槽 KPK30BB001，依据放射性水平进行处理。

#### 4.6.2.4 一回路冷却剂处理系统（KBF）

##### 1) 系统功能

一回路冷却剂处理系统（KBF）用于含硼水的处理，目的是将一回路冷却剂分离成冷凝液和硼酸浓缩液，复用于一回路系统。

##### 2) 设计基准

按照 NP-001-15 规定，KBF 系统按其指定的功能属于正常运行系统，根据其对安全的作用该系统为安全相关系统。

KBF 系统的设备，管线和阀门(除非在下面单独指明)按照 NP-001-15 属于安全 3 级，分类为 3H，按照 NP-089-15 属于 C 组。

安全壳隔离组的阀门按照 NP-001-15 属于安全 2 级，分类为 2NL，按照 NP-089-15 属于 B 组。



按 NP-031-01，KBF 系统的全部安全 3 级设备的抗震类别为抗震 II 类。

按 NP-031-01，KBF 系统的全部安全 2 级设备的抗震类别为抗震 I 类。

### 3) 系统描述

来自冷却剂贮存系统（KBB）冷却剂贮罐 KBB11BB001、KBB12BB001 的含硼水由泵 KBF11AP001、KBF12AP001 供应到蒸发器 KBF10AT001。

在进入蒸发器之前，冷却剂在含硼水加热器 KBF10AC001 中被加热。在蒸发器 KBF10AT001 中硼酸被浓缩至 39.5~44.5g/L。二次蒸汽在冷凝器 KBF10AC002 中冷凝。凝结水由泵 KBF21AP001、KBF22AP001 送到凝结水冷却器 KBF20AC001 冷却后供应到补给水贮罐 KBC11BB001、KBC12BB001。如果需要，凝结水可通过 KPF 系统的离子交换器净化处理后从监测槽排放到环境中。从排气冷却器 KBF10AC003 排出的气体被直接排放到储槽排气处理系统（KPL70）；排出的冷凝液被排放到冷凝液槽 KBF10BB001。蒸发后的硼酸浓缩液经硼酸浓缩液冷却器 KBF50AC001 冷却后送到硼酸浓缩液槽 KBF50BB001。之后由泵 KBF51AP001、KBF52AP001 输送到过滤器 KBF50AT001（002，003）进行净化。经离子交换器净化后的硼酸浓度为 39.5~44.5g/L 浓缩液被输送到贮罐 JNK10BB001、JMN40BB002。

一个两级阳离子精处理系统用于净化硼浓缩液。此系统的第一级由不可再生过滤器构成，二级由可再生过滤器构成，之后还有一个阴离子交换树脂过滤器。

硼水贮存系统（JNK）贮罐 JNK10BB002，JNK40BB002 的硼浓缩液可以送来进行再净化。硼浓缩液由泵 KBF51AP001，KBF52AP001 吸出，在 KBF50AT001、KBF50AT002 和 KBF50AT003 净化后，送回 JNK10BB002、JNK40BB002。

如有必要，当 KBF 蒸发装置失效时，可用 KPF 系统备用蒸发器处理含硼废水。与此同时，进行 KPF 系统蒸发装置的预先清洗，试验室进行冲洗水的化学控制。含硼水由泵 KBF11AP001、KBF12AP001 供应到蒸发器 KPF30AT001。处理后的硼酸浓缩液进入硼酸浓缩液槽 KBF50BB001，而冷凝液通过冷却器 KBF20AC001 冷却后进入 KBC10 系统补给水贮存箱。

过滤器的过滤效率和过滤材料的状态由试验室分析控制。

如果阳离子交换剂（第一级过滤器）和阴离子交换剂交换容量耗尽，则应进行更换。离子交换树脂用水和压缩空气从过滤器卸载到 KPK 系统。新树脂由移动水力传送器 LCQ01AF001 或漏斗装载。

设计上已预想到第二级阳离子交换剂的树脂再生。



为了反冲和水力输送树脂，过滤器由 KBC50 系统提供水，由 QEB 系统提供压缩空气。压缩空气通过化学除盐水管线输送。压缩空气管线在 KBC50 系统中接入除盐水管线。反冲洗的水排向 KPK 系统。

设有过滤介质捕集措施以防止疏排系统过滤器损坏时离子交换树脂流失。

用于蒸发器化学冲洗的冲洗溶液由 KBD-2 系统提供。

#### 4.6.2.5 放射性废水槽式排放

本工程项目放射性废水按槽式排放原则进行监测排放，包括以下几部分：

- 疏水处理系统（KPF）的监测与排放单元；
- 核服务厂房特种下水收集系统（KTT）；
- 放射性废液收集和排放系统（KTD）；
- 常规岛废液排放系统（LDL）。

排放的废水有：

- 特种洗衣房、控制区卫生出入口等放射性浓度低于排放控制值的废水；
- 经 LDL 系统收集，取样后符合排放要求的废液；
- 二回路不可控泄漏水；
- 经 KPF 系统处理符合排放要求后的非平衡排水。

##### 1) 疏水处理系统（KPF）的监测与排放

KPF 系统处理后废水的监测排放见 4.6.2.2 节。

##### 2) 核服务厂房特种下水收集系统（KTT）的监测与排放

放化实验室相对洁净的排水经 KTT 系统管道自流入 3 个监测槽 KTT10BB001、KTT10BB002、KTT10BB003 之一，每个监测槽有效容积为 15m<sup>3</sup>。当一个监测槽充满后，取样分析废水的放射性浓度，如果放射性浓度超过排放控制值时，废水被送往 KPF 系统处理；若取样分析符合排放要求，则废水经 KPF 排放管线排入循环冷却水排水暗沟（UQN）与循环冷却水混合后经排放口排入海域。在 KPF 系统的排放管线上设有放射性流出物自动监测仪表（KPF60CR002），若超过排放控制值则发出警告、报警信号，相应的排放阀会自动关闭，废水被送往 KPF 系统处理。

##### 3) 常规岛废液排放系统（LDL）

常规岛废液排放系统（LDL）通过各废液收集系统收集来自常规岛以下来源的放射性和潜在放射性废液：

- 常规岛凝结水精处理系统再生废水；



- 常规岛启动排水和事故、检修时排水；
- 蒸汽发生器排污系统排水；
- 常规岛汽机房管道、设备排水。

这些废液在 LDL 系统贮槽内混匀、取样分析，低于规定排放控制值时，通过虹吸井有控制地向环境排放。

LDL 系统设置三个  $1000\text{m}^3$  的废液排放贮槽 LDL10/20/30BB001，贮槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个贮槽同时破裂溢出的全部废液量。三个贮槽中一个用于接收废液，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。LDL 系统每个贮槽设有循环搅拌管线，废液在贮槽内充分混合均匀，经取样分析合格后监测排放。若贮槽内废液放射性浓度超过排放控制值，废液送到 KPF 系统重新进行处理。

三个贮槽有一根共用的排放管线及一根通往 KPF 系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪和受监测仪控制的自动隔离阀、一个流量调节阀及一台流量测量仪表。

#### 4.6.2.6 放射性液态流出物排放源项

正常运行状态下从控制区域的辅助厂房监测槽（KPF40BB001/2，KPF60BB003）排放以下废水：

- 反应堆厂房、辅助厂房和安全厂房的非平衡水，一回路系统的不可控泄漏的非平衡水；
- 化学实验室、盥洗室疏水；
- 辅助厂房、安全厂房和核服务厂房的特殊排水系统的有条件清洁疏水；
- LCQ 过滤器再生水。

辅助厂房监测槽 KTT10BB001/2/3 存在以下排放水：

- 卫生检验室淋浴间的疏水。

在设计工况下单台机组排放量：年排放总量（除氚和 C-14）为  $3.20\text{E}+00\text{GBq/a}$ ，液态氚的年排放量为  $2.62\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，液态 C-14 的年排放量为  $1.74\text{E}+01\text{GBq/a}$ 。

在现实工况下单台机组排放量：年排放总量（除氚和 C-14）为  $7.05\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，液态氚的年排放量为  $1.84\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，液态 C-14 的年排放量为  $4.10\text{E}+00\text{GBq/a}$ 。

#### 4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

放射性废气处理系统包括氢燃烧系统（KPL10）、放射性气体处理系统（KPL30）、贮槽排气处理系统（KPL70）和 HVAC 系统中相关的排风净化系统。每台核电机组配备一套放射性废气处理系统。



### 4.6.3.1 氢燃烧系统（KPL10）

#### （1） 系统功能

为防止在正常运行和预计运行事件工况下，在放射性气体处理系统（KPL30）内形成氢氧爆炸性混合气体，氢燃烧系统履行下述功能：

- a) 去除一回路补给水除气器（KBA10BB001）排气中的氢气；
- b) 去除稳压器卸压箱（JEG10BB001）排气中的氢气；
- c) 去除一回路有组织泄漏槽（KTA10BB001）排气中的氢气；
- d) 确保氢气在催化氢氧复合器内燃烧；
- e) 将氢浓度不超过 0.2%（体积）的气体混合物送往 KPL30 系统。

#### （2） 设计基准

根据俄罗斯标准 НП-001-15，KPL10 系统为设备分级如下：

——根据俄罗斯标 НП-001-15，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道、安全壳隔离阀及其之间的管道的核安全等级为 2 级，其他设备的核安全等级为 3H 级；

——根据俄罗斯标准 НП-089-15，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道、安全壳隔离阀及其之间的管道以及安全壳隔离阀及其之间的管道的质量分组为 B 类，其他设备的质量分组为 C 类；

——根据俄罗斯标准 НП-031-01，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道、安全壳隔离阀及其之间的管道的抗震等级为抗震 I 类，其他设备的抗震等级为抗震 II 类。

KPL10 系统中安全壳隔离阀由第一组可靠供电系统（柴油发电机组）供电，其他能动设备均由第二组可靠供电系统（柴油发电机组）供电。

本系统接收来自一回路补给水除气器（KBA10BB001）的排气 130kg/h（ $\sim 3\text{Nm}^3/\text{h}$ ）；接收稳压器卸压箱（JEG10BB001）的排气  $2\text{Nm}^3/\text{h}$ ；有组织泄漏收集贮槽（KTA10BB001）排气  $20\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

本系统不净化气体中的放射性，只去除气体中的氢气。为防止在本系统内含氢混合气体达到爆炸危险浓度，消除发生火灾的可能性，设计中采取了下述主要措施：

——进入本系统的含氢混合气体用气量为  $234\text{Nm}^3/\text{h}$  循环氮气稀释，确保气体中氢的体积浓度不超过 2.5%；

——在复合器前后均设置双重氢、氧连续监测仪，复合前氧按化学计算量加入，复合后气体中的氢的体积浓度不超过 0.2%；

——根据俄方提供的资料，在不利条件下本系统可能发生的最大爆炸压力为 0.68MPa，



但系统的抗压强度按 1.0MPa 设计。

### （3） 系统描述

本系统有两条相同的可互为备用的处理线，一条工作，一条备用。

以第一条生产线为例，来自一回路补给水除气器（KBA10BB001）的汽-气混合物以 130kg/h 的流量进入本系统。二次蒸汽在排气冷凝器（KPL11AC001）中冷凝，不凝性的氮、氢和惰性放射性气体进入循环回路。

在循环回路中用流量 234Nm<sup>3</sup>/h 的氮气进行稀释，保证回路混合气体中的氢浓度不超过 2.5%（体积）。然后气体进入容积为 9m<sup>3</sup> 的缓冲槽（KPL11BB001），便于氢、氧浓度测量和加氧量的控制。

混合气体由压缩机（KPL11AN001）送入电加热器（KPL11AH001），气体被加热到 140℃，再进入复合器（KPL11BZ001），在催化剂的作用下进行氢、氧复合。复合后气体温度升至 350℃，进入气体冷却器（KPL11AC002）冷却至 50℃，再通过调节阀（KPL13AA201）返回缓冲槽，完成闭合回路循环。

稳压器卸压箱（JEG10BB001）排气（2Nm<sup>3</sup>/h）和有组织泄漏收集槽（KTA10BB001）排气（20Nm<sup>3</sup>/h）进入排气冷凝器和缓冲槽之间的管路，与冷凝冷却后的除气器排气混合。

上述不同来源的气体经复合、冷却后送往 KPL30 系统。

缓冲槽和捕集器中的冷凝液流入水封槽（KPL10BB003），再排入 KPF 系统的排水地坑（KPF12BB001）。

为了确保氢、氧复合，在缓冲槽下游的回路中供入氧气。加入量一方面要考虑到在各种工况下可靠地复合，另一方面要注意混合气体的防火、防爆。

当工作生产线发生故障时，操作人员将手动切换到备用生产线。

本系统设备与可靠供电的相应系统连接。当发生断电时，工作生产线的设备通过柴油发电机逐步启动程序启动并继续执行预定功能。

#### 4.6.3.2 放射性气体处理系统（KPL30）

##### （1） 系统功能

放射性气体处理系统处理氢燃烧系统（KPL10）排气和冷却剂贮槽排气，使其向环境排放的气态流出物的放射性水平在国家规定的限值之内。

##### （2） 设计基准

根据俄罗斯标准 HII-001-15，放射性气体处理系统属于安全相关系统。KPL30 系统中所有设备分级如下：



- 根据俄罗斯标准 HII-001-15，设备的核安全等级为“3N”；
- 根据俄罗斯标准 HII-089-15，设备的质量分组为“C”；
- 根据俄罗斯标准 HII-031-01，设备的抗震等级为“抗震 II 类”。

KPL30 系统沸石再生线以及阀门 KPL41AA105 和 KPL41AA106 由第三组可靠供电系统供电，其他能动设备均由第二组可靠供电系统供电。

在各种工况下，系统确保：

- a) 处理冷却剂贮槽排出的放射性气体  $2\text{Nm}^3/\text{h}$ （贮槽通风） $\sim 62\text{Nm}^3/\text{h}$ （调硼堆冷却剂  $60\text{t}/\text{h}$  排放到贮槽）；
- b) 处理含硼疏水箱 KTC10BB001 的放射性排气；
- c) 处理氢燃烧系统的放射性排气，流量从功率运行时的 $\sim 2\text{Nm}^3/\text{h}$ 到大调硼工况下冷却剂以  $60\text{t}/\text{h}$  排入贮槽时的 $\sim 3.76\text{Nm}^3/\text{h}$ ；
- d) 处理氢燃烧系统的一回路蒸汽发生器顶部的放射性排气，以及停堆期间  $7\text{Nm}^3/\text{h}$  的反应堆顶盖排气。

正常运行工况和设计基准事故工况下，KPL30 系统收集的废气放射性水平如下：

——氢燃烧系统排气的放射性为  $10^{-1}\sim 10^4\text{GBq}/\text{m}^3$ ；

——来自冷却剂贮存系统（KBB）、一回路补给水系统（KBC1）和含硼疏水收集系统（KTC）排气的放射性为  $2\times 10^{-3}\sim 10^2\text{GBq}/\text{m}^3$ 。

### （3）系统描述

本系统由两条相同的互为备用的处理线（一条运行，一条备用）和沸石再生线组成。

由 KPL10 系统压缩机（KPL11AN001 或 KPL12AN001）提供的压头，将 KPL10 的气体以  $2\sim 5\text{Nm}^3/\text{h}$  流量送入本系统的气体冷却器（KPL31AC001），冷却到  $35^\circ\text{C}$  后进入捕集器（KPL31AT001）和过滤器（KPL31AT002）。气水分离后气体进入沸石干燥器（KPL31AT003 或 KPL31AT004）进一步干燥。干燥后气体（湿含量控制在  $10^{-5}\text{kg}/\text{m}^3$  左右）依次通过由四个活性炭床组成的活性炭吸附器（KPL31AT005），放射性碘、氦和氙的同位素被活性炭吸附。每组活性炭吸附器（KPL31AT005）的活性炭总装量为  $20\text{m}^3$ ，在  $30^\circ\text{C}$  常压下活性炭对氦和氙的吸附及滞留时间，见下表：

核素	吸附系数	正常运行时滞留时间, h	冷停堆时滞留时间, h
氦	14	87	720
氙	280	1700	2500

来自冷却剂贮存系统（KBB）、一回路补给水系统（KBC1）、含硼疏水收集系统（KTC）



的贮槽排气以 2~62Nm<sup>3</sup>/h 流量进入辅助工作线。辅助工作线的处理工艺与主工作线的相同。通过压缩机吸入总管上的调节阀将房间内的空气送入压缩机入口管线，从而保证压缩机持续稳定运行。

——沸石干燥器（KPL31AT003/004、KPL32AT003/004）轮流运行，即一台投运时，另一台正处于再生或备用状态。失效的沸石干燥器，用 93.6Nm<sup>3</sup>/h 的加热气体闭式循环再生，再生工艺如下：

——通过压缩机将气体送入电加热器 KPL41AH001（KPL41AH002）加热到 400℃，逆向吹扫沸石干燥器，解吸的水汽与吹扫气一起进入气体冷却器 KPL41AC001 冷却到 40℃。经捕集器 KPL41AT001 气水分离后进入过滤器 KPL41AT002 除湿。除湿后的气体进入压缩机，完成闭合再生循环。

随着再生的进行，沸石逐步被干燥，随之沸石干燥器出口气体的温度上升，当气温达到 220℃时，再生过程结束，电加热器停运。通过 KAA 侧冷却水对沸石进行冷却，压缩机连续运行，直至沸石被冷却至可投运温度时，压缩机停运，沸石干燥器准备投运。

当工作线内任意一台设备故障时，将氢燃烧系统 KPL10 的排气转送到辅助工作线，来自 KBC、KBB、KTC 系统贮槽的排气通过阀门 KPL34AA001 转送入 KPL70 贮槽排气系统进行净化处理。

当排放管线以及活性炭吸附器（KPL31AT005）出口管线的气体放射性水平超过允许限值时，阀门 KPL31AA107、KPL32AA107 自动关闭。

本系统设备由可靠供电系统供电。当发生断电时，工作生产线的设备通过柴油发电机逐步启动程序启动并继续执行预定功能。

#### 4.6.3.3 贮槽排气处理系统（KPL70）

##### （1）系统功能

本系统收集、处理核电厂除 KBB、KBC1、KTC 系统贮槽之外的其它放射性液体贮槽的排气，使向环境排放的气态放射性量在国家标准规定的限值之内。在 KPL30 系统发生故障时，KBB、KBC1、KTC 系统贮槽的排气也送到本系统处理。

##### （2）设计基础

根据俄罗斯标准 HII-001-15，贮槽排气处理系统是安全相关系统。KPL70 系统中的所有设备分级如下：

——根据俄罗斯标准 HII-001-15，设备安全等级为“3H”；

——根据俄罗斯标准 HII-089-15，设备质量分组为“C”；



——根据俄罗斯标准 HII-031-01，设备抗震等级为“抗震 II 类”。

KPL70 系统中的能动设备均由正常运行的供电系统供电。进入本系统的最大气量为  $160\text{Nm}^3/\text{h}$ ，气体的放射性为  $5\times 10^0\sim 5\times 10^{-5}\text{GBq}/\text{m}^3$ 。气溶胶过滤器的效率为 99.996%，碘过滤器的效率 $\geq 98\%$ 。

### （3） 系统描述

系统由两条相同的互为备用的生产线（工作线和备用线）组成。

正常运行工况下，系统最大含有液体放射性介质贮槽的排气以  $160\text{Nm}^3/\text{h}$  流量进入工作线的气体冷却器（KPL70AC001），冷凝液从捕集器（KPL70AT005）流入水封槽（KPL70BB001），再送到疏水处理系统排水地坑（KPF12BB001）。

气、液分离后的气体进入气溶胶过滤器（KPL70AT001），过滤后气体由电加热器（KPL70AH001）加热到  $45\sim 50^\circ\text{C}$ ，再进入碘过滤器（KPL70AT002）。正常工况下碘过滤器前气体相对湿度 $< 80\%$ ，除碘后的气体由压缩机（KPL70AN001）送往通风系统。

贮槽排气由系统工作压缩机来输送。通过控制调节阀（KPL70AA201 或 KPL70AA202）将房间空气送入电加热器入口管线，来确保通过电加热器和压缩机的气体流量保持恒定，工作线设备故障时，排气由手动切换至备用线处理。

一旦排气管线的放射性水平超过允许排放限值，阀门 KPL70AA105、KPL70AA106 自动关闭，备用管线投运。

#### 4.6.3.4 核岛通风系统（HVAC）

核岛通风系统对各厂房进行采暖、通风和空调，根据需要，对送、排风进行过滤和除碘处理，以提供适宜的温度和空气质量良好的环境，减少气态放射性物质向大气环境的排放，确保运行人员健康、安全及设备的有效运行。

##### 4.6.3.4.1 系统设计

###### 1) 主要系统

含放射性的废气主要来自下述厂房，并由相应的通风系统进行处理：

——反应堆厂房

- 安全壳空间负压通风系统 KLD10、KLD11
- 事故检修通风系统 KLD20、KLD21
- 安全壳净化系统 KLA13

——辅助厂房



- 主送风系统 KLE10
  - 主排风系统 KLE20
  - 带排风净化的主排风系统 KLE30
- 安全厂房
- 安全壳环形空间负压通风系统 KLC11、KLC21、KLC31、KLC41
  - 安全厂房通风系统 KLG
- 储存厂房
- 固体放射性废物储存库通风系统及新燃料储存厂房通风系统 KLF
- 通风烟囱

## 2) 设计基准

——控制区和非控制区房间单独通风；

——通过通风系统，保证辅助厂房、安全厂房、反应堆厂房、核服务厂房、固体放射性废物储存厂房及新燃料储存厂房控制区房间的完整性；

——合理的规划及布置，以减少通风系统的数量；

——保证可能污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排向大气；

——在污染区内，保证空气从低污染区流向高污染区；

——每个厂房的通风系统的排风口尽可能远离新风口；

——从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环；

——没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中；

所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，通过烟囱排放至室外环境中。

### 4.6.3.4.2 系统组成

每个厂房通风系统主要通过各类过滤器对放射性废气进行过滤处理。包括预过滤器、高效空气粒子过滤器和碘吸附器等。

#### 1) 预过滤器

预过滤器用于除去环境空气中的浮尘。过滤效率不低于 85%。

#### 2) 高效空气粒子过滤器

高效空气粒子过滤器用于捕集气流中的细颗粒。对于气溶胶的过滤效率不低于 99.99%。

#### 3) 碘吸附器

除放射性碘过滤器用于吸附气流中的气态放射性碘。对分子碘的过滤效率不低于 99.9%；对有机碘的过滤效率不低于 99%。



#### 4.6.3.4.3 系统运行

##### 4.6.3.4.3.1 反应堆厂房

#### (1) 安全壳空间负压通风系统 KLD10、KLD11

##### a) 设计目的

- 维持安全壳内负压；
- 保证气流从低污染区向高污染区流动；
- 在排入通风烟囱前对排风净化；
- 电站正常运行工况下的空气交换。

##### b) 系统组成

KLD10 进风系统是一个带有密闭隔离阀和防火阀的风管管路。KLD10 系统穿过安全壳边界后，与 KLE10 系统相连；KLD11 排风系统由两台风量均为 100% 的机组（一用一备）、安全壳隔离阀、电动密闭隔离阀、手动控制阀、防火阀和风管组成。每台通风机组由正常可靠供电系统的对应通道供电。它由下述部件组成：

- 除雾器；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭隔离阀；
- 变频风机；
- 止回阀。

##### c) 系统描述

来自 KLE10 系统的送风通过隔离阀进入安全壳，通过 KLE10 系统将空气送到安全壳中，空气经安全壳隔离阀，通过风管送到安全壳内部的不同标高、楼梯、电梯和环形吊车控制室。

蒸汽发生器间、KBE 过滤器间和 KBA 热交换器间通过风管和安全壳隔离阀排风，经 KLD11 系统过滤机组过滤，由通风烟囱排入大气。

KLE10 系统送风停运，即 KLD10 系统无送风时，KLD11 系统连续工作，通过调节风机电机的转速，使安全壳内负压值保持在指定的水平。

过滤器组发生火灾时，根据火灾探测器信号，安装在过滤器上下游的防火阀由火灾探



测器信号控制关闭，相应过滤机组的风机自动停运，备用风机自动启动。

#### d) 预期的运行方式

在 NPP 正常运行及预期运行事件以及在安全壳内压力达到 0.105 兆帕（绝对）设计事故情况下系统运行。

在设计基准事故下，系统不运行。

### (2) 事故检修通风系统 KLD20、KLD21

#### a) 设计目的

- 检修与换料之前，对安全壳内放射性气溶胶和碘进行净化，以确保 NPP 内、外区域的放射性排放满足安全法规的要求；
- 为进入人员提供符合卫生标准的工作环境；
- 保证气流从低污染区流向高污染区。

#### b) 系统组成

KLD20 送风系统由下述部件组成：

- 空调机组；
- 密闭隔离阀；
- 安全壳隔离阀
- 防火阀
- 风管。

KLD21 排风系统由下述部件组成：

- 密闭隔离阀；
- 安全壳隔离阀。
- 变频风机。

过滤器组包括：

- 密闭隔离阀；
- 防火阀；
- 电加热器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器。

#### c) 系统描述

在定期停堆检修或事故后，KLD20、KLD21 送排风系统以两种模式运行：循环模式和



送、排风模式。

在循环模式下，排风机运行风量为 25000m<sup>3</sup>/h。安全壳内空气经过滤后又送回安全壳内，KLD20 送风系统停止运行。当空气净化达到要求时，操作员可根据 RM（放射性监测）系统指令切换到送、排风模式。

在送、排风模式下，安全壳内空气通过排风烟囱排入大气。通过空调机组处理的室外空气经风管送入安全壳房间和蒸汽发生器房间。在排风管上设有放射性连续监测措施。如果安全壳内放射性增大或燃料组件坠落，检修人员应撤离安全壳。送风系统关闭，排风系统切换到循环模式运行。

在反应堆正常运行工况，为使人员进入中央大厅和 RCP 电机房间，KLD21 系统周期性开启并运行一段时间以净化安全壳内空气。

根据布置在过滤机组下游或过滤器小室内的火灾探测器信号，或者一旦安全壳内发生火灾，KLD20、KLD21 系统送排风将自动停止，相应的防火阀自动关闭。

#### d) 预期的运行方式

在预防维修保养工况下的系统运行方式见系统描述。

在预期运行事件下，系统不运行。

在设计基准事故下，系统不运行。

### (3) 安全壳房间空气净化系统 KLA13a) 设计目的

KLA13 用于净化蒸汽发生器间的放射性污染空气，在正常运行模式和生产计划检修时，保证安全壳中的放射性水平保持规定的运行水平管中。

#### a) 系统组成

KLA13 系统包含四台容量为 100%的机组，每个 SG 隔间配备两台机组（一台运行，一台备用）。每台机组均由正常运行电源供电，并包括风机、阀门和净化机组组成。净化机组由下述部件组成：

- 除雾器；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭隔离阀；
- 风机；



- 止回阀。

#### b) 系统描述

来自 KLA20 系统排气总管的空气被放射性气体经 KLA13 系统过滤净化后，排到系统 KLA20 压力总管中。

系统 KLA13 由 4 台 100%净化设备组成，每间蒸汽发生器隔离室内各 2 台（1 用 1 备）。每台设备由正常供电系统供电。

#### c) 预期的运行方式

系统在正常工况下、预期运行事故下运行。安全壳内压力超过 0.129MPa 时，系统不运行。

#### 4.6.3.4.3.2 核辅助厂房

##### a) 设计目的

核辅助厂房的通风系统（KLE10、KLE20 和 KLE30）的功能是保证室内换气次数和设计温度，对辅助厂房、安全厂房、反应堆厂房、核服务厂房、储存厂房通风，保证它们所要求的换气次数并将室内温度及负压维持在规定限值内；保证气流从低污染区向高污染区流动；保障 NPP 围墙内外环境的放射性安全。

除了上述功能之外，每个系统具有单独的功能，如下：

##### KLE10

——为辅助厂房房间送风；

——向其他厂房通风系统送风；

1) 反应堆厂房 KLD10；

2) 安全厂房 KLG01；

3) 核服务厂房 KLT10；

4) 新燃料厂房和运输及装卸设备储存间送风（3 号）KLF10、KLF11；KLF12 为固体废物厂房送风（4 号）

5) 反应堆厂房机组之间空间 KLC01、KLC02、KLC03、KLC04、KLC05。

——保证反应堆厂房机组之间空间的负压；

——保持安全壳内负压。

##### KLE20

——辅助厂房房间排风并保证房间内部负压；

——为其他厂房排风。



- 1) 安全厂房KLG02;
- 2) 核服务厂房KLT20;
- 3) 储存厂房排风 KLF21(3 号)/KLF 22 (4 号); KLF20 (3 号机组)运输及装卸设备储存间
- 4) 反应堆厂房环形空间排风负压。  
——KLC02、 KLC13、 KLC23、 KLC33、 KLC43, 为反应堆厂房环形空间排风, 并保证该区域内的负压。

#### KLE30

- 辅助厂房房间排风并保证它们内部负压;
- 为其他厂房排风。

- 1) 安全厂房KLG02;
- 2) 核服务厂房KLT20;
- 3) KLC02、 KLC13、 KLC23、 KLC33、 KLC43为反应堆厂房环形空间排风。  
——维持辅助厂房、核服务厂房、安全厂房和反应堆厂房环形空间的控制区房间负压, 必要时, 对辅助厂房、核服务厂房、安全厂房和反应堆厂房环形空间的控制区房间排风进行净化。

辅助厂房排风系统KLE20、KLE30在核电站正常运行条件下, 以及核电站正常运行条件破坏情况下完成其功能, 功能如下:

- 必要的通风换气, 保持房间内空气温度和负压在规定范围内;
- 保证空气流从最小污染区流向最大污染区;
- 保证核电站房间内和核电站之外的放射性安全;
- 过滤器内空气净化程度, 按0.3微米最容易渗入微粒:
  - 放射性气溶胶, 99.99%;
  - 分子碘, 99.9%;
  - 碘有机化合物(甲基碘), 99%。

系统KLE10、KLE20、KLE30保持房间内空气温度在以下范围:

- 反应堆厂房包壳之间的环形空间, +5°C—+40°C;
- 安全厂房, +5°C—+45°C;
- 辅助厂房, +5°C—+45°C;
- 核服务厂房, +15°C—+30°C;



——固体放射性废料贮存库，工艺运输设备仓库， $+15^{\circ}\text{C}$ — $+40^{\circ}\text{C}$ ；新核燃料贮存库  
 $+15^{\circ}\text{C}$ — $+25^{\circ}\text{C}$

#### b) 系统组成

送风系统 KLE10 由两台均为 100%送风量的空调机组、风管和阀门组成。每台空调机组均由正常运行可靠供电系统的对应通道供电。该系统包括下述部件：

- 电加热阀；
- 预过滤器；
- 水加热器；
- 电加热器；
- 水冷却器；
- 变频风机。

KLE20 和 KLE30 系统都各自有两台 100%容量的风机，共用通风管道。每台风机都由正常可靠供电系统的对应系列供电。

KLE20 系统的每台风机包括下列部件：

- 隔离阀；
- 带变频控制器和电气旁路的变频风机
- 止回阀。

KLE30 系统的每台风机包括下列部件：

- 隔离阀；
- 带变频控制器和电气旁路的变频风机
- 止回阀。
- KLE30 系统还包括一套两台风机共用的过滤装置，包括气溶胶过滤器和碘吸附器。

#### c) 系统描述

—— 主送风系统 KLE10

被处理后的空气通过 KLE10 系统送到辅助厂房的各房间和走廊以及其它厂房的送风系统，送风温度保持在  $17^{\circ}\text{C}$ 。

通过改变送风量可控制相关厂房的负压。

—— 主排风系统 KLE20

在核电站正常运行工况下，并且排风不需要过滤时，空气由 KLE20 系统排风管路通过烟囱排放至室外环境中。KLE10 和 KLE20 系统为 100%容量运行，KLE30 系统不运行。



### ——带排风净化的主排风系统 KLE30

分为 2 种设计工况，一是一个厂房发生污染，一个是 2 个厂房同时发生污染。

第一种工况：当一个厂房探测到放射性泄漏时，系统从无净化的排风系统 KLE20 切换到带有净化的 KLE30。同时，KLE20 系统的风量自动降低，KLE30 系统的风量逐渐增加。KLE10 系统的风量不变。

第二种工况：当 2 个厂房同时发生污染时，根据通风机前负压传感器信号，平稳地将 KLE30 系统的风量增到 100%，排风经 KLE30 系统过滤器净化后排放到大气中。系统 KLE20 的通风机以 50% 的风量运行。

#### d) 预期的运行方式

在正常运行和预期运行事件下，系统运行。

#### 4.6.3.4.3.3 安全厂房

##### (1) 安全壳环形空间负压通风系统 KLC11/21/31/41

###### a) 设计目的

在设计考虑的事故状态下，通风系统 KLC11/21/31/41 用于保证和维持安全壳环形空间和安全厂房中的负压，且排风经通风烟囱排放到大气之前要先经过净化。

###### b) 系统组成

KLC11/21/31/41 系统由 4 个相似、但彼此独立的通道组成，共用通风管道。KLC11/21/31/41 系统包括四台排风机组，每台容量 100% 的机组、防火阀和风管。

排风机组包括下列部件：

- 止回阀；
- 除雾器；
- 电加热器；
- 空气冷却器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭隔离阀；
- 排风机。

###### c) 系统描述

接到安全壳内压力高于 0.129MPa 的信号，反应堆厂房环形空间和安全厂房边界上的密



闭隔离阀关闭，通过 KLC11/21/31/41 系统排风。反应堆厂房环形空间和安全厂房的排风经过过滤器过滤后，通过通风烟囱排放到大气。

KLC11/21/31/41 系统机组应该按安全壳中的压力升高自动投入。在主控室和备用控制室由操纵员控制。如果运行设备其中一台发生故障，根据压力信号启用另一通道中的备用机组。

安全壳中压力升高到大于 300 帕（余压）时，辅助厂房和安全厂房边界上的密封截止阀自动关闭。

反应堆厂房环形空间负压超过 400Pa 时，操纵员在 MCR 或 SCR 关闭一台或两台排风机组。如果负压低于 200Pa 时，操纵员启动一台或两台排风机组。过滤器着火时，防火阀关闭，排风机停运。

手动密闭隔离阀安装在 KLC11/21/31/41 与 KLG 系统的连接管上，作用是将安全厂房与环形空间隔离，以保证核电机组在丧失全部电源的超设计基准事故下，只从环形空间内的房间排风。在其它所有工况下，该阀门打开。

KLC11/21/31/41 系统由应急供电系统供电。

#### d) 预期的运行方式

在正常运行和预期运行事件下，KLC11/21/31/41 系统不运行。

在核电机组运行时，反应堆厂房环形空间负压系统处于备用状态（一旦事故发生即可投入运行）。

设计基准事故下，系统运行。

### (2) 安全厂房通风系统 KLG

#### a) 设计目的

送风和排风系统 KLG01、KLG02、KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 用于保证安全厂房房间必须的通风换气，并保持房间内的负压。循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 用于保证安全厂房 4 个安全通道房间的设计温度。

KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统用于保证 4 个安全通道房间的换气次数。

KLG14、KLG24、KLG34、KLG44 系统为 4 个安全系列楼梯间和电梯竖井加压送风系统，保证在火灾时为人员提供安全的逃生通道；KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统用于火灾时楼梯间的加压送风。

#### b) 系统组成

——循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 由循环冷却机组和风管组成；



——KLG01、KLG 02 KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统由安全厂房的送排风管与辅助厂房的 KLE10 和 KLE20(KLE30)系统管网相连。KLG01、KLG 02、KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统由密闭隔离阀、防火阀和风管组成，用于切断安全厂房与 KLE10、KLE20 的风管；

——KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统分别为安全厂房各通道的送排风系统，由防火阀和风管组成；

——KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统由通风机组和风管组成。在接收到安全厂房任意安全通道的火灾信号后，相应的加压送风系统将启动，为楼梯间送风。

### c) 系统描述

在设计基准事故、超设计基准事故以及事故后措施实施阶段，在系统维持其可操作性和与之连接的外部系统可用时，KLG01/02 与 KLE10、KLE20 系统风管连接的阀门执行其功能。如果安全壳内压力超过 0.129MPa，阀门保证切断安全厂房与 KLE10、KLE20 通风管网之间的联系，排风使用 KLC11/21/31/41。

循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 在正常条件、预期运行事件、设计基准事故、超设计基准事故以及事故后措施实施阶段，在与之连接的外部系统可用时，都要执行其功能，保证室内参数满足工艺要求。

在房间中的空气温度高于+40°C时，KLG11/KLG21/KLG31/KLG41 对应冷却系统装置投入，在房间中的空气温度低于+20°C时系统停运。

KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统在火灾时，保证楼梯间的正压。

#### 4.6.3.4.3.4 储存厂房

##### (1) 固体放射性废物储存库通风系统设计目的

KLF10 送风系统来自 KLE10 系统，送风至固体放射性废物厂房的各个房间，保证房间的正常换气，维持房间温度。

KLF20 排风系统将固体放射性废物厂房各个房间的排风排至 KLE20 系统。

KLF15 排风系统将运输通道中装载废物进入固体放射性废物厂房时产生的废气排出。

##### a) 系统组成及描述

KLF10 送风系统要求的风量来自位于辅助厂房的 KLE10 主送风系统。

KLF20 为固体放射性废物厂房各个房间排风，排风系统由防火阀和风管组成。



KLF15 排风系统将运输通道中装载废物进入固体放射性废物厂房时产生的废气排出。由风机、防冲击波阀、风管和柔性软管组成。

#### b) 预期的运行方式

在 NPP 正常运行工况、预期运行事件工况下，KLF10、KLF20 系统运行；在设计基准事故下，KLF10、KLF20 系统不运行。

在 NPP 正常运行工况，KLF15 系统运行，在预期运行事件工况、设计基准事故下，KLF15 系统不运行。

### (2) 新燃料储存厂房通风系统

#### a) 设计目的

KLF11 将系统 KLE10 送来的空气送至新核燃料贮存库房间，保证房间的正常换气，维持房间温度为+10°C—+35°C，相对空气湿度不大于 80。

KLF21 排风系统为新燃料储藏厂房房间排风。

KLF16 排风系统为运输通道排风，将运输中产生的废气排至室外。

#### b) 系统组成及描述

KLF11 送风系统要求的风量来自位于辅助厂房的 KLE10 送风系统，送风至新燃料储藏厂房的各个房间，当需要时启动电加热器，以保证新燃料储藏库的温度要求。

KLF21 排风系统由阀门和风管组成。排风排至室外。

KLF16 排风系统由风机、阀门和风管组成。排风排至室外。

#### c) 预期的运行方式

在 NPP 正常运行工况、预期运行事件工况下，KLF11、KLF21 系统运行；KLF16 在正常运行工况下运行，在预期运行事件工况、设计基准事故下，KLF16 系统不运行。

#### 4.6.3.4.3.5 通风烟囱

每台电力机组的通风烟囱高度 100m，靠近辅助厂房处。在机组正常运行工况下，通过烟囱的空气流量为 230500m<sup>3</sup>/h，在计划性维修工况下的空气流量为 228000m<sup>3</sup>/h，净化工况的空气流量为 151500（以上数据为一台机组运行时的风量）。烟囱中设有监测气态放射物质和记录排放废气放射性水平及流量的装置。

#### 4.6.3.5 放射性废气排放源项

正常运行期间气态放射性流出物主要来源于反应堆厂房通风系统、核辅助厂房通风系统、KPL30 放射性气体处理系统、KPL70 贮槽排气处理系统和汽轮机厂房的排放。

在设计工况下单台机组排放量：惰性气体的年排放量为 3.83E+04GBq/a，碘的年排放



量为  $5.46E-01\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为  $6.01E-01\text{GBq/a}$ ，气态氙的年排放量为  $2.92E+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的年排放量为  $3.31E+02\text{GBq/a}$ 。

在现实工况下单台机组排放量：惰性气体的年排放量为  $6.70E+03\text{GBq/a}$ ，碘的年排放量为  $8.81E-02\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为  $4.45E-01\text{GBq/a}$ ，气态氙的年排放量为  $2.04E+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的年排放量为  $8.39E+01\text{GBq/a}$ 。

#### 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系统用于收集和处理本工程产生的放射性固体废物，并对处理后的废物包进行暂存。放射性固体废物管理系统包括核辅助厂房（UKA）内的液体放射性废物转运系统（KPH）、固体放射性废物贮存厂房（41UKT）和厂址废物处理设施（T4UKT）内的相关系统。

##### 4.6.4.1 设计基准

本工程放射性固体废物处理系统设计基准如下：

——T4UKT 厂房设计寿命为 60 年。

——本工程需要处理的放射性固体废物包括废树脂、蒸残液、放射性泥浆和杂项干废物。

——核岛内液体放射性废物转运系统的旋流器泥浆接收槽为核安全 3 级；厂址废物处理设施内放射性废物处理系统的相关设备为非核安全级（NC）。

——核岛内的相关房间属于抗震类建筑，T4UKT 内湿废物贮存相关的房间为抗震类建筑，其余房间按当地设防地震烈度+1 度设计，即按抗震烈度 7 度设计。

——KPH 系统用于转运放射性废物，用于收集上游产生的放射性泥浆并具有废树脂、蒸残液和泥浆向厂房外转运的功能。

——41UKT 可用于存储大件废物和待解控废物。

——徐大堡核电厂放射性固体废物采用集中处理方式，放射性固体废物通过专用车辆转运至 T4UKT 处理，T4UKT 按处理厂址 6 台机组产生废物的能力进行设计。

——T4UKT 可对废树脂、蒸残液、放射性泥浆、杂项干废物进行处理，并设置特种洗衣房和废物暂存库。

——T4UKT 内的暂存库容量按厂址 6 台机组 2 年产生的废物量（设计值）进行设计，表面剂量率  $\leq 2\text{mSv/h}$  的废物包在“贮存区”暂存，表面剂量率  $> 2\text{mSv/h}$  的废物包在“贮存室”暂存。

——废树脂、蒸残液和泥浆采用干燥处理工艺，经处理后的装有干燥废物的 200L 钢桶



再装入混凝土高完整性容器（HIC），形成 HIC 废物包在 T4UKT 的暂存库内暂存。

——杂项干废物从源头上将杂项干废物按可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，潮湿干废物烘干后可燃物再归类入可燃干废物，不可燃干废物再按是否可压实进行分类处理。杂项干废物中的可燃废物采用外委焚烧处理，不可燃干废物采用分拣、干燥（如需要）、初级和超级压实（可压实废物）、水泥固定的工艺进行处理，最终处置废物包包装形式为 200L 钢桶（外委焚烧的焚烧灰按水泥固化考虑，计入本工程最终废物包量）。

——通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，与受轻微污染的大件物品送至 41UKT 或固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控；放射性水平异常的通风系统废过滤器芯作为干废物进行处理。

——为减少操作人员所受辐照，T4UKT 设置集中控制室，可进行遥控操作，并可借助闭路电视、仪表和报警系统监视其运行情况。

——常压贮槽考虑了足够的排气和溢流能力，以防贮槽内出现超压或负压；蒸残液接收槽、废树脂接收槽的房间设计滞留堰，以阻止贮槽破损时废物外流。

——承压设备、管道除有特殊要求的采用法兰连接、螺纹连接和快速拆卸接头外，其余均采用焊接，减少放射性废物泄漏。

——经处理后产生的最终废物包性能满足 GB12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》和 GB9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》的要求，水泥固定体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》的要求。

#### 4.6.4.2 系统组成

放射性固体废物处理系统包括核辅助厂房(UKA)内的液体放射性废物转运系统(KPH)、固体放射性废物贮存厂房(41UKT)和厂址废物处理设施(T4UKT)内的相关系统。

##### 1) KPH 系统

KPH 系统用于将核岛内液体放射性废物贮存系统(KPK)贮存的废树脂、蒸残液和疏水处理系统(KPF)产生的泥浆转运到相应的运输槽车。KPH 系统的设备位于机组辅助厂房(UKA)内，每台机组各设一套。3 号机组液体放射性废物转运系统(KPH)分为 4 个子系统：KPH10 子系统用于收集和转运泥浆，KPH20 子系统用于转运蒸残液，KPH30 子系统用于转运废树脂。KPH40 子系统用于卸载从 T4UKT 转运过来的放射性废液。4 号机组液体放射性废物转运系统(KPH)分为 3 个子系统：KPH10 子系统用于收集和转运泥浆，KPH20 子系统用于转运蒸残液，KPH30 子系统用于转运废树脂。

KPH 系统的主要设备为旋流器泥浆接收槽、旋流器泥浆泵和转运接口箱。



## 2) 41UKT

41UKT 用于暂存大件废物和待解控废物。主要设备是 2 台电动桥式吊车。

## 3) T4UKT

T4UKT 用于集中处理厂址机组产生的放射性固体废物，包括废树脂处理系统(KPM)、蒸残液处理系统(KPN)、干废物处理系统(KPG)、固体废物运送和水泥固定系统(KPD)、放射性固体废物暂存库(KPE50)、特种洗衣房(SRP)、放射性废液收集排放系统(KTD)和废物跟踪系统(KPY)。

蒸残液处理系统采用桶内烘干工艺，将蒸残液或旋流器泥浆分批次注入 200L 钢桶进行烘干。主要设备包括蒸残液运输车、蒸残液接收槽、桶内干燥器等。废树脂处理系统采用锥形干燥器对废树脂进行干燥，干燥后的树脂装入 200L 钢桶。主要设备包括废树脂运输车、废树脂接收槽、锥形干燥器等。

杂项干废物从源头上将杂项干废物按可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，潮湿干废物烘干后可燃物再归类入可燃干废物，可燃废物进行外委焚烧处理，不可燃干废物再按是否可压实在 T4UKT 进行分类处理。干废物处理系统对不可燃干废物进行分拣、压实和桶饼优选，主要设备包括干废物运输车、分拣装置、超级压实机、桶饼优选装置等。

固体废物运送和水泥固定系统用于钢桶在厂房内的传送和灌浆固定，主要设备包括辊道、轨道小车、水泥固定装置等。

放射性固体废物暂存库用于对 200L 钢桶废物包、混凝土 HIC 废物包和通风滤芯等进行暂存，暂存能力按 6 台机组 2 年产生的废物包量（设计值）设计，主要设备是 2 台数控吊车。

特种洗衣房用于对控制区内的工作服、工作鞋进行清洗、重复利用，主要设备包括洗衣机、干衣机、烘鞋机等。

放射性废液收集排放系统对厂房内的放射性废水进行收集，包括特种洗衣房洗涤废水、特下水和地面水，符合排放标准的废水监测排放，不符合排放标准的废水送往 3 号机组废液处理系统(KPF)进行处理。主要设备包括洗涤废水槽、特下水槽、地面水槽和相关泵、阀等。

废物跟踪系统用于监测和记录 T4UKT 内各类空桶、桶饼和废物包的信息，包括必要的打码、扫码识别、监视摄像头等设备和数据库。废物跟踪系统的总体要求是能够及时、准确跟踪 T4UKT 内的废物信息，满足电厂废物管理要求。



#### 4.6.4.3 系统运行

放射性固体废物处理系统包括核辅助厂房(UKA)内的液体放射性废物转运系统(KPH)、固体放射性废物贮存厂房(41UKT)和厂址废物处理设施(T4UKT)内的相关系统。

##### 1) KPH 系统运行

废树脂或蒸残液运输槽车停靠在 UKA 厂房外，然后打开接口箱间外墙上的边界门，再将槽车上的软管和快速接头通过导轨伸入 UKA 厂房内，保护套管安装在厂房外墙上并和槽车尾部配合起来，此时软管和快速接头中没有放射性介质，工作人员将快速接头连接在相应的接口箱上，将供电和信号电缆也通过插座连接到槽车上。

槽车连接完成以后，需进行软管和快速接头泄漏检测试验并确认槽车上各阀门和仪表处于正常状态，检查和试验完成后槽车处于可用状态。

向槽车装载完废树脂、蒸残液或泥浆以后，管道用除盐水进行冲洗，冲洗水流入运输槽车，然后快速接头断开，槽车上所有阀门处于关闭状态，废物装载完成，槽车可以离开 UKA 厂房将废物运往 T4UKT。

废树脂和蒸残液屏蔽运输槽车和厂房内的接口箱采用双球阀结构的干式快速接头，确保软管和快速接头无泄漏；软管和快速接头在断开前用除盐水进行冲洗，确保软管和快速接头中无废树脂或蒸残液残留；槽车和厂房内的接口箱可以接收偶然发生的极少量滴漏废液，防止放射性物质外泄造成污染。这些措施保证了废树脂和蒸残液通过软管输送过程中的密封性和安全性，确保转运安全。

3 号机组还可以将 T4UKT 产生的放射性废液使用 KPN 系统的蒸残液运输槽车运输至核岛内 31UKA 厂房。当槽车与接口箱连接完成后，开启 KPH 系统放射性废液卸载管线上的相应阀门，通过 KPH 系统的废液接收泵将放射性废液泵送到 KPF 系统放射性废液贮槽中。输送完成后用除盐水冲洗管道、快速接头和槽车软管。

##### 2) 41UKT

41UKT 内设置两台电动桥式吊车，大件废物或待清洁解控废物运输到 41UKT 厂房，用吊车将废物吊运至相应位置存放。废物外运时再用吊车将其装载到运输车上。设施和设备的设计考虑了辐射防护功能，减少人员的受辐照量。

##### 3) T4UKT

T4UKT 用于集中处理厂址机组产生的放射性固体废物，包括废树脂处理系统、蒸残液处理系统、干废物处理系统、固体废物运送和水泥固定系统、放射性固体废物暂存库、特种洗衣房、放射性废液收集排放系统和废物跟踪系统。



#### a) 蒸残液处理系统运行

在 UKA 厂房通过液体放射性废物转运系统（KPH）将核岛产生的蒸残液和泥浆装载到蒸残液和泥浆屏蔽运输槽车并运输到 T4UKT。槽车卸载完蒸残液和泥浆以后，管道用除盐水进行冲洗，冲洗水流入运输槽车，槽车内的冲洗水可以泵送到蒸残液和泥浆接收槽中，然后断开快速接头，蒸残液和泥浆卸载完成。考虑蒸残液中硼含量较高时的结晶影响，为了能够在气温相对较低的条件下也能进行蒸残液运输和处理，蒸残液运输槽车和 KPN 系统贮槽和输送管路设置必要的保温和伴热措施。蒸残液运输槽车的屏蔽容器由奥氏体不锈钢的内箱体和碳钢屏蔽的外箱体构成，可保证运输废物时外表面的剂量率水平不超过 2mSv/h。屏蔽转运容器顶部设有带截止阀的蒸残液管和排气管，这些管道连接到软管和双球阀快速接头，通过快速接头与厂房的管路连接。蒸残液运输槽车设有泄漏探测装置，防止转运过程中容器内的液体向环境泄漏。

蒸残液和泥浆贮存在 T4UKT 的蒸残液接收槽中，蒸残液接收槽采用压缩空气对蒸残液、泥浆进行混合搅拌，以满足处理的要求，蒸残液和泥浆通过计量泵送到桶内干燥器。当桶内干燥器内的 200L 钢桶到达指定液位后，连锁关闭计量泵。钢桶侧面和底部的加热装置开始加热，在蒸发一定量的水分后，再分批次加入浓缩液和泥浆，达到设定的液位。干燥过程反复进行，直到桶内充满固体，停止加入蒸残液。当 200L 钢桶内的固态物满足装填率要求后进行封盖，再转运至放射性固体废物暂存库进行 HIC 封装。桶内干燥产生的蒸汽经过除沫器后被送入冷凝器，冷凝液排往放射性废液收集系统，不凝气体经高效过滤器和除碘后排往厂房通风系统。蒸残液处理相关的设备、阀门、管道等设置保温和伴热，防止蒸残液结晶。

#### b) 废树脂处理系统运行

在 UKA 厂房通过 KPH 系统将核岛产生的废树脂装载到废树脂运输槽车并运输到 T4UKT。槽车卸载完废树脂以后，管道用除盐水进行冲洗，冲洗水流入运输槽车，槽车内的冲洗水可以泵送到废树脂接收槽中，然后断开快速接头，废树脂卸载完成。废树脂运输槽车的屏蔽容器由奥氏体不锈钢的内箱体和碳钢屏蔽的外箱体构成，可保证运输废物时外表面的剂量率水平不超过 2mSv/h。废树脂运输槽车上设有废树脂装卸料、冲排水和设备排气的管路和快速接头，通过快速接头与厂房内的接口箱连接。快速接头应采用双球阀型干式快速接头，运行及拆装时不应有液体流出或滴落。废树脂运输槽车设有泄漏探测装置，防止转运过程中容器内的液体向环境泄漏。



废树脂贮存在 T4UKT 的废树脂接收槽中，废树脂接收槽设有搅拌装置以防止废树脂沉积，树脂接收槽底部设置有带过滤器的排水口并连接至排水泵，用于调整树脂接收槽内的水的液位，排出多余的水。废树脂冲排水槽用于收集废树脂处理系统的冲排水可以进行重复利用，不再复用的冲排水通过冲排水泵排入厂房废液收集系统进行处理。

需要进行处理时，通过废树脂输送泵（具有计量功能）将废树脂接收槽中的废树脂泵送到废树脂锥形干燥器。锥形干燥器采用热油单元对干燥器导热油进行加热，导热油运行温度可达 200℃，循环导热油进入干燥器的热油夹套，对干燥器进行加热，使干燥器内的水分蒸发，对树脂进行烘干，烘干过程中启动干燥器内的搅拌器，对树脂进行搅拌，增加系统的热交换能力。烘干后，废树脂装入 200L 钢桶，满足装填率要求后进行封盖，再转运至放射性固体废物暂存库进行封装。树脂烘干过程中通过真空泵维持干燥器微负压状态，热空气进入冷凝器进行冷凝。冷凝液排入厂房的放射性废液收集系统，尾气进入高效过滤器除碘过滤后接入厂房通风系统。

#### c) 干废物处理系统运行

杂项干废物从源头上将杂项干废物按可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，用杂项干废物运输车运往 T4UKT，卸载到废物暂存间。潮湿干废物烘干后可燃物再归类入可燃干废物，可燃废物进行外委焚烧处理，不可燃干废物再按是否可压实在 T4UKT 进行分类处理。需要处理时，用带钢制货箱的运输小车将干废物转运到分拣箱，进行分拣、必要的剪切和初级压实；其中含水的潮湿废物先送到干燥器进行干燥后再分拣。可压实废物在 160L 桶内初级压实，经初压后的 160L 桶通过辊道送到超级压实机压实成桶饼，桶饼经优选装入 200L 钢桶送往水泥固定装置灌浆固定。可直接超级压实废物装入 160L 桶，经 160L 桶封盖装置加盖、超级压实机压实成桶饼、通过桶饼优选装置将优选后的桶饼装入 200L 桶，送往水泥固定。不可压实废物直接装入 200L 钢桶，送往水泥固定装置灌浆固定。

#### d) 固体废物运送和水泥固定系统运行

固体废物运送和水泥固定系统用于转运空的或装有废物的钢桶，并对装有废物或桶饼的 200L 钢桶进行灌浆固定。空钢桶或装有废物的钢桶由辊道或轨道小车送到相应房间的工位上。水泥浆制备设备用水泥、添加剂和水制成水泥浆，水泥浆可以靠重力直接加注到灌浆固定工位上的 200L 钢桶中，水泥固定后的 200L 钢桶经养护后运送到废物暂存库暂存。水泥固定设备用于对超压桶饼、不可压干废物和废过滤器芯进行水泥固定处理，包括物料计量与输送、水泥浆制备与排料、设备清洗、必要的钢桶自动取封盖设备等，水泥固定的



包装容器为 200L 钢桶。水泥固定设备和相关房间应重点防范粉尘危害，满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）要求。

#### e) 放射性固体废物暂存库

放射性固体废物暂存库用于暂存厂址机组产生的废物包，容量按 6 台机组 2 年产生的废物包（设计值）设计。放射性固体废物暂存库包括 HIC 废物包贮存室、HIC 废物包贮存区、200L 废物桶贮存室、200L 废物桶贮存区和 HIC 灌浆区。“贮存区”用于贮存表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$  的废物包，“贮存室”用于贮存表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$  的废物包，贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。200L 废物桶贮存室每个贮存单元能够容纳 5 个垂直码放的 200L 金属桶，HIC 废物包贮存室每个贮存单元能够容纳 4 个垂直码放的 HIC 废物包。每个贮存单元上方均覆有金属防护盖板。放射性固体废物暂存库内设有 2 台双梁远距离数控起重机，用于吊运废物包和盖板。灌浆区对装有烘干废树脂和蒸残液盐块的 200L 钢桶进行装混凝土 HIC 二次包装。灌浆后的 HIC 废物包先进行养护，养护期满后根据表面剂量率水平吊运至相应的贮存区进行暂存。其中控制区内产生的废液输送至废液排放系统（KTD）；监督区产生废液经地漏排至生产废水系统，产生的砂浆废物按照非放废物处理。

#### f) 特种洗衣房运行

SRP 系统工艺处理过程包括：

- 洗涤前的检测及处理；
- 洗涤和脱水；
- 烘干；
- 烘干后的检测及处理；
- 平整、折叠和分发。

##### （1）洗涤前的检测及处理

核电厂放射性控制区产生的脏衣物按外衣、内衣、鞋子、袜子、棉帽等进行分类收集，由脏衣物运输车转运至 T4UKT 的洗衣房。

转运到 T4UKT 特种洗衣房的脏衣物可在脏衣物暂存间临时存放，或直接经衣物分拣检测仪分拣检测合格后送去洗涤。对经衣物分拣检测仪分拣出来不能满足洗涤要求的衣物，直接作为放射性废物处理。

##### （2）脏衣物洗涤

SRP 系统设有 7 台 100kg 洗衣机，用于对脏衣物、工作鞋进行洗涤。



洗衣机的操作程序根据衣物的种类和污染程度制定，正常情况下采用一洗两漂的操作程序。洗涤后的衣物在洗衣机和洗鞋机中完成脱水。洗涤和脱水过程中产生的洗涤液自流入放射性废液收集和排放系统（KTD）。

### （3）净衣物烘干

SPR 系统设有 4 台 100kg 干衣机，3 台 72 双烘鞋机。用于对洗涤后的衣物进行烘干。完成脱水处理后的衣物用手推车转运到烘干机和烘鞋机中进行烘干。

### （4）烘干后的检测及处理

烘干后的衣物逐件经衣物分拣检测仪检测。若洗涤后的衣物超标则重新进行二次洗涤。经再次洗涤后的衣物仍然超过规定值时，就将这些衣物作为放射性废物处理。

### （5）净衣物整理

烘干且经检测合格的衣物，用手推车转运到净衣物整理间，进行平整、折叠后，用手推车送至暂存间暂存或发放。

### g) 放射性废液收集排放系统运行

放射性废水收集和排放系统（KTD）有四个子系统，分别为洗涤废水收集子系统（KTD10）、特下水收集子系统（KTD20）和地面水收集子系统（KTD30）和地漏水收集子系统（KTD40）。用于收集 T4UKT 厂房的特种洗衣房、KPM/KPN 等工艺系统排水、厂房地面水、暂存库排水，T1UST 厂房、废油暂存库厂区实验室、特种车库等 BOP 子项排水。

KTD10 子系统洗涤废水接收槽主要用于收集 T4UKT 厂房特种洗衣房的洗涤废水、T4UKT 厂房淋浴水、部分 T1UST 厂房去污和热检修车间放射性废液收集系统排水。KTD10 子系统设置三台洗涤废水接收槽，一台接收完废液后进行循环取样分析和待排放，一台用于接收废液，一台备用。洗涤废水接收槽间具有滞留功能，滞留容积大于三台贮槽破裂废水量。每台贮槽配有一台洗涤废水泵，贮槽达到高液位时，由运行人员操作启泵，循环搅拌贮槽内的废液，取样分析合格则在线监测排放，不合格则经 KTD20 管线送至特下水槽，统一输送到疏水处理系统（KPF）处理。三台监测排放泵共用一条排放管线，排放管线上设置流量计和辐射监测仪，用于监测废水的放射性水平。废水放射性浓度超过排放控制值时，联锁关闭排放管线上的气动隔离阀，以实现对流出物受控排放。

KTD20 子系统设置两台特下水槽和两台特下水泵，一台用于接收废液，另一台用于接收完废液后开展处理。特下水槽间具有滞留功能，滞留容积要能够包容两台特下水槽破裂废液量。特下水槽主要用于收集 T4UKT 各系统产生的工艺废液、部分 T1UZD 厂房特种汽



车库排水、部分 T1UKT 放射性废油暂存库排水、部分 T3USV 厂区实验室地方废液收集系统排水、部分 T1UST 厂房去污和热检修车间放射性废液收集系统排水。每台贮槽配有一台特下水泵，贮槽达到高液位后开展处理。

KTD30 子系统设置两台地面排水槽和两台地面排水泵，一台用于接收废液，另一台用于接收完废液后开展处理。地面排水槽间具有滞留功能，滞留容积要能够包容两台地面排水槽破裂废液量。地面排水槽主要用于接收 T4UKT 正常运行期间产生的地面排水以及卫生出入口排水。每台贮槽配有一台地面排水水泵，贮槽达到高液位后开展处理。

KTD40 子系统收集 T4UKT 正常运行期间产生的地漏水，通过地漏和管道输送至地面排水槽。

#### 4.6.4.4 废物最小化

本工程在废物最小化方面主要通过源头控制、分类收集处理、改进处理工艺和提升运行管理水平来实现，通过优化设计方案和强化管理措施减少放射性废物产生量，提高废物最小化水平。

源头控制方面：

——根据核电站的运行经验，影响废物产生量的主要因素包括：运行管理水平，相关设备的完好状态，放射性废物产生及消耗材料的使用。在严格的规章制度下，安全稳定运行的同时，采用可靠性高的设备，能够有效减少设备的泄漏和维修。

分类收集处理方面：

——二回路除盐床产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入容器桶，送到专门区域进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，经监管部门批准可作为非放废物处理。

——通风系统的废过滤器芯表面剂量率水平很低，大部分核素是短寿命的，送到废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，等待清洁解控。

——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 T4UKT 废物暂存库的专门区域或 41UKT 进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行清洁解控或外运熔炼处理。

——对于不可压实废物中的金属部件进行贮存衰变，后续阶段可以去污后进行再利用或外运熔炼处理。

——对核电站运行和维修过程中所产生的废物严格分类收集、处理。

处理工艺方面：



——采用先进、可靠的工艺，对废树脂采用烘干装 HIC 的方法处理，对蒸残液和泥浆采用蒸发、桶内干燥后装 HIC 的方法处理，相对于传统的水泥固化工艺可以更有效减容。

——杂项干废物从源头上将杂项干废物按可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，潮湿干废物烘干后可燃物再归类入可燃干废物，不可燃干废物再按是否可压实进行分类处理。厂内运输采用箱式封闭货车，防止运输过程废物掉落或扩散。杂项干废物中的可燃废物采用外委焚烧处理，不可燃干废物采用分拣、干燥（如需要）、初级和超级压实（可压实废物）、水泥固定的工艺进行处理，最终废物包包装形式为 200L 钢桶（外委焚烧的焚烧灰按水泥固化考虑，计入本工程最终废物包量）。

在运行方面：

——加强宣传与培训，将放射性废物管理相关内容列入员工基本安全授权培训与考核内容中，培养员工的最小化理念，提高员工环保意识，养成良好的作业习惯。

——提高产生废物的系统安全稳定运行，最大限度地减少停机停堆和可能导致增加放射性废物产生量的瞬变及腐蚀、活化产物的产生和沉积，防止燃料元件破损和反应堆主回路及相关系统的放射性泄漏。

——优化设备管理，优化预防性维修计划，选用免维护或维修率低的设备，改进设备运行状态，减少设备的跑、冒、滴、漏。

——防止误操作引起跑水，最大限度地减少放射性的排出。尤其是在换料大修期间，防止由于设备隔离和在线错误导致大量跑水和增加废水量。

——改善除盐床的运行条件，同时优化废水处理，合理调度，延长树脂使用寿命，有效地减少废树脂的产量。

——制定周密的检修计划，利用布置好的同一个工作现场，完成机械、仪表、电气等检修工作，防止重复铺设塑料布或搭设 SAS 负压棚。

——严格分类收集、存放和处理废物，以减少废物货包的数量和体积。

——加强控制区内人员和物项管理，控制不必要人员进入辐射控制区，严格控制一次性消耗材料的使用量，合理使用辐射防护用品。

——加强防护用品重复使用管理，减少可压实废物的产生量。

——尽量对放射性污染的工具、零件、防护用品等物品去污，重复利用。

——对符合豁免或清洁解控条件的废物及时申请豁免或解控。

——随着放射性废物处理技术的不断优化发展和最小化良好实践的推广。在满足相关政策条件的条件下，以处置为核心，可采取除本工程设计的处理工艺外的其他处理技术进行减



容处理，也可利用具有相应资质和能力的国家或区域集中处理、处置设施进行减容处理，以减少废物最终处置体积。如：

- 针对极低放废物，可采取极低放废物填埋进行处置；
- 针对放射性金属废物，可采取拆解、分拣熔融再利用。

#### 4.6.4.5 废物最终处置

本工程需要处置的是混凝土 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包，废物包在废物暂存库存放一定年限后，按计划运往放射性废物处置场。

放射性固体废物包运输的起点为 T4UKT，运输终点为放射性废物处置场。放射性废物厂外运输将遵守 GB11806-2019《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，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。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处置政策。

#### 4.6.4.6 放射性固体废物源项

3、4 号机组产生的放射性固体废物包括废树脂、蒸残液、旋流器泥浆和杂项干废物。

##### a) 废树脂

废树脂来源于下列系统的除盐器：

——燃料水池和含硼水箱水净化系统（FAL）、一回路冷却剂净化系统（KBE）、冷却剂贮存系统（KBB）、一回路冷却剂处理系统（KBF）产生的废树脂送入废树脂贮槽；

——疏水处理系统（KPF）产生的废树脂送入废树脂贮槽；

——重要用户中间冷却回路（KAA）和蒸汽发生器排污水净化系统（LCQ-2）的废树脂进行贮存衰变。

废树脂中的放射性核素包括 Cs-137、I-131、Co-60 和其他核素。

##### b) 蒸残液和泥浆

蒸残液来自疏水处理系统（KPF）的蒸发器，是主要含硼酸钠、硼酸或其它化合物的水溶液。

泥浆主要来自疏水处理系统（KPF），含不溶固态物质。

蒸残液和泥浆中的放射性核素包括 Cs-137、I-131、Co-60 和其他核素。

##### c) 杂项干废物

核电厂内的杂项干废物包括受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等。它们



在产生地分类收集在塑料袋内后送到厂址废物处理设施（T4UKT），可燃干废物外运焚烧处理，其他放射性固体废物在 T4UKT 在设计上采用了技术先进、减容效果好的固体废物处理工艺进行处理，减少最终废物包产生量。

根据国内核电厂运行数据，杂项干废物中主要核素为 Zr-95、Co-60、Cr-51、Nb-95 等。

#### 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，其功能是把从反应堆卸出的乏燃料组件运送到乏燃料贮存水池中的乏燃料贮存格架中贮存。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。

在贮存过程中乏燃料组件经过冷却、衰变，达到乏燃料运输容器运输的限值后，将乏燃料组件从贮存水池中取出，装入乏燃料运输容器准备从核电厂运出。

##### 4.6.5.1 设计准则

乏燃料贮存系统设计准则如下：

- 1) 乏燃料贮存系统设计按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；
- 2) 反应堆及其堆芯卸出的燃料组件的转运、检查，以及贮存和冷却设施、设备都布置在安全壳内；
- 3) 用一台装卸料机在防护水层下进行反应堆换料和转运；
- 4) 在安全壳内的乏燃料贮存水池内贮存乏燃料组件，经过贮存、冷却使其放射性和衰变热降到可运输的允许值；
- 5) 乏燃料贮存水池的贮存容量满足燃料组件的贮存要求；
- 6) 燃料组件的装卸、操作和贮存其次临界度应不小于0.05；
- 7) 从反应堆卸出的乏燃料组件、控制棒组件放置在乏燃料贮存水池的乏燃料贮存格架中贮存。核电站运行期间，乏燃料水池温度不超过50℃；在反应堆换料期间，水池温度不超过60℃；
- 8) 将贮存冷却后的乏燃料组件装入乏燃料运输容器准备从核电厂运出。

##### 4.6.5.2 系统描述

从反应堆中卸出的乏燃料组件由装卸料机在防护水层下转运至乏燃料贮存水池的乏燃料贮存格架中存放、冷却，经若干年后其放射性和衰变热衰减到运输要求的允许值后可装入乏燃料运输容器运出核电厂。

乏燃料贮存水池位于反应堆安全壳内，靠近反应堆布置。乏燃料组件在冷却水池中采



用强迫循环冷却。

乏燃料贮存水池设有水池冷却和净化系统，用以排出乏燃料组件在贮存期产生的衰变热，并按水质要求净化池水。水池内壁是不锈钢覆面，保证在寿期内不泄漏。水池还设有不锈钢覆面泄漏监测系统，在寿期内可随时监测覆面的密封性。

当乏燃料贮存水池装满乏燃料组件时，池水的深度保证满足辐射防护的安全要求。

#### 4.6.5.3 乏燃料贮存系统及其防护安全措施

为保证乏燃料组件的安全装卸和贮存，在设计中采用了如下防护安全措施：

- 1) 乏燃料组件从反应堆中卸出和转运到乏燃料贮存水池的乏燃料贮存架中贮存，是在足够深的防护水层下用专用程序控制的装卸料机来完成的。
- 2) 乏燃料组件在水池中贮存期间有相应的冷却和净化系统保证导出乏燃料组件产生的剩余热量和池水的净化，保证池水中的放射性物质及杂物在限值之内，以保证工作人员的辐射安全。
- 3) 乏燃料贮存水池设有不锈钢覆面，防止腐蚀和泄漏。为监测水池覆面的密封性设有水池覆面泄漏监测系统，一旦发现泄漏可以及时进行维修。
- 4) 为防止贮存的燃料组件在事故情况下可能发生过热，乏燃料贮存系统的贮存设备、设施及其冷却系统的设计既要保证满足燃料组件的冷却要求，又要保证贮存水池无失水和意外排放的可能。
- 5) 乏燃料贮存水池布置在反应堆安全壳内，对贮存水池池水表面蒸发的水蒸汽采取通风措施，不使其扩散，由安全壳内排出的气体经过滤和放射性监测系统监测达到所要求的限值后方能排入大气，保证不污染环境。
- 6) 为满足乏燃料贮存的核安全要求，采用乏燃料贮存格架，并用相应浓度含硼水充满水池，保证乏燃料贮存的次临界度不小于0.05。
- 7) 在乏燃料贮存水池正常运行情况下对水池水位、水温和含硼浓度进行监测，并设有放射性超剂量报警装置。
- 8) 乏燃料贮存系统的主要设施和设备都按相应的安全标准、规范进行设计，并根据相应的抗震类别、安全等级和质保等级制造、安装，以确保在SL-1和SL-2工况下乏燃料的安全装卸和贮存。
- 9) 乏燃料贮存系统的运行和操作都在安全壳内按严格的程序和规程进行，因此不会对环境及居民健康产生不利影响。



## 4.7 非放射性废物处理系统

### 4.7.1 化学污染物

为满足本工程的运行要求，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数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证产水水质并实现以下目的：避免设备的腐蚀和结垢、去除水中的氧、调整水的 pH 值、水处理用树脂的再生、防止海生物的附着和繁殖、化学清洗等。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

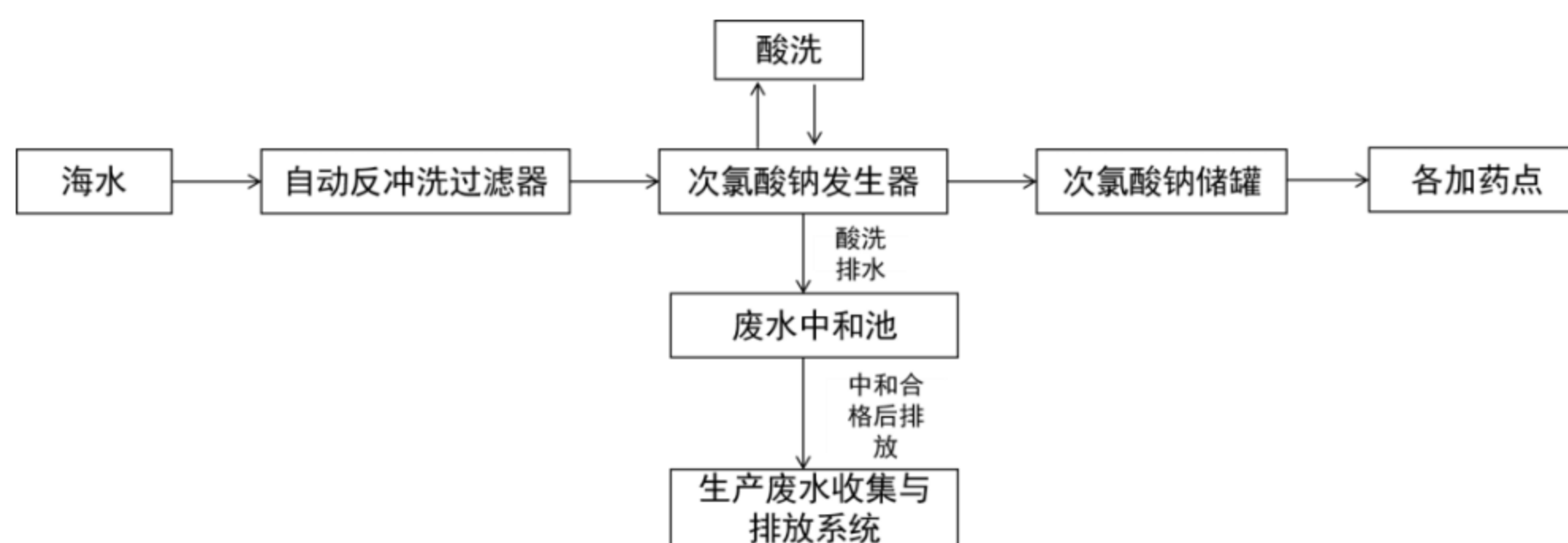
本工程释放到环境中的化学物质主要产生于次氯酸钠生产与分配系统、海水淡化系统、除盐水生产系统、凝结水精处理系统等环节。

##### （1）次氯酸钠生产与分配系统

次氯酸钠生产与分配系统的功能是对流经主冷却水机械净化系统、重要厂用水系统机械清洁系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，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管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

本工程采用电解海水的工艺制取次氯酸钠，在联合泵房的主冷却水机械净化系统、重要厂用水系统机械清洁系统的海水中连续投加次氯酸钠，加药浓度根据季节及实际需求相应调整。

次氯酸钠生产与分配系统的生产废水来源、处理及排放见流程简图如下：



##### （2）海水淡化系统

海水淡化系统功能为向除盐水生产系统、生产水系统提供原水。海水淡化系统采用“混合反应沉淀池+V 型滤池+超滤+两级反渗透”处理工艺。

本期工程海水淡化系统的浓盐水最大排放量约为 14080m<sup>3</sup>/d。

海水淡化系统加入的化学物质主要为三氯化铁、聚丙烯酰胺、次氯酸钠、盐酸、氢氧



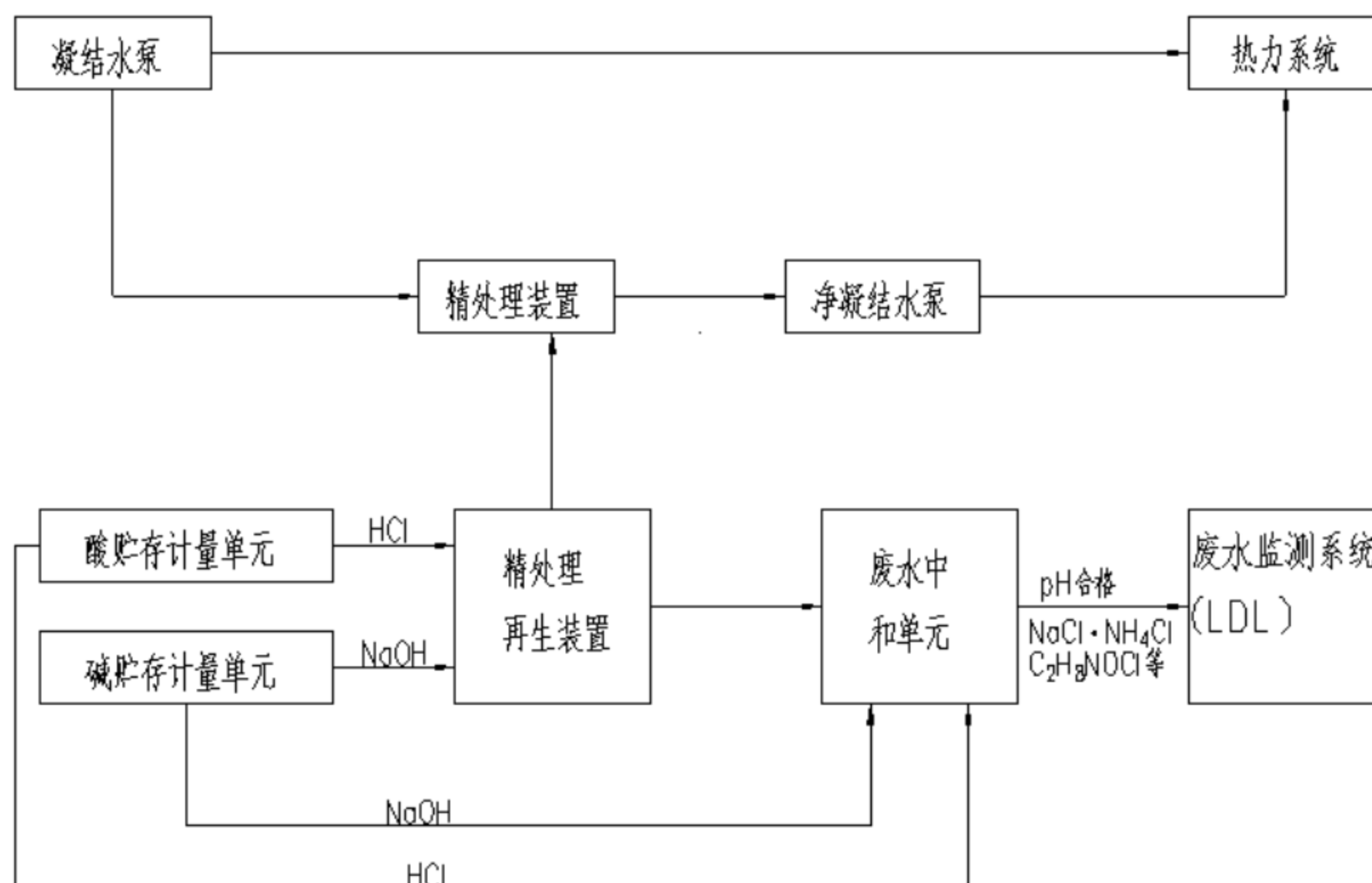
化钠、阻垢剂和  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 。

### （3）除盐水生产系统

除盐水生产系统原水为海水淡化系统的二级反渗透产水，原水经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器深废水中和池中废水经过酸碱中和调节 pH 至 6~9 后由生产废水管网排至虹吸井，最终排至大海，排放水质指标符合《污水综合排放标准》（GB8978-1996）及辽宁省地方标准《污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）要求。

### （4）凝结水精处理系统

凝结水精处理系统采用“前置阳床+高速混床”工艺，系统设计流程为：凝结水泵来水→前置阳床→高速混床→净凝结水泵→返回热力系统，离子交换树脂的再生需要使用盐酸和氢氧化钠。凝结水精处理产生的酸碱废水排至废水中和池，通过加碱或加酸进行中和处理，使 pH 值达到 6~9 后排放。凝结水精处理系统酸废水处理简易流程图如下：↵



### （5）液态流出物来源及排放

核岛内的放射性废液由特种下水收集系统（KT\*）分类收集后送至液体放射性废物处理系统（KPF）进行蒸发或离子交换处理。通过  $\text{NaOH}$  对蒸发单元前贮槽内的废液进行 pH 调节以保证处理工艺的需要。

放射性废物处理设施（T4UKT）释放到环境中的化学物质主要产生于特种洗衣房系统（SRP）的洗涤废水和固体废物暂存库 HIC 封装设备清洗水，然后由放射性废液收集和排放系统（KTD）进行收集和排放。其中 SRP 系统运行过程中使用的化学物质为洗衣粉。



为保证徐大堡 3、4 号机组固体废物暂存库中 HIC 封装设备的正常运行，需要对设备运行后进行清洗，清洗过程产生的清洗水需要进行一定的处理后排放。HIC 封装设备是按照一定比例配置水泥、砂、固体添加剂的水泥砂浆对 HIC 容器进行封装。设备使用完成后需对设备进行清洗，避免水泥砂浆残留在设备中。设备清洗水中含有一定量的水泥原料、砂及添加剂。除砂外，其余原料在水中呈水合物状态。设备清洗水经过除砂、沉淀、絮凝、加入  $H_2SO_4$  调节 pH 值后进行排放，在絮凝和 pH 值调节工艺过程中，部分溶于水的化学物质也将随着排水进入排水管网进入环境中。絮凝后的清洗水 pH 值约在 12 左右，加入  $H_2SO_4$  后，其 pH 值在 6~9。

#### 4.7.1.2 废水来源及排放

本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：

- 次氯酸钠生产与分配系统；
- 海水淡化系统；
- 除盐水生产系统；
- 凝结水精处理；
- 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。

#### 4.7.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括核电站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 1.6 吨/天。

生活污水来自厂区、厂前区、其它设施区的各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备以及洗衣房等处的非放射性生活污水。本工程运行期产生的生活污水规划送至徐大堡镇污水处理厂，设计处理规模  $1500m^3/d$ ，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，部分送回厂区用于绿化、洗车、道路浇洒等。

本工程正常运行期间生活污水产生量约为  $137m^3/d$ ，大修期增加  $101m^3/d$ 。生活污水处理站处理能力可满足本工程需要。

#### 4.7.3 其它废物

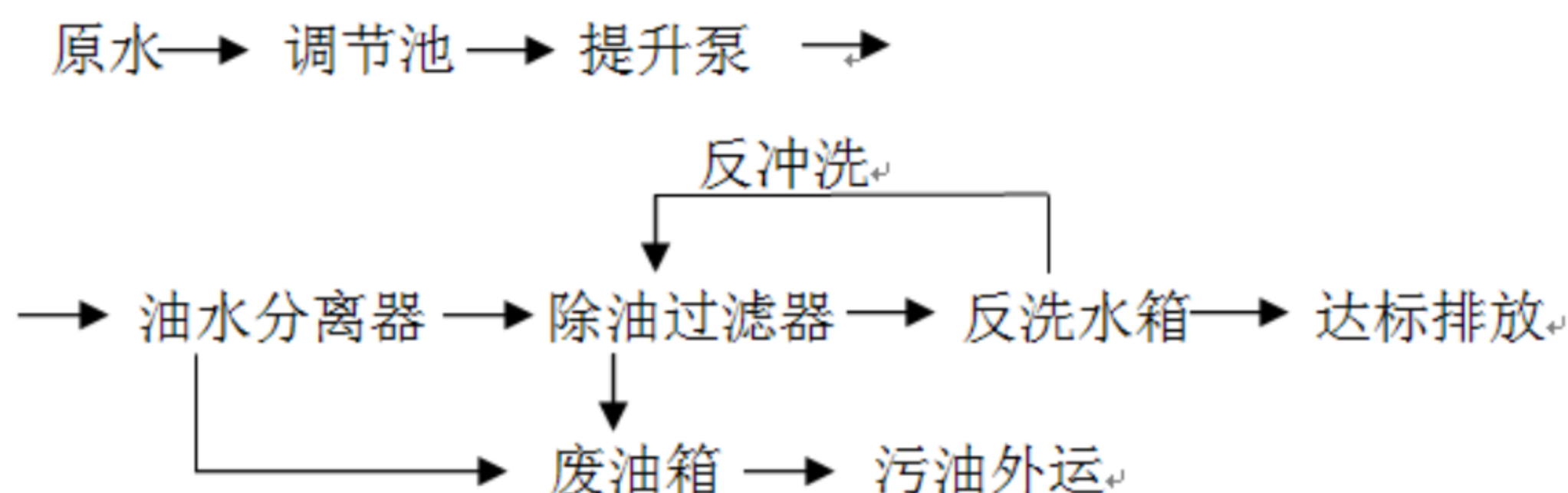
##### 4.7.3.1 非放射性生产废水

本工程通过室外管网收集汽机厂房、应急柴油发电机房、变压器事故油坑、保卫控制



中心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。非放射性含油废水处理站设计规模  $2 \times 5 \text{m}^3/\text{h}$ 。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）中表 1 的相关要求（石油类  $\leq 3 \text{mg/L}$ ），最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

非放射性含油废水处理流程图如下：



运行期部分非放射性生产废水，如除盐水系统、海水淡化系统等产生的酸碱废水，经酸碱中和处理后满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中表 1 的相关要求，经处理达标的非放射性生产废水排入虹吸井后排入大海。

除上述非放含油废水、酸碱废水外的其他非放生产废水主要包括如辅助给水箱、超滤水箱、淡水箱、除盐水贮存箱等设备的排空水和泄漏水，地下工艺管廊集水坑排水、空调设备冷却水排水等，满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中表 1 相关要求的较清洁非放射性生产废水，监测达标直接排海。

#### 4.7.3.2 固体废物

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业固体废物和危险废物。参考其他项目运行经验反馈，本工程两台机组正常运行期间，一般工业固体废物年产生量约 405 t，其中可回收类一般工业固体废物（木材、纸壳、零星废金属等）约 50t，不可回收类一般工业固体废物（废塑料、废橡胶、海洋垃圾、废树脂、废保温棉等）约 355t。

一般工业固体废物主要为海水淡化处理、生活污水处理过程中产生的污泥、膜组件和除盐水处理过程中采用的膜组件、使用的离子交换树脂等。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。

除盐水生产工艺设计、海水淡化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除盐水处理膜元件的使用情况，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。经除盐水工艺、海水淡化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。

一般工业固体废物种类、处理去向及管控措施如下表。

种类	去向	管控措施
1. 可回收固体废物		
木材	各种回收废旧物资的单位	1) 厂内设置固定收集点收集； 2) 产废处室投放至指定收集点； 3) 管理固体废物的责任处室定期收集，移交商务合同处处置（卖给废旧物资回收单位）
纸壳		
零星废金属		
2. 不可回收固体废物		
废塑料	外部处置单位	1) 厂内设置固定收集点收集，收集点设置标识牌，并采取必要的防范措施防止固废的扬散、流失、渗漏等； 2) 产废处室投放至指定收集点； 3) 管理固体废物的责任处室定期对不可回收一般工业固体废物收集点进行巡检和管理，并填写《一般工业固体废物产生清单》； 4) 委托外部处置单位对固体废物进行转移和处置，填写《一般固体废物管理》每日一次，《一般工业固体废物出厂环节记录表》每月一次，《一般工业固体废物流向汇总表》每月一次，《一般工业固体废物年度产生台账》每年一次； 通过以上措施，确保固体废物处理流程可控。
废橡胶		
海洋垃圾		
废树脂		
废保温棉		

危险废物在厂区内收集、贮存，委托有危险废物经营许可证的有资质单位外运处置。

本工程设有与前期工程共用的危险废物暂存库，集中分类暂存，日常建立危险废物台账并设专人看管，通过与持有合法有效的《危险废物经营许可证》的危废经营单位签订处置合同，将本工程产生的各类危废外运转移至危废经营单位（合同乙方），通过利用、焚烧、填埋等方式处理。徐大堡核电厂建有 1 座危险废物贮存库，1 层，设置 8 个功能分区。按照“减量化、资源化、无害化”原则对固体废物进行分类收集、处理和处置，日常建立危险废物台账并设专人看管，定期组织符合要求的单位进行合规处理。



## 4.8 放射性物质厂内运输

### 4.8.1 新燃料运输

新燃料组件运输采用的新燃料运输容器的设计和制造遵守俄罗斯放射性物质运输规定，并满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

新燃料运输容器由左右两个圆柱形筒体焊接而成。容器的上部设有吊装耳板，以便于起吊容器。每台容器可以装载两组燃料组件。

新燃料组件及其运输容器有良好的抗震和密封性能，在正常运输条件下，能确保运输过程中的安全，对环境不会产生任何有害辐射影响。在事故情况下，即使容器本身发生变形，内装燃料也满足临界安全准则的要求，不会发生临界反应，而且燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。尤其是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。

本工程新燃料组件由燃料生产厂利用运输容器运至本工程的新燃料贮存库。

### 4.8.2 乏燃料运输

从核电厂卸下的乏燃料组件在安全壳乏燃料贮存水池暂存若干年后，将其装入乏燃料运输容器，运往后处理厂。

乏燃料组件运输容器采用符合 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》要求的乏燃料运输容器，在运输过程中可保证运输人员和沿途居民的安全，并符合环保要求。

乏燃料运输的运输起点为本工程，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。本工程乏燃料运输可采用公铁联运的运输方式运至规划的乏燃料后处理厂。具体运输容器类型、运输方案及路线，需要在国家相关主管部门批准，且乏燃料运输中的海运、铁路及公路运输积累成熟经验后，由承运部门确定。

### 4.8.3 放射性固体废物运输

徐大堡核电站 3、4 号机组需要运输的放射性固体废物包括废树脂、蒸残液/泥浆和杂项干废物。

机组运行期间产生的废树脂、蒸残液和旋流器泥浆在核岛内暂存一定时间后，将由专用的屏蔽运输槽车从核岛送往厂址废物处理设施（T4UKT）进行烘干处理，运输槽车的屏蔽设施可以保证槽车外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后的屏蔽保证司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ 。废树脂屏蔽运输槽车和蒸残液屏蔽运输槽车设有泄漏探测和液位探测装置，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。

杂项干废物，如防护服、手套、鞋罩、塑料、小型零部件等，集中收集后由专用的封



闭式运输车运输，运输车司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过  $10\mu\text{Sv/h}$ 。

放射性废物运输车辆在场内专用路线工作，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。

杂项干废物在 T4UKT 经处理后形成 200L 钢桶废物包。废树脂、蒸残液/泥浆在 T4UKT 内进行烘干和装混凝土 HIC 处理，最终形成处理形成混凝土 HIC 废物包。

放射性固体废物包外送处置的运输起点为本工程厂址废物处理设施的固体废物暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。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。

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》中的有关要求。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容器钢桶》的要求。混凝土高完整性容器（HIC）的设计和制造满足 GB36900.2-2018《低、中水平放射性废物高完整性容器 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 GB12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》、GB41930-2022《低水平放射性废物包特性鉴定-水泥固化体》和 GB9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》的要求。



## 第五章 核电厂施工过程的环境影响

### 5.1 土地利用

- 5.1.1 土地占用情况
- 5.1.2 施工建设对土地利用的影响
- 5.1.3 施工活动对自然环境的影响
- 5.1.4 施工活动对社会环境的影响

### 5.2 水的利用

- 5.2.1 陆域施工对水资源利用的影响
- 5.2.2 海域施工对水环境的影响
- 5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

### 5.3 施工影响控制

- 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施
- 5.3.2 施工扬尘的控制措施
- 5.3.3 施工噪声的控制措施
- 5.3.4 场地回填的控制措施
- 5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施
- 5.3.6 非放射性物质的控制措施
- 5.3.7 放射源的管理措施
- 5.3.8 设计地形地貌的改造措施
- 5.3.9 水土保持措施
- 5.3.10 施工期的节水措施
- 5.3.11 施工期监测



## 5.1 土地利用

### 5.1.1 土地占用情况

#### 5.1.1.1 土地占用情况

本工程永久用地面积 72.50hm<sup>2</sup>，包括本工程生产区用地（控制区内）、厂前建筑区及其它设施区用地、分摊海工工程用地、3、4 号机组控制区之间道路用地，土地利用类型为工业用地。

#### 5.1.1.2 土地利用合理性

本工程土地利用满足国家和地方土地利用计划和政策，在设计与建设过程中采取以下措施尽量节约用地。

充分利用一期工程已有设施，节约用地。

在满足相关规范的前提下，厂房尽量集中或合并布置。

在满足管廊施工、穹顶吊装要求的前提下，减小核岛中心间距，减小厂区及非居住区面积。

根据施工进度安排，利用部分永久设施用地作为临时施工场地，减小施工设施用地面积。

施工临建厂房、办公设施集中布置，减小施工设施用地面积。

### 5.1.2 施工建设对土地利用的影响

#### 1) 场地平整

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程（以下简称本工程）厂区用地已在 1、2 号机组建设准备期间完成场地平整，本工程无场地平整工程量。厂区负挖所得土石方，回填所需的部分在施工场地内临时堆存，多余部分与地方政府协议综合利用，无厂外弃土场。

#### 2) 永久道路及临时道路

临时道路建设均处于厂址规划用地范围内，不需额外新征或租用土地。

#### 3) 建筑材料生产设施

建筑材料供应设施（砂石料厂、混凝土搅拌站、建筑材料堆场）设置在电厂施工场地内，且尽量借用了后期工程预留用地，减少工程总用地面积。

#### 4) 施工生活区

施工生活区利用现有徐大堡核电厂施工生活设施，满足施工队伍日常生活、文化、娱乐的需要。施工生活区位于厂址外，由承包商自行解决。



### 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

徐大堡核电厂厂址在 1、2 号机组建设准备期间已完成场地平整施工以及明渠、边坡、截洪沟、排洪沟等人工设施，本期工程仅需在一期工程基础上进行少量的修正工作，对周边环境的影响较小。由于相关改造位于厂址内部或仅涉及厂址周围，范围有限。另外通过优化施工工序，采取必要的防护措施，对地形地貌改造的影响是局部的。

#### 5.1.3.2 水土流失

工程建设造成的水土流失主要发生在施工期，本工程厂区的开挖裸露面是水土流失的重点区域；植被恢复期土壤侵蚀强度下降，面积减少，水土流失强度减弱。

项目建设过程中，将发生不可避免的扰动原地表和破坏地表植被现象，对征地范围内的原土壤和植被产生较大的改变，基础开挖、回填将使植被破坏，土壤裸露，松散土方遇外力将造成一定的水土流失现象。但结合有效的工程措施（土地整治工程、防洪排导工程等）、植物措施、临时防护等措施，有效缓解了施工建设期间的水土流失现象。对重点水土流失区域在工程建设期及植被恢复期进行水土保持监测，做到水土保持措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，把建设过程中产生的水土流失降至最低程度。

#### 5.1.3.3 对生态环境的影响

工程施工对厂址场地进行了平整，场平剥离原有地表植被，土石方挖掘工作改变了当地土壤生物的种群及群落结构。挖掘过程产生的部分废弃土石方占用部分土地，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，根据现场施工情况采取了相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也采取相应的恢复措施，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

在工程施工过程中，由于爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量增高。施工期间采取有效的防治措施减少了扬尘的释放。在施工建设期间，安排进行了施工期大气环境监测工作，未发现超过标准限值的情况，本工程施工对大气环境的影响较小。具体施工期对大气环境的影响情况详见 5.3.11 节施工期监测。

#### 5.1.3.5 对声环境的影响

施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具产生的噪声对厂址周围声环境产生一定影响，施工期间采用了相应的措施降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响。在施工建设



期间，安排进行了施工期噪声监测工作，除个别日期外整体满足相应标准限值，本工程施工对声环境的影响较小。具体施工期对声环境的影响情况详见 5.3.11 节施工期监测。

#### 5.1.3.6 对水环境的影响

本工程施工建设期间的施工生产废水主要用于消耗和重复利用。泵车打灰和洗车后的洗车废水储存于施工临建区的沉淀池，沉淀后用于道路降尘等。清洗罐车等产生的废水储存于混凝土搅拌站的沉淀池，沉淀后用于降尘等。

本工程施工期最大日生活污水产生量为 691 m<sup>3</sup>/d，输送到生活污水处理站集中处理，待徐大堡镇污水处理厂建成投运后，施工期生活污水送至徐大堡镇污水处理厂进行处理。经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中冲厕、车辆冲洗标准后，部分用于绿化、洗车、道路浇洒等。

因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

#### 5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾等。生活垃圾最大日产生量为 4.8 吨/天，建筑垃圾等废物最大日产生量为 185 吨/天，建筑垃圾主要包括脚手管、脚手板、模板、钢筋、设备外包装等。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。

根据产生源头、工艺过程、成分分析、危险特性等，初步判断产生的废物是一般固废还是危险废物，再对照《国家危险废物名录》（2025 年版）进行归类；严禁将危险废物混入非危险废物中收集、贮存、运输和处置；危险废物与其他固体废物的混合物，以及危险废物处理后的废物的属性判定，按照国家规定的危险废物鉴别标准执行，尚未判定的，按危险废物管理；列入《国家危险废物名录》（2025 年版）中危险废物豁免管理清单中的危险废物，在所列的豁免环节，且满足相应的豁免条件时，可以按照豁免内容的规定实行豁免管理。施工期间产生的危险废物主要包括废铅蓄电池、废油漆桶、废树脂桶类、岩棉、废灯管/泡、废电路板、废矿物油、废机油、废油漆类、废显影液、有机溶剂废物等。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。徐大堡核电厂建有 1 座危险废物贮存库，1 层，设置 8 个功能分区，包括废树脂库、废铅蓄电池库、碱库、酸库、氧化剂库、废包装库、废矿物油库、废可燃液体库，将危险废物分区暂存。按照“减量化、资源化、无害化”原则对固体废物进行分类收集、处理和处置，日常建立危险废物台账并设专人看管，定期组织符合要求的单位进行合规处理。

因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。



### 5.1.4 施工活动对社会环境的影响

距离厂址最近的居民点为徐大堡屯，位于厂址 WNW 方位 1.08km 处，施工不会对其造成影响。

厂址半径 10km 陆域范围内无 3A 级以上风景游览区、无自然保护区。

厂址半径 10km 陆域范围内有名胜古迹 2 处，均为市级文物保护单位，为大窑坑遗址和狐仙洞遗址，分别位于厂址 WSW 方位 8.5km 和 SW 方位 9.7km。

厂址距离附近的文物古迹有一定距离，施工不会对其造成影响。

核电厂工程建设期间需要大量的工程施工人员，大量的外来施工人员进驻施工现场，可能对附近居民的日常生活造成轻微的影响，但同时也可以增加当地居民的就业机会和商机，而大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 陆域施工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、施工人员生活用水、消防用水和施工现场的降尘、洗车用水等。施工生产用水供给混凝土搅拌、混凝土养护、砌筑工程等用水。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》（GB5749-2022）。

#### （2）施工期用水量

徐大堡核电厂 3、4 号机组施工期间，施工高峰期施工人员达 9600 人，施工人员生活用水最大日用水量为 768m<sup>3</sup>/d。施工生产用水最大日用水量为 1400m<sup>3</sup>/d，施工现场道路场地浇洒用水量为 400m<sup>3</sup>/d，洗车用水量为 7m<sup>3</sup>/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 2398m<sup>3</sup>/d。

#### （3）供水水源

徐大堡核电厂 3、4 号机组施工期间，生产用水由兴城经济开发区 C 区水源工程提供，人员生活用水由市政用水提供。

#### （4）施工期用水对周围水用户的影响

本工程施工期生产用水由兴城经济开发区 C 区水源工程提供；生活用水由市政供水管网提供，设计供水能力满足用水要求，均不会对周围水用户用水产生影响。



### 5.2.2 海域施工对水环境的影响

徐大堡核电厂 3、4 号机组海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自排水暗涵建设、明渠和码头航道的疏浚工程、拦冰装置、取水南北导流堤等海工工程的施工。

排水暗涵、明渠疏浚等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。悬浮泥沙对浮游植物的负面影响将直接导致水体中溶解氧含量的减少，导致部分浮游动物窒息死亡，同时悬浮颗粒会粘附在生物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游生物会吞食适当粒径的颗粒物，造成内部消化系统的紊乱。另外，悬浮物中有害物质的二次污染也会对海水水质产生一定影响。施工造成的海水中悬浮物浓度增加主要表现在机械的搅动，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下下沉为主，在施工停止 3~4 小时后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

本工程施工涉及疏浚清淤，随着疏浚区沉积物的挖出，疏浚区原有沉积环境将不复存在，底栖生物将可能被损伤破坏。

本期工程海域施工范围小，施工悬沙扩散范围较小。虽然施工期产生的泥沙入海将对该范围内的浮游植物光合作用、浮游动物和鱼卵仔鱼的存活率产生一定的影响，但施工引起的这种环境影响是局部的、暂时的，当施工结束后，这种影响不再持续。因此，施工悬沙扩散对区域海洋环境影响较小。对海洋生物的影响限于局部小范围，与海洋生物的大量繁殖能力相比是很小的，因此，不会对渔业经济和海洋生态及其生态平衡产生影响。

### 5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

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的措施

a) 避免在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) 减轻施工过程对海域环境影响的环保措施

a) 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及封闭式抓斗挖泥船，以减少悬浮泥沙入海量。

b) 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。



## 5.3 施工影响控制

### 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

石方爆破严格遵守《爆破安全规程》的相关规定；石方爆破根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用了爆破方法；合理选择了最大装药量，控制震动速度和安全距离。

### 5.3.2 施工扬尘的控制措施

本工程施工阶段，采取了如下大气控制措施：

- 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密目布进行防护；
- 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

本工程施工阶段，采取了如下噪声控制措施：

- 尽量选用低噪声设备和工艺，尽量选用环保型机械设备；
- 严格控制推土机一次推土量、装载机装载量，严禁超负荷运转；
- 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；
- 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；
- 对于噪声较大的设备，如空压机、发电机等，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；
- 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；
- 施工现场倡导文明施工，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。

### 5.3.4 场地回填的控制措施

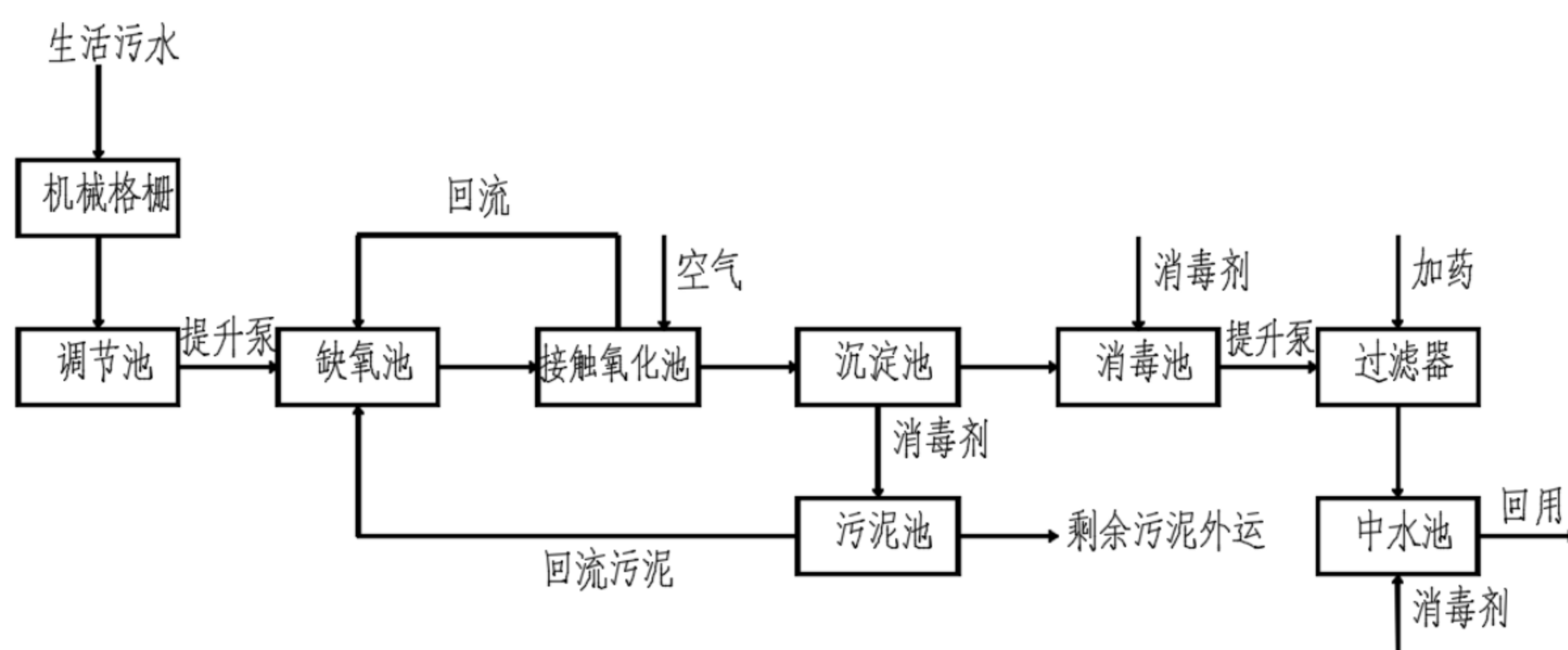
本工程施工期间仅有建筑物基础和管沟等的少量回填，没有大面积的场地回填工作。

### 5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施

本工程施工建设期间，施工生产废水主要为混凝土养护、冲洗车辆机具等作业产生的废水。施工期生产废水经沉淀、过滤后回收利用，用于浇洒道路和降尘使用。

本工程施工建设期间，施工区的生活污水排至厂区生活污水处理站处理，待徐大堡镇污水处理厂建成投运后，施工期生活污水送至徐大堡镇污水处理厂进行处理。经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中冲厕、车辆冲洗标准后，用于绿化、洗车、道路浇洒等。

厂区生活污水处理站主要工艺流程图如下：



施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾等。生活垃圾最大日产生量为 4.8 吨/天，建筑垃圾等废物最大日产生量为 185 吨/天，主要包括脚手管、脚手板、模板、钢筋、设备外包装等。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。施工期间产生的各类危险废物主要包括废铅蓄电池、废油漆桶、废树脂桶类、岩棉、废灯管/泡、废电路板、废矿物油、废机油、废油漆类、废显影液、有机溶剂废物等。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。徐大堡核电厂建有 1 座危险废物贮存库，1 层，设置 8 个功能分区，包括废树脂库、废铅蓄电池库、碱库、酸库、氧化剂库、废包装库、废矿物油库、废可燃液体库，将危险废物分区暂存。按照“减量化、资源化、无



害化”原则对固体废物进行分类收集、处理和处置，日常建立危险废物台账并设专人看管，定期组织符合要求的单位进行合规处理。

### 5.3.6 非放射性物质的控制措施

对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 放射源的管理措施

施工期间主要用  $\gamma$  射线进行无损探伤检验及焊缝检查，依据国家颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，制订放射源管理制度。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

#### （1）放射源的使用

对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的人员不得上岗。

放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作它用。

调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查。

根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收。

探伤作业前发布探伤通知，将探伤信息（包括探伤作业地点、警戒范围、时间等）告知各参建单位，避免发生误照射。在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查。

佩戴监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量



误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

### （2）放射源的贮存

在放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库房外存放过夜或较长时间库外存放。

放射源存放在安全的房间或源库内，专设屏蔽厂房进行贮存，并对其防护墙根据最大辐照量进行计算，使工作人员和公众不会受到超限值的照射。

放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌，必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

### （3）放射源的处理

本项目产生的废源按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

## 5.3.8 设计地形地貌的改造措施

- 严格按照设计要求进行施工；
- 选择合理的施工时间，尽量避开雨季施工。若不能避开，雨季施工做好防护措施，对新开挖面采用土工布或塑料布等进行覆盖，防止雨水冲刷；
- 优化施工工序，对工程开挖区先修建临时性排水沟以避免径流对开挖场地的冲刷；对工程开挖的弃土弃渣要及时清运；弃土（渣）场地必须先拦后弃，防止弃土（渣）流失；对开挖面、填方段等新形成的不稳定边坡及时护坡，避免长时间裸露；
- 基础开挖的土、石方集中堆放，并及时回填于需要填方的地点或指定场地，避免水土流失；
- 厂区施工中场地平整与地下建筑施工相结合，统筹考虑，杜绝重复挖填，避免或减少二次倒运；厂区内地下设施繁多，施工时合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹安排的原则，确定临近地下设施尽量同槽一次开挖，同时保持基坑土方边坡的稳定，基面不受扰动；



- 所有建筑工地排水、设备清洗水集中处理，尽量重复利用，对施工场所进行喷洒，减少地面起尘；

- 施工结束后，在全部厂址范围内，凡裸露地面全部进行硬化或绿化，可进行绿化的用地均充分绿化。

### 5.3.9 水土保持措施

#### 5.3.9.1 水土流失防治措施

##### 1) 防治区划分

根据水土流失防治责任范围主体工程布局、施工工艺以及水土流失特点等，本工程水土流失防治分区按照主体工程布局划分为厂区、施工生产生活区。

厂区按功能区划分为：主厂房区、循环冷却水设施区、辅助生产设施区、配电装置区、厂前建筑区及其它设施。其中：配电装置区 220kV 开关站与 1、2 号机组共用，本期仅需进行设备安装；辅助生产设施区分为新建、改扩建、共用辅助生产设施三类。本期工程厂区占地面积 50.26hm<sup>2</sup>。

施工生活区利用前期工程已建施工生活区，布置在厂址东侧，占地面积 3.76hm<sup>2</sup>。施工生产区全部利用 1、2 号机组工程施工场地，占地面积共计 73.89hm<sup>2</sup>。包括两部分：1) 在核电厂永久征地范围内，布设在规划 5、6 号机组厂区南部，占地面积 24.15hm<sup>2</sup>；2) 临时占地，紧邻规划的 5、6 号机组北侧和西侧布设，占地面积 49.74hm<sup>2</sup>。

##### 2) 水土保持措施

###### a) 厂区

施工过程中，在本期厂区内设置雨水管线，在厂区保护区围栏内铺设碎石，在主厂房区北侧和西侧沿道路一侧设置临时排水沟，与厂区南侧已有排水沟连接。施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆和全面整地，采取乔灌草结合的方式恢复植被。

###### b) 施工生产生活区

施工过程中，在规划的 5、6 号机组北侧及东侧沿施工道路一侧设置临时排水沟。在临时堆土（石）料场周围设置临时干砌块石挡墙、土质排水沟、堆顶及堆面采取密目网防护，出口设简易沉砂池。施工结束后，对施工生产区恢复植被区域进行表土回覆和全面整地，采取栽植灌木和撒播草籽的方式恢复植被。

#### 5.3.9.2 水土保持实施情况

##### 1) 防治责任范围

本工程建设期水土流失防治责任范围面积 124.15hm<sup>2</sup>（2025 年第 1 季度），2025 年第



1 季度，实际扰动土地面积 110.02hm<sup>2</sup>。

#### 2) 监测工作实施情况

水土保持监测共布设固定监测点 4 个，在厂区设置监测点 1 处，在施工生产生活区设置 3 处，其中临时堆土场布设 1 处，施工生产区布设 1 处，施工材料堆放场布设 1 处，布设调查监测点 10 处，以弥补固定监测点，更全面反映工程水土流失状况。

#### 3) 水保方案实际完成工程量

截至 2025 年 1 季度，本工程累计完成雨水管线 502m，混凝土喷锚护坡 27695m<sup>2</sup>，其中，厂区混凝土喷锚 1775m<sup>2</sup>，临时堆土场北侧混凝土喷锚 25920m<sup>2</sup>，堆土场北侧混凝土喷锚为二期和三期共用，临时排水沟 7626m，其中，厂区 2572m，施工生产生活区 5054m，碎石覆盖 6876m<sup>3</sup>，砖砌混凝土抹面临时挡墙 1200m，干砌石挡墙 200m<sup>3</sup>，密目网苫盖 51.99hm<sup>2</sup>，临时沉砂池 2 个。

#### 4) 水土保持措施防治效果

水土保持措施实施了工程措施及临时措施，起到了一定的防治水土流失的效果。

根据水土保持监测结果，本工程已实施水土保持措施具有合格的水土流失防治效果，水土保持监测单位从开始监测至今，三色评价结果均为绿色。

### 5.3.10 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。

### 5.3.11 施工期监测

#### 5.3.11.1 大气环境

本小节依据中国核电工程有限公司 2020 年 4 月~2024 年 10 月期间开展的 20 次施工期大气环境监测结果编制。本轮监测，设置大气环境监测点 7 个。

根据调查的结果得到以下数据分析：

(1) 2020-2024 年 20 次监测无组织排放监测点 SO<sub>2</sub> 最大小时浓度为 35μg/m<sup>3</sup>，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表 2 新污染源大气污染物排放限值。

(2) 2020-2024 年 20 次监测无组织排放监测点 NO<sub>x</sub> 最大小时浓度为 92μg/m<sup>3</sup>，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表 2 新污染源大气污染物排放限值。



(3) 2020-2024 年 20 次监测无组织排放监测点 TSP 最大小时浓度为  $297\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表 2 新污染源大气污染物排放限值。

(4) 2020-2024 年 20 次环境空气监测点共测得  $\text{SO}_2$  最大小时浓度为  $24\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；最大日均浓度为  $19\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度限值。

(5) 2020-2024 年 20 次环境空气监测点共测得  $\text{NO}_2$  最大小时浓度为  $68\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；最大日均浓度为  $47\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度限值。

(6) 2020-2024 年 20 次环境空气监测点共测得  $\text{NO}_x$  最大小时浓度为  $88\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；最大日均浓度为  $89\text{mg}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度限值。

(7) 2020-2024 年 20 次环境空气监测点共测得 CO 最大小时浓度为  $1.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；最大日均浓度为  $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度限值。

(8) 2020-2024 年 20 次环境空气监测点共测得  $\text{PM}_{10}$  最大日均浓度为  $134\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度限值。

(9) 2020-2024 年 20 次环境空气监测点共测得 TSP 最大日均浓度为  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度限值。

(10) 2020-2024 年 20 次环境空气监测点共测得  $\text{PM}_{2.5}$  最大日均浓度为  $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度限值。

根据调查的结果及数据分析可以看出：无组织排放源监测点的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和颗粒物浓度均满足《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  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO、TSP、 $\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  浓度符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求。

综上所述，徐大堡核电站 3、4 号机组施工期间，厂址附近大气环境质量状况较好。

### 5.3.11.2 声环境

本小节依据中国核电工程有限公司 2020 年 4 月~2024 年 10 月期间开展的 20 次施工期噪声监测结果编制。本项目核电厂施工场界共设 4 个监测点。在厂址半径 5km 范围内的集中居民点共布设 6 个监测点，对其进行昼夜监测。交通噪声监测共布设 3 个监测



点，对其进行昼夜监测。

场界 4 个监测点位噪声监测结果昼间  $L_{eq}$  值范围为 39.3~63.6dB (A)；夜间  $L_{eq}$  值范围为 31.3~53.7dB (A)，低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准限值。

声环境保护目标噪声监测结果昼间  $L_{eq}$  值范围在 30.5-58.7dB (A)；夜间  $L_{eq}$  值范围在 34.8-50.9dB (A)，夜间噪声监测值除 2022 年 4 月 12 日李保沟村夜间有村民赶海情况，出现噪声污染导致监测值高于《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准的限值外，其余数据均低于该标准。

厂区外交通噪声监测结果昼间  $L_{eq}$  值范围在 33.2-69.3dB (A)；夜间  $L_{eq}$  值范围在 35.4-58.4dB (A)，除 2020 年 4 月 15 日 J1 滨海公路在进行夜间监测时，大量货车及小客车从滨海公路通过，车流量较高导致交通环境噪声超过标准限值。其余数据均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准限值。

综上所述，徐大堡核电站 3、4 号机组施工期间，厂址附近声环境质量状况良好。

#### 5.3.11.3 施工期废水监测

施工期间生活污水在厂区污水处理站工艺末端进行监测，监测项目 pH、色度、嗅、浊度、五日生化需氧量（ $BOD_5$ ）、氨氮、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠埃希氏菌。

#### 5.3.11.4 水环境监测

在厂址周围开展海域工程施工期的海水水质、沉积物质量、水生生物、生物质量及潮间带生物的监测，了解施工对厂址周围海域环境所造成的影响，验证施工期所采取的环保措施的有效性，同时为进一步提出减缓环境影响的措施提供依据。

##### （1）站位布设

监测共设置 12 个水质监测站位，6 个沉积物监测站位，8 个生态监测站位，3 条潮间带监测断面。另外在核电厂取水口和排水暗涵附近布设 2 个定点连续观测站（兼做大面站）进行 25 小时昼夜观测。

##### （2）监测要素

大面海水水质监测要素：透明度、盐度、水温、水色、浊度、pH 值、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、挥发性酚、无机氮（亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、活性硅酸盐、总磷、总氮、硫化物、悬浮物、总有机碳、石油类、汞、镉、铅、铜、锌、砷、总铬、硼、非离子氨、阴离子表面活性剂等。



连续海水水质监测要素：盐度、水温、pH 值、溶解氧、化学需氧量、无机氮（包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、活性硅酸盐、总悬浮物、硼、石油类等。

### （3）监测时间

海水水质在施工期间每季度大、小潮各监测一次。

### （4）监测结果

#### a) 2022 年度监测结果

2022 年 5 月至 2022 年 12 月连续监测海域 2 个连续站 4 个季度大小潮监测共 8 次连续监测中，pH 值、化学需氧量、溶解氧、活性磷酸盐均满足《海水水质标准》第一类标准；无机氮均至少满足《海水水质标准》第二类标准。

2022 年 5 月至 2022 年 10 月大面监测海域 pH 值、溶解氧、生化需氧量、非离子氨、活性磷酸盐、硫化物、石油类、挥发性酚、阴离子表面活性剂、铜、镉、砷、总铬、汞均满足《海水水质标准》第一类标准；化学需氧量、铅、锌均至少满足《海水水质标准》第二类标准；出现超标的要素为无机氮，具体情况如下：

在 2022 年 5 月大面站大潮期 303 站位海水样品的无机氮测值劣于第四类海水水质标准，小潮期 302、304 站位海水样品的无机氮测值劣于第二类海水水质标准；2022 年 7 月大面站小潮期 303 站位海水样品的无机氮测值劣于第四类海水水质标准；2022 年 10 月和 2022 年 12 月各站位海水样品的无机氮测值均至少符合第一至二类海水水质标准。

#### b) 2023 年度监测结果

2023 年 5 月至 2023 年 12 月连续监测海域 2 个连续站 4 个季度大、小潮监测共 8 次连续监测中，pH 值、化学需氧量、溶解氧、活性磷酸盐均满足《海水水质标准》第一类标准；无机氮均至少满足《海水水质标准》第二类标准。

2023 年 5 月至 2023 年 12 月大面监测海域 pH 值、溶解氧、生化需氧量、化学需氧量、非离子氨、活性磷酸盐、硫化物、石油类、挥发性酚、阴离子表面活性剂、铜、镉、砷、总铬、汞均满足《海水水质标准》第一类标准；铅、锌均至少满足《海水水质标准》第二类标准；出现超标的要素为无机氮，具体情况如下：

2023 年 5 月和 7 月大面站大潮期各站位海水样品的无机氮测值均至少满足第二类海水水质标准；小潮期 5 月 302 站位和 7 月 303 站位海水样品的无机氮测值满足第三类海水水质标准，其余站位均至少满足第二类海水水质标准。



## 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

### 6.4 初步退役计划

#### 6.4.1 概述

#### 6.4.2 退役策略

#### 6.4.3 退役计划的制定

#### 6.4.4 退役方案简述

#### 6.4.5 便于退役的考虑

#### 6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

#### 6.4.7 退役费用的考虑

#### 6.4.8 退役管理设想

#### 6.4.9 结论



## 表

表 6.2-1（1/3） 厂址半径 80km 评价区内各子区年均大气弥散因子（Cs-137）

表 6.2-1（2/3） 厂址半径 80km 评价区内各子区年均大气弥散因子（I-131）

表 6.2-1（3/3） 厂址半径 80km 评价区内各子区年均大气弥散因子（Kr-85）

表 6.3-1 徐大堡核电厂与田湾核电站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

厂址规划容量六台核电机组共用一条取水明渠，取水口门位于厂区东部，水深约-6.0m（1985 国家高程基准，下同）的区域，取水明渠底开挖至-6.5m。取水明渠采用渐变渠底宽度的平底明渠，口门底宽 180m，渠道内底宽 60m~160m。取水明渠两侧设置防波堤，南北两条导流堤总长约 1100m，取水明渠内护岸总长约 1500m。

徐大堡核电厂 3、4 号机组采用暗涵排水。冷却水自连接井出来后经过排水暗涵排至厂区东南侧水深约-6.0m 的海域。3、4 号机组排水暗涵长度为 670m，采用沉管方案。3、4 号机组排水沉管采用一机一洞、双孔共壁的结构形式，单孔尺寸为 5.3m×5.3m。排水口头部采用预制沉管方案，结构同排水沉管。在沉管顶部设 4 个竖井，每个竖井尺寸为 5.3m×5.3m，每个竖井设置 3 个 4.5m×2.5m 出水窗口。

### 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

基于 2019 年水文及水下地形资料，采用经充分验证的考虑波浪作用的二维潮流泥沙数学模型，对徐大堡核电厂海域水动力变化、大范围滩面冲淤等进行了模拟研究。

徐大堡核电厂海域潮汐受渤海进出辽东湾涨落潮水流控制，同时受近岸岸线边界和地形影响，基本为 SW~NE 向往复流。涨潮流由辽东湾口（SW）流向辽东湾顶（NE）。大范围海域流速分布具有外海大于近岸的分布规律。核电工程局部水域为弱流区，工程实施后，工程区以外海域潮流运动基本不变，流场变化主要集中在工程附近局部区域。

徐大堡核电厂取排水工程实施并达到基本冲淤平衡状态后，冲淤分布集中在核电工程局部水域。3、4 号机组暗排方案实施后，取水口附近滩面存在冲淤，幅度介于-1.6~0.8m，不会影响核电取水安全。3、4 号机组暗管排水口附近水域主要呈冲刷趋势，达到基本冲淤平衡状态时，冲刷范围不大，冲刷深度介于 0.2~0.9m 之间。

#### 6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

##### 6.1.2.2.1 数模研究结果

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，进行温排水模拟研究。已完成的数模研究成果如下：

1) 徐大堡核电厂温排水主要集中在厂区附近近岸水域，由于厂区附近水流为往复流，受潮流涨落潮影响，温排水分布形态呈典型的沿岸扁长状分布。



2) 典型小潮水文条件下的潮流动力较小，温排水的掺混、稀释能力较弱，其温排水影响范围较大；典型大潮水文条件下的潮流动力较强，温排水的掺混、稀释能力较好，其温排水影响范围较小，但由于其涨潮流动力强，温排水上溯距离较远，对取水水域的影响相对较大；典型中潮水文条件下的温排水影响介于典型大潮和典型小潮之间。

3) 3、4 号两台机组夏季工况运行时，典型小潮的全潮最大温升包络面积较大：

0.5℃等温升全潮最大包络面积 13.47km<sup>2</sup>，1.0℃等温升全潮最大包络面积 7.66km<sup>2</sup>，2.0℃等温升全潮最大包络面积 3.43km<sup>2</sup>，3.0℃等温升全潮最大包络面积 1.70km<sup>2</sup>，4.0℃等温升全潮最大包络面积 0.93km<sup>2</sup>。

3、4 号两台机组冬季工况运行时，典型小潮的全潮最大温升包络面积较大：

0.5℃等温升全潮最大包络面积 18.66km<sup>2</sup>，1.0℃等温升全潮最大包络面积 10.70km<sup>2</sup>，2.0℃等温升全潮最大包络面积 5.65km<sup>2</sup>，3.0℃等温升全潮最大包络面积 3.16km<sup>2</sup>，4.0℃等温升全潮最大包络面积 1.82km<sup>2</sup>。

#### 6.1.2.2.2 数、物模综合研究结果

由于 3、4 号机组排水采用底部暗管深排方案，高温升（4.0℃及 3.0℃）区域面积数模计算与物理模型试验面积相差不大；1.0℃及 0.5℃高温升区域面积模型试验得到的全潮最大的温升包络面积明显大于数值计算结果，其主要原因是模型试验测量的是表层温升场，而数模计算得到的是沿水深平均的温升场。徐大堡核电厂所在海域潮流变化复杂、陆域边界曲折、地形也较为特殊，为此对最终采用的物模试验及数模计算成果建议如下：

1) 考虑到不同水温水体沿垂线的分层特性及高温升水域面积较小且水面散热所占比重较小的特点，物模试验对高温升区的测量结果会更接近实际情况，因此，建议高温升区（高于 2.0℃以上温升）采用物模试验成果；2.0℃温升面积采用数模计算与模型试验的平均值。

2) 徐大堡物理模型采用变率为 3 的小变态模型，根据已有的理论分析及原型观测成果，小变态物理模型会加剧热水的分层，使热水层厚度变薄，因此区域范围试验得到的表层温升场面积会大于实际情况；同时，徐大堡海域潮流动力较弱，模型水流流速较小，在试验中会加剧热水的分层效果；加上物模试验难以考虑边界热回归及散热相似等因素，因此对于 3、4 号机组运行，1.0℃和 0.5℃低温升区影响范围采用数学模型计算成果。

综合各典型潮型条件下温排水数值和物理模型试验分析结果，3、4 号机组单独运行时，夏季 1℃温升全潮最大包络面积约 7.66km<sup>2</sup>，夏季 4℃温升全潮最大包络面积约 0.63km<sup>2</sup>；冬季 2℃温升全潮最大包络面积约 4.73km<sup>2</sup>，冬季 4℃温升全潮最大包络面积约 1.26km<sup>2</sup>。



### 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

#### 6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

本期工程冷却系统采用海水直流冷却方式。关于海水用水量和冷却水取水系统相关描述详见 4.3 节。针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，目前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头部尺寸、型的设置，控制过水断面，从而获得合理的取水流速，以达到减少对水生生物影响的目的。并在取水明渠内设置拦污网，可以起到一定的拦截水生生物的效果。

根据《徐大堡核电厂 3、4 号机组冷源系统堵塞物调查与评价项目成果报告》(2022.06)，中国毛虾、海月水母、沙蛰、白色霞水母和孔石莼是核电冷源取水安全的主要威胁，口虾蛄氏云鳃、焦氏舌鳃、矛尾虾虎鱼、方氏云鳃和绵鳃次之。通过设置相应的冷源堵塞物拦截措施及监测预警等措施，减小海生物被带入核电厂海水取水系统的概率。

根据《徐大堡核电厂 3、4 号机组取水环境影响研究》(2021.05)，卷载效应不会对海洋生态环境造成影响；一般情况下卷塞生物损失量比卷载生物损失量低 2 个量级，也不会对海洋生态环境造成影响。因此，徐大堡核电厂 3、4 号机组的卷载和卷塞效应不会对海洋生态环境造成影响。

#### 6.1.3.2 温排水影响分析

根据《徐大堡核电厂 3、4 号机组温排水及余氯环境影响研究》(2021.05)，综合热扩散区范围、近岸海域环境功能区划、周边重要生态敏感区分析，辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组温排水 4℃ 温升范围位于混合区，夏季 1℃、冬季 2℃ 温升范围位于三类近岸海域环境功能区，符合近岸海域环境功能区划的要求，且距离生态保护红线距离较远，热扩散区的设置合理；温排水在夏季对代表性重要物种可能存在一定影响，但影响范围较小。

## 6.2 正常运行的辐射影响

徐大堡核电厂 3、4 号机组（本工程）为俄罗斯引进的 VVER1200 机型。本节将根据本工程正常运行排放的流出物排放量，结合徐大堡核电厂厂址环境条件，开展本工程运行后对公众和生物的辐射影响评价。在计算公众最大个人有效剂量时采用本工程申请的流出物排放量申请值，在“三关键”分析计算时采用现实排放源项。

### 6.2.1 流出物排放源项

本工程运行状态下，气态流出物主要通过高 100m、直径 2m 的烟囱排入大气，液态流出物随循环冷却水通过暗涵排入接纳海域。



本工程运行状态下，单台机组流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的单堆流出物排放量控制值的比较如下：

流出物类型	类别	3000MW 轻水堆控制值 Bq/a	调整后控制值 Bq/a	单台 VVER-1200 设计值 Bq/a	占比
气态流出物	惰性气体	1.00E+14	1.06E+14	3.83E+13	36.13%
	碘	3.00E+09	3.20E+09	5.46E+08	17.06%
	粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）	9.00E+09	9.30E+09	6.01E+08	6.46%
	碳-14	7.00E+11	7.17E+11	3.31E+11	46.16%
	氚	1.50E+13	1.60E+13	2.92E+12	18.25%
液态流出物	氚	7.50E+13	7.67E+13	2.62E+13	34.16%
	碳-14	1.50E+11	1.52E+11	1.74E+10	11.47%
	其余核素	9.00E+09	9.60E+09	3.20E+09	33.33%

各类核素的排放量均满足 GB6249-2025 规定的排放量控制值要求。

核电站运行状态下的气态流出物中，C-14 主要以碳氢化合物和 CO<sub>2</sub> 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。俄罗斯提供的对 VVER 型核电站 C-14 排放的实测报告表明，约有 40% 的气态 C-14 以 CO<sub>2</sub> 形态释放。因此，本工程 C-14 对公众造成的辐射影响只考虑以 CO<sub>2</sub> 形态释放造成的剂量影响，其释放量为整个 C-14 气态途径释放量的 40%。

本工程为滨海厂址，徐大堡核电厂 3、4 号机组为单堆布置，每台机组设置有液态放射性废物处理和液态流出物排放系统，放射性废水按槽式排放原则进行监测排放，包括疏水处理系统（KPF）的监测与排放单元、核服务厂房特种下水收集系统（KTT）、放射性废液收集和排放系统（KTD）、常规岛废液排放系统（LDL）。保守工况下，分别计算这四个系统排放槽中放射性核素浓度，得到槽式排放口处氚活度浓度不超过 3.0E+07Bq/L，C-14 活度浓度不超过 3.0E+03Bq/L，其他放射性核素总活度浓度不超过 1000Bq/L。

## 6.2.2 照射途径

### 6.2.2.1 气态途径

本工程运行状态下，气态流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：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。各照射途径描述如下：

**空气浸没外照射：**气态流出物在空气中发生迁移扩散，分布在空气中的放射性核素通过空气浸没外照射对公众造成辐射剂量。

**地面沉积外照射：**气态流出物发生迁移扩散并沉积到地面，地面沉积的放射性核素通



过外照射对公众造成辐射剂量。

吸入空气内照射：气态流出物在空气中发生迁移扩散，空气中的放射性核素由公众吸入后在人体内通过内照射对公众造成辐射剂量。

食入农牧产品内照射：气态流出物发生迁移扩散后，放射性核素通过沉积和转移进入生物圈，公众食入的农牧产品通过内照射对公众造成辐射剂量。

#### 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。各照射途径描述如下：

食入海产品内照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，放射性核素转移到海产品中，公众通过食入海产品受到内照射剂量。

岸边沉积外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，部分核素会吸附沉积在岸边，对岸边活动的公众造成外照射剂量。

在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，公众在游泳、划船和从事水上作业时直接或间接接触海水，海水中的放射性核素对公众造成外照射影响。

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。

#### 6.2.2.3 其他途径

厂址周围区域不存在可能达到或超过上述途径的个人有效剂量 10% 的其它照射途径。

### 6.2.3 计算模式与参数

#### (1) 气态途径

本工程气态流出物在大气中迁移和扩散及其对公众的辐射剂量的计算采用的是核环境影响评价程序包的正常气态流出物评价模块。该程序的正常气态流出物评价模块已于 2007 年通过国家环保总局的验收，可以用来计算核设施运行状态下排放的气态流出物对环境的影响。

在使用核环境影响程序包计算气态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 100m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，结合核电厂已完成的大气扩散实验研究提供的扩散参数推荐的厂址扩散参数。在计算运行状态下气态流出物对公



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》（GB18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告；居民食谱、生活习性数据、动植物养殖、种植数据和人口分布数据取自本报告第 2.2、2.3 节。

## （2）液态途径

在计算运行状态下液态流出物对公众的辐射剂量时，所使用的参数如下：食入有效剂量转换因子采用 GB18871-2002 中的数据；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）；核素的 Kd 系数采用 IAEA 安全丛书 19 号报告的数据，其中 Sr、Co、Cs、Ag、Ru、Fe 等核素的 Kd 系数取自《徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址接纳海域泥沙对放射性核素吸附特性研究》总结报告。

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有效剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受到的最大个人有效剂量。

### 6.2.4 大气弥散和水体弥散

#### （1）大气弥散

厂址濒临渤海，场地相对开阔，对气态流出物在大气中迁移和扩散有利。厂址半径 80km 范围内各子区代表性核素 Cs-137、I-131 和 Kr-85 年平均大气弥散因子的计算结果见表 6.2-1。由表 6.2-1 可知，Cs-137、I-131 和 Kr-85 的年均大气弥散因子最大值均为  $7.20E-07s/m^3$ ，大气弥散因子最大值均出现在厂址 NE 方位 0-1km 处。Cs-137 的相对干沉积因子最大值为  $1.08E-10m^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子最大值为  $7.20E-09m^{-2}$ 。相对干沉积因子最大值均出现在厂址 NE 方位 0~1km 处。Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子最大值均为  $1.34E-09m^{-2}$ 。相对湿沉积因子最大值均出现在厂址 SSW 方位 0~1km 处。

#### （2）水体弥散

根据南京水利科学研究院完成的《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组液态流出物排放数值模拟研究报告》，液态流出物对厂址周围 5km 范围内公众的辐射影响评价计算采用的稀释因子根据距离居民点最近的海域进行取值，5km 范围外稀释因子取环段均值。



### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

采用申请值计算得到气态流出物中的代表性放射性核素 Cs-137、I-131 和 Kr-85 年均放射性活度浓度的最大值均出现在厂址 SW 方位 0~1km 处，分别为  $9.60\text{E-}07\text{Bq/m}^3$ 、 $8.84\text{E-}06\text{Bq/m}^3$  和  $3.89\text{E-}02\text{Bq/m}^3$ 。

徐大堡核电厂 3、4 号机组为单堆布置，每台机组设置一套低放废液排放系统，保守假设液态流出物均从 KPF 系统监测槽排放，计算得到排放的循环冷却水中的核素浓度，并保守地按照核电厂排放的循环冷却水中的核素浓度作为排放海域内的核素浓度与国标 GB3097-1997 进行比较，可知徐大堡核电厂 3、4 号机组运行状态下排放海域的海水水质满足 GB3097-1997 中相应的放射性指标要求。同时根据《徐大堡核电厂 3、4 号机组运行前辐射环境本底调查中期成果报告》对排放海域内的海水放射性浓度监测结果，即使考虑排放海域内放射性本底与核电厂低放废水排放的叠加效应，放射性核素的浓度也均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的放射性指标要求。

### 6.2.6 公众的最大个人剂量

#### （1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径排放的放射性物质对各年龄组（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  $4.97\text{E-}08\text{Sv/a}$ 、 $5.63\text{E-}08\text{Sv/a}$ 、 $4.00\text{E-}08\text{Sv/a}$ 、 $2.64\text{E-}08\text{Sv/a}$ 。

#### （2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径排放的放射性物质对各年龄组（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  $2.14\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.92\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.31\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $4.04\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

#### （3）气液态综合

本工程运行状态下，气液态综合排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  $2.19\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.97\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.35\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $4.30\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，为  $2.19\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占个人剂量约束值（ $0.06\text{mSv/a}$ ）的 3.65%，最大个人有效剂量出现在 WSW 方位 1~2km 处。

### 6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算徐大堡核电厂 3、4 号机组两台机组正常运行时，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。



### 6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

### 6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

### 6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类生物”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

### 6.2.7.4 参数选取

ERICA 推荐所有生物的筛选值为  $10\mu\text{Gy/h}$ 。

### 6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 3、4 号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  $10^{-4}$  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，徐大堡核电厂 3、4 号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。

### 6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 3、4 号机组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，徐大堡核电厂 3、4 号机组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。

### 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  $4.26\text{E}-03$  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出现在厂址 WSW 方位 1~2km 处，关键居民组为成人组，职业为渔民，受到的最大个人有效剂量为  $5.44\text{E}-07\text{Sv/a}$ 。

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



63.58%；其次为空气浸没外照射途径，约占气态途径总剂量的 22.49%。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 54.07%；其它贡献较大的核素为 H-3 和 Kr-88，分别占气态途径总剂量的 13.43% 和 12.27%。

液态途径的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，约占液态途径总剂量的 99.27%。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 89.15%。

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，所造成的剂量为  $5.26E-07Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 96.70%；其次为气态途径的食入农牧产品的内照射途径，占气、液态总剂量的 1.64%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为  $4.80E-07Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 88.24%；另外，Fe-55 的剂量贡献也较大，占气、液态总剂量的 3.07%。

### 6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程 2 台机组运行状态下，气态和液态途径排放总量、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 2 台机组，厂址附近 0~80km 范围内水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu Gy/h$ ）。

## 6.3 其他环境影响

### 6.3.1 化学污染物的环境影响

徐大堡核电厂 3、4 号机组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；
- 次氯酸钠生产与分配系统。

#### 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、海水淡化反渗透装置排出的浓盐水。

由于海水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



排至滤池反洗水池，与滤池反洗水一起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排放海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

海水膜反渗透装置浓盐水中仅添加了无磷环保型阻垢剂和亚硫酸钠还原剂，含盐量约是原海水的 1.50~1.82 倍，阻垢剂的加药量约为 2mg/L~5mg/L，还原剂亚硫酸钠的加药量约为 0.5mg/L~5mg/L，加药量较少。本期工程海水膜反渗透装置排出的浓盐水总量约 14080m<sup>3</sup>/d，循环水流量约 240000m<sup>3</sup>/h，浓盐水的排出量约为循环水量的 1/426。超滤装置和反渗透装置的化学废水主要来自超滤装置的化学增强反洗水和化学清洗废水，以及反渗透装置的化学清洗废水，主要使用了盐酸、氢氧化钠、次氯酸钠等化学药剂，上述废水收集至海水淡化站的化学废水池后，输送至除盐水生产厂房，调节 pH 值至 6~9 后排放。上述废水先经循环水稀释后，含盐量已降得很低，至海水排放口进一步稀释，浓度更低，不会影响排放海域的海水质量。

#### 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 2g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的。辽宁省地方标准《污水综合排放标准》（DB21/1627-2008）、《污水综合排放标准》（GB8978-1996）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排放系统（LDL）。

#### 6.3.1.4 次氯酸钠生产与分配系统

次氯酸钠生产与分配系统的功能是对流经主冷却水机械净化系统、重要厂用水系统机械清洁系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，加药浓度根据季节及实际需求相应调整，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（NH<sub>2</sub>Cl）、二氯胺（NHCl<sub>2</sub>）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。

根据国外研究人员对包括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的 120 多种水生生物的余氯毒性研究结果，当余氯浓度低于 0.02mg/L 时，基本不会对海洋生物产生毒性作用。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和稀释，并非累积所致。根据《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组单独运行液态流出物排放数值模拟研究报告》，徐大堡核电厂 3、4 号机组单独运行、连续排放方式下，余氯绝对浓度 0.02mg/L 全潮最大包络面积较小，基本不会对海洋生物造成影响。

### 6.3.2 其它污染物的环境影响

#### 6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程运行期产生的非放射性生产废水包括非放射性含油废水、经处理达标的非放射性生产废水、无需处理可直接排放的非放射性生产废水等。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、应急柴油发电机房、变压器事故油坑、保卫控制中心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。非放射性含油废水处理站设计规模  $2 \times 5 \text{m}^3/\text{h}$ 。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）中表 1 的相关要求（石油类  $\leq 3 \text{mg/L}$ ），最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程运行期产生的生活污水送至徐大堡镇污水处理厂，设计处理规模  $1500 \text{m}^3/\text{d}$ ，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，部分用于绿化、洗车、道路浇洒等。

满足 1.7.2 中非放射性生产废水排放执行要求的非放射性生产废水均允许排入《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。

因此，生产废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。

#### 6.3.2.2 噪声的影响

##### （1）评价标准

厂界环境噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准，



即昼间 65dB(A)、夜间 55dB(A)。

## （2）评价等级与评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）规定，本项目所处声环境功能区为 3 类地区，确定本项目声环境影响评价工作等级为三级，评价范围为征地边界外 1m。

## （3）噪声预测

### 1) 预测原理

一般采用声源的倍频带声功率级、A 声功率级或靠近声源某一参考位置的倍频带声压级、A 声级来预测计算距声源不同距离的声级。

如已知声源的 A 声功率级，则预测点位置的 A 声级  $L_A(r)$  可采用如下公式计算：

$$L_A(r) = L_{Aw} + D_C - (A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc})$$

式中：

$L_{Aw}$ ——声源的 A 声功率级，dB(A)；

$D_C$ ——指向性指数，dB；

$A_{div}$ ——几何发散引起的衰减，dB；

$A_{atm}$ ——大气吸收引起的衰减，dB；

$A_{gr}$ ——地面效应引起的衰减，dB；

$A_{bar}$ ——声屏障引起的衰减，dB；

$A_{misc}$ ——其他多方面效应引起的衰减，dB。

如第  $i$  个声源在预测点产生的 A 声级为  $L_{Ai}$ ，在  $T$  时间内该声源工作时间为  $t_i$ ，则本工程声源对预测点产生的贡献值  $L_{eqg}$  可采用如下公式计算：

$$L_{eqg} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_1^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} \right)$$

式中：

$t_i$ ——在  $T$  时间内  $i$  声源工作时间，s；

$T$ ——用于计算等效声级的时间，s；

$N$ ——声源个数。

### 2) 类比预测结果

结合上述噪声预测原理，在保守条件下，不考虑建筑物对噪声的阻隔作用，则决定噪声衰减的最关键因素是声源和厂界之间的距离，即在不考虑声源的情形下，决定工程正常



运行对厂界噪声贡献值的是声源和厂界之间的距离。根据以往工程经验，工程正常运行时，对厂界噪声贡献值最大的声源为汽轮机厂房产生的噪声和变压器噪声，即决定工程正常运行对厂界噪声贡献值的是汽轮机厂房和变压器构筑物与厂界之间的距离。

以往工程中，田湾 3、4 号机组运行阶段环境影响评价噪声预测，距离汽轮机厂房和变压器构筑物最近的厂界为北厂界，最近距离约 80m，预测结果表明，工程运行对北厂界的噪声贡献值为 52.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定 3 类标准限值。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程采用俄罗斯 VVER-1200 商用压水堆核电技术，常规岛以田湾核电厂 3、4 号机组为参考电站。距离汽轮机厂房和变压器构筑物最近的厂界为南厂界，最近距离约 210m，大于上述田湾 3、4 号机组汽轮机厂房和变压器构筑物与北厂界的间距，类比可知，徐大堡核电厂 3、4 号机组正常运行时对北厂界的噪声贡献值预计满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定 3 类标准限值。

### 6.3.2.3 电磁的环境影响

徐大堡核电厂 1~6 号机组共用 500kV 出线开关站及 220kV 辅助开关站。根据 HJ 24-2020 标准要求，对于徐大堡核电厂厂址区域的电磁环境影响分析，可以采用类比分析的方法，与已运行的田湾 1-4 号机组共用的 500kV 开关站、5-8 号机组共用的 500kV 开关站及 500kV 开关站出线至厂内门型架（第一跨）处的电磁辐射强度和分布的实际测量进行对比，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

徐大堡核电厂电磁辐射环境与田湾核电站电磁辐射环境对比见表 6.3-1。

田湾核电站厂厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在 0.03V/m~6.83V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0029 $\mu$ T~0.1280 $\mu$ T 之间。根据以往工程经验，机组正常运行时，开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外 0-5m 处，最大磁场强度一般在中相导线的正下方附近，然后随距离增加而降低。距离田湾核电站 500kV 开关站及 500kV 出线第一跨最近的居民区处工频电场监测值为 0.75V/m，工频磁场监测值为 0.0059 $\mu$ 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 $\mu$ T），符合标准要求。

徐大堡核电厂厂厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在 0.06~0.87V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0057~0.0747 $\mu$ T 之间。距离徐大堡核电厂 500kV 开关站及 500kV 出线至第一跨最近的环境敏感区处工频电场强度为 0.12V/m，工频磁场监测值为 0.0057 $\mu$ T（最近的居民区处工频电场强度为 0.26V/m，工频磁场监测值为 0.0081 $\mu$ T）。此处工频电场及工频



磁场强度监测值均小于距离田湾核电站500kV开关站及500kV出线第一跨最近的居民区的工频电场及工频磁场强度监测值。徐大堡核电厂厂区外环境敏感区工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100 $\mu$ T），预计工程正常运行后对居民区的影响较小，可忽略不计。

由表 6.3-1 及以上分析可见，徐大堡核电厂厂址区域的电磁辐射污染源少于田湾核电站厂址区域。可以预测，徐大堡核电厂 3、4 号机组投运后 500kV 开关站及 500kV 开关站出线至第一跨处的输电线路对周围环境的电磁辐射影响能够满足国家相关标准的要求。

#### 6.3.2.4 固体废弃物的影响

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业固体废物和危险废物。参考其他项目运行经验反馈，本工程两台机组正常运行期间，一般工业固体废物年产生量约 405 t，其中可回收类一般工业固体废物（木材、纸壳、零星废金属等）约 50t，不可回收类一般工业固体废物（废塑料、废橡胶、海洋垃圾、废树脂、废保温棉等）约 355t。

一般工业固体废物主要为海水淡化处理、生活污水处理过程中产生的污泥、膜组件和除盐水处理过程中产生的膜组件、离子交换树脂等。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。

除盐水生产工艺设计、海水淡化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除盐水处理膜元件的使用情况，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。经除盐水工艺、海水淡化工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，按照一般工业固体废物进行处理。

危险废物在厂区内收集、贮存，委托有危险废物经营许可证的有资质单位外运处置。本工程设有与前期工程共用的危险废物暂存库，集中分类暂存，日常建立危险废物台账并设专人看管，通过与持有合法有效的《危险废物经营许可证》的危废经营单位签订处置合同，将本工程产生的各类危废外运转移至危废经营单位（合同乙方），通过利用、焚烧、填埋等方式处理。

徐大堡核电厂建有 1 座危险废物贮存库，1 层，设置 8 个功能分区，包括废树脂库、废铅蓄电池库、碱库、酸库、氧化剂库、废包装库、废矿物油库、废可燃液体库，将危险废物分区暂存。按照“减量化、资源化、无害化”原则对固体废物进行分类收集、处理和处置，日常建立危险废物台账并设专人管理，定期组织符合要求的单位进行合规处理。



## 6.4 初步退役计划

### 6.4.1 概述

对核电厂来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括源项调查、去污、厂内设备和系统的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废物进行处理、整備、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对徐大堡核电厂 3、4 号机组将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的便于退役的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

### 6.4.2 退役策略

核电站机组退役的推荐策略为：立即拆除和延迟拆除。

——立即拆除：是指在核设施最终关闭后，对污染的设备、结构进行拆除或去污，直至该核设施的放射性水平达到允许开放并无限制使用，或达到监管机构规定的使用限值。

——延迟拆除：有时也称核设施的安全封存，是指核设施最终关闭后，对部分被放射性污染的设备、建筑物或非放设备、建筑物进行处理处置，污染较严重的设备被安全封存，直至其放射性水平达到可以进行后续去污和/或拆除，从而达到允许该设施无限制使用或者由监管机构进行限制使用的策略。

对于核电站营运单位，应基于多因素分析，选择最优的退役策略，考虑的方面如下：安全、环境保护、公众健康保护、工程成本，对核电站所在区域的社会经济和环境的影响，以及所需的财务、技术、材料和人力资源等。但是，最重要的是，应根据现行法律（法规）和管理文件的要求，论证退役策略（无论按照哪种策略）能够确保员工、当地公众和环境的安全。

影响核电机组退役经济指标的关键因素是安全封存的高成本（执行已规划的作业、部件的更换、辐射防护和技术安全）。因此，选择“延迟拆除”的退役策略，核电机组的安全封存费用与退役工程的费用相当。



影响核电机组退役策略选择的其他重要条件是，需要阐述关键技术和积累参考经验，以便进一步进入世界核电站退役市场，并储备合格的运行人员。

综合上述分析，将“立即拆除”策略作为徐大堡核电厂 3、4 号机组退役的退役策略，“立即拆除”作为实施该方案的主要方法。

### 6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部门要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。核电厂退役计划分三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。其中安全分析和环境影响评价是退役计划安全实施的关键。

#### 6.4.3.1 初始退役计划

初始计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期间需使用的现有设施、系统和设备。

#### 6.4.3.2 中期退役计划

核电厂运行期间需要对初始退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计划（若发生重大事故时应立即制定）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计划的系统和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

#### 6.4.3.3 最终退役计划

核电厂安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

### 6.4.4 退役方案简述

#### 6.4.4.1 “立即拆除”退役方案

核电机组选择在核电站最终关闭后，对污染的设备、结构进行拆除或去污，直至该核设施的放射性水平达到允许开放并无限制使用，或达到监管机构规定的使用限值的立即拆除退役方案。

选择退役方案时，可对基础方案进行组合和调整。在多机组核电站厂址退役项目方案框架内，具体方案的选择和组成取决于工程、经济、生态和其它因素的最佳组合。



因退役工作非常复杂，其过程可以分为数个阶段，包含核电机组安全封存阶段，该阶段使用安全实体屏障，通过放射性物质的衰变来降低设施的放射性风险水平。

通过特定工作完成时的设施的最终状态来描述和确定退役各阶段。

为了论证核电站退役方案，营运单位应保证进行核电站机组各种退役方案研究所必需的机组调查。

经授权机构做出决定以及编制必需的文件后，营运单位最终停堆以进行机组退役。

按照规定期限最终停堆后，通过移除乏燃料，核电站机组进入安全关闭状态。

“立即拆除”退役方案可分为两个阶段：

- 核电机组拆除准备阶段；
- 核电机组作为“放射性设施”拆除阶段。

#### 6.4.4.2 环境本底辐射水平调查

根据国家相关标准的要求，首堆首次装料前，必须完成本厂址的环境本底辐射水平调查，并至少应获得最近两年的调查数据。本底调查包括环境  $\gamma$  辐射、陆地环境介质监测和海洋介质监测。环境  $\gamma$  辐射的监测范围为以反应堆厂房为中心，半径 50km 范围内，其余陆地环境介质的监测项目一般取 20~30km，海洋介质的监测范围为排放口为中心，半径 10km 范围内。主要监测内容为：

(1) 厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；

(2) 两年本底调查的环境放射性监测项目，主要包括以下几类：

- 环境  $\gamma$  辐射： $\gamma$  辐射剂量率瞬时定点测量； $\gamma$  辐射累积剂量测量。
- 陆地介质：大气及沉降物、土壤和底泥以及陆生生物
- 海洋介质：海水、海洋沉积物、海洋生物

(3)  $^{14}\text{C}$  本底调查的项目，主要包括以下几类：

- 陆域介质：水、生物
- 海洋介质：海水、生物

#### 6.4.4.3 退役废物管理

在徐大堡核电厂 3、4 号机组退役过程中，应根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）、《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）等废物管理相关标准的规定对各类废物进行分类，并进行相关的处理处置工作。

(1) 放射性固体废物



对退役过程中产生的高放废物进行包装和暂存采取深地质处置方式处置；中放废物送废物处理设施进行检测、处理、整备，最终送中等深度处置场处置，处置深度通常为地下几十到几百米；低放废物可以在具有工程屏障的近地表处置设施中处置；极低放废物根据其材质及放射性水平分别进行收集和包装，送至新建废物处理设施进行处理，经检测进行解控或送至极低放填埋场填埋。

### （2）放射性液体废物

系统倒空、系统串洗过程中产生的放射性废液，用原废液处理系统进行处理。

设备离线去污产生的废液，通过去污设施内配建的废液处理系统进行处理。

退役过程中工作人员产生的洗澡水等放射性水平较低的废液，利用原有系统进行收集、处理及最终排放；当原有系统拆除后，利用新建的废物处理设施的相关系统进行收集、处理和排放。

### （3）放射性气态废物

退役过程中，放射性气态废物产生于使用热切割工具的拆除过程和对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房原有的通风系统。

## 6.4.5 便于退役的考虑

### 6.4.5.1 材料的选择

选择可使产生的放射性材料体积及放射性材料弥散降至最低的材料、措施，以便表面去污。

在核电站的设计阶段，应特别注意结合有利于放射性废物管理的特点，以及核电站今后的退役和拆除。

特别是，设计应适当考虑：

- 材料的选择，以便尽可能减少放射性废物的数量，并便于去污；
- 可能的必要的可达能力和处理方法；
- 处理和贮存运行中产生的放射性废物以及管理（如分离或整理、表征、分类、预处理）



理、处理和重组）核电站退役过程中产生的放射性废物所需设施的规定。

在核电站设计过程中，应考虑与退役有关的辐射防护要求。设计工程方案和措施应旨在降低废物的辐射剂量率、体积和放射性水平，从而降低与核电站退役过程相关的成本，提供核电站退役的措施与运行期间的辐射防护和废物处理同等重要。这些措施包括，如建筑材料的选择。

#### 6.4.5.2 主要系统和设备的设计

拆卸和清除大型部件的措施、方便拆除和远程清除高放射性水平部件的措施、系统去污措施。

徐大堡核电厂 3、4 号机组采用 VVER-1200 堆型，在进行设计时，考虑了运行中需要尽可能地满足污染最严重设备和土建构筑物的拆除需求。徐大堡核电厂 3、4 号机组布置和土建工程设计方案使得可以根据“立即拆除核电站”方案终止机组的运行。

#### 6.4.5.3 退役关键支持系统可用性

核电站设计应按照技术维护、测试和检查大纲要求，保证机组运行期间，以及退役期间所需系统和部件的工作能力，如设备寿命到期，通过更换设备和系统部件方式确保其工作能力。

此外，还应保证电站机组退役期间厂房和构筑物土建结构的承重能力，并考虑机组退役相关工作可能造成的载荷。

机组退役准备期间，应根据工程调研结果（设备、系统和部件实际技术状态），对执行退役相关工作的系统设备和部件，编制工作能力（或恢复、改进和更换能力）报告。

#### 6.4.5.4 便于退役的厂房布局和设备布置

反应堆装置的布置和反应堆厂房的结构，保障了反应堆装置的大型设备（压力容器除外）在核电机组运行过程中更换的可能性。为此在设计中预留了从设备隔间运输的孔洞、设备远程拆卸和将其从反应堆厂房运到机组现场的装置（吊车、索具、运输小车、运输闸门）。

核电站退役时，依靠这些设计技术方案和设备可将设备从工作位置拆除并通过运输闸门整体运送到电站现场的临时存放点，或者运送到新建装置上将大型设备破拆成可以在现场运输的部件，以便对拆除的设备实施进一步的后处理、回收和处置。

核电站设计时考虑了最大限度地减轻运行过程中污染最严重的设备和土建结构的拆卸难度的可能性。



#### 6.4.5.5 便于退役的标准建（构）筑物和系统

核电站设计的目标之一应是便于核电站之后的退役，包括退役过程中采用标准的核电站建（构）筑物和系统。

徐大堡核电厂 3、4 号机组退役期间，设备、系统、运输方面的标准构筑物 and 工艺措施是指反应堆机组和核电站设计中将使用并配备可防止核素与污染物扩散到控制区外的实体屏障。

#### 6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：核电厂设计、竣工文件，所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在核电厂运行的几十年期间，因核电厂的变更和改进，这些文件与核电厂的真实状况的吻合性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。

#### 6.4.7 退役费用的考虑

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第 27 条的规定，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，并列入投资概算或生产成本。根据《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T20048-2011），本工程退役基金按固定资产原值的 10% 计提，从投产后第一年开始平均提取。

#### 6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应由相关部门负责完成此项工作。

安全关闭期是从设施运行到退役主要拆除活动实施之间的一个重要阶段，该阶段从运行阶段末期启动。

这一阶段的任务主要是尽量完成需要类似运行期操作的系统作业，如全系统在线去污（如果需要），还应将运行期间堆放的废物收集做妥善处理整备，另外应对设施系统的放射性盘存量进行调查。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符合退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和厂址清理，使厂址最终无限制开放。

#### 6.4.9 结论

通过上述分析，得出如下结论：



- 1) 核电厂退役策略选择受多种因素影响，从目前的国家政策、费用来源、废物出路以及退役技术方面来看，将采用立即拆除策略。
- 2) 徐大堡核电厂 3、4 号机组在设计阶段已考虑方便退役工作的多项措施，将来运行阶段也将采取便于退役的措施。
- 3) 在核电厂安全关闭期，将指定责任部门负责退役的前期工作。

核电厂退役将涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在核电厂运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在专门的退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。



表 6.2-1 (1/3) 厂址半径 80km 评价区内各子区年均大气弥散因子 (Cs-137)

单位：s/m<sup>3</sup>

方位\距离 km	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
N	3.87E-07	8.63E-08	4.66E-08	2.49E-08	1.08E-08	5.15E-09	3.40E-09	2.41E-09	1.81E-09	1.42E-09	1.15E-09	9.34E-10
NNE	5.21E-07	1.23E-07	7.04E-08	3.87E-08	1.67E-08	7.94E-09	5.29E-09	3.77E-09	2.84E-09	2.23E-09	1.82E-09	1.49E-09
NE	7.20E-07	1.62E-07	8.88E-08	4.83E-08	2.07E-08	1.01E-08	6.74E-09	4.80E-09	3.61E-09	2.84E-09	2.32E-09	1.90E-09
ENE	3.92E-07	8.46E-08	4.62E-08	2.59E-08	1.23E-08	7.49E-09	5.35E-09	3.88E-09	2.93E-09	2.31E-09	1.89E-09	1.55E-09
E	2.57E-07	5.02E-08	2.67E-08	1.53E-08	7.71E-09	5.03E-09	3.59E-09	2.60E-09	1.97E-09	1.56E-09	1.28E-09	1.04E-09
ESE	2.86E-07	5.32E-08	2.65E-08	1.50E-08	7.60E-09	5.18E-09	3.78E-09	2.76E-09	2.09E-09	1.64E-09	1.35E-09	1.10E-09
SE	2.25E-07	4.31E-08	2.15E-08	1.21E-08	6.16E-09	4.54E-09	3.43E-09	2.52E-09	1.91E-09	1.50E-09	1.22E-09	9.91E-10
SSE	2.08E-07	4.19E-08	2.12E-08	1.18E-08	6.05E-09	4.69E-09	3.62E-09	2.68E-09	2.03E-09	1.60E-09	1.31E-09	1.07E-09
S	8.43E-08	1.69E-08	8.59E-09	4.66E-09	2.23E-09	1.55E-09	1.17E-09	8.61E-10	6.53E-10	5.16E-10	4.23E-10	3.45E-10
SSW	4.23E-07	9.03E-08	4.75E-08	2.58E-08	1.21E-08	8.01E-09	5.89E-09	4.28E-09	3.22E-09	2.52E-09	2.05E-09	1.66E-09
SW	2.77E-07	6.15E-08	3.28E-08	1.82E-08	8.91E-09	6.05E-09	4.49E-09	3.28E-09	2.47E-09	1.94E-09	1.58E-09	1.28E-09
WSW	1.65E-07	4.05E-08	2.43E-08	1.40E-08	7.10E-09	4.77E-09	3.57E-09	2.64E-09	2.01E-09	1.60E-09	1.31E-09	1.07E-09
W	1.27E-07	3.26E-08	1.91E-08	1.07E-08	5.21E-09	3.40E-09	2.58E-09	1.92E-09	1.47E-09	1.16E-09	9.50E-10	7.73E-10
WNW	1.12E-07	3.02E-08	1.77E-08	9.94E-09	4.89E-09	2.99E-09	2.18E-09	1.61E-09	1.23E-09	9.73E-10	7.95E-10	6.47E-10
NW	1.09E-07	3.00E-08	1.91E-08	1.10E-08	5.29E-09	3.01E-09	2.15E-09	1.57E-09	1.20E-09	9.49E-10	7.75E-10	6.33E-10
NNW	1.40E-07	3.69E-08	2.32E-08	1.35E-08	6.43E-09	3.30E-09	2.19E-09	1.57E-09	1.19E-09	9.37E-10	7.63E-10	6.24E-10



表 6.2-1 (2/3) 厂址半径 80km 评价区内各子区年均大气弥散因子 (I-131)

单位：s/m<sup>3</sup>

方位\距离 km	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
N	3.87E-07	8.63E-08	4.65E-08	2.48E-08	1.07E-08	5.08E-09	3.30E-09	2.32E-09	1.71E-09	1.33E-09	1.06E-09	8.61E-10
NNE	5.21E-07	1.23E-07	7.04E-08	3.86E-08	1.66E-08	7.84E-09	5.15E-09	3.63E-09	2.70E-09	2.10E-09	1.70E-09	1.38E-09
NE	7.20E-07	1.61E-07	8.87E-08	4.83E-08	2.07E-08	9.97E-09	6.59E-09	4.65E-09	3.47E-09	2.70E-09	2.19E-09	1.79E-09
ENE	3.92E-07	8.46E-08	4.61E-08	2.58E-08	1.22E-08	7.40E-09	5.21E-09	3.74E-09	2.79E-09	2.18E-09	1.77E-09	1.44E-09
E	2.57E-07	5.02E-08	2.66E-08	1.53E-08	7.65E-09	4.95E-09	3.48E-09	2.49E-09	1.86E-09	1.45E-09	1.18E-09	9.54E-10
ESE	2.86E-07	5.31E-08	2.64E-08	1.49E-08	7.55E-09	5.11E-09	3.66E-09	2.64E-09	1.97E-09	1.53E-09	1.24E-09	9.96E-10
SE	2.25E-07	4.30E-08	2.15E-08	1.20E-08	6.13E-09	4.48E-09	3.34E-09	2.42E-09	1.81E-09	1.40E-09	1.13E-09	9.10E-10
SSE	2.08E-07	4.19E-08	2.12E-08	1.17E-08	6.01E-09	4.63E-09	3.52E-09	2.57E-09	1.93E-09	1.50E-09	1.22E-09	9.83E-10
S	8.43E-08	1.69E-08	8.58E-09	4.65E-09	2.22E-09	1.53E-09	1.14E-09	8.27E-10	6.20E-10	4.83E-10	3.92E-10	3.16E-10
SSW	4.23E-07	9.02E-08	4.74E-08	2.57E-08	1.21E-08	7.91E-09	5.75E-09	4.13E-09	3.08E-09	2.38E-09	1.92E-09	1.55E-09
SW	2.77E-07	6.14E-08	3.28E-08	1.81E-08	8.87E-09	5.97E-09	4.37E-09	3.16E-09	2.35E-09	1.83E-09	1.47E-09	1.19E-09
WSW	1.65E-07	4.05E-08	2.42E-08	1.39E-08	7.03E-09	4.68E-09	3.44E-09	2.50E-09	1.88E-09	1.47E-09	1.19E-09	9.55E-10
W	1.27E-07	3.26E-08	1.91E-08	1.07E-08	5.17E-09	3.33E-09	2.48E-09	1.81E-09	1.36E-09	1.06E-09	8.53E-10	6.84E-10
WNW	1.12E-07	3.02E-08	1.76E-08	9.90E-09	4.86E-09	2.93E-09	2.10E-09	1.52E-09	1.14E-09	8.88E-10	7.14E-10	5.73E-10
NW	1.09E-07	3.00E-08	1.91E-08	1.10E-08	5.25E-09	2.95E-09	2.06E-09	1.48E-09	1.11E-09	8.64E-10	6.94E-10	5.58E-10
NNW	1.40E-07	3.69E-08	2.32E-08	1.34E-08	6.38E-09	3.24E-09	2.12E-09	1.49E-09	1.11E-09	8.63E-10	6.94E-10	5.61E-10



表 6.2-1 (3/3) 厂址半径 80km 评价区内各子区年均大气弥散因子 (Kr-85)

单位：s/m<sup>3</sup>

方位\距离 km	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
N	3.87E-07	8.64E-08	4.67E-08	2.49E-08	1.08E-08	5.23E-09	3.50E-09	2.52E-09	1.91E-09	1.52E-09	1.25E-09	1.03E-09
NNE	5.21E-07	1.23E-07	7.05E-08	3.88E-08	1.68E-08	8.02E-09	5.39E-09	3.88E-09	2.95E-09	2.34E-09	1.92E-09	1.59E-09
NE	7.20E-07	1.62E-07	8.89E-08	4.84E-08	2.08E-08	1.02E-08	6.88E-09	4.96E-09	3.77E-09	3.00E-09	2.47E-09	2.04E-09
ENE	3.92E-07	8.47E-08	4.62E-08	2.59E-08	1.23E-08	7.55E-09	5.44E-09	3.98E-09	3.03E-09	2.41E-09	1.99E-09	1.64E-09
E	2.57E-07	5.03E-08	2.67E-08	1.54E-08	7.73E-09	5.06E-09	3.63E-09	2.65E-09	2.01E-09	1.60E-09	1.32E-09	1.08E-09
ESE	2.86E-07	5.32E-08	2.65E-08	1.50E-08	7.61E-09	5.20E-09	3.81E-09	2.79E-09	2.12E-09	1.68E-09	1.38E-09	1.12E-09
SE	2.25E-07	4.31E-08	2.15E-08	1.21E-08	6.17E-09	4.58E-09	3.48E-09	2.58E-09	1.96E-09	1.56E-09	1.28E-09	1.04E-09
SSE	2.08E-07	4.19E-08	2.12E-08	1.18E-08	6.05E-09	4.71E-09	3.64E-09	2.71E-09	2.06E-09	1.63E-09	1.34E-09	1.10E-09
S	8.43E-08	1.69E-08	8.60E-09	4.66E-09	2.23E-09	1.55E-09	1.17E-09	8.68E-10	6.60E-10	5.23E-10	4.30E-10	3.51E-10
SSW	4.23E-07	9.03E-08	4.76E-08	2.58E-08	1.22E-08	8.13E-09	6.06E-09	4.46E-09	3.40E-09	2.69E-09	2.21E-09	1.81E-09
SW	2.77E-07	6.15E-08	3.29E-08	1.82E-08	8.96E-09	6.13E-09	4.61E-09	3.42E-09	2.61E-09	2.07E-09	1.70E-09	1.40E-09
WSW	1.65E-07	4.05E-08	2.43E-08	1.40E-08	7.11E-09	4.80E-09	3.60E-09	2.68E-09	2.05E-09	1.63E-09	1.34E-09	1.10E-09
W	1.27E-07	3.26E-08	1.91E-08	1.07E-08	5.22E-09	3.42E-09	2.61E-09	1.95E-09	1.50E-09	1.19E-09	9.79E-10	8.00E-10
WNW	1.12E-07	3.02E-08	1.77E-08	9.95E-09	4.90E-09	3.01E-09	2.20E-09	1.63E-09	1.25E-09	9.96E-10	8.17E-10	6.68E-10
NW	1.09E-07	3.00E-08	1.91E-08	1.10E-08	5.30E-09	3.03E-09	2.17E-09	1.60E-09	1.22E-09	9.76E-10	8.01E-10	6.57E-10
NNW	1.40E-07	3.69E-08	2.32E-08	1.35E-08	6.45E-09	3.33E-09	2.23E-09	1.61E-09	1.23E-09	9.74E-10	7.99E-10	6.58E-10



表 6.3-1 徐大堡核电厂与田湾核电站电磁辐射环境情况对比

	徐大堡核电厂	田湾核电站
建设规模	徐大堡核电厂 1、2 号机组 2*1250MW 徐大堡核电厂 3、4 号机组 2*1200MW 徐大堡核电厂 5、6 号机组 2*1200MW	田湾 1、2 号机组 2*1060 MW 田湾 3、4 号机组扩建工程 2*1060 MW 田湾 5、6 号机组 2*1000 MW 田湾 7、8 号机组 2*1200MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内 电磁辐射源	220kV 辅助开关站，500kV 出线输电线路，220kV 施工进线输电线路；建设中的 500kV 出线开关站，6 台主变压器	运行中的 1~6 号机组；建设安装的 7、8 号机组；已建 500kV 开关站 2 个，已建 220kV 辅助开关站 1 个；6 台主变压器
厂区外 电磁辐射源	光伏电厂和 4 个风电厂，通信基站 12 座	8 条 500kV 输电线，2 条 220kV 输电线，2 条 110kV 输电线，1 个 110kV 变电站，通信基站 27 座



## 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

### 7.1 核电厂放射性事故和后果评价

#### 7.1.1 事故描述

#### 7.1.2 事故后果计算

#### 7.1.3 事故后果评价

### 7.2 严重事故

#### 7.2.1 事故描述

#### 7.2.2 事故后果

#### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

### 7.3 场内运输事故

#### 7.3.1 新燃料运输事故

#### 7.3.2 乏燃料运输事故

#### 7.3.3 放射性固体废物运输事故

### 7.4 其它事故

#### 7.4.1 化学物爆炸

#### 7.4.2 火灾

#### 7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

### 7.5 事故应急

#### 7.5.1 制定应急计划的主要依据

#### 7.5.2 应急组织机构

#### 7.5.3 与场外应急组织接口

#### 7.5.4 应急状态分级

#### 7.5.5 应急设施设备

#### 7.5.6 应急计划区

#### 7.5.7 应急文件



## 7.1 核电厂放射性事故和后果评价

### 7.1.1 事故描述

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中事故工况下的辐射防护要求，需要对核电厂设计基准事故的潜在照射后果进行评价。徐大堡核电厂 3、4 号机组采用俄罗斯 VVER-1200 型商用压水堆核电技术，参考电厂为俄罗斯列宁格勒核电厂二期工程。本章根据 VVER-1200 型机组设计基准事故源项，采用徐大堡核电厂厂址气象数据，计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果，并评价各事故的剂量后果是否满足 GB 6249-2025 的要求。

现阶段参照俄方提供的最终安全分析报告（以下简称 FSAR）第 15 章，在核电站事故中，放射性物质环境释放值很大程度上取决于以下因素：

- 燃料元件损坏程度，它决定了放射性气体和气溶胶从燃料到冷却剂中的释放量；
- 冷却剂回路损坏程度，它决定了放射性气体和气溶胶向安全壳中的释放量；
- 隔离系统的状态，它决定了放射性气体和气溶胶向环境中的释放量。

根据上述因素，基于对设备和堆芯损坏的事故序列的分析，设计中确定了场景组，以估计放射性物质的环境释放量和频率，以及核电站内的辐射情况。结合每种事故类别中导致最严重辐射后果的关键工况，本工程所考虑的主要设计基准事故如下：

- 当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏；
- 蒸汽发生器传热管破裂，随后以 60℃/h 的速度冷却；
- 安全壳外仪表管线或含有一回路冷却剂的其它管线破裂；
- 当量直径大于 100mm 的一回路管道破裂（包括主管道破裂）导致冷却剂大量泄漏；
- SG 集管盖抬起时一回路向二回路泄漏。

上述 5 个设计基准事故中，（1）当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏事故；（2）蒸汽发生器传热管破裂，随后以 60℃/h 的速度冷却事故；（3）安全壳外仪表管线或含有一回路冷却剂的其它管线破裂事故，以上三种事故为第 3 类设计基准工况，属于 GB 6249-2025 中规定的稀有事故；（4）当量直径大于 100mm 的一回路管道破裂（包括主管道破裂）导致冷却剂大量泄漏事故；（5）SG 集管盖抬起时一回路向二回路泄漏事故，以上两种事故为第 4 类设计基准工况，属于 GB 6249-2025 中规定的极限事故。



### 7.1.1.1 当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏

当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏事故所考虑的始发事件为 3 类工况，对该事故工况下本项目机组反应堆装置的安全运行结果进行了分析，计算分析直到反应堆装置达到受控状态。

考虑了主管道冷段上当量直径为 25mm 的断裂谱，该场景导致的环境释放量最大。保守估计泄漏的位置在反应堆入口处的冷段管道的下部母线上，因为一回路发生了更低位置的泄漏。

### 7.1.1.2 蒸汽发生器传热管破裂，随后以 60℃/h 的速度冷却

蒸汽发生器传热管破裂随后以 60℃/h 的速度冷却事故为 3 类工况。

计算分析进行到反应堆装置达到受控状态。传热管破裂导致一回路冷却剂泄入蒸汽发生器二次侧（两个 Dnom13），并可通过以下标志识别：

- 故障蒸汽发生器蒸汽管线的活度增加；
- 一回路冷却剂存量减少（一回路冷却剂压力降低，稳压器排空）而安全壳内的压力没有变化；
- 故障蒸汽发生器中锅炉水位增加。

计算分析是在厂用电丧失的假设下进行的。采用的分析方案中分析了用于确定有故障的蒸汽发生器的介质释放量。

### 7.1.1.3 安全壳外仪表管线或含有一回路冷却剂的其它管线破裂

该事故为 3 类工况。

本节对安全壳外部内径 10 mm 仪表管线破裂和直径 98 mm 下泄管线破裂工况进行了反应堆装置安全性分析。

计算分析中假设厂用电失电发生在控制和保护系统控制棒开始移动的时刻。对于仪表管线和下泄管线破裂的工况，也假设对一台柴油发电机进行维修（在始发事件发生之前），导致一条高压安注系统通道和一条应急给水系统通道不可用。因此，在仪表管线破裂模式下，两个高压安注系统通道和两个应急给水系统通道仍在运行。在下泄管线破裂模式下，三个高压安注系统通道和三个应急给水系统通道仍在运行。

### 7.1.1.4 当量直径大于 100mm 的一回路管道破裂（包括主管道破裂）导致冷却剂大量泄漏

该事故为 4 类工况。



根据对反应堆装置和核电站的功能影响，所考虑的始发事件是指随着一回路冷却剂存量的减少而发生的一组始发事件。

因主管道破裂而导致的 LB LOCA 可通过以下迹象识别：

- 一回路压力降低；
- 稳压器液位下降；
- 安全壳内压力增加。

事故分析考虑了最热含钐燃料棒的包壳最高温度方案。

#### 7.1.1.5 SG 集管盖抬起时一回路向二回路泄漏

集管盖完全抬起后，发生当量直径  $D_{nom}$  43 mm 泄漏流入故障蒸汽发生器的蒸汽空间，该事故为 4 类工况。

该事故可通过以下现象识别：

- 事故蒸汽发生器的蒸汽管线活度增加；
- 一回路冷却剂压力下降；
- 事故蒸汽发生器内压力增加；
- 稳压器压力下降。

采用的分析方案对故障 SG 的最大介质释放量进行评估。

### 7.1.2 事故后果计算

#### 7.1.2.1 事故大气弥散条件

采用厂址 2017 年-2021 年的 10m 高度风向—风速—稳定度三维联合频率以及厂址实测扩散参数，计算全厂址时间保证概率水平为 95% 以及各方位概率水平为 99.5% 的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子，取各方位的最大值与全厂址 95% 概率水平的值比较，取其中较大值作为 0~2 小时保守的大气弥散因子；取全厂址 50% 概率水平的小时大气弥散因子作为 0~2 小时现实的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

#### 7.1.2.2 事故剂量

对各类设计基准事故分别计算了非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；



- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

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，甲状腺吸入内照射剂量转换因子取自于 ICRP71 号报告；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺当量剂量转换因子，则采用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。

### 7.1.3 事故后果评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：

在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。

在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

根据上述事故源项和相关参数，分别计算设计基准事故在保守和现实两种大气弥散因子模型下的剂量后果。计算结果表明，当采用保守和现实两种大气弥散因子模型时，各设计基准事故所导致的剂量后果均小于 GB6249-2025 中相关的剂量控制值。徐大堡核电厂 3、4 号机组设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2025 的要求。

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

根据内部事件二级 PSA 分析成果，本工程包括 7 个放射性释放类。

按照二级 PSA 释放份额随时间的变化曲线，利用拟合方法确定严重事故的释放烟羽时段。对于释放超过 4 天的事故序列，保守起见，将释放等比压缩至前 4 天内。本节将对该事故的环境风险进行评价。

### 7.2.2 事故后果

依据 HJ808-2016《环境影响评价技术导则核电厂环境影响报告书的格式和内容》相关规定，针对二级 PSA 事故谱各事故序列，计算严重事故后两天、一周、一月和一年内不同距离超越指定剂量的概率，在此基础上，考虑各释放类的发生频率，计算得到二级 PSA 全事故谱对应的超越剂量概率水平，其中对于有多种代表序列的释放类，如 IC 类和 CFE



类，选取释放类中放射性后果最大的事故序列用于全事故谱超越剂量概率水平的分析。

其中，2 天、7 天有效剂量的通用优化干预水平取自 GB18871-2002 附录 E，即隐蔽的通用优化干预水平是 2 天内可防止剂量为 10mSv，临时撤离的通用优化干预水平是 7 天内可防止剂量为 50mSv。对于 1 个月和 1 年有效剂量的指定剂量，均参考 GB18871-2002 中临时避迁的通用优化干预水平，取 30mSv。随着距反应堆中心距离的增加，条件概率降低。

### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

本节主要描述了严重事故预防阶段、严重事故后果缓解阶段的事故管理措施。

#### 7.2.3.1 预防措施

在事故初始阶段，进行管理的主要目的之一是保证安全壳在冷却剂向安全壳内泄漏的始发事件后隔离安全壳。

安全壳隔离阀从一级可靠应急电源系统获得可靠供电。分配要遵守一个原则：应从电源系统的不同序列为位于同一条管道的两个安全壳隔离阀供电。

此外，操纵员可以从相应的 MCR/SCR 面板启动定位。

恢复堆芯余热导出需要满足以下要求：

- 一回路冷却剂的量保持在必要水平；
- 将余热导出至最终热阱。

事故严重阶段开始之前，进行管理的主要目的是恢复一回路供水系统的设备，在检测到严重事故阶段之前开始向反应堆装置一回路供水。

如果大气释放阀或蒸汽发生器非能动排热系统正在运行，热量就会被排放到大气中。

如果发生严重事故而没有发生一回路泄漏，则只需使用之前说明的任意措施恢复最终排热器的排热即可。

需要在安全壳内提供足够量的蒸汽来使蒸汽气体介质惰化，以便在发生严重事故时控制氢气状况。安全壳喷淋系统的运行对安全壳内的蒸汽量有很大影响。由于安全壳喷淋系统与一回路注入系统具有相同的支持系统，因此它可能因共同的原因而发生故障。然而，如果安全壳喷淋系统在严重事故期间运行，它的运行会减少安全壳内的蒸汽量；这可能导致安全壳内产生爆炸危险的氢浓度。由于该原因，为了防止这种情况的发生，在检测到所有反应堆装置一回路注入系统发生故障时断开安全壳喷淋系统。

#### 7.2.3.2 缓解措施

##### (1) 安全壳内氢状态的管理



管理措施的主要目的：防止安全壳房间内氢浓度达到爆炸危险。

安全壳内可燃气体通过遍布整个安全壳空间的氢气复合器催化剂单元发生氧化反应，从而以非能动方式减少。

安全壳消氢系统(JMT)采用非能动工作原理（不需要支持系统）。氢复合器的布置和总数量依据计算分析的结果选取。

为了确保一回路泄漏严重事故下的氢气安全，需要采取额外的主动控制措施。为了降低泄漏房间中的氢浓度，规定将反应堆装置一回路氢气重新分配至远离泄漏地点的安全壳房间。氢气通过系统 JNA 管道通过特殊的排放管线排放到集水池，从而重新分配。

如果事故情景发生时，一回路压力较高（高于 2 MPa），这是二回路排热不良事故的典型特征，安全壳内有足够的蒸汽，不需要进行氢气重新分配活动。

#### （2） 预防高压条件下反应堆压力容器的失效

当反应堆压力容器发生熔融物泄漏时，应将压力降至 2.0 MPa 以下，以防止直接加热安全壳。

在严重事故情景中，如果二回路的热量排出受到影响，当冷却剂温度达到 400℃ 时，一回路压力可能会超过 2 MPa。在这种情况下，需要操纵员采取控制措施，当堆芯上方的温度达到 650℃ 时，操纵员应打开稳压器先导式释放阀和应急排气系统的至少两个安全阀。该技术措施可防止反应堆压力容器在高压（1MPa 以上）情况下发生故障，并降低反应堆一回路压力较高的情况下放射性物质通过蒸汽发生器管道释放到大气中的风险。

#### （3） 堆芯捕集器中的堆芯熔渣冷却

如果发生燃料熔化的设计扩展工况（堆芯上方温度达到 400℃），堆芯捕集器各隔室注满冷却水，转入到热备用状态。

#### （4） 事故发生时堆内和堆外的次临界状态

严重事故时燃料的次临界状态，借助核电站设备的物理特性和严重事故管理措施得以实现。通过在堆内和堆外严重事故阶段对各种燃料状态进行中子物理计算，可以对该功能进行验证。

#### （5） 采取措施向地坑水箱注入碱溶液，吸附放射性碘

#### （6） 预防安全壳在内部升压时损坏

为了使未发生燃料熔化的设计扩展工况（DEC-A）和发生燃料熔化的设计扩展工况（DEC-B）下的压力和温度保持在设计限值内，本项目设计考虑采用安全壳非能动余热排



出系统。

#### （7） 预防乏燃料水池故障

提供标准系统燃料池冷却系统用于冷却乏燃料池。当该系统有能力工作时，更倾向于使用该系统来冷却乏燃料池。当场外电源恢复时，可以利用燃料池水净化系统和硼化水储罐对乏燃料池进行补充。

#### 7.2.3.3 设计扩展工况电源系统

设计扩展工况电源系统用于在失去所有电源（包括柴油发电机组）时，为设计扩展工况仪表和控制系统用电设备供电 72 小时。

#### 7.2.3.4 采取措施降低严重事故后期阶段安全壳内压力

管理严重事故的一系列初期控制行动实施后，需要确保降低安全壳内压力。安全壳内的主要放热源以及导致壳内压力升高的原因是一回路冷却剂、事故过程中形成的不凝结的气体、堆芯捕集器内的堆芯熔渣和乏燃料池内的燃料、事故发展过程中释放的部分热量在安全壳内的土木工程结构中。

综上，为有效降低安全壳内压力，必须让所有蒸汽冷凝，抑制所有蒸汽源（堆芯捕集器和乏燃料池）。计算分析表明，为有效降低安全壳内压力，需恢复运行安全壳喷淋系统和 KAA 中间冷却回路。

### 7.3 场内运输事故

#### 7.3.1 新燃料运输事故

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的新燃料组件运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造遵守俄罗斯放射性物质运输规定，并满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

在正常运输条件下，新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。新燃料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，不会发生燃料散落。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

#### 7.3.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在安全壳内的乏燃料贮存水池中暂存，在水池贮满之前运往乏燃料后处理厂。辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程采用满足我国 GB 11806-2019



《放射性物品安全运输规程》要求的乏燃料运输容器进行乏燃料运输。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国进行了多次大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

### 7.3.3 放射性固体废物运输事故

机组运行期间产生的废树脂、蒸残液和旋流器泥浆在核岛内暂存一定时间后，将由专用的屏蔽运输槽车从核岛送往厂址废物处理设施（T4UKT）进行烘干处理，运输槽车的屏蔽设施可以保证槽车外表面剂量率 $\leq 2$  mSv/h，降低运输过程中的放射性危害。废树脂屏蔽运输槽车和蒸残液屏蔽运输槽车设有泄漏探测和液位探测装置，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。

废树脂屏蔽运输槽车和蒸残液屏蔽运输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。这些措施可以防止放射性废物通过软管输送过程发生放射性物质泄漏。废树脂屏蔽运输槽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。蒸残液屏蔽运输槽车设置了保温伴热措施，防止运输过程中蒸残液结晶的风险。放射性废物运输车辆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。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 $\leq 2$ mSv/h，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 10 $\mu$ Sv/h。

干废物通常放射性水平很低，由专用的厢式封闭货车进行运输，防止运输过程中废物掉落。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全，运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施，降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。放射性废物运输车辆司机上岗前经过驾驶训练和培训，在运输过程中严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。



## 7.4 其它事故

在本电厂中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它一些影响环境的后果（例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

### 7.4.1 化学物爆炸

厂区内贮存的化学物品中除了氢气以外，都不是直接易爆的化学物。氮气作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧，清除覆盖气体时，是将这些气体排入氢燃烧系统的复合器。复合器上游用氮气稀释，保证混合气体中的氢浓度不超过 2.5vol.%。复合器使氢气在催化剂上燃烧，降低氢气浓度，复合器下游氢浓度不超过 0.2vol.%。复合器上下游均配备有氢氧监测器，以监测系统内氢氧浓度并验证复合器效果，因此氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量，从而不会发生氢气爆炸事故。

### 7.4.2 火灾

核电站可能产生火灾危险的设备有很多，如所有使用润滑油的设备、电气设备和电缆、使用燃油的设备、碘吸附器、特殊的防护材料等。

核电站的防火设计严格执行有关的设计规范，贯彻以防为主，消防结合的方针。通过预防火灾、限制火灾蔓延、火灾探测以及通过自动的或由电厂运行人员操作的灭火措施来实现防火的目的。

### 7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

HJ169-2018 附录 B 给出了应重点关注的危险物质，针对徐大堡核电厂危险化学品的环评风险，按照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)的相关要求，根据徐大堡核电厂涉及的危险物质及工艺系统危险性和环境敏感程度确定环境风险潜势，并根据风险潜势确定评价工作等级。

按照 HJ169-2018 附录 C，本项目的环境风险潜势为 I，仅需要开展简单分析。

本项目仅涉及危险物质的使用与贮存，主要包括甲苯、盐酸、硫酸和次氯酸钠，不贮存危险数量的酸碱溶液。针对危险化学品的物理化学性质，在其使用过程中均采取相应的防护措施。

液体状态的酸碱溶液及甲苯，用槽车运入电厂内，盛装在专用贮槽或贮罐内。对运输和装卸采取一些保护措施，确保不会发生溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料和保



守的设计，保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面，即使发生泄漏，泄漏液也能被收集，不会释放到环境中。

因此本项目在运输、装卸和贮存危化品期间，预期不会导致环境风险。

## 7.5 事故应急

### 7.5.1 制定应急计划的主要依据

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建电厂必须在其场内和场外核事故应急预案审查批准后方可装料，《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）则对核电厂营运单位制定事故应急预案提出了相应的要求。

核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

徐大堡核电厂根据国家法律法规的要求，编制《徐大堡核电厂场内核事故应急预案》。

### 7.5.2 应急组织机构

徐大堡核电厂根据国家法规要求建立场内统一的应急组织体系，确定厂内外应急联系渠道。应急响应组织体系由应急指挥部及其领导下的各应急小组组成。

应急指挥部由应急总指挥、运行副总指挥、应急抢修副总指挥、安全后勤副总指挥组成，是徐大堡核电厂应急响应时的指挥核心，全面负责应急决策和指挥应急响应行动，以及与国家、地方及行业主管部门和其它应急组织进行联系和协调。

徐大堡核电厂核应急组织计划设立八个应急响应小组，包括：运行控制组、技术支持组、辐射防护组、应急抢修组、消防保卫组、公众信息组、后勤保障组、工程协调组。

### 7.5.3 与场外应急组织接口

根据国家核事故应急管理条例，我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。核事故应急期间，核电厂应急指挥部将及时与国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、国家核安全局、生态环境部东北核与辐射安全监督站、国家能源局、辽宁省核事故应急协调委员会、中国核工业集团有限公司（中国核能电力股份有限公司）等单位 and 部门建立联系渠道，通报应急情况，并密切配合，协调一致地实施应急响应行动，必要时请求场外支援。



#### 7.5.4 应急状态分级

根据国家有关法规要求，参考国内外应急状态分级的有关技术标准，结合徐大堡 3、4 号核电机组可能发生的事件或事故的性质、特征、后果或可能的后果及其严重程度，将徐大堡核电厂的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个等级。

（1）应急待命：出现可能危及核电厂安全的某些特定工况或事件，表明核电厂安全水平处于不确定或可能有明显降低；

（2）厂房应急：核电厂的安全水平有实际的或潜在的大的降低，但事件的后果仅限于厂房或场区的局部区域，不会对场外产生威胁；

（3）场区应急：核电厂的工程安全设施可能严重失效，安全水平发生重大降低，事故后果扩大到整个场区，除了场区边界附近，场外放射性照射水平不会超过紧急防护行动干预水平，早期的信息和评价表明场外尚不必采取防护措施；

（4）场外应急：发生或可能发生放射性物质的大量释放，事故后果超越场区边界，导致场外的放射性照射水平超过紧急防护行动干预水平，以至于有必要采取场外防护措施。

#### 7.5.5 应急设施设备

徐大堡核电厂主要应急设施有：主控制室、备用控制室、技术支持中心、应急指挥中心、备用应急指挥室、运行支持中心、公众信息中心、仪控工程师站、监测和评价设施、淋浴与去污设施、通信系统、辅助应急设施、应急道路、福岛核事故经验反馈落实措施等。

电厂同时还利用厂区医学救护设施、消防设施、保卫设施等作为相应的辅助应急设施。

#### 7.5.6 应急计划区

核电厂应急计划区范围的测算需要满足《核电厂应急计划与准备准则第 1 部分：应急计划区的划分》GB/T 17680.1-2008 的相关要求：

（1）既应考虑设计基准事故，也应考虑严重事故，以使在所确定的应急计划区内所做的应急准备能应对严重程度不同的事故后果。

（2）对于发生概率极小的事故，在确定核电厂应急计划时可以不予考虑，以免使所确定的应急计划区的范围过大而带来不合理的经济负担。

（3）在确定应急计划区范围时，根据核电厂的设计，所考虑的最严重的事故的放射性后果不超过发生确定性健康效应剂量阈值；并考虑选用能代表各种设计基准事故和大多数严重事故序列的事故，计算其后果并与通用干预水平的数值相比较。

确定烟羽应急计划区和食入应急计划区大小的方法：



- 1) 根据 GB/T 17680.1-2008 的有关规定，确定考虑的事故的类型和源项。
- 2) 计算事故通过烟羽照射途径使公众可能受到的预期剂量和采取特定防护行动后的可防止的剂量，并估计可能被污染的食品和饮用水的污染水平；计算中所用的环境转移模式和参数应是审管部门推荐或认可的。
- 3) 将所得到的剂量数据和污染水平与 GB 18871 所规定的相应的通用优化干预水平或行动水平进行比较，确定应急计划区的范围大小，使在所确定的应急计划区的范围之外，事故可能导致的公众剂量和食品与饮用水的污染水平分别低于相应的通用优化干预水平和行动水平。

确定应急计划区范围大小应满足的准则是：

- 1) 在烟羽应急计划区之外，所考虑的后果最严重的严重事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不应超过 GB 18871 所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平。
- 2) 在烟羽应急计划区之外，对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列，相应于特定紧急防护行动的可防止的剂量一般应不大于 GB 18871 所规定的相应的通用优化干预水平。
- 3) 在食入应急计划区之外，大多数严重事故序列所造成的食品和饮用水的污染水平不应超过 GB 18871 所规定的食品和饮用水的通用行动水平。

根据 GB/T 17680.1-2008 规定，对于压水堆核电厂，其烟羽应急计划区的区域范围，一般应考虑反应堆热功率的大小，在以反应堆为中心、半径 7-10km 范围内确定；烟羽应急计划区内区的区域范围，一般应考虑反应堆热功率的大小，在以反应堆为中心、半径 3-5km 的范围内确定。对于多堆厂址，应确定一个统一的应急计划区，其边界可以是各机组应急计划区边界的包络线。福岛事故后，国内大型压水堆烟羽应急计划区范围一般均按照内区 5km，外区 10km 来进行推荐。我国《国家核应急预案》对食入应急计划区范围进行了规定，即以核电厂为中心、半径为 30 至 50 公里划定的区域。福岛事故后，根据国内其他核电项目的工程实践，一般按 50km 来确定。

根据我国核应急相关法规标准要求，结合应急计划区的计算结果，最终推荐本工程的烟羽应急计划区为以 3、4 号机组为中心半径 10km 范围的包络，其中 0-5km 范围为烟羽应急计划区内区，5-10km 范围为烟羽应急计划区外区；食入应急计划区为以 3、4 号机组为中心半径 50km 范围的包络。



### 7.5.7 应急文件

基于徐大堡核电厂质量体系，建立了应急文件体系。应急文件体系由应急准备与响应和突发事件综合应急预案等大纲性程序，应急准备、应急响应和非核事故应急预案等制度及程序组成。



## 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

8.2.3 气象观测

8.2.4 水文观测

8.2.5 生态监测

8.2.6 噪声监测

8.2.7 电磁环境监测

### 8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

### 8.4 质量保证

8.4.1 组织机构和人员

8.4.2 计量器具

8.4.3 样品的质量控制

8.4.4 分析测量中的质量控制

8.4.5 原始记录

8.4.6 数据处理和监测报告

### 表

表 8.1-1（1/4） 运行期间环境监测大纲

表 8.1-1（2/4） 运行期间环境监测大纲

表 8.1-1（3/4） 运行期间环境监测大纲

表 8.1-1（4/4） 运行期间环境监测大纲

表 8.1-2（1/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表



表 8.1-2（2/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表

表 8.1-2（3/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表



## 8.1 辐射监测

### 8.1.1 流出物监测

气态和液态流出物是造成核电厂周围环境污染和居民受照剂量负担的主要来源，因此在流出物监测中对气态和液态流出物进行重点监测。

流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规标准和核电厂的实际情况制定。

#### 8.1.1.1 监测依据

徐大堡核电厂 3、4 号机组采用俄罗斯 VVER-1200 技术，流出物监测系统的设计方案除满足俄罗斯的相关法规标准外，还满足我国的流出物监测相关法规标准。

#### 8.1.1.2 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- 监测释放到环境中的气态和液态流出物的活度浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值和核电厂本身规定的排放管理目标值；
- 为判明核电厂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、估算公众受照剂量提供放射性测量数据和资料；
- 使公众确信核电厂的放射性物质排放确实受到严格的控制；
- 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，可为核电厂在事故期间的应急响应提供信息。

#### 8.1.1.3 监测原则

本工程运行期间流出物监测方案的制定和监测系统的设计应遵循的主要原则有：

- 满足国家标准法规及多堆厂址统一管理规定上的要求；
- 对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- 对于槽式排放，进行排放前取样分析；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；对于事故后具备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 气态流出物监测

本工程的气态流出物中放射性主要来自核岛通风烟囱、常规岛凝汽器抽真空系统的排气和厂址废物处理设施的通风烟囱。

##### (1) 核岛通风烟囱（UKH）气态流出物监测

本工程的每个机组都设有一个烟囱。正常工况下，辐射控制区房间的排气和工艺排气经监测合格后通过通风烟囱排放。如果机组发生与反应堆冷却剂回路的密封性丧失有关事故，安全和包容系统在设计条件下运行且电源可用的情况下，环形空间的排气通过核岛通风烟囱排放。

##### 1) 气态流出物连续监测

每个烟囱的气态流出物监测系统由三个相互独立的连续监测道进行监测。每套设备包括气溶胶活度浓度测量装置，碘活度浓度测量装置，放射性惰性气体活度浓度测量装置， $\gamma$  剂量率测量装置，流量、温度和相对湿度测量装置。除了测量每组释放的放射性物质（气溶胶、碘、气体）体积活度的监测通道外，还可以使用监测排气通风管内释放的气流中  $\gamma$  剂量率的监测通道，以提高事故工况下测量的可靠性。此设计是为了防止在事故工况下失去监测功能。

##### 2) 气态流出物取样监测

在其中一条监测道中，设有一套气溶胶、碘、惰性气体和氡碳取样装置，对气溶胶、碘、惰性气体和氡碳定期取样，样品送至实验室进行分析。

另外，还设置有一台工艺谱仪对放射性惰性气体核素的组成和活度进行测量。

##### (2) 凝汽器抽真空系统（MAJ）排气监测

本工程在汽轮机厂房内安装放射性惰性气体监测道，监测汽轮机凝汽器抽真空系统排气的活度浓度，评估放射性核素释放到环境中的情况，同时验证蒸汽发生器传热表面密封性丧失有关的应急情况。

测量数据在本地显示并上传到自动辐射监测系统（ARMS）。当检测到污染或设备故障时，设备会发出就地报警信号，ARMS 系统上层也会发出报警。

##### (3) 厂址废物处理设施（T4UKT）



为了对 T4UKT 的通风烟囱流出物进行监测,设置一套分体式气溶胶和碘连续监测仪,对厂房排风总管的烟囱排出流进行连续监测,测量烟囱排气中的气溶胶和碘的放射性水平。同时在监测道处设有一套气溶胶、碘、惰性气体和氡碳取样装置,对气溶胶、碘、惰性气体和氡碳定期取样,样品送至实验室进行分析。

#### (4) 气态流出物排放量计算方法

$$A_{\text{年}} = \sum (C_1 \times V_1 + C_2 \times V_2 + \dots + C_n \times V_n + \dots)$$

其中:

- $A_{\text{年}}$  表示该年某类核素的排放量, Bq;
- $\sum$  表示一年内各次排放量求和;
- $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_n$  表示某段时间内烟囱排放气体体积,  $\text{m}^3$ ;
- $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_n$  表示某次排放废气中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度,  $\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

#### (5) 烟囱气体取样代表性

烟囱取样系统为保证气体流出物取样结果具有代表性,采用了多嘴取样口的设计进行取样。

### 8.1.1.5 液态流出物监测

本工程所有的液态流出物都经过净化或放射性监测合格,再排放到环境中。

#### (1) 核岛液态流出物

废液由监测道对汇总管线进行连续监测。当排放废液活度浓度超过预定阈值时,给出报警信号,并自动启动隔离阀,停止废液排放。

#### (2) 常规岛液态流出物

常规岛废液排放系统设置了离线液体活度监测道用于测量废液的活度。当超过阈值时,联锁关闭废液排放隔离阀,联锁停运废液排放泵。当仪表故障时,联锁关闭废液排放隔离阀,联锁停运废液排放泵;废液排放隔离阀在仪表故障时禁止打开。

#### (3) 厂址废物处理设施 (T4UKT) 液态流出物

在排放干管上,设置了在线液体活度监测道用于测量废液的活度浓度。当超过阈值时,联锁关闭废液排放隔离阀,联锁停运废液排放泵。

#### (4) 液态流出物排放量计算方法

液态流出物分为氡、碳-14 和其余核素三类。

对于某类核素一年排放量计算方法如下:

$$A_{\text{年}} = \sum (C_1 \times V_1 + C_2 \times V_2 + \dots + C_n \times V_n + \dots)$$



其中：

- $A_{\text{年}}$  表示该年某类核素的排放量，Bq；
- $\Sigma$  表示一年内各次排放量求和；
- $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_n$  表示某次排放废液中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度， $\text{Bq/m}^3$ ；
- $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_n$  表示该次排放的废液的排放体积， $\text{m}^3$ 。

#### （5）液态流出物取样代表性

液态流出物在就地取样前，需要进行如下操作：关闭泵出口排放阀，启动泵对排放槽进行全流量循环，以使所取的样品均匀，具有代表性。

#### 8.1.1.6 配合地方环保部门的监督性监测

为了满足地方环保部门进行监督性监测，本工程建成后满足地方环保部门进行流出物监督性监测的主要措施有：

- 气态、液态放射性流出物在线连续监测的数据传输至相关环保部门。
- 经常保持与地方环保部门联系，及时争取地方环保部门的监督与指导。
- 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：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  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  样品给地方环保部门进行测量；从贮槽中提取样品时，可同时为地方环保部门提取平行样品。
- 向地方环保部门及时提供流出物监测月报表；核电厂流出物监测及样品测量分析数据可随时供地方环保部门查询。
- 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

为了确保本工程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，设置了环境监测设施，以满足本工程运行后辐射环境监测要求。本工程运行期间的环境监测大纲见表 8.1-1。

##### 8.1.2.1 监测依据

运行期间环境监测按照国家、行业有关标准规范执行。

##### 8.1.2.2 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  $\gamma$  辐射水平的变化，以评估徐大堡核电厂排放



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。

#### 8.1.2.3 监测范围

根据国家有关法规和本厂址的具体情况，监测范围如下：

- 环境  $\gamma$  辐射水平监测范围为以核电厂为中心半径约 20km 范围内，其余陆地环境放射性监测项目的监测范围为以核电厂为中心半径 10km 范围内。
- 海洋环境放射性监测以排污口附近海洋中放射性核素为主。

#### 8.1.2.4 布点原则

为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行本厂址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：

- 依据相关法规标准及技术规范；
- 环境  $\gamma$  辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向厂区边界附近区域；
- 对能够浓集放射性核素的指示生物进行测量分析，以便及时分析环境介质中放射性含量的变化；
- 根据近密远疏的原则布点；
- 相关监测点及介质品种尽可能与本底调查一致，以便进行运行前后的对照分析。

#### 8.1.2.5 监测项目

##### （1）气象要素

气象铁塔梯度观测包括对 10m、30m、50m、70m 和 100m 处的风向、风速和气温观测；地面气象观测包括对 10m 风向和风速、气温、相对湿度、总辐射、净辐射、气压、降水量。

##### （2）环境 $\gamma$ 辐射水平

###### 1) $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

本厂址共设置 12 个环境监测站，每个监测站内设置有固定式环境  $\gamma$  辐射剂量率测量仪，对  $\gamma$  剂量率进行连续监测。

###### 2) $\gamma$ 辐射累积剂量

$\gamma$  辐射累积剂量监测点共 22 个，监测频次为 1 次/季。



### （3）空气

空气监测包括：气溶胶中  $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  能谱和总  $\beta$ ；沉降物中  $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  能谱；降水中  $^3\text{H}$ ；空气中  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $^{131}\text{I}$ 。

气溶胶中  $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  能谱取样点共 6 个，监测频次为 1 次/月。年度混合样分析  $^{90}\text{Sr}$ 。

其中一个点位设置气溶胶连续监测系统开展总  $\beta$  活度浓度测量。

沉降物中  $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  能谱和总  $\beta$  取样点共 6 个，监测频次为 1 次/季，每季度连续累积采样。年度混合样分析  $^{90}\text{Sr}$ 。

降水中  $^3\text{H}$  取样点共 6 个。监测频次为 1 次/月。

空气中  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $^{131}\text{I}$  取样点共 6 个，其中一个点位进行  $^3\text{H}$  连续采样，每周累积采样，监测频次为 1 次/周。其余点位监测频次为 1 次/月，每月累积采样。

### （4）土壤

土壤监测包括  $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  能谱、 $^{239+240}\text{Pu}$ 。土壤监测取样点共 12 个，监测频次为 1 次/年。

### （5）陆地生物

陆地生物包括谷类、蔬菜类、水果类、家禽、家畜、指示生物（松针）。

谷类为大米，蔬菜类包括白菜和红薯，水果类为苹果，禽、畜包括鸡和猪。以上种类陆地生物监测包括  $\gamma$  能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ （TFWT，OBT）、 $^{90}\text{Sr}$ 。取样点共 2 个。取样频次为 1 次/年。

指示生物（松针）监测包括  $\gamma$  能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ （TFWT，OBT）、 $^{90}\text{Sr}$ 。指示生物取样点共 1 个。取样频次为 1 次/年。

### （6）非受纳水体

非受纳水体包括厂外地下水（饮用水）、厂内地下水、地表水、地表水沉积物和陆地水生植物。

厂外地下水（饮用水）监测包括  $\gamma$  能谱、总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 。厂外地下水取样点共 3 个，取样频次为平水期、枯水期各 1 次。

厂内地下水监测包括  $\gamma$  能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ ，其中一个点位加测  $^{14}\text{C}$ 。厂内地下水取样点共 4 个（按监测井编号顺序每月选取 1 个点位进行采样分析），取样频次为 1 次/月。

地表水监测包括  $\gamma$  能谱、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 。地表水取样点共 3 个，取样频次为平水期、枯水期各 1 次。

地表水沉积物包括  $\gamma$  能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 。地表水沉积物取样点共 3 个，取样频次为



1 次/年。

陆地水生植物（水草）监测包括  $\gamma$  能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 。陆地水生植物取样点共 2 个，取样频次为 1 次/年。

#### （7）受纳水体

受纳水体包括海水、海洋沉积物、海洋植物和海洋生物。

海水监测包括  $^3\text{H}$ 、总  $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ ，其中两个点位加测  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  能谱。海水取样点共 3 个，取样频次为 1 次/半年。

海洋沉积物监测包括  $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  能谱，其中两个点位加测  $^{239+240}\text{Pu}$ 。海洋沉积物取样点共 4 个，取样频次为 1 次/年。

海洋植物为石莼（指示生物），藻类。海洋监测包括  $^3\text{H}$ （TFWT, OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  能谱。海洋植物取样点共 3 个，取样频次为 1 次/年。

海洋动物包括鱼类（矛尾复鰕虎鱼、多宝鱼）、甲壳类（虾）、软体类（八爪鱼）。海洋监测包括  $^3\text{H}$ （TFWT, OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  能谱。取样频次为 1 次/年。

#### 8.1.2.6 测量方法

根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法，监测方法及探测下限详见表 8.1-2。

#### 8.1.2.7 配合地方环保部门的监督性监测

本工程为地方环保部门建设了监督性监测前沿站和 13 个监督性监测子站。本工程将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、用水用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。

#### 8.1.3 应急监测

##### 8.1.3.1 监测目的

徐大堡核电厂应急环境辐射监测目的是在核电厂事故应急状态下，为了了解和掌握环境辐射水平和放射性污染情况。在核电厂发生事故时，环境/应急监测车将携带便携式仪表对厂址区域的环境  $\gamma$  辐射水平进行快速测量。如有必要，环境介质采样车将对空气、土壤、地表水、陆生生物以及电厂排放口及周围海域海水等环境介质采样，并根据事故发展情况调整取样频次，送至环境实验室中进行测量分析，以确定污染区域和污染水平，为评价事故性质、源项大小以及应采取的防护措施提供依据。



### 8.1.3.2 监测范围

在应急待命状态下，关注位于核电厂周围的 11 个环境监测站的  $\gamma$  剂量率等实时监测数据。在厂房应急状态下，监测范围主要是关注位于核电厂周围的 11 个环境监测站的实时监测数据，重点关注位于厂区的环境监测站的剂量率变化。在场区应急和场外应急状态下的事故早期，应急环境监测的范围以涵盖核电厂厂区以及厂址周围半径 5km 之内的区域为重点，可根据烟羽弥散情况或为了支援场外应急监测的需要，可视情况适当扩大监测范围，但监测半径一般不超过 10km。在场区应急和场外应急状态下的事故晚期，重点监测范围为场区周界及其厂址周围 20km 范围内的环境介质， $\gamma$  空气吸收剂量率测量和 TLD 的布放范围为 30km。

### 8.1.3.3 监测内容

(1) 厂区应急监测可选项目为：

- 巡测线路上的  $\gamma$  剂量率；
- 地表  $\beta$  污染水平。

(2) 厂区外应急监测可选项目：

- 巡测线路上的  $\gamma$  剂量率；
- 地表  $\beta$  污染水平；
- 空气放射性污染浓度；
- 热释光剂量计（TLD）的取放与测量；
- 必要时加测风向、风速。

(3) 海域应急监测的可选项目为：

- 海域表面  $\gamma$  剂量率水平；
- 海水浅表层取样分析；
- 必要时加测风向、风速。

根据国内外最新法律法规、监管单位的要求、场外应急组织的要求，监测内容可能会进行调整，具体应以电厂实际执行的应急辐射环境监测相关程序为准。

### 8.1.3.4 监测设备

参与应急环境监测的监测设施和设备主要包括：

- 环境监测站：监测设备具有足够宽的量程，并设置维持 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。



- 应急监测子系统：电厂配备有 12 台投放式剂量率自动监测仪及相应数据接收处理单元。根据事故影响的范围，为了对部分重点位置加强监测，或在环境监测站不可用的情况下，将投放式剂量率自动监测仪放至指定地点进行环境  $\gamma$  剂量率的连续监测，监测数据通过无线方式传输至应急指挥中心。
- 应急监测车辆与便携式取样/巡测设备：应急监测车辆包括一辆环境监测车和一辆应急监测车，可以快速给出环境  $\gamma$  辐射水平、表面污染等。数据传输方式采用无线传输。便携式取样/巡测设备主要包括  $\gamma$  剂量率仪、 $\alpha/\beta$  表面污染仪、风向风速仪等，在应急情况下将便携式仪表搬上监测车辆用于快速取样与测量。
- 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 102m 气象观测铁塔、地面气象观测场以及地方气象部门的预警信息。
- 环境实验室：环境实验室在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

## 8.2 其他监测

### 8.2.1 热影响监测

#### 8.2.1.1 监测范围

监测范围以覆盖徐大堡核电厂 4 台机组模拟的温排水 0.5℃ 温升影响区域为原则，重点对周边敏感海域开展监测。

#### 8.2.1.2 监测方式

以航空航天遥感监测为主，海面实测为辅，对徐大堡核电厂排水口周围海面温度场进行调查，评估徐大堡核电厂温排水对周边海域的热影响。

#### 8.2.1.3 监测频次

在 3、4 号机组运行后，每年通过航天卫星遥感开展温排水监测。3、4 号运行后 2 年内开展一次夏季航空遥感和海面辅助监测，对典型季节和潮态的温排水进行精细化监测；5 年内对温排水的环境影响进行后评价。

#### 8.2.1.4 数据分析程序

获取遥感数据和海面实测数据后，分析核电站附近海域海面温度场特征，并利用经过几何校正后的航空遥感测量数据及海面实测数据进行解译验证和标定，给出不同潮汐状况下徐大堡核电周围海域温度场特征、温排水扩散范围和温升强度，参照相关标准规范的要求，制作满足核电站温排水遥感测量的一系列成果图像、文件和数据分析图表。

### 8.2.2 化学污染物和生活污水监测



为评估徐大堡核电厂 3、4 号机组非放射性化学污染物对附近环境的潜在影响，对非放射性生产废水的水质进行监测，主要指标包括 pH 等，具体监测项目及频次以徐大堡核电站实际执行的监测程序为准。徐大堡核电厂运行期产生的生活污水送至徐大堡镇污水处理厂处理。

### 8.2.3 气象观测

厂址气象站位于厂内的西北方位，2010 年 9 月正式开始现场气象观测。气象观测系统由气象铁塔风温梯度测量系统、地面气象 8 要素自动观测系统和监控系统平台三部分构成。其中气象铁塔梯度观测包括对 10m、30m、50m、70m 和 100m 处的风向、风速和气温观测；地面气象观测包括对 10m 风向和风速、气温、相对湿度、总辐射、净辐射、气压、降水量共 8 项要素的观测。该气象观测系统由采集系统、传感器、供电系统、防雷系统、监控平台五部分构成。

观测期间用于计算联合频率的数据联合获取率为 94.2%，满足核安全导则的相关要求。

### 8.2.4 水文观测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪水文观测相关标准规范的具体要求，逐步开展监测方案的制定等工作。常规水文观测，如潮位、水文、盐度等利用水文站每年开展一次水文观测。根据电站的实际运行情况，在运行期间计划每 5~10 年开展一次大面积水文观测。

### 8.2.5 生态监测

徐大堡核电厂运行期间拟采用以下方案开展厂址附近海域生态监测。

#### 8.2.5.1 监测项目

- (1) 海洋生物：叶绿素、浮游植物、浮游动物、底栖生物的种类组成和数量分布等。
- (2) 渔业资源：资源密度，优势种；鱼卵、仔稚鱼种类和密度。
- (3) 根据监测区域的实际情况，可能影响冷源系统海洋生物。

#### 8.2.5.2 监测点位布设与监测频次

- (1) 以排水口为中心点，半径 15km 内，监测点位不少于 10 个。
- (2) 选择代表性季节，每 5 年进行 1 次监测。

### 8.2.6 噪声监测

徐大堡核电厂运行期间，计划每季度对徐大堡核电厂厂界开展 1 次噪声监测。

#### 8.2.6.1 监测点位的布设

厂界共设 4 个监测点。厂区外敏感区监测点 6 个。



### 8.2.6.2 监测方法

按照《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中相关监测要求执行。

### 8.2.7 电磁环境监测

徐大堡核电厂运行期间，计划每年对电厂发电机组出线围栏外的工频电场强度、工频磁感应强度进行监测。

#### 8.2.7.1 监测点位的布设

电磁辐射监测对象为徐大堡核电厂 220kV 电源线路工程、220kV 开关站、500kV 开关站、500kV 电源线路工程（出线构架至第一铁塔弧垂最低位置的横截面方向）、地下电缆廊道、网控楼。

#### 8.2.7.2 监测方法

各监测点在全天任一时间段进行测量，每个点位测量工频电场、工频磁场、电场强度、功率密度四组数据，每次测量均连续测量 2min 取均值。

## 8.3 监测设施

### 8.3.1 流出物实验室

#### 8.3.1.1 电厂流出物实验室

流出物实验室用于监测核电厂气态和液态流出物的样品，以确定被排放气态和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。本工程流出物实验室由 3 部分组成，分别位于厂区实验室一层和 3、4 号机组的核服务厂房的放射化学实验室。

厂区实验室中流出物实验室包括冷制备间、热制备间、核素测量间、 $\gamma$  谱仪探头间和放射源间。3 号机组核服务厂房的放射化学实验室流出物实验室包括流出物样品制备间和核素分析间，4 号机组核服务厂房的放射化学实验室流出物实验室包括流出物样品制备间和核素分析间。

本工程流出物实验室均处于辐射防护控制区，人员进出需要通过卫生出入口进行管理。流出物实验室配备了流出物监测的仪器和设备，能够满足流出物监测的需求。本工程气态放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目、测量核素、测量方法、测量周期等符合现行国家规范要求。

#### 8.3.1.2 监督性流出物实验室

依据《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》要求，在徐大堡核电 3、4 号机组工程建设期间，同时开工建设了厂区外独立的监督性流出物实验室，位于辽宁省兴城市滨海经济区。该实验室用于地方环保部门开展核电厂气态和液态流出物样品的



监督性监测，测量结果为评价徐大堡核电厂的流出物排放达标情况提供依据。

监督性流出物实验室配置有成套的实验室家具和放化测量仪器设备及辅助设施，满足徐大堡核电厂的气液态流出物监督性监测要求。

### 8.3.2 环境监测设施

#### 8.3.2.1 环境辐射与气象监测系统

环境辐射和气象监测系统用于连续监测厂区及周围环境地区的环境  $\gamma$  辐射水平，采集厂区及周围环境地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，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；为评价核电厂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。

##### （1）气象站

本厂址设置有气象站，包括 102m 气象观测铁塔和地面气象观测场，主要观测的气象要素包括风速、风向、温度、湿度、大气压、降雨量、天空总辐射及净辐射等。气象观测数据实时上传至中央数据处理站。

##### （2）环境监测站

本厂址共建设 12 个辐射环境监测站（含 1 个对照点）。

环境  $\gamma$  辐射监测点重点布置在主导风向的下风向、厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点其他敏感区域。涵盖陆域 11 个方位角。

环境监测站的设备配备包括  $\gamma$  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  $\gamma$  辐射水平的连续监测、风速、风向、雨量等参数，部分监测站具备气溶胶、H-3、C-14 和 I-131、雨水/沉降灰采样功能。

##### （3）环境监测车/应急监测车/环境介质采样车

本厂址配备 1 辆环境监测车、1 辆应急监测车及 1 台环境介质采样车。定期对厂区周围环境  $\gamma$  辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。

##### （4）投放式 $\gamma$ 辐射监测系统

本厂址配备有 12 台投放式剂量率自动监测仪及相应数据接收处理单元。根据事故影响的范围，为了对部分重点位置加强监测，或在环境  $\gamma$  辐射固定监测站不可用的情况下，将投放式剂量率自动监测仪放至指定地点进行环境  $\gamma$  剂量率的连续监测，监测数据通过无线方式传输至应急指挥中心。

##### （5）中央数据处理站

本厂址中央数据处理站设在应急指挥中心内，主要进行环境  $\gamma$  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包括环境  $\gamma$  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

本厂址环境实验室位于辽宁省兴城市滨海经济区，处于本厂址 NNE 方向，直线距离约 21.16km。

环境实验室占地约 780m<sup>2</sup>，主楼建筑面积约 2549m<sup>2</sup>。根据实验室功能需求，环境实验室内设置样品接收区、预处理区、低本底测量区、非放测量区、办公区、备用应急控制中心、辅助设施区等。

### 8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测本工程运行期间对地下水的影响情况，本厂址设置了地下水监测井，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。本厂址共设置 4 口地下水监测井。

### 8.3.2.4 监督性前沿站和监测子站

本厂址的前沿站位于辽宁省兴城市滨海经济区，处于本厂址 NNE 方向，直线距离约 21.16km。前沿站占地面积约 672m<sup>2</sup>，建筑面积约 1955m<sup>2</sup>。前沿站实验室配置的主要设备有低本底  $\alpha/\beta$  测量仪、低本底液闪测量装置、P 型高纯锗  $\gamma$  谱仪、热释光剂量测量系统。

监督性监测子站共设置 13 个，含对照点 1 个。

## 8.4 质量保证

### 8.4.1 组织机构和人员

1) 建立健全环境监测组织机构，编制并定期升版组织管理程序，明确徐大堡核电厂环境监测质量管理体系建立、运行、维护和持续改进方面的人员设置及其工作职责。

2) 对从事辐射监测和质量管理人员培训、资格确认、任用、授权和能力等进行规范管理，确保这些工作人员达到并保持与其承担的工作相适应的水平。

### 8.4.2 计量器具

1) 采用与监测目标要求相适应的测量仪器和设备。

2) 对电离辐射监测计量器具定期实行检定或校准。

3) 放射性标准物质应是一种均匀、稳定、具有放射性计量特性的物质，其基体应与样品基体相同或相近，其放射性活度应与待测样品中的活度相近。

4) 各种计量器具需进行定期维护、期间核查和（或）稳定性控制，使其计量学特性维持在规定限度内。



5) 自动监测站的监测设备、采样设备、气象设备按要求进行期间核查。使用自动监测设备进行监测时，自动监测设备应具备数据保存功能。

6) 检验仪器工作状态的检验源应具有良好的长期稳定性，对流出物直接连续测量系统的定期检验尽可能使用遥控检验源。

7) 定期对各类低本底计数装置进行泊松分布检验，该类装置的计数须满足泊松分布。泊松分布检验可与期间核查相结合。

8) 用低本底测量装置的本底计数率和(或)标准物质的计数效率应绘制质量控制图，检验分析测量装置性能的长期稳定性。

#### 8.4.3 样品的质量控制

1) 制定年度采样计划（质量控制样品在质量控制计划中体现），并按计划实施。采样计划要根据监测大纲规定的监测点位、监测项目和监测频率，结合样品特性选择合理的采样时间。

2) 制定各类样品的采样、包装、运输、交接、验收、贮存和领用的详细操作程序并严格遵守。样品在采集和运输过程中应防止样品被污染或样品对环境造成污染。运输中应采取必要的防震、防漏、防雨、防尘、防爆等措施，以保证人员和样品的安全。采取预防措施，避免样品中放射性物质通过化学、物理或生物作用产生损失或沾污等。

3) 根据采样装置的实际使用条件通过实验测定其对放射性物质的收集效率，并以文件的形式说明。如果使用条件与采样装置的生产厂家的测定条件相同或相近，可采用厂家给出的数据。

4) 采集的样品量应满足测量的需求，包括质量控制样品和留样。

5) 当样品可获得时，应采集不少于每批次样品总数 10% 的平行双样。当样品总数少于 10 个时，至少取 1 个样品的平行双样。

6) 应有一定比例的留样备查，实验室应明确规定不同类型留样的保存期。环境质量监测的生物灰、土壤等固态样品应长期保存。

7) 当样品是指一次观测或者是一个定性或定量的观测值时，如现场监测、 $\gamma$  辐射连续测量等，布点应严格遵循相关的标准和规范的要求。测量设备应具备良好的抗干扰能力和稳定性，防止恶劣环境对连续监测系统的破坏和干扰。

#### 8.4.4 分析测量中的质量控制

1) 样品的预处理和分析测量方法必须有完备的程序文件。样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法，或者经过验证过的其他方法。如有必要，可制定相应的作业指导书。



2) 在分析测量操作过程中应该注意防止样品之间交叉污染。分析测量实验室和仪器设备应按样品中放射性核素种类及活度浓度大小分级使用。

3) 为评定分析测量过程中产生的不确定度，了解测量结果的分散性，在条件许可的情况下应分析测量质量控制样品（平行样品、加标样品、空白样品）。

4) 分析测量的每种质量控制样品数不低于分析测量总样品数的 5%，而且应该均匀地分布在每批样品之中。平行样品测量的相对平均偏差一般应控制在 40%以内，加标回收率一般应在 80%~120%，已知参考值质量控制样品测量值归一化偏差  $E_n$  的绝对值应不大于 1。

5) 准确配制载体和标准溶液，并根据其稳定性确定使用期限。在采购、领用试剂时，要注意检查质量，不合格者一律不得使用。

6) 积极参加能力验证或实验室之间分析测量比对活动，对存疑和不满意结果应该分析、查明原因并采取纠正措施。

7) 对分析测量装置的性能定期进行核查，操作步骤应严格按作业指导书实施，分析测量装置性能稳定性检验的结果应予以记录。

#### 8.4.5 原始记录

1) 原始记录应满足记录控制程序的要求。应确保所有质量活动和监测过程的技术活动记录信息的完整性、充分性和可追溯性，包括合同评审、监测方案和质量控制计划的编审、质量监督、监测点位地理信息、环境条件、样品描述、监测的方法依据、测量仪器、监测人员等必要信息。纸质记录和电子记录应安全储存。

2) 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算全过程中的每一步均需清晰、详细、准确记录，对每个操作步骤的记录内容和格式、记录的修改都应有明确、具体的规定。每个样品上都应贴上相应的不易脱落或不易损坏的标签或标记。为了追踪和控制每个样品的流动情况，还应该有随样品一起转移的样品转移记录单，记录每个操作步骤的有关情况，有关工作人员也应在记录单上签名。

3) 采用计算机或自动设备对监测数据进行采集、处理时，对于手抄数据，应加以核查；对于光敏、热敏纸打印的数据，应复印后作为原始记录保存和管理；对于保存在仪器中的数据记录，需定期备份至另外的数据储存设备中安全保存，对备份的完整性应当进行检查。

4) 记录需由记录人和复核人签字确认。

5) 分类建立监测资料档案和保管、使用等制度。对不同类型监测的原始记录以及监



测结果，应规定保存期限。常规监测和应急监测的原始记录应永久保存，核查报告等质量保证记录应至少保存 6 年。重要纸质数据和资料应复制分地保存，重要数字信息应当采用双机备份技术保存。

#### 8.4.6 数据处理和监测报告

1) 监测人员应正确理解监测方法中的计算公式，保证监测数据的计算和转换不出差错。计算结果应进行校核。如果监测结果用回收率进行校准，应在原始记录的结果中明确说明并记录校准公式。

2) 数字修约、离群值的判断与处理应遵守国家有关标准规定。监测结果的有效位数应与监测方法中的规定相符，计算中间所得数据的有效位数应多保留一位。小于探测下限数值的处理方法应编制文件进行规定。

3) 监测结果应使用法定计量单位。

4) 对数据处理，其计算中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须进行复核。对计算结果的复核，可以由两人独立地进行计算或者由未参加计算的人员进行核算。

5) 采用计算机或自动化设备进行监测数据的采集、处理、记录、结果打印、储存、检索时，应建立和执行计算机数据控制程序，在数据的采集、转换、输入、输出、储存等过程中，保证信息的完整性、数据处理过程的可溯性。数据处理的软件在投入使用前或修改后继续使用前需进行测试验证或检查，确认满足使用要求后方可使用。



表 8.1-1（1/4）运行期间环境监测大纲

序号	监测对象		监测项目	采样频次	分析频次	设置点位数
1	γ 辐射	空气	γ 辐射空气吸收剂量率	连续	连续	12
			γ 辐射累积剂量	连续	1 次/季度	22
2	空气	气溶胶	总 β	24 小时连续采样	1 次/日	1
			γ 能谱、 <sup>90</sup> Sr（年度混合样）	累积采样 1 次/月	1 次/月	6
		沉降物	γ 能谱、总 β、 <sup>90</sup> Sr（年度混合样）	累积采样 1 次/季度	1 次/季度	6
		气体	<sup>3</sup> H（HTO）	累积采样 1 次/月	1 次/月	5
				连续采样	1 次/周	1
			<sup>14</sup> C	累积采样 1 次/月	1 次/月	6
			<sup>131</sup> I	累积采样 1 次/月	1 次/月	6
		降水	<sup>3</sup> H（月度混合样）	累积采样	1 次/月	6



表 8.1-1（2/4）运行期间环境监测大纲

序号	监测对象		监测项目	采样频次	分析频次	设置点位数	
3	陆地	土壤	$\gamma$ 能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	1 次/年	12	
		植物	谷类 (玉米)	$\gamma$ 能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ (TFWT, OBT)、 $^{90}\text{Sr}$	收获期	1 次/年	2
			蔬菜类 (白菜)	$\gamma$ 能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ (TFWT, OBT)、 $^{90}\text{Sr}$	收获期	1 次/年	2
			蔬菜类 (红薯)	$\gamma$ 能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ (TFWT, OBT)、 $^{90}\text{Sr}$	收获期	1 次/年	2
			水果类 (苹果)	$\gamma$ 能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ (TFWT, OBT)、 $^{90}\text{Sr}$	收获期	1 次/年	2
		动物	家禽 (鸡肉)	$\gamma$ 能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ (TFWT, OBT)、 $^{90}\text{Sr}$	1 次/年	1 次/年	2
			家畜 (猪肉)	$\gamma$ 能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ (TFWT, OBT)、 $^{90}\text{Sr}$	1 次/年	1 次/年	2
		指示生物 (松针)	$\gamma$ 能谱、 $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ (TFWT, OBT)、 $^{90}\text{Sr}$	1 次/年	1 次/年	1	



表 8.1-1（3/4） 运行期间环境监测大纲

序号	监测对象		监测项目	采样频次	分析频次	设置点位数
4	非 受 纳 水 体	地表水	$\gamma$ 能谱、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$	平水期、枯水期	平水期、枯水期各 1 次	3
		地表水沉积物	$\gamma$ 能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	1 次/年	3
		厂内地下水	$\gamma$ 能谱、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ ；4#井加测 $^{14}\text{C}$	1 次/月，循环抽测	1 次/月	4
		地下水（饮用水）	$\gamma$ 能谱、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$	平水期、枯水期	平水期、枯水期各 1 次	3
		陆地水生植物（水草）	$\gamma$ 能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$	收获期	1 次/年	2



表 8.1-1（4/4）运行期间环境监测大纲

序号	监测对象		监测项目	采样频次	分析频次	设置点位数	
5	海洋	海水	$^{40}\text{K}$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$	1 次/半年	1 次/半年	5	
			$^{40}\text{K}$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 能谱	1 次/半年	1 次/半年		
		海洋沉积物	$\gamma$ 能谱、 $^{90}\text{Sr}$	1 次/年	1 次/年	4	
			$\gamma$ 能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	1 次/年		
		指示生物	藻类（石莼）	$\gamma$ 能谱、 $^3\text{H}$ （TFWT, OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$	收获期	1 次/年	3
		海洋动物	鱼类（矛尾复鰕虎鱼）		1 次/年	1 次/年	2
	鱼类（多宝鱼）		1				
	甲壳类（虾）		1				
	软体类（八爪鱼）		1				

注：①  $\gamma$  能谱分析应重点关注核设施排放的特征核素，可根据核设施排放的特征核素来选择分析的核素，气溶胶及沉降物  $\gamma$  能谱分析项目一般可选择但不限于  $^7\text{Be}$ （质控用）、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等放射性核素。

② 生物、土壤、沉积物中  $\gamma$  能谱分析项目一般可选择但不限于  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等放射性核素，土壤、沉积物  $\gamma$  能谱可根据需要加测  $^{40}\text{K}$  作为质控核素。

③ 水中  $\gamma$  能谱分析项目一般可选择但不限于  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等放射性核素。



表 8.1-2（1/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表

序号	项目		分析方法（参考标准）	样品用量	测量时间	典型探测下限
1	γ 辐射	连续剂量率	HJ 1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	---	---	10nGy/h
		累积剂量	GB/T 10264-2014《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》	---	---	10μGy
2	氡	空气	HJ 1383-2024《环境空气 水蒸气中氡的测定 分子筛吸附采样法》	5m <sup>3</sup>	1000min	25mBq/m <sup>3</sup>
3	氡	陆地水 海水 降水	HJ 1126-2020《水中氡的分析方法》	500mL	1000min	2.0Bq/L
4		TFWT		生物	3kg（鲜）	1000min
5	OBT	生物	HJ 1324-2023《生物中氡和碳-14 的分析方法管式燃烧法》	100~150g （干）	1000min	0.5Bq/kg（鲜）
6	<sup>14</sup> C	空气	EJ/T 1008-96《空气中 <sup>14</sup> C 的取样与测定方法》	5m <sup>3</sup>	1000min	0.1Bq/g·C
7		生物	HJ 1324-2023《生物中氡和碳-14 的分析方法管式燃烧法》	2~4g（干）	1000min	0.1Bq/g·C
8		水	HJ 1056-2019《核动力厂液态流出物中 <sup>14</sup> C 分析方法-湿法氧化法》	20L	1000min	0.1Bq/g·C



表 8.1-2（2/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表

序号	项目		分析方法（参考标准）	样品用量	测量时间	典型探测下限
9	总 $\beta$	陆地水	HJ 899-2017《水质总 $\beta$ 放射性的测定厚源法》	5L	1000min	20mBq/L
10		海水		0.8L	1000min	0.5Bq/L
11		沉降物		20m <sup>2</sup> ·d	1000min	20mBq/(m <sup>2</sup> ·d)
12	总 $\alpha$	陆地水	HJ 898-2017《水质总 $\alpha$ 放射性的测定厚源法》	5L	1000min	30mBq/L
13	<sup>90</sup> Sr	生物	HJ 815-2016《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》	7~10g	1000min	2mBq/g（灰）
14		水		20L	1000min	1.0mBq/L
15		土壤、沉积物	EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》	50g	1000min	0.5Bq/kg
16		气溶胶	EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》（参考）	10000m <sup>3</sup>	1000min	2.0 $\mu$ Bq/m <sup>3</sup>
17		沉降物		20m <sup>2</sup> ·d	1000min	1.0 mBq/(m <sup>2</sup> ·d)
18	<sup>40</sup> K	水	GB/T 11338-89《水中钾-40 的分析方法》	500ml	瞬时测量	1.0mBq/L
19	<sup>131</sup> I	空气碘	GB/T 14584-93《空气中碘-131 的取样与测定》	100m <sup>3</sup>	1440min	1.0mBq/m <sup>3</sup>



表 8.1-2（3/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表

序号	项目		分析方法（参考标准）	样品用量	测量时间	典型探测下限
20	γ 能谱 ( <sup>137</sup> Cs)	气溶胶	HJ 1149-2020《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/γ 能谱法》	10000m <sup>3</sup>	1440min	10μBq/m <sup>3</sup>
21		生物	GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》	60g（植物灰） 85g（动物灰）	1440min	10mBq/kg（鲜）
22		土壤、沉积物		350g（干）	1440min	0.5Bq/kg（干）
23		沉降物		0.28m <sup>2</sup> ·90 天	1440min	3.0mBq/(m <sup>2</sup> ·d)
24		水		30L	1440min	2mBq/L
25	<sup>239+240</sup> Pu	土壤、沉积物	HJ 814-2016《水和土壤样品中钚的放射化学分析方法》	30g	1440min	15μBq/g



## 第九章 利益代价分析

### 9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

### 9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价



## 9.1 利益分析

### 9.1.1 运行带来的直接利益

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目按规划建设两台百万千瓦级压水堆核电机组。电厂设计寿命期为 60 年，经济评价期为 30 年。工程投产后，每年可向辽宁省电网送电约 165.87 亿度，每年向国家和地方上缴数亿的税金。

### 9.1.2 建设和运行带来的间接利益

#### （1）社会效益

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目的建设，将有效满足辽宁省的能源需求，优化能源结构，缓解交通运输的紧张状况，带动医疗卫生、零售业等相关产业发展，推动当地的经济发展，提高人民的生活水平。

首先，徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的建设，会配套扩建道路，改善当地的交通运输情况。其次，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，建设期间可提供约 6 万人年的各种建设人才的就业机会，运行期间核电站各岗位的就业人数总计约为 800 人。第三，本项目常规岛和 BOP 部分的设计、部分设备及全部工程建设施工均在国内市场实施，对于项目所在地经济的提升、核电上下游产业的发展将起到积极的作用。第四，核电项目能够促进当地金融等服务产业发展。另外，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。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目通过对厂区周围环境的绿化装饰美化了周边的生活环境，带来了新的景观。

核能合作是中俄战略合作的重要组成部分，受到中俄两国国家领导人的高度关注。徐大堡核电厂 3、4 号机组项目是中俄两国核能领域一揽子合作的重要组成部分，是中俄全面战略合作伙伴关系的重要体现。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的运行将进一步促进当地能源、交通、就业、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快葫芦岛地区的经济发展具有重要意义。

#### （2）环境效益

核电厂两台百万千瓦级核电机组的间接效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应。

燃煤火电厂是全球 CO<sub>2</sub> 释放的重要来源之一，而 CO<sub>2</sub> 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。在“碳达峰、碳中和”的双碳背景下，积极发展核电将是今后我国在满足电力需求的基础上改善环境质量的



有效措施。

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 直接代价

徐大堡核电厂 3、4 号机组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场地征用及清理费、项目建设管理费、工程勘察设计与技术服务费、联合试运转费等工程其他费用以及预备费、建设期财务费用、铺底流动资金、建设期可抵扣的增值税等费用。其中用于环境保护的建设投资占项目计划总资金 2.78%左右。

建设期环保投资主要包括环保设施投资和绿化投资两部分。其中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。其中废物处理处置系统包括核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、三废处理设施及环境保护工程以及废液排放管沟；流出物监测和环境监测系统包括辐射监测系统；环境整治包括边坡及截排洪沟、厂前区广场及景观等；施工期环保投入包括 HSE 环境保护费以及水土保持、施工期大气环境、噪声、海域监测等。

本工程在运行期间环保相关费用主要包括乏燃料后处理费、中低放废物处理处置费和退役基金等。其中乏燃料后处理费从投产后第六年开始提取。中低放废物处理处置费从投产后第一年开始提取。退役基金从计算期第一年开始提取。

### 9.2.2 间接代价

#### 9.2.2.1 社会代价

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的厂区、生活区需要长期征用大量土地。按规定，在核电站外边界半径 5km 范围内为限制区，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。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的运输包括施工期间设备、材料的运输，生产期间的新燃料、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，不可避免地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，本项目的建设运行对于葫芦岛地区的公众舆论、舆情及社会稳定可能会产生一定影响。核电作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性向涉及切身利益的公众进行充分宣贯，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度，有利于核电项目的顺利推进并营造更为和谐的核电发展环境。公众参与的目的和作用，是为了广泛了解社会各界人士，特别是厂址周围受影响的公众对徐大堡核电厂 3、4 号机组



工程建设的意见和建议，最大限度地降低工程建设可能对周边环境带来的不利影响，以发挥本工程最大的社会、环境和经济效益。

#### 9.2.2.2 环境代价

本工程施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘、放射源、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，徐大堡核电厂 3、4 号机组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均在可接受的范围内。本报告书的前序章节已对徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的环境影响做出了详细的论证。

综上所述，徐大堡核电厂 3、4 号工程是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于电力需求紧张、经济发展迅速的地区来说，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。徐大堡核电厂 3、4 号工程的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。



## 第十章 结论与承诺

### 10.1 核电厂建设项目

### 10.2 环境保护设施

### 10.3 放射性排放

### 10.4 辐射环境影响评价结论

### 10.5 非辐射环境影响评价结论

#### 10.5.1 施工期间的环境影响

#### 10.5.2 运行期间的环境影响

### 10.6 公众意见采纳情况总结

### 10.7 承诺



## 10.1 核电厂建设项目

辽宁徐大堡核电厂位于辽宁省葫芦岛市兴城市徐大堡镇，东临辽东湾。厂址规划容量为6台百万千瓦级核电机组，一次规划，分期建设。1、2号机组建设两台CAP1000压水堆核电机组。3、4号机组建设VVER-1200型压水堆核电机组，并已于2021年7月浇筑第一罐混凝土，两台机组开工间隔为10个月，3、4号机组分别计划于2026年12月和2027年10月投入商业运行。

本工程采用俄罗斯VVER-1200型商用压水堆核电技术，建设两台百万千瓦级核电机组，其中核岛以俄罗斯列宁格勒核电站二期工程为参考电站，常规岛以田湾核电站3、4号机组为参考电站。中核辽宁核电有限公司作为建设和营运单位，负责核电厂的建设、调试、运营和管理。核岛设计由俄方负责，中国核电工程有限公司负责核岛技术后援工作、常规岛和BOP工程设计、采购、建安等工程承包工作。

## 10.2 环境保护设施

### （1）放射性废物处理系统

本工程配套建设放射性废物处理设施，对“三废”进行处理。“三废”处理设施采用成熟可靠技术，可以保证放射性废液和放射性废气处理后达标排放；放射性固体废物处理后满足安全处置要求，每台机组每年产生固体废物包体积预期值约为 42.4m<sup>3</sup>，可以满足放射性废物最小化要求。

### （2）污水处理设施

徐大堡核电厂全厂设置一座生活污水处理站。本工程施工区的生活污水通过污水管网汇集至生活污水处理站，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。

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）中表 1 的相关要求（石油类≤3mg/L），排入室外管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程运行期产生的生活污水送至徐大堡镇污水处理厂，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，部分送回厂区用于绿化、洗车、道路浇洒等。



### （3）噪声处理

本工程正常运行产生的噪声污染也采取了相应的防护措施，可以满足要求。

### （4）流出物监测与环境辐射监测

本工程的废物处理系统的设计性能和放射性流出物监测系统的预期效果，完全可以满足对核电站周围环境保护的要求。

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，辽宁徐大堡核电厂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，并且制订运行期间流出物和环境监测方案以及应急监测方案。

## 10.3 放射性排放

本工程流出物排放量均满足GB 6249-2025中所规定的厂址年排放量控制值要求，液态流出物槽式排放出口处氡活度浓度不超过 $3.0E+07Bq/L$ ，C-14活度浓度不超过 $3.0E+03Bq/L$ ，其他放射性核素总浓度低于 $1000Bq/L$ ，满足GB 6249-2025中对液态流出物排放浓度的控制要求。

## 10.4 辐射环境影响评价结论

### （1）运行状态下对公众的辐射影响评价

运行状态下估算公众的最大个人剂量时，流出物排放源项采用申请值。本工程 2 台机组运行状态下，各年龄组中成人组的剂量最大，为  $2.19E-06Sv/a$ ，约占本工程剂量约束值（ $0.06mSv/a$ ）的 3.65%。

运行状态下分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用现实排放源项。本工程 2 台机组运行状态下，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出现在厂址 WSW 方位 1~2km 处，此处居住的是方安堡屯的村民，关键居民组为成人组，职业为渔民，受到的最大个人有效剂量为  $5.44E-07Sv/a$ ；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  $5.26E-07 Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 96.70%；各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $4.80E-07Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 88.24%。

本工程 2 台机组运行状态下，气态和液态途径排放总量、液态途径排放的放射性核素浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

### （2）运行状态下对非人类生物的辐射影响

从影响率的结果来看，本工程正常运行时，0~80km海域范围内不同介质中放射性核



素对不同水生生物的影响率均在 $10^{-4}$ 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程正常运行时，厂址附近0~80km海域范围内水生生物是安全的。

从影响率的结果来看，本工程正常运行时，厂址附近陆域范围内不同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，本工程正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

### （3）事故工况下的辐射环境影响

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。分别计算设计基准事故在现实和保守两种大气弥散因子模型下的剂量后果，计算结果表明，当采用现实和保守两种大气弥散因子模型时，各设计基准事故所导致的剂量后果均小于 GB6249-2025 中相关的剂量控制值。

本工程设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2025 的要求。

### （4）事故应急

根据我国核应急相关法规标准要求，结合应急计划区的计算结果，最终推荐本工程的烟羽应急计划区为以 3、4 号机组为中心半径 10km 范围的区域，其中 0-5km 范围为烟羽应急计划区内区，5-10km 范围为烟羽应急计划区外区；食入应急计划区为以 3、4 号机组为中心半径 50km 范围的区域。

徐大堡核电厂根据国家法律法规的要求，编制《徐大堡核电厂场内核事故应急预案》，厂址执行应急预案是可行的。

## 10.5 非辐射环境影响评价结论

### 10.5.1 施工期间的环境影响

#### （1）水土流失

项目建设过程中，不可避免地扰动原地表和破坏地表植被，对征地范围内的原土壤和



植被产生较大的改变，基础开挖、回填使植被破坏，土壤裸露，松散土方遇外力造成一定的水土流失现象。

但结合有效的工程措施（土地整治工程等）、植被种植、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。对重点水土流失区域在工程建设期及植被恢复期进行了水土保持监测，做到水土保持措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，把建设过程中产生的水土流失降至最低程度。

### （2）施工噪声

施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响；施工期间采取了相应的措施降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响。在施工建设期间，进行了施工期噪声监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工噪声对环境的影响。

### （3）大气环境的影响

在工程施工过程中，由于爆破、开挖、填土、道路修建、渣土堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量升高。施工期间采取有效的防治措施可减少扬尘的产生。在施工建设期间，进行了施工期大气的环境监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工对大气环境的影响。

### （4）海域施工的影响

本工程海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自排水暗涵建设、明渠和码头航道的疏浚工程、拦冰装置、取水南北导流堤等海工工程的施工，但施工引起的这种环境影响是局部的、暂时的，当施工结束后，这种影响不再持续。因此施工悬沙扩散对区域海洋环境影响较小。对海洋生物的影响限于局部小范围，与海洋生物的大量繁殖能力相比是很小的，因此，不会对渔业经济和海洋生态及其生态平衡产生影响。

### （5）对水环境的影响

本工程施工建设期间的施工生产废水主要用于消耗和重复利用。泵车打灰洗车后洗车废水储存于施工临建区的沉淀池，沉淀后用于道路降尘等。清洗罐车等产生的废水储存于混凝土搅拌站的沉淀池，沉淀后用于降尘等。

因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

### （6）固体废弃物的影响

施工期间，现场会产生一定数量的固体废弃物，主要是建筑垃圾和生活垃圾。施工期



间由指定的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。施工期产生的各类危险废物，分区暂存于危险废物贮存库，按照“减量化、资源化、无害化”原则分类收集、处理和处置，日常建立危险废物台账并设专人管理，定期组织符合要求的单位进行合规处理。

因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

#### （7）对生态环境的影响

工程施工对厂址场地进行了平整，场平需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作改变了当地土壤生物的种群及群落结构。挖掘过程产生的部分废弃土石方占用部分土地，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，根据现场施工情况采取了相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也采取相应的恢复措施，本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

#### （8）社会环境影响

核电厂工程建设期间，大量的工程施工人员进驻施工现场，对附近居民的日常生活产生轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加了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。

### 10.5.2 运行期间的环境影响

#### （1）温排水的影响

本工程温排水 $4^{\circ}\text{C}$ 温升范围位于混合区，夏季 $1^{\circ}\text{C}$ 、冬季 $2^{\circ}\text{C}$ 温升范围位于三类近岸海域环境功能区，符合近岸海域环境功能区划的要求，且距离生态保护红线较远，热扩散区的设置合理；温排水在夏季对代表性重要物种可能存在一定影响，但影响范围较小。

#### （2）机械损伤和卷吸效应

本工程取水方式为引水明渠取水，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。徐大堡3、4号机组的卷载效应合计等效全年生物损失量总重量占葫芦岛市海洋捕捞量的千分之1.6，占兴城市海洋捕捞量的千分之4.1，均低于百分之一，卷载效应不会对海洋生态环境造成影响；一般情况下卷塞生物损失量比卷载生物损失量低2个量级，也不会对海洋生态环境造成影响。因此，徐大堡3、4号机组的卷载和卷塞效应不会对海洋生态环境造成影响。



### （3）化学污染物的环境影响

本工程释放到环境中的化学物质主要产生于次氯酸钠生产与分配系统、海水淡化系统、除盐水生产系统、凝结水精处理系统等环节。运行期间排出含化学物质的各种废水，除循环冷却水氯化处理的余氯外，其余废水因其所含化学物质数量较少，且在标准规定的控制浓度以下，并与循环冷却水混合后排向海域。因此，这些化学物质排放不会对核电厂所在海域产生明显的不利影响。

在冷却海水中加入氯是为了防止海洋生物在循环水冷却系统管道内和排放口繁殖，以避免因其繁殖而导致的管道断面缩小、阻力增加和流量的降低。加入冷却海水中的氯包括游离态氯和化合态氯，游离态氯衰减得很快；化合态氯为氨氮和有机胺与氯化合而成的氯氨，化合态氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。加入的次氯酸钠在冷却水中迅速消耗，至排放口时，余氯浓度已降得很低。由于辽东湾水量丰富，扩散稀释能力较好，冷却水排入海区后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断地与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯不断扩散到核电厂所在海域中去，并进一步得到消耗，因而余氯不会对受纳水体产生明显影响。

### （4）生产废水和生活污水的影响

本工程运行期产生的非放射性生产废水包括非放射性含油废水、经处理达标的非放射性生产废水、无需处理可直接排放的非放射性生产废水等。

本工程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）中表 1 的相关要求（石油类 $\leq 3\text{mg/L}$ ），最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程运行期产生的生活污水送至徐大堡镇污水处理厂，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，部分送回厂区用于绿化、洗车、道路浇洒等。

满足 1.7.2 中非放射性生产废水排放执行要求的非放射性生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域，本工程所在海域满足排放条件。

因此，生产废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。

### （5）噪声的影响

本工程正常运行后，预计北厂界所受影响较大，通过类比分析，本工程正常运行时对北厂界的噪声贡献值满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定的



3 类标准限值。

#### （6）电磁辐射的影响

徐大堡核电厂 1~6 号机组共用 500kV 出线开关站及 220kV 辅助开关站。采用类比分析的方法，与已运行的田湾 1-4 号机组共用的 500kV 开关站、5-8 号机组共用的 500kV 开关站及 500kV 开关站出线至厂内门型架（第一跨）处的电磁辐射强度和分布的实际测量数据进行对比，徐大堡核电厂厂址区域的电磁辐射污染源少于田湾核电站厂址区域。可以预测，本工程投运后 500kV 开关站及 500kV 开关站出线至第一跨处的输电线路对周围环境的电磁辐射影响能够满足国家相关标准的要求。

#### （7）固体废物的影响

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业固体废物和危险废物。其中，可回收类一般工业固体废物（木材、纸壳、零星废金属等）由各种回收废旧物资的单位处置，不可回收类一般工业固体废物（废塑料、废橡胶、海洋垃圾、废树脂、废保温棉等）由符合要求的外部单位处置。危险废物在厂区内危险废物贮存库收集、贮存，按照“减量化、资源化、无害化”原则对固体废物进行分类收集、处理和处置，日常建立危险废物台账并设专人看管，定期组织符合要求的单位进行合规处理。

综上所述，从厂址的自然条件和社会条件分析，可以满足本工程建设的要求。本工程施工建设过程对环境的影响、工程运行的环境影响、事故的环境影响以及环境对电厂的可能影响均满足我国有关法规、标准的要求，非放射性污染排放不会对环境造成明显的影响。从核电厂建设和运行对环境的影响角度分析，本工程的设计、建造满足环境保护的要求。

### 10.6 公众意见采纳情况总结

第一次环评信息公示和第二次环评信息公示期间均未收到公众的反馈意见。

在公众问卷调查中，收到公众提出的意见和建议：加强参与地方经济建设、信息公开、社会责任、科普宣传等方面的工作力度。

本项目采纳公众提出的有关意见和建议。

### 10.7 承诺

本工程运行期间，营运单位中核辽宁核电有限公司将确保环保设施安全有效运行，严格进行流出物监测和环境监测。