

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组

# 环境影响报告书

(建造阶段)

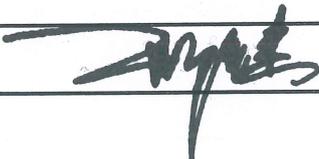
中核辽宁核电有限公司  
二〇二〇年八月

密级:

图册(文件)编号	
1817YEIRHYC01	
共 1 册	第 1 册
版次: A	状态: CFC

# 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	初步设计
工 种	综 合
图册(文件)名称	环境影响报告书 (建造阶段)
图册(文件)序号	-
批 准	

XDP	Y	B000	01	12100000	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

工程设计综合甲级资质证书: A111003049

二〇二〇年八月



## 编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	徐大堡核电厂 3、4 号机组		
环境影响评价文件类型	环境影响报告书（建造阶段）		
<b>一、建设单位情况</b>			
建设单位（签章）	中核辽宁核电有限公司		
法定代表人或主要负责人（签字）	王秀启		
主管人员及联系电话	于志成 0429-5990498		
<b>二、编制单位情况</b>			
主持编制单位名称（签章）	中国核电工程有限公司		
社会信用代码	911100001000027329		
法定代表人（签字）	徐鹏飞		
<b>三、编制人员情况</b>			
编制主持人及联系电话	高桂玲 010-88022489		
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书编号	签字	
高桂玲	0004412（环评资格证编号） A105302911（登记证编号）	高桂玲	
	0000345（核安全资格证编号） ZNPPC55-2306（登记证编号）		
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
高桂玲	0004412（环评资格证编号） A105302911（登记证编号）	第一章、第十章	高桂玲
李京	0006864（环评资格证编号） A105304811（登记证编号）	第二章	李京
王欣	0006857（环评资格证编号） A105305011（登记证编号）	第三章、第八章	王欣

张敬辉	00017650 (环评资格证编号) A105302511 (登记证编号)	第四章	张敬辉
韩蕊	2017035110352016110714000413 (环评资格证编号) A105304611 (登记证编号)	第五章	韩蕊
薛娜	00019558 (环评资格证编号) A105303311 (登记证编号)	第六章、第七章	薛娜
魏刚	0006883 (环评资格证编号) A105304511 (登记证编号)	第九章	魏刚
四、参与编制单位和人员情况			
无			

MODIFICATION

文件修改记录

REV	DATE	CHAPTER	PAGE	MODIFICATION
版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2020.8	-	-	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 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统
- 4.3 核电厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统

- 4.5 专设安全设施
- 4.6 放射性废物管理系统和源项
- 4.7 非放射性废物处理系统
- 4.8 放射性物质厂内运输
- 第五章 核电厂施工建设过程的环境的影响**
  - 5.1 土地利用
  - 5.2 水的利用
  - 5.3 施工影响控制
- 第六章 核电厂运行的环境影响**
  - 6.1 散热系统的环境影响
  - 6.2 正常运行的辐射影响
  - 6.3 其它环境影响
- 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险**
  - 7.1 核电厂放射性事故和后果评价
  - 7.2 严重事故
  - 7.3 场内运输
  - 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《核电厂环境影响报告书的内容和格式》（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，一期工程拟建设 2 台 AP1000 压水堆核电机组；二期工程拟建设 2 台 AES-2006（VVER-1200）压水堆核电机组；三期工程 5、6 号机组规划 2 台百万千瓦级机型核电机组考虑。

徐大堡核电厂 3、4 号机组由中核辽宁核电有限公司作为业主，负责核电厂的建设、调试、运营和管理。3 号机组计划于 2021 年 5 月浇灌第一罐混凝土，两台机组开工间隔为 10 个月，3、4 号机组分别计划于 2026 年 10 月和 2027 年 8 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；本工程气载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》（GB6249-2011）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氙和碳 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影响均可以满足 GB6249-2011 的相关要求；本工程运行产生的其他非放污染影响也不会对环境造成明显的影响。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，应严格制定施工期间的环境保护管理制度，并加强监测和检查，有效防止水、气、声、渣等非放污染物的环境影响。

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

### 1.1.2 建设性质

## 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

## 1.3 建设项目经费和环保设施投资

## 1.4 建设目的

## 1.5 建设项目的进度

## 1.6 环境影响报告书编制依据

### 1.6.1 编制依据文件

### 1.6.2 主要法规、标准和导则

## 1.7 评价标准

### 1.7.1 辐射环境影响评价标准

### 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

## 1.8 工程组成

## 1.9 环境保护措施

### 1.9.1 辐射影响防治措施

### 1.9.2 非放射性影响防治措施

### 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 非放射性环境影响评价范围

## 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

## 表

表 1.7-1 厂址 4 台机组的排放量设计值和厂址的排放量控制值

## 图

图 1.10-1 徐大堡厂址半径 80km 评价区范围示意图

## 1.1 建设项目名称和建设性质

### 1.1.1 核电厂名称

核电厂名称：徐大堡核电厂 3、4 号机组。

项目建设和运营单位：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业主，负责核电厂的建设、调试、运营和管理。中核辽宁核电有限公司成立于 2009 年 3 月 27 日，是由中国核能电力股份有限公司、中国大唐集团核电有限公司、江苏省国信集团有限公司、浙江浙能电力股份有限公司和中核投资有限公司分别以 50%、24%、12%、10%、4% 的比例共同出资组建。中国核电工程有限公司负责核岛技术后援工作、工程设计、采购、建安、调试等工程总承包工作。

## 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徐大堡，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，一期工程拟建设 2 台 AP1000 压水堆核电机组；二期工程拟建设 2 台 AES-2006（VVER-1200）压水堆核电机组；三期工程 5、6 号机组规划暂按 2 台百万千瓦级核电机组考虑。

AES-2006 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 号机组为参考电站。

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，实施辐射防护、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

徐大堡核电厂 3、4 号机组拟采用俄罗斯 AES-2006 型商用压水堆核电技术，建设两台百万千瓦级核电机组，以俄罗斯列宁格勒核电站二期工程为参考电站。

资金筹措渠道主要包括资本金和国内金融机构贷款两个部分。项目资本金由徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目各股东方自行筹措。除资本金投入外，本项目人民币和外币资

金需求由国内政策性银行和（或）商业银行提供贷款支持。

为了更好地推进项目进展，满足辽宁省经济增长对电力的需求，优化东北电网的电力结构，通过总结和借鉴其他电站的建设和运行经验，徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目将在设计采购、工程建造等方面进行优化调整，安全性、可靠性和经济性将得到更进一步的提高。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目直接和间接用于环境保护的费用约占项目计划总投资的 2.31%。

#### 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，发展核电已是应对煤电发展日益受制约的一种客观需要，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供应中的比例，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。

2016 年 12 月，国务院印发的《能源发展“十三五”规划》中明确，安全高效发展核电，在采用我国和国际最新核安全标准、确保万无一失的前提下，在沿海地区开工建设一批先进三代压水堆核电项目。2020 年运行核电装机力争达到 5800 万千瓦，在建核电装机达到 3000 万千瓦以上。2016 年 11 月，国家发展改革委、国家能源局发布的《电力发展“十三五”规划》提出，要坚持安全发展核电的原则，加大自主核电示范工程建设力度，着力打造核心竞争力，加快推进沿海核电项目建设。

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。在《核电中长期发展规划（2011-2020 年，调整）》、《能源发展“十三五”规划》、《“十三五”核电发展规划》、《东北振兴“十三五”规划》、《辽宁省“十三五”能源发展规划》等国家和地方规划中，辽宁徐大堡核电项目都已被列为“十三五”开工的重点项目，对国家和地方的发展至关重要。

##### （2）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。2018 年辽宁省电力增长已经超过 8%，甚至在夏季时，沈阳市已经出现拉闸限电情况。

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”的电力需求；

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的压力，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。

### （3）有利于保护环境

辽宁省是典型的资源型经济省份，能源的消费量约占全国的十分之一，而人均一次能源储量仅为全国平均水平的 35%。其中，煤炭探明可采储量动用率达 67%，石油、天然气探明可采储量动用率和水电资源开发率均超过 85%。辽宁省电力能源消费以煤为主，随着经济的发展，煤炭消耗量的增加，煤炭的开采、运输以及燃烧对环境的污染日益严重。为了继续改善辽宁省环境，需采取有效的减排措施。辽宁省以火电为主的能源结构对社会环保造成较大压力，核电站的建设可以有效减少由于燃煤发电所带来的环境污染。建设核电有利于辽宁省环境质量的改善及社会经济的可持续发展。

辽宁全省煤炭消费占能源消费总量比重高，非化石能源消费占比低于全国水平 7.8 个百分点，能源结构调整任务艰巨。在加快淘汰落后煤电机组要求下，仅“十三五”期间辽宁省就需关停落后煤电机组 126 万千瓦。辽宁省水电开发达 95%，已无余量，天然气消费量远大于产量，省内能源需求的增长只靠煤炭是不能满足的，从平衡能源需求来说，必须有核电作为基荷能源来对清洁能源进行补充。

近年来，特别是东北、华北地区受气候条件、燃煤供暖、秸秆燃烧等因素影响，多次出现了持续性严重雾霾现象，这些问题对地区经济健康持续发展及人民群众生活质量提高产生不利影响。在治理大气污染的压力下，到 2020 年，辽宁省一次能源消费结构中非化石能源消费占比要求较“十二五”末期提高 2.3 个百分点。“十三五”期间，除已核准和列入国家规划的煤电机组外，原则上不再核准新建大型煤电机组，加快淘汰落后煤电机组，重点淘汰改造后仍不符合能效环保要求的机组。辽宁省以火电为主的能源结构对社会环保造成较大压力，随着人们对经济与环境关系和对环境保护重要性认识的不断提高，必须扭转传统的非持续性的能源发展模式，确立发展能源必须坚持可持续发展方针，明确清洁能源是今后能源发展的主要方向。本工程以正常年份发电量 1658.75 万兆瓦时、减排因子 1.05 计算，每年可减排 CO<sub>2</sub> 约 1742 万吨，在提供大量稳定电力的同时，可大力降低区域碳排放和污染物排放强度，有效降低区域交通运输压力，对区域能源、电力、交通运输未来规划和发展意义重大。

此外，在保障辽宁和东北地区电源供应安全和稳定、解决辽宁省能源结构调整和地区

大气污染问题的同时，辽宁徐大堡核电厂华北、东北地区电网现已成熟，并可互相支援，在国家清洁能源消纳行动计划保障下，徐大堡核电项目建成后将可为区域提供稳定的基荷电力，缓解京津冀地区的供电压力，有效提高清洁能源的占比。

综上所述，在距离辽宁电力负荷中心较近地区建设本工程，符合国家能源政策，是解决辽宁省一次能源缺乏的重要战略措施之一，能缓解交通运输和环境保护压力，可以满足未来辽宁省电力负荷发展的需要，使电源结构多样化。同时对于华北地区的电力供应、区域大气污染防治等方面同样具有十分重要的贡献。

## 1.5 建设项目的进度

徐大堡核电厂 3 号机组计划于 2021 年 5 月浇灌第一罐混凝土，两台机组开工间隔为 10 个月，3、4 号机组分别计划于 2026 年 10 月和 2027 年 8 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》（2017 年 11 月 5 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) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (9) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 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 3 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与海洋环境管理条例》（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) 《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号，2019 年 1 月 1 日）；
- (16) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；
- (17) 《放射性废物安全监督规定》（HAF401）；

- (18) 《辽宁省环境保护条例》（2018 年 2 月 1 日）；
- (19) 《辽宁省大气污染防治条例》（2017 年 8 月 1 日）；
- (20) 《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) 《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）；
- (2) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2018 年 4 月生态环境部令 第 1 号）；
- (3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ2.3-2018）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；
- (8) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (9) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）；
- (10) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）；
- (11) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）；
- (12) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）；
- (13) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）；
- (14) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；
- (15) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；
- (16) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）；
- (17) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (18) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；
- (19) 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）；
- (20) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (21) 《海洋调查规范》（GB12763.1~7-2007）；
- (22) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (23) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (24) 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB11216-89）；
- (25) 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；

- (26) 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB11215-89);
- (27) 《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)
- (28) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019);
- (29) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》(GB/T17230-1998);
- (30) 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB8999-1988);
- (31) 《海水水质标准》(GB3097-1997);
- (32) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- (33) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002);
- (34) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002);
- (35) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (36) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- (37) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (38) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- (39) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- (40) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);
- (41) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001);
- (42) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001);
- (43) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ1186-2005);
- (44) 《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》(GB14569.1-2011);
- (45) 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》(GB12711-2018);
- (46) 《交流输变电工程电磁环境监测方法》(HJ681-2013);
- (47) 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014);
- (48) 《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);
- (49) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T10.3-1996);
- (50) 《海洋工程环境影响评价技术导则》(GB/T 19485-2014);
- (51) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》(HJ1037-2019);
- (52) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》，国家海洋局，2002 年；
- (53) 《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》(JTS/T231-2-2010);
- (54) 《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》(GB6249-2011)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

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)的规定，任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值；核动力厂必须按每堆实施放射性流出物年排放总量的控制，对于 3000MW 热功率的反应堆，其控制值如下：

气载流出物：

惰性气体： $6 \times 10^{14}$ Bq/a；

碘： $2 \times 10^{10}$ Bq/a；

粒子（半衰期 $\geq 8$ d）： $5 \times 10^{10}$ Bq/a；

碳 14： $7 \times 10^{11}$ Bq/a；

氡： $1.5 \times 10^{13}$ Bq/a。

液态流出物：

氡： $7.5 \times 10^{13}$ Bq/a；

碳 14： $1.5 \times 10^{11}$ Bq/a；

其余核素： $5.0 \times 10^{10}$ Bq/a。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011)第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，徐大堡厂址所有机组运行状态下的年放射性排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内。本厂址 1-4 号机组运行状态下的放射性流出物年排放量以及与厂址控制值的比较见表 1.7-1。

辽宁徐大堡核电厂厂址剂量约束值拟定为 0.25mSv/a，本期工程（两台机组）运行状态下的公众辐射剂量约束值拟定为 0.08mSv/a。

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)第 6.8 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，槽式排放出口处的放射性流出物中除氡和碳 14 外其他放射性核素的浓度不应超过 1000Bq/L。

#### (2) 事故工况下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)，在发生设计基准事故时，考

虑现实和保守两种大气弥散条件，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

### （3）海水中的放射性核素浓度标准

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-60：0.03Bq/L；

Sr-90：4Bq/L；

Ru-106：0.2Bq/L；

Cs-134：0.6Bq/L；

Cs-137：0.7Bq/L。

## 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

### （1）环境空气质量标准和大气污染物排放标准

厂址地区环境空气质量执行《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）海洋环境功能区划和执行的海水水质标准

根据2020年辽宁省生态环境厅发布的《关于徐大堡核电项目附近近岸海域环境功能区划调整的批复》辽环函〔2020〕30号文，混合区面积为12.6平方公里，海水水温指标执行《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为11.5平方公里，除海水水温指标执行第三类海水水质标准外，其他指标执行第二类海水水质标准。

### （3）污水排放标准

生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准。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）。

### （4）噪声标准

环境噪声：按《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类、3 类声环境功能区标准进行评价（居民区执行 1 类声环境功能区标准、厂界执行 3 类声环境功能区标准），即 1 类：

昼间：55dB（A），夜间 45dB（A）；3 类：昼间：65dB（A），夜间 55dB（A）。

施工期间采用《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

#### （5）电磁辐射

辽宁徐大堡厂址开关站及送电线路走廊的工频电磁场强度、射频综合场强功率密度执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）。主要指标如下：

工频电场强度	4kV/m
磁感应强度	0.1mT(100 $\mu$ T)
射频综合场强功率密度(任意连续 6 分钟平均值)	<0.4W/m <sup>2</sup> 。

### 1.8 工程组成

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

### 1.9 环境保护措施

本工程拟采取的环境保护措施包括设置核岛通风系统、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

本工程放射性废物处理系统包括特种下水收集系统，液体放射性废物处理系统（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，固体放射性废物贮存系统（KPE），液体放射性废物转运系统（KPH）和放射性废物处理中心（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）及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液体放射性废物处理系统（KPF）、含硼疏水收集系统（KTC）的贮槽，对核岛内由 KTT 系统收集的废水进行监测排放。

##### 1.9.1.2 液体放射性废物处理系统（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放射性废物处理中心（T4UKT）处理之前进行中间贮存。

#### 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）和贮槽排气处理系统（KPL70）。

氢燃烧系统（KPL10）履行下述功能：

- 去除一回路补给水除气器(KBA10BB001)排气中的氢气；
- 去除稳压器卸压箱(JEG10BB001)排气中的氢气；
- 去除一回路有组织泄漏槽(KTA10 BB001)排气中的氢气；
- 确保氢气在催化氢氧复合器内燃烧；
- 将氢浓度不超过 0.2%(体积)的气体混合物送往 KPL30 系统。

放射性气体处理系统（KPL30）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载流出物的放射水平在国家规定的限值之内。

贮槽排气处理系统（KPL70）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。

#### 1.9.1.6 固体放射性废物贮存系统（KPE）

KPE 系统用于贮存固体废物（水泥固化物、技术废物）废物包。

#### 1.9.1.7 液体放射性废物转运系统（KPH）

液体放射性废物转运系统（KPH）位于辅助厂房（UKA）内，每台机组各设一套。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 KPF 系统产生的旋流器泥浆转运到相应的运输槽车。

#### 1.9.1.8 放射性废物处理中心（T4UKT）

T4UKT 主要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）、可降解处理系统（KPW）、固体废物运送和水泥固定系统（KPD）、混凝土

HIC 封装系统（KPR）、放射性固体废物贮存系统（KPE）、特种洗衣房（SRP）和放射性废液收集排放系统（KTD）。

#### （1）废树脂处理系统（KPM）

废树脂处理系统（KPM）采用烘干的处理工艺。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。废树脂经锥形干燥器烘干后装入200L钢桶并封入700L HIC形成废物包。废物包暂存于T4UKT的放射性废物暂存库。

#### （2）蒸残液处理系统（KPN）

在 UKA 厂房通过 KPH 系统将核岛产生的蒸残液和泥浆装载到蒸残液和泥浆运输槽车并运输到 T4UKT 的湿废物运输间的蒸残液接收槽中。经过桶内干燥后装 200L 钢桶并封入 700L HIC 中形成废物包。废物包暂存于 T4UKT 的放射性废物暂存库。

KPM 和 KPN 系统冷凝器产生的冷凝液送到冷凝液贮槽，如果贮槽达到高液位，冷凝液将取样后送往 KTD 系统监测排放或返回到核岛 KPF 系统蒸发器处理。

#### （3）干废物处理系统（KPG）

KPG系统对干废物进行分拣、压实和桶饼优选。干废物在控制区收集后，用厢式货车运往T4UKT，卸载到废物暂存间。需要处理时，用叉车或推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165L桶内初级压实，经初压后的165L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。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。

#### （4）可降解处理系统（KPW）

KPW 系统将采用溶解、过滤、热氧化的处理工艺。对可降解废物进行降解处理，残渣装入 200L 钢桶进行水泥固定。

#### （5）固体废物运送和水泥固定系统（KPD）

KPD 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。

#### （6）混凝土 HIC 封装系统（KPR）

KPR 系统用于将装有烘干废树脂、蒸残盐和泥浆的钢桶装入混凝土 HIC，并灌浆封盖。

#### （7）放射性固体废物贮存系统（KPE）

KPE 系统用于对 200L 钢桶废物包、混凝土 HIC 废物包和通风滤芯等进行暂存。

### （8）特种洗衣房

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。

### （9）放射性废水收集排放系统（KTD）

KTD 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、可降解废物处理系统废水、人员去污水、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核岛进行处理。KTD 系统有四个子系统，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）。

## 1.9.2 非放射性影响防治措施

### ①污水处理设施

徐大堡核电厂全厂建设一座生活污水处理站。本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至生活污水处理站集中处理。生活污水经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准后，用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海，生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准。生活污水处理站设计规模 1500m<sup>3</sup>/d，满足全厂生活污水处理要求。

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》（DB 21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1，含油类<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。非放射性含油废水处理站设计规模 2×5m<sup>3</sup>/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，使厂房的建筑结构将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

正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量的工业固体废物，

将纳入全厂固废收集处理系统，委托专业单位对上述废物进行处置。

#### b. 危险废物

对废油漆、废化学品、废润滑油等危险废物，将其归类后，委托具有危险废弃物处置资质的单位对其处置。

#### c. 生活垃圾及污泥

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。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环境地区的环境 $\gamma$ 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、样品分析测量以及对环境样品测量数据处理及评价。本工程计划布设 3-4 口厂区地下水监测井，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。此外，还根据辐射环境现场监督性监测系统建设规范的相关要求建设监督性监测系统，包括监测子站、前沿站。

## 1.10 评价范围

### 1.10.1 辐射环境影响评价范围

根据《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 非放射性环境影响评价范围

#### (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)、《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)以及厂址周围敏感点的分布情况，本次大气环境影响评价范围为厂界及厂外 5km 范围内主要敏感点。

#### (2) 水环境

水环境影响的评价范围将参照《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ/T2.3-2018)、

《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT19485-2014）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

### （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）、《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）以及厂址周围敏感点的分布情况，本次声环境影响评价的范围为厂界外1m及厂外5km范围内主要敏感点。

### （4）电磁辐射

工频电场强度、工频磁场强度：以开关站为中心，半径0.5km的圆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

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，两侧沿岸向外延伸距离各30km，向海延伸50km范围。

## 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

### 1.11.1 选址阶段环境影响报告书的批复意见

2020年8月14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（选址阶段）的批复》（环审[2020]99号）要求在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作如下：

- （1）严格落实相关环境保护措施和环境监测方案。
- （2）积极落实辽宁徐大堡核电厂环保配套工程（低中放固体废物处置场）建设事宜。
- （3）积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

### 1.11.2 选址阶段环境影响报告书的批复意见落实情况

以上批复意见的落实情况如下：

- （1）关于“严格落实相关环境保护措施和环境监测方案。”

为保护环境，在工程设计阶段及今后一个时期，将制定严格的管理制度，严格落实相关环境保护措施和环境监测方案。

- （2）关于“积极落实辽宁徐大堡核电厂环保配套工程（低中放固体废物处置场）建设事宜。”

根据国家法规及项目进展，积极开展辽宁徐大堡核电厂环保配套工程（低中放固体废物处置场）相关工作。

（3）关于“积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。”

本工程已经按照相关的要求，在环境影响报告书编制阶段，通过网络、报纸、公开栏张贴等方式开展了信息公告，组织开展了公众参与工作，充分采纳了公众提出的与环境影响相关的合理意见，对未采纳的意见进行了说明。后续将积极配合地方政府维护良好的社会环境。

表 1.7-1 厂址 4 台机组的排放量设计值和厂址的排放量控制值

类别	核素类别	1、2 号机组排放源项 Bq/a	3、4 号机组排放量设计值 Bq/a	1-4 号机组总排放量 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	1-4 号与厂址控制值比 值
气载	惰性气体	8.19E+14	7.72E+13	8.96E+14	2.40E+15	37.33%
	碘	3.84E+10	9.92E+08	3.94E+10	8.00E+10	49.24%
	粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	3.50E+09	2.58E+07	3.53E+09	2.00E+11	1.76%
	氡	2.60E+13	7.06E+12	3.31E+13	6.00E+13	55.10%
	碳-14	1.21E+12	6.67E+11	1.88E+12	2.80E+12	67.11%
液态	氡	7.48E+13	7.06E+13	1.45E+14	3.00E+14	48.47%
	碳-14	6.60E+09	6.76E+10	7.42E+10	6.00E+11	12.37%
	其余核素	1.90E+10	9.89E+09	2.89E+10	2.00E+11	14.43%

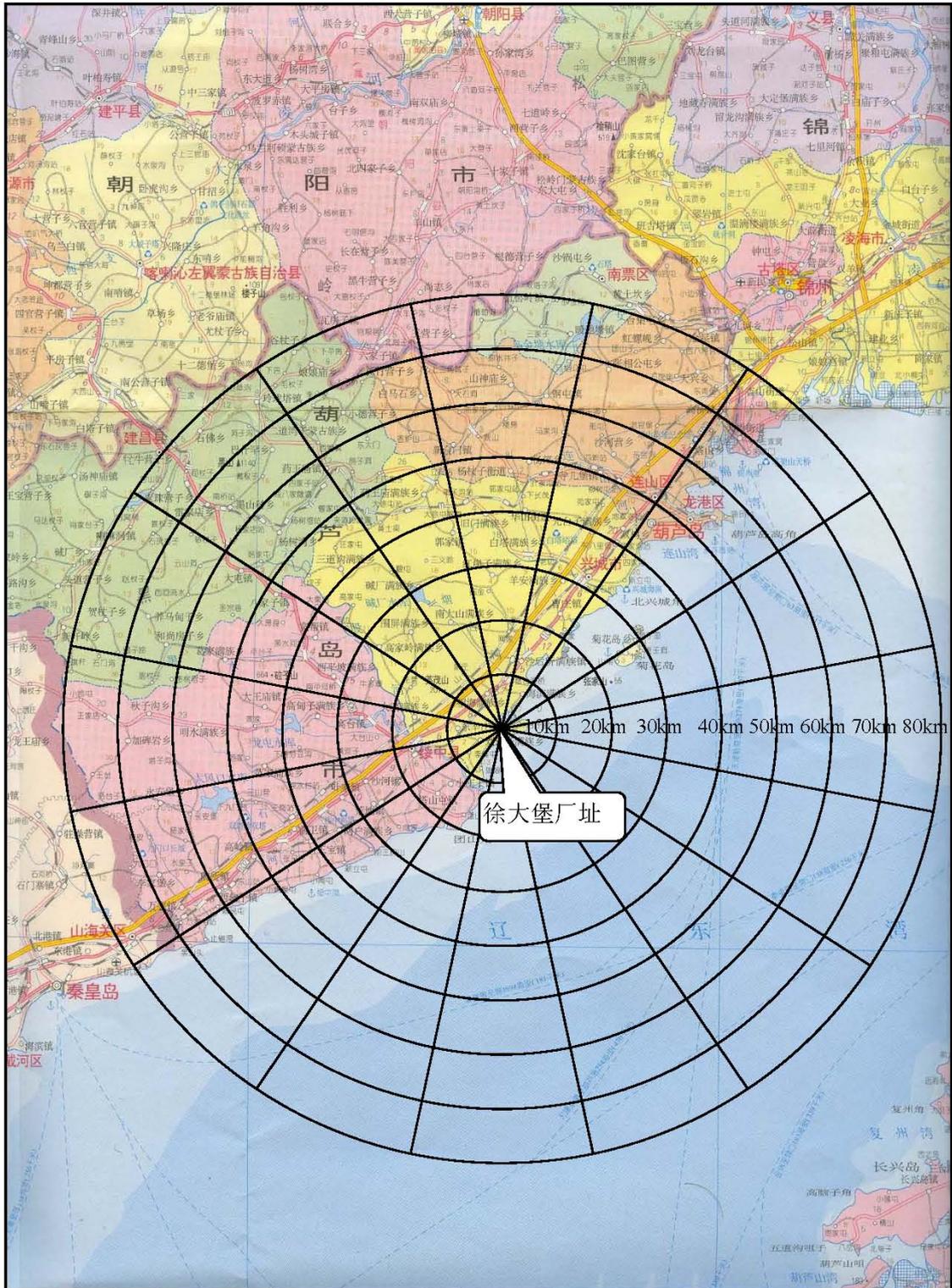


图 1.10-1 徐大堡厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

## 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 混合层高度及扩散参数值

#### 2.4.7 运行前的厂址气象观测

### 2.5 水文

#### 2.5.1 地表水

#### 2.5.2 地下水

#### 2.5.3 洪水

### 2.6 地形地貌

表:

表 2.4-1 铁塔与周边地面站风、温相关分析结果

表 2.4-2 徐大堡厂址扩散参数

表 2.4-3 观测设备性能指标

表 2.5-1 葫芦岛站多年盐度月均值

表 2.5-2 厂址重现期增减水分布

表 2.5-3 2019 年复核结果与原报告结果比较分析

表 2.5-4 1949~2018 年台风最低气压样本

**图：**

图 2.4-1 绥中站各季及年平均风向玫瑰图（2004~2018 年）

图 2.4-2 铁塔各高度全年风玫瑰图（2019 年）

图 2.4-3 地面气象站各季及年均风玫瑰图（2019 年）

图 2.4-4 各风向季均、年均降水量风玫瑰图（2019 年）

图 2.4-5 气象观测系统总体构成示意图

图 2.5-1 2010 年 2 月渤海海冰状况分布图（最严重时刻）

图 2.5-2 工程海域 1970~2018 年岸线变化

## 2.1 厂址地理位置

### 2.1.1 厂址位置

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徐大堡东南侧海岸边，东临辽东湾。厂址北北东距徐大堡镇约 7.8km、距兴城市约 32km、距葫芦岛市约 46km、距沈阳市约 292km，东北东距营口市约 146km，西距绥中县城约 18km，距东辛庄镇约 8km，距刘台子乡约 5km，西南西距秦皇岛市约 94km，南南东距红沿河核电厂约 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。

本工程为扩建工程，工程总用地面积为 157.77hm<sup>2</sup>（不含厂外设施用地），其中永久用地 79.38hm<sup>2</sup>，临时用地 78.39 hm<sup>2</sup>。

#### 2.1.2.2 非居住区及规划限制区

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）第 5.9 条规定：“在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟羽浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不大于 0.25Sv。…”。选取俄方提供的初步安全分析报告 19 章提供的稳压器波动管破裂（Dn346）叠加堆芯应急冷却系统能动部分失效 DEC-B 严重事故源项作为选址假想事故源项，根据 2019 年 1 月-12 月厂址气象三维联合频率，考虑空气浸没外照射和吸入内照射两种照射途径，计算场外剂量后果。

经过计算，半径 500m 处公众在选址假想事故后可能受到的剂量后果满足 GB6249-2011 中规定的剂量验收准则要求。因此，推荐 3、4 号机组陆域及海域的非居住区边界为以各机组为圆心半径为 500m 的范围。

对于非居住区范围以内、征地边界以外的土地管理业主与当地政府已达成协议。

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》，规划限制区外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在一期工程完成搬迁。

## 2.2 人口分布与饮食习惯

本节参考中国核电工程有限公司于 2019 年 5 月完成的《辽宁徐大堡核电厂 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。

辽宁徐大堡核电厂厂址半径 80km 范围内共涉及辽宁省葫芦岛兴城市、绥中县、连山区、龙港区、南票区、杨家杖子开发区、建昌县、辽宁省朝阳市朝阳县、辽宁省锦州市锦州经济技术开发区、河北省秦皇岛市海港区、山海关区。

对于人口调查和统计所采用的资料，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截止到 2018 年底的数据；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村干部的方式进行收集 2018 年底的资料；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截止到 2018 年底的人口数据。

### **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 范围涉及 7 个行政村的 20 个自然村，2018 年底常住人口总数为九千余人。距离厂址最近的自然村是台里村的李宝沟，位于厂址的 NNE 方位约 1.3km，人口一百余人；人口最多的自然村是方安村的方安堡屯，位于厂址的 W 方位约 1.6km，人口数一千余人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。

#### **2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点**

厂址半径 15km 范围主要涉及兴城市和绥中县所辖的 7 个乡镇，共计 67 个社区和行政村，2018 年底常住人口总数为十三万余人，距离厂址最近的行政村为徐大堡镇的方安村，位于厂址 WSW 方位 1.69km，2018 年底人口数为一万九千余人；人口最多的行政村是沙后所镇的城内村，位于厂址 N 方位约 14.25km，人口数为四千余人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

#### **2.2.1.3 流动人口**

厂址半径 15km 范围内的短期流动人口主要是外地来厂址附近海边旅游的游客。游客主要集中在徐大堡镇和刘台子满族乡，时间主要集中在每年 5~10 月份，游客总数可达到 5000~6000 人。厂址半径 15km 范围内主要以农业、水产养殖业、捕鱼和旅游业为主，没有大中专院校，大部分长期流动人口的流动方式主要是务工、经商、随迁，以流出为主。厂址半径 15km 范围内流动人口总数约 2750 人。其中流入人口总数约 600 人；流出人口总数约 2150 人。

厂址半径 5km 范围内主要以农业、海水养殖业和旅游业为主，大部分行政村人口的流动方式主要是务工。厂址半径 5km 范围内流入、流出人口较少。厂址半径 5km 范围内

的游景点主要为金沙湾度假区和龙泉寺海滨度假村，金沙湾度假区 2018 年的单日最大接待量约 1.5 万人，现已暂停开放；龙泉寺海滨度假村的旅游人数很少。

## 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 范围涉及辽宁省葫芦岛兴城市、绥中县、连山区、龙港区、南票区、杨家杖子开发区、建昌县、辽宁省朝阳市朝阳县、辽宁省锦州市锦州经济技术开发区、河北省秦皇岛市海港区、山海关区。厂址半径 80km 范围内 2018 年末有人口二百六十余万人。

### 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 范围内无百万人以上的大城市，有 2 个十万人以上的城镇，即兴城市（市区）和葫芦岛城区，分别位于厂址 NNE 方位 32.9km、和 NNE~NE 方位 51.9km，2018 年底人口数分别为十三余万人和四十七余万人。

## 2.3 土地利用及资源概况

本节内容参考由中国核电工程有限公司于 2019 年 4 月完成的《辽宁徐大堡核电厂 3、4 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》编制。

### 2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 10km 范围内主要涉及东辛庄满族镇、沙后所满族镇、望海满族乡、刘台子满族乡、徐大堡镇和小庄子镇。土地总面积 21963.98 公顷。其中，耕地面积 11034.17 公顷，园地面积 84.27 公顷，林地面积 1541.98 公顷，草地面积 571.76 公顷，城镇村及工矿用地面积 2739.91 公顷，交通运输用地面积 712.42 公顷，水域及水利设施用地面积 5086.65 公顷，其他土地面积 143.36 公顷。核电厂址所处位置为徐大堡镇方安村，根据《徐大堡镇土地利用总体规划（2006-2020 年）调整方案》，厂区占地为现状建设用地和有条件建设区，有条件建设区是在不突破建设用地规模控制指标的前提下，可以用于规划建设布局调整或使用农村建设用地指标进行建设。

厂址半径 5km 范围内没有重要矿产分布。

厂址半径 15km 范围内无风景名胜区、森林公园、湿地公园。厂址半径 15km 范围有市级以上文物遗迹 5 处，其中省级 2 处、市级 3 处，距离厂址最近的文物古迹为大窑坑遗址，位于厂址 WSW 方位约 8.6km。

厂址半径 5km 范围内旅游景点有金沙湾度假区和龙泉寺海滨度假村，分别位于厂址 ENE 方位 4.1km 和 WSW 方位 2.8km。当地镇政府考虑与核电站的相容性，已经暂停开放

金沙湾度假区。

根据辽宁省海域海洋生态红线区控制图，本项目所占用海域不是海洋生态红线区。本项目南侧六股河口北侧海域分布有六股河口及湿地生态红线区、河口南侧海域为绥中原生砂质岸线及多样性海洋保护区以及六股河口海岸侵蚀生态红线区。其中六股河北侧的六股河口及湿地生态红线区距离本项目最近，最近处位于厂址 SSW 方位约 8.0km。项目北侧海域菊花岛周边为菊花岛生态红线区，该红线区边界相对本项目最近距离约 20km。

厂址半径 15km 范围内共涉及四条河流，分别为六股河、烟台河、小庄子河和菱角河，相对厂址最近距离分别约为 8.0km、8.5km、14.0km 和 2.0km，四条河流在厂址半径 15km 范围内均没有饮用水源保护区。厂址半径 15km 范围地表水河流、水库不为居民饮用，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。农业用水主要来自于距离厂址 14.3km 的余粮水库。

根据《辽宁省主要水系地表水环境功能区划》，厂址半径 15km 范围内六股河相关区段用水功能为景观娱乐用水和渔业用水；烟台河、菱角河、相关区段用水功能为渔业用水；余粮水库用水功能为农业用水。

### 2.3.2 陆生资源及生态概况

本节依据中国核电工程有限公司于 2019 年 5 月完成的《徐大堡核电厂 3、4 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》和中国辐射防护研究院于 2019 年 11 月完成的《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址附近陆域生态环境调查及分析评价报告》编制。

#### 2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围主要农作物分类如下：

粮食作物：谷物、豆类、薯类。其中谷物主要包括玉米、高粱、稻谷；豆类主要是大豆；薯类主要是马铃薯。油料作物主要指花生。蔬菜包括蔬菜和菜用瓜。

#### 2.3.2.2 畜牧业情况

厂址半径 80km 范围家畜主要品种是牛、猪、羊；家禽的主要品种是鸡。牛肉、羊肉及牛奶主要在评价区内销售，猪肉约小部分销往评价区外，禽肉大部分销往评价区外。

#### 2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

兴城市有林面积 519.446 平方公里，森林覆盖率 24.62%。宜林土地资源较为丰富，尚有宜林地荒山 30 万亩。

兴城市矿产资源种类较多，有铅、锌、铜、钼、金、银、石棉、石墨、硅石、大理石、重晶石、无烟煤等 22 种矿藏。

### 2.3.2.4 陆生生态系统状况

#### 2.3.2.4.1 调查方法

本次调查以辽宁徐大堡核电厂 3 号机组为中心，半径 10km 的范围每个样线做 4-8 个样方不等（根据植被分布情况确定），共计 69 个样方。

#### 2.3.2.4.2 植物

据实地踏勘、调查统计，厂址周围调查区内有维管束植物 46 科 104 属 134 种，其中蕨类植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 45 科 103 属 133 种，由此可知，调查区是植物物种多样性较为丰富的区域。调查区被子植物的种类最多，比例高达 99.25%，而蕨类植物的种类仅有 0.75%，因此被子植物在调查区植物区系占主要地位。调查区的维管束植物含 10 种以上的优势科有 3 个，其中菊科种类最多，达 18 种，禾本科居次，12 种，豆科第三，10 种，其他种类较多的科还有蔷薇科 8 种、藜科 5 种、莎草科 5 种、唇形科 5 种、堇菜科 5 种。

调查区天然植被主要包括疏灌草丛和草本沼泽，人工植被主要为落叶阔叶林。根据构成群落的建群种的不同可以将调查区的植被划分为刺槐人工林群系、毛白杨人工林群系、华北卫矛—野艾蒿群系、芦苇—假苇拂子茅群系、毛马唐—酸模叶蓼群系、山扁豆—猪毛蒿群系、香蒲湿地等 7 个群系。

根据野外调查和历史资料的查证，按照《国家重点保护野生植物名录(第一批)》(1999 年 8 月 4 日国函 92 号文)，调查区内有国家级保护植物 1 种，为国家 II 级保护植物野大豆。

依照植物资源的经济用途，结合初步调查统计，其野生经济植物（维管束植物）可分为 6 类，即淀粉酿造类、油脂植物、药用植物、芳香植物、土农药类植物、纤维植物等。

#### 2.3.2.4.3 动物

对厂址半径 10km 范围内进行野生动物调查，结合资料收集的方式。统计得调查区域内脊椎动物 26 目 76 科 319 种，其中哺乳类 5 目 8 科 17 种，鸟类 18 目 60 科 288 种，爬行类 2 目 4 科 8 种，两栖类 1 目 4 科 6 种。本次野外实地调查共记录调查区域内脊椎动物 21 目 47 科 106 种，其中哺乳类 5 目 8 科 17 种，鸟类 13 目 31 科 75 种，爬行类 2 目 4 科 8 种，两栖类 1 目 4 科 6 种。

##### (1) 鸟类

本次野外调查和资料收集统计得到鸟类共有 18 目 60 科 288 种，其中冬候鸟 11 种，

旅鸟 87 种，夏候鸟 149 种，留鸟 40 种，迷鸟 1 种；有国家 I 级保护鸟类 6 种，国家 II 级保护鸟类 36 种，省级重点保护鸟类 165 种。本次调查区现场观察到的鸟类有 13 目 31 科 75 种，其中国家 II 级保护鸟类 2 种；省级保护鸟类 31 种。

#### （2）两栖类动物

本次野外调查和资料收集统计得到两栖类 1 目 4 科 6 种厂址周边地区的生态系统中，两栖类主要以蛙类和蟾蜍为主，包括黑斑侧褶蛙、北方狭口蛙、中华蟾蜍、花背蟾蜍、东北雨蛙。

#### （3）爬行类动物

本次野外调查和资料收集统计得到爬行类 2 目 4 科 8 种，爬行类主要以蛇和蜥蜴类为主。

#### （4）哺乳类动物

调查区观测记录的哺乳类 5 目 8 科 17 种，主要为松鼠科、仓鼠科、鼠科、兔科、猬科、菊头蝠科、猫科和鼬科。

本次调查观察到国家 II 级保护野生动物 2 种，分别为黄嘴白鹭和红隼；辽宁省重点保护野生动物 35 种，其中鸟类 31 种，包括灰斑鸠、火斑鸠、普通雨燕、大杜鹃等；哺乳类 3 种，包括猪獾、艾鼬、黄鼬；爬行类 1 种，为团花锦蛇。

根据野外调查数据，统计出调查区域内中国特有动物两种，为中华蟾蜍和东北刺猬。

### 2.3.2.5 距离反应堆最近的农田、菜园、养殖场、奶牛场等

厂址周围半径 15km 范围内，有 11 处耕地，2 处奶牛场。

### 2.3.2.6 生态红线

辽宁葫芦岛市生态保护红线划定目前尚未颁布。

## 2.3.3 水产资源及水生态概况

本节内容依据国家海洋局北海环境监测中心 2020 年 5 月完成的《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址附近海域海洋生态环境现状调查及评价最终成果报告》编制，调查时间为 2019 年 3 月、5 月、8 月和 10 月。

### 2.3.3.1 厂址附近海域海洋沉积物质量

依据《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）一类沉积物质量标准，油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硫化物、有机碳均符合第一类海洋沉积物质量标准。

### 2.3.3.2 厂址邻近水域中的海洋生物

调查范围为厂址半径 15km 范围内海域。

### （1）微生物

四个航次海水粪大肠菌群平均值均低于检出限，基本无季节差异；水平分布差异较小，只有部分近岸海域海水粪大肠菌群数略高出检出限，本次调查全部站位的海水粪大肠菌群数均符合第一类海水水质标准。

### （2）叶绿素a和初级生产力

调查海域叶绿素a年均含量为 $1.53\mu\text{g/L}$ ，变化范围介于 $0.16\sim 4.40\mu\text{g/L}$ ，表层叶绿素a含量大小的季节顺序为：冬季>夏季>春季>秋季，底层叶绿素a含量大小的季节顺序为：冬季>夏季>春季>秋季。

调查海域初级生产力各站位年均含量为 $179.59\text{mg}/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ （以C计，下同），变化范围介于 $34.33\sim 820.51\text{mg}/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ ，初级生产力含量大小顺序为：冬季>夏季>春季>秋季。

### （3）浮游植物

4个航次共鉴定出浮游植物87种，其中硅藻门76种，占种类组成的87.36%；甲藻门10种，占种类组成的11.49%；此外，还鉴定出金藻门1种。硅藻的物种数占绝对优势，为近海浮游植物的主要类群。

调查海域浮游植物各个季节优势种均为硅藻，其中中肋骨条藻、圆筛藻和密联角毛藻在两次调查中为优势种。冬季和秋季的优势种种类最多，均为5种，春季为4种，夏季只有1种。

### （4）大型浮游动物

本次调查共记录大型浮游动物53种，其中水母类出现12种，占大型浮游动物种类组成的22.64%；糠虾类、涟虫类和被囊类出现2种，各占大型浮游动物种类组成的3.77%；桡足类出现13种，占大型浮游动物种类组成的24.53%；等足类、端足类和毛颚类各出现1种，分别占大型浮游动物种类组成的1.89%；各类幼虫幼体出现19种，占浮游动物种类组成的35.85%。

调查海域大型浮游动物各个季节共有的优势种有两种，分别是毛颚动物门的强壮箭虫和节肢动物门的中华哲水蚤。夏季的优势种种类最多，为7种，春季为6种，秋、冬季只有5种。

### （5）中小型浮游动物

本次调查共记录中小型浮游动物50种，其中水母类出现11种，占中小型浮游动物种类组成的22.00%；涟虫类和被囊类出现2种，各占中小型浮游动物种类组成的4.00%；桡足类出现15种，占中小型浮游动物种类组成的30.00%；原生动物、糠虾类、十足类和毛颚类各

出现1种，分别占种类组成的2.00%；各类幼虫幼体出现16种，占中小型浮游动物种类组成的32.00%。

调查海域中小型浮游动物各个季节共有的优势种仅一种，为原生动物门的夜光虫；节肢动物门的小拟哲水蚤为除夏季外的优势种。夏季的优势种种类最多，为9种，秋季为5种，春季仅2种。

#### （6）鱼卵仔鱼

春季航次调查所获鱼卵仔稚鱼4种，鱼卵包括梭鱼、小黄鱼2种；仔稚鱼包括棘头梅童鱼、小黄鱼、虾虎鱼等3种。从鱼卵数量组成来看，共采集到鱼卵165粒，其中梭鱼卵161粒，占鱼卵总数的97.58%。小黄鱼卵4粒，占鱼卵总数的2.42%。从仔稚鱼数量组成来看，共采集到仔稚鱼53尾，其中虾虎鱼仔稚鱼占仔稚鱼总数的88.68%；小黄鱼4尾，占仔稚鱼总数的7.55%，棘头梅童鱼2尾，占仔稚鱼总数的3.77%。

夏季航次调查所获鱼卵仔稚鱼共3种，鱼卵为条尾鲱鲤；仔稚鱼为虾虎鱼和江口小公鱼。从鱼卵数量组成来看，共采集到条尾鲱鲤鱼卵4粒。从仔稚鱼数量组成来看，共采集到仔稚鱼7尾，为虾虎鱼仔稚鱼4尾，江口小公鱼仔稚鱼3尾。

秋季航次鱼卵仔稚鱼调查结果表明，在调查海域秋季鱼卵和仔稚鱼分布较少。本次调查定量采样中未采集到鱼卵仔稚鱼，水平拖网共获鱼卵仔稚鱼4种（4尾），鱼卵包括高眼鲱、鲈鱼、多鳞鱮3种；仔稚鱼为虾虎鱼。

冬季航次仅通过水平拖网采集到方氏云鳎稚鱼一条。

春季鱼卵仔鱼优势种为梭鱼、棘头梅童鱼、虾虎鱼；夏季鱼卵仔鱼优势种为条尾鲱鲤、江口小公鱼。秋、冬两季未采集到定量样品，无法计算优势度。

#### （7）游泳动物

调查海区4个季节共调查游泳动物50种，其中鱼类27种，隶属于7目16科25属；甲壳类19种，隶属于2目11科15属；头足类4种，隶属于3目3科3属。

春季航次捕获10种鱼类，暖水性鱼类有1种，占鱼类种数的10.00%，暖温性鱼类有7种，占鱼类种数的70.00%，冷温性鱼类2种，占鱼类种数的20.00%；按栖息水层分，底层鱼类有9种，占鱼类种数的90.00%，中上层鱼类有1种，占鱼类种数的10.00%。按经济价值分，具有一定经济价值的鱼类有3种，占鱼类种数的30.00%，经济价值较低的鱼类有7种，占鱼类种数的70.00%。短吻红舌鳎为主要鱼类优势种。

夏季航次捕获12种鱼类中，暖水性鱼类有3种，占总数的25.00%；暖温性鱼类有8种，占总数的66.67%；冷温性鱼类有1种，占总数的8.33%；按栖息水层分，底层鱼类11种，占

总数的91.67%；中上层鱼类1种，占总数的8.33%；按经济价值分，经济价值较高的有6种，占总数的50.00%；经济价值一般的有2种，占总数的16.67%；经济价值较低有4种，占总数的33.33%。矛尾复鰕虎鱼和短吻红舌鲷和白姑鱼为主要鱼类优势种。

秋季捕获15种鱼类，暖水性鱼类有5种，占鱼类种数的33.33%，暖温性鱼类有9种，占鱼类种数的60.00%，冷温性鱼类1种，占鱼类种数的6.67%；按栖息水层分，底层鱼类有14种，占鱼类种数的93.33%，中上层鱼类有1种，占鱼类种数的6.67%。按经济价值分，具有一定经济价值的鱼类有10种，占鱼类种数的66.67%，经济价值较低的鱼类有5种，占鱼类种数的33.33%。矛尾复鰕虎鱼和棘头梅童鱼为主要鱼类优势种。

冬季航次捕获11种鱼类中，暖水性鱼类有2种，占鱼类种数的18.18%，暖温性鱼类有6种，占72.73%，冷温性鱼类1种，占鱼类种数的9.09%；按栖息水层分，底层鱼类有10种，占鱼类种数的90.91%，中上层鱼类有1种，占9.09%。按经济价值分，经济价值一般的鱼类有4种，占36.36%，经济价值较低的鱼类有7种，占63.64%。矛尾复鰕虎鱼为主要鱼类优势种。

春季航次调查海域共捕获头足类2种，分别为短蛸和长蛸，均具有较高经济价值。短蛸为优势种，站位出现率为41.67%。

夏季航次调查海域共捕获头足类2种，分别为日本枪乌贼和短蛸。两个物种密度相当，其中短蛸数量略高，占总数的51.38%，站位出现率为91.67%。日本枪乌贼占总数的48.62%，站位出现率为83.33%。

秋季航次调查海域共捕获头足类2种，分别为日本枪乌贼和短蛸。两个物种密度相当，其中短蛸数量略高，占总数的51.38%，站位出现率为91.67%。日本枪乌贼占总数的48.62%，站位出现率为83.33%。

冬季航次调查海域共捕获头足类2种，分别为短蛸和双喙耳乌贼。

春季航次共捕获甲壳类9种，隶属于3目，7科，其中虾类6种，蟹类2种，十足类1种。调查海域的优势种为鲜明鼓虾和口虾蛄。其中经济价值较高的有2种，占22.22%，经济价值较低的有7种，占77.78%。

夏季航次调查共捕获甲壳类10种，隶属于3目，7科，其中虾类6种，蟹类3种，十足类1种。调查海域的优势种为口虾蛄。

秋季航次共捕获甲壳类10种，隶属于3目，7科，其中虾类5种，蟹类4种，十足类1种。调查海域的优势种为鹰爪虾和口虾蛄。其中经济价值较高的有7种，占70.00%，经济价值较低的有1种，占10%，经济价值极低的有2种，占20.00%。

冬季航次共捕获甲壳类11种，隶属于2目，4科，其中虾类6种，蟹类4种，十足类1种。

调查海域的优势种为日本鼓虾和葛氏长臂虾。其中经济价值较高的有2种，占18.18%，经济价值较低的有9种，占81.82%。

春季航次游泳动物优势种有3种，分别为口虾蛄、短吻红舌鲷、鲜明鼓虾，重要种5种，分别为日本鼓虾、葛氏长臂虾、矛尾鰕虎鱼、日本蟳、短蛸。

夏季航次游泳动物优势种有4种，分别为矛尾复鰕虎鱼、短吻红舌鲷、白姑鱼、口虾蛄，重要种4种，分别为葛氏长臂虾、鹰爪虾、赤鼻棱鲉、短蛸。

秋季航次游泳动物优势种有5种，分别为矛尾鰕虎鱼、口虾蛄、鹰爪虾、日本枪乌贼、棘头梅童鱼，重要种5种，分别为短蛸、日本鼓虾、短吻红舌鲷、葛氏长臂虾、赤鼻棱鲉。

冬季航次游泳动物优势种有5种，分别为矛尾鰕虎鱼、葛氏长臂虾、日本鼓虾、矛尾刺虾虎鱼、钟馗虾虎鱼，重要种6种，分别为口虾蛄、隆线强蟹、鲜明鼓虾、短吻红舌鲷、半滑舌鲷、小头栉孔虾虎鱼。

#### （8）潮间带生物

4个季节调查，共发现潮间带生物179种，包括节肢动物60种，环节动物46种，软体动物37种，脊索动物9种，绿藻8种，红藻6种，褐藻4种，棘皮动物3种，刺胞动物和腕足动物各2种，纽形动物和扁形动物各1种。其中，冬季发现潮间带生物种类数最多，为95种，春季次之，为86种，夏季和秋季均为84种。

调查海域潮间带生物各个季节优势种共有3种，包括软体动物2种，节肢动物1种。其中短滨螺在4个季节均为优势种，白脊管藤壶在冬季、春季和夏季均为优势种，黑莽麦蛤在冬季和夏季为优势种。

#### （9）底栖生物

四个航次共鉴定出大型底栖生物129种，其中环节动物多毛类54种，占底栖生物种类组成的41.86%；节肢动物45种，占底栖生物种类组成的34.88%；软体动物出现20种，占种类组成的15.50%；棘皮动物4种，占3.10%；刺胞动物3种，占2.33%；扁形、纽形和尾索动物各1种，分别占0.78%。

调查海域底栖生物以小个体多毛类和甲壳类占优势，多毛类中的拟特须虫在四次调查中均为优势种，甲壳类中的日本拟背尾水虱在三次调查中为优势种。

#### （10）污损生物

本次调查共检出污损生物48种，绿藻、红藻、刺胞动物、纽形动物、扁形动物、环节动物、软体动物、节肢动物和尾索动物9个生物门类。

### 2.3.3.3 生物质量

2019年3月调查所获取的生物种类包括软体类、甲壳类和鱼类。其中，软体类有广大扁玉螺1种；甲壳类有日本鼓虾、鲜明鼓虾2种；鱼类有矛尾虾虎鱼、钟馗虾虎鱼共2种。所有软体类、甲壳类和鱼类样品体内的重金属及石油类含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》以及《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》标准。

2019年4月补充调查所获取的生物种类包括贝类、软体类、甲壳类和鱼类。其中，贝类有魁蚶1种；软体类有广大扁玉螺、脉红螺、短蛸3种；甲壳类有口虾蛄、鲜明鼓虾2种；鱼类有短吻红舌鲷1种。根据监测结果，所有软体类、甲壳类和鱼类样品体内的重金属及石油类含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》以及《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》标准。贝类（魁蚶）体内重金属及石油类含量符合《海洋生物质量标准》（GB 18421-2001）一类标准。

2019年5月调查所获取的生物种类包括贝类、软体类、甲壳类和鱼类。其中，贝类有魁蚶1种；软体类有广大扁玉螺、脉红螺、短蛸3种；甲壳类有口虾蛄、鲜明鼓虾2种；鱼类有短吻红舌鲷1种。根据监测结果，所有软体类、甲壳类和鱼类样品体内的重金属及石油类含量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》以及《第二次全国海洋污染基线监测技术规程》标准。贝类（魁蚶）体内重金属及石油类含量符合《海洋生物质量标准》（GB 18421-2001）一类标准。

### 2.3.3.4 保护区及保护性水生生物

辽宁徐大堡核电厂邻近海域环境敏感区主要为项目周边的自然保护区、种质资源保护区和传统渔场等。

#### 2.3.3.4.1 自然保护区

自然保护区包括葫芦岛六股河入海口滨海湿地保护区、绥中原生沙质海岸及生物多样性海洋县级自然保护区、锦州大笔架山国家级海洋特别保护区、大连斑海豹国家级自然保护区。

#### 2.3.3.4.2 种质资源保护区

种质资源保护区包括兴城杂色蛤亲贝自然保护区、辽东湾渤海湾莱州湾国家级水产种质资源保护区。葫芦岛市海洋与渔业局于2013年3月发布《关于辽宁徐大堡核电工程使用海域意见的函》，同意辽宁徐大堡核电工程在辽东湾种质资源保护区内使用海域。

#### 2.3.3.4.3 主要保护性水生生物、经济种类

项目所在海域的主要保护性水生生物及经济种类为杂色蛤、海蜇、中国对虾、中国毛虾、口虾蛄、三疣梭子蟹、日本枪乌贼、花鲈、梭鱼、带鱼、小黄鱼、蓝点马鲛等。

### 2.3.3.4.4 渔场及“三场一通道”概况

#### (1)三场一通道

渔业生物的三场一通道是根据多年的调查资料、生产资料以及标记放流确定的一个范围，其大小和位置随生态环境因素的变化而有所不同。一般情况下，黄渤海鱼类的越冬场都是在水深大于 50 米的水域；索饵场是较产卵场相近或偏深水的区域，并随着生长季节变化而变化；产卵场主要在水深较浅的近岸水域；洄游通道一般是指越冬场和产卵场及索饵场之间的水域。

##### a.主要游泳生物生态分布特点

调查区近海按游泳动物生态特点划分，基本属于两个生态类型，即地方性种类和洄游性种类资源，其中洄游性种类又分为短距离洄游种类和长距离洄游种类。上述两种生态类型分布区域互有交叉，季节性移动趋向基本一致，因此形成了明显的季节性渔汛，春汛和秋汛。春汛资源分布属向岸移动型，秋汛资源分布属向外移动型。

##### 地方性资源

地方性资源除贝类和刺参等为定居性种类外，还有部分不作洄游移动鱼类、虾蟹类、头足类。属于这一类型的种类较多，多为暖温性及冷温性地方性种群。如渤海的半滑舌鲷、鲚鱼、梭鱼、孔鳐、鰕虎鱼类、海蜇、毛虾、褐虾、梭子蟹等。

##### 洄游性资源

洄游性资源多为暖温性及暖水性种类，分布范围较大，有明显的洄游路线，少数种类作较长距离的洄游（如蓝点马鲛、鲑鱼等）。这一类种类多为渤海主要渔业种类，如蓝点马鲛、银鲳、鳀鱼、黄鲫、鳊鱼、小黄鱼、黄姑、鲑鱼、对虾、鹰爪虾、乌贼等。

##### b.主要渔业资源洄游

##### i.底层鱼类

在渤海产卵洄游的底层鱼类主要为黄渤海种群的暖温性鱼类，越冬场位于黄海西南部至东海北部的连青石、大沙、沙外及江外渔场。属于这一类群的鱼类主要是底层鱼类，如小黄鱼、带鱼、黄姑鱼、白姑鱼、鲷、鳎类、鳐类、鲆类等。

##### ii.中上层鱼类

在渤海产卵洄游的中上层鱼类主要为黄渤海种群的暖水性鱼类，越冬场一般位于黄海南部至济州岛附近海域和东海西南部水域属于这一类群的主要为蓝点马鲛、鲑鱼、太平洋鲱鱼、鳀、青鳞、黄鲫、斑鲈、小鳞魮、鄂针鱼等。

##### iii.中国对虾

渤海中国对虾每年秋末冬初，便开始越冬洄游，到黄海东南部深海区越冬；翌年春北上，形成产卵洄游。

#### iv. 中国毛虾

中国毛虾是渤海渔业资源中的重要组成种类。毛虾因游泳能力较弱，不进行远距离洄游，但有明显的季节性定向移动。

### (2) 传统渔场

传统渔场为辽东湾渔场。辽东湾渔场位于渤海38°30'N以北，面积约11520平方海里。水温年平均表层为11.1~12.8℃，水深17~19米。主要捕捞对象为小黄鱼、带鱼、对虾、海蜇、毛虾、梭子蟹、马鲛鱼、黄姑鱼、真鲷、梅童、青鳞鱼、鳎鱼、鲅鱼。

#### 2.3.3.5 养殖场

厂址半径15km范围内，养殖场的养殖品种有大菱鲆、海参、杂色蛤、贻贝等，养殖方式有工厂化养殖、池塘养殖、围海养殖、开放式养殖等。

### 2.3.4 工业、交通及其它相关设施

#### 2.3.4.1 工业设施

厂址半径15km范围内规模以上工矿企业6家。距离厂址最近的是国电兴城风力发电有限公司，位于厂址SW方位2.3km，从业人员20名。职工最多的企业是葫芦岛九股河食品有限公司，位于厂址NW方位8.5km，从业人员250人。

厂址半径5km范围内规模以上工矿企业1家，为国电兴城风力发电有限公司，位于厂址SW方位2.3km，从业人员20名。厂址半径5km范围内没有其他企业。

厂址半径15km范围内分布矿产2处，涉及企业2个，均位于东辛庄镇，为建筑用花岗岩。两处矿产企业分别为兴城市鑫隆盛采石有限公司和兴城市鑫盛石业有限公司，分别位于厂址NW方位14.6km和厂址WNW方位15km。根据《兴城市矿产资源总体规划（2016-2020年）》，厂址附近的烟台河和六股河入海口设置为禁止开采区，5km范围内没有新的矿产资源采矿权设置计划，亦无矿产资源勘察计划。

根据《葫芦岛市工业发展“十三五”规划（2016-2020年）》，“十三五”期间，葫芦岛市将：一、建设全国泳装产业基地，大力发展有机高端食品加工业，鼓励发展节能环保产业，积极发展绿色建材产业，支持其他产业发展。二、推进石油化工精细化、有色金属精深化、能源电力绿色化、造船机械高端化，延长产业价值链，提高产业附加值，实现经济增长、产业发展和生态改善和谐共融。三、培育发展智能装备产业，海水淡化产业，生物医药产业。四、提高制造业智能化水平、推进工业化和信息化深度融合、推动发展服

务型制造。厂址半径 15km 范围内的工业企业规划主要分布在兴城市，根据《兴城市“十三五”规划纲要（2016-2020 年）》，“十三五”期间，兴城市将提升发展现代制造业，培育发展战略性新兴产业。依托滨海经济区，围绕“泳装及轻纺业、机械配件加工、农副产品加工、新型建材、高端装备制造、新能源、生物医药、节能环保产业”八大重点产业。厂址半径 15km 范围内有两个工业园规划，分别为沙后所轻工业集中区和望海清洁能源产业园区，徐大堡核电厂位于望海清洁能源产业区内，该区发展以风电和核电为主。沙后所轻工业区位于厂址 N 方位约 13km，主要以轻纺和水产、农副产品加工业为主。厂址半径 5km 范围内的工业企业规划为望海清洁能源产业区，徐大堡厂址位于望海清洁能源产业区内，该区发展以风电和核电为主，产业区相关规划已考虑与核电站的相容性。厂址半径 15km 范围内的工业企业规划均没有涉及危化品，不会对厂址安全构成影响。

厂址半径 15km 范围内有危险品贮存、使用企业共 9 家，其中加油站 7 家，乙炔厂 1 家，使用液氮厂 1 家。

距离最近的是葫芦岛长山寺塔加油站，位于厂址 NNE 方位约 2.4km，危险品种类是汽油、柴油，单次最大运量分别为 5t、10t。存储量最大的加油站为兴城市海滨加油站，位于厂址 N 方位约 8.7km，汽柴油储量为 65t。

使用液氮的企业为葫芦岛九股河食品有限公司，距离厂址 8.5km，液氮储量很小，为 10.4t。

除葫芦岛市长山寺港加油站运输路线为沿海公路外，其它均通过 102 国道运输，运输方式均为危险品货车陆运，距离厂址最近的运输路线为滨海公路，距离厂址最近为 1.6km，一次最大运输量为 10t。

厂址半径 15km 范围有 1 条原油管道、1 条天然气管道和 1 条成品油管道，分别是铁秦原油管道、秦沈天然气管道和锦州郑州成品油管道。铁秦原油线距厂址最近距离约为 9.1km，已于 2015 年封存不再使用；秦沈天然气管道距厂址最近距离约为 12.0km；锦州郑州成品油管道距离厂址最近点距离为 6.0km。厂址半径 15km 范围内规划燃气管道主要为近期（2018-2020 年）规划次高压管道、中压（2021-2025 年）主干管以及远期规划中压支管，距离厂址最近的为 NW 方位 1.5km 处的远期规划中压支管。

经过计算分析，上述所有危险源均不会对厂址安全构成影响。

#### 2.3.4.2 交通

##### （1）公路铁路

厂址半径 15km 范围西北方向依次有滨海公路（G228 丹东线）、京哈高速（G1）、

102 国道（G102），距厂址最近距离分别是 1.7km、10.8km、8.6km，正北方向是县道 XE05 沙上线，距厂址最近距离 12.1km。另有乡道、村道 55 条，实现了村村通，路面全部水泥化，交通情况良好。厂址半径 15km 范围内有 2 条铁路：沈山线铁路、秦沈快速铁路，皆位于西北方向，距厂址最近距离依次是 7.0km、10.6km。

在《兴城市城市总体规划》（2009-2030 年）中，兴城市规划新增西北部两条南北向二级公路：1、始于药王满族乡，止于碱厂满族乡的兴西线和兴凌线（S318）的连接线，最近处位于厂址 NW 方位约 44km；2、开通垂直于兴西线，连通沙上线、兴西线、兴凌线（S318）的连接线，最近处位于厂址 NW 方位约 25km。

### （2）海运

厂址半径 15km 范围无港口、大型码头，只有 4 个小码头，分别为台子里南港（葫芦岛长山寺渔港）、台子里东港渔港、刘台子东翔渔港、娘娘顶码头，其中娘娘顶码头已经搁置不用，4 个码头均为渔港，均无危险品运输。唯一曾经获得运输许可的长山寺渔港只运输沙石，不涉及危险品，该渔港运输许可已经于 2015 年到期。

厂址半径 15km 范围内无内河航道、沿海航道，距离厂址最近的水上航线为秦皇岛至锦州航线，距离约 38km，由于厂址临近海域为禁航区，所以徐大堡厂址附近海域不存在危险品运输情况。

### （3）空运

厂址半径 16km 范围内没有机场，厂址半径 4km 范围内没有航线和起落通道。

## 2.4 气象

本节报告编制依据的专题如下：

1. 辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址区域常规气象和极端气象补充调查资料统计分析报告》，北京大学科技开发部，2019 年 4 月；
2. 《辽宁徐大堡核电厂一期工程厂址区域常规气象和极端气象补充调查资料统计分析报告》，中国辐射防护研究院，2013 年 9 月；
3. 《辽宁徐大堡核电厂可行性研究阶段厂址所在区域气候、常规气象和极端气象资料收集、统计分析及其基准设计研究报告》，中国辐射防护研究院，2009 年 8 月；
4. 《辽宁徐大堡核电厂厂址现场气象铁塔和地面气象站常规气象观测与统计分析报告（2019.1-2019.12）》，中核环保产业有限公司，2020 年 3 月；
5. 《辽宁徐大堡核电厂大气扩散试验研究》，中国辐射防护研究院，2010 年 5 月。

### 2.4.1 区域气候

厂址所在区域地处中高纬度地区的我国东北地区南部，属温带半湿润和半干旱的季风气候区。由于处于北半球西风带下，气旋活动频繁，故对区内天气起主导作用的是气旋及其活动过程。主要气旋有东北气旋、贝蒙气旋、黄河气旋和江淮气旋。从气旋活动路径来看，自西北往东南到达的气旋容易产生强对流天气，自南往北的气旋易带来大范围强降水，因而夏季西太平洋副热带高压的位置及热带气旋的出现是影响本区夏半年天气的重要系统。

厂址所在区域由于处在极地高压和副热带高压之间的相对低压带内，全年盛行西风环流，低压带中槽脊活动频繁，冷空气活跃，受西风环流和西伯利亚大陆性气候影响较大，故大陆性气候比较明显，其主要气候特征是四季分明，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（3~5月）：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；雨量虽比冬季有所增加，但其量尚少，雨量约在70~130mm之间，占全年降水量的13~16%。

夏季（6~8月）：主要气候特点是雨量充沛，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、且雨量集中，季雨量一般可达400~600mm，但东西差异较大，辽西山区、西北风沙区不足400mm，而凤城、宽甸最长达700mm以上。常年7月平均气温除新宾、清原、宽甸、长海低于22℃外，其他地区均达23~25℃。

秋季（9~10月）：主要气候特点是雨量骤减，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，所以雨量急剧减少，全季大部地区雨量在80~140mm之间，约占全年总雨量的14~19%。气温迅速下降，9月各地平均气温一般都在15~19℃之间。

冬季（11~2月）：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北、西两向侵入，因此空气干冷、降雪稀少。冬季降水一般只有20~60mm，占全年总量的3~9%。

厂址区域的气象站分别为建昌、绥中、兴城和连山气象站，从地形上看，绥中、建昌气象站的地形为丘陵，兴城、连山站的地形为平原；从气象站的位置上看，建昌气象站为内陆站，绥中、兴城和连山气象站均是滨海气象站，绥中气象站与厂址的地形特征较为相

似，且距厂址直线距离最近。厂址气象站设立在厂址的西北角，并于 2010 年 9 月 1 日正式开展观测。

绥中站为基本站，始建于 1955 年 12 月 1 日，位于绥中县绥中镇香坊村。该站 1965 年迁址一次，位于绥中县城郊乡西关村，现址使用 53 年。每天定时（02、08、14、20 时）四次观测，夜间守班；2005 年开始使用自动气象站。

兴城站为基准站，始建于 1951 年 1 月 1 日，于 1956、1974 和 2001 年迁站共三次，现址使用年限为 17 年，位于辽宁省兴城市兴海路四段（郊外）。每天定时（02、08、14、20 时）四次观测，夜间守班；2004 年开始使用自动气象站。

连山站为一般站，始建于 1959 年 1 月 1 日，于 1975、1991 和 2005 年迁站共三次，现址使用年限为 13 年，位于葫芦岛市连山区锦郊街道拉拉屯村（郊外）。每天定时（08、14、20 时）三次观测，夜间不守班；2005 年开始使用自动气象站。

建昌站为一般站，始建于 1958 年 10 月 1 日，位于建昌县建昌镇南营子镇郊，自建站后没有迁站和位置变化。每天定时（08、14、20 时）三次观测，夜间不守班；2005 年开始使用自动气象站。

根据厂址上述四个气象站建站~2018 年气象观测资料分析结果，厂址区域年平均气压为 972.5~1015.6hPa，极端最高气压为 1048.2hPa，极端最低气压为 941.8hPa。年平均气温为 8.6~9.6℃，极端最高气温为 41.5℃，极端最低气温为-28.4℃。年平均水汽压为 8.5~10.3hPa。年平均风速为 2.5~3.4 m/s，最大风速为 33.0 m/s，最多风向为 SSW，风频为 14.2%。年平均相对湿度为 53.7~63.3%。年平均降水量为 552.0~621.0mm，一日最大降水量为 274.2mm。年平均蒸发量 1503.3~1813.1mm，一日最大蒸发量为 29.9mm。最大冻土深度为 102~129cm。

## 2.4.2 设计基准气象参数

### 2.4.2.1 常规气象

厂址周边四个气象站中，绥中、建昌站的地形为丘陵，兴城、连山站的地形为平原。其中，西面的绥中气象站与厂址的地形特征较为相似，且距厂址直线距离最近，约 17km；绥中、兴城、连山和建昌气象站是国家气象站，所有地面气象要素均按《地面气象观测规范》的规定观测，观测仪器也定期进行检定，气象资料的来源是可靠的；绥中、兴城、建昌观测场周围影响气象要素和视程观测的障碍物较少，而连山观测场附近有建筑物遮挡，对风向、风速等气象要素的观测记录有一定影响。

根据中国辐射防护研究院 2012 年 11 月完成的《辽宁徐大堡核电厂厂址现场气象铁塔

和地面气象站常规气象观测与统计分析报告(2010.9~2012.8)》中对绥中、兴城两站 2010年9月~2012年9月共17544小时逐时资料与厂址铁塔同期资料开展风矢量和温度相关系数的相关分析,绥中站与铁塔的相关性较好(见表2.4-1),因此,从气象站的地理位置、地形地貌特征以及相关性分析的结果综合考虑,绥中站作为厂址的代表性气象站是合理的。

根据绥中气象站建站~2018年多年观测数据统计结果,常规气象参数统计值分析如下:

#### (1) 气压

年平均气压为1014.7hPa,7月份气压最低,月平均值为1002.1hPa;而1月份的平均气压最高,月平均为1025.4hPa。极端最高气压为1046.9hPa,极端最低气压为982.2hPa。

#### (2) 气温

年平均气温为9.6℃,1月平均气温最低,为-7.5℃,7月平均气温最高,为24.3℃。极端最高气温41.0℃(2017.06.15),极端最低气温-26.4℃(2001.01.14)。

#### (3) 湿度

年平均相对湿度为62%,最大月平均值出现在7月份,达到83%;最小月平均值出现在1月份,月平均值为52%,最小相对湿度为0%。

#### (4) 风向、风速

年平均风速为2.8m/s,一年中以4月份风速最大,达到3.9m/s,8月份最小,为2.1m/s,年最多风向为SSW(14.2%),次多风向为N(11.5%),从季节来看,春季和夏季盛行SSW、SW和S风,而秋季和冬季盛行N、NNE、NNW、SSW风。最大风速为20.0m/s,当时风向为NW,出现日期为1977年8月7日。年平均静风(启动风速以下)频率为7.2%。图2.4-1为绥中站各季和年的风玫瑰图。

#### (5) 降水

年平均降水量为621mm,一年中7月份降水量最大,平均月降水量为173.3mm,1月份最少,平均月降水量为2.9mm。最长连续降水日数为14天,过程降水量104mm,一日最大降水量为243.7mm。

#### (6) 日照

当地日照比较充足,年平均日照时数为2661.6h,1957年日照时数最多达2978.1h,1990年日照时数最少为1893.7h。

#### (7) 蒸发

年均蒸发量为1593.8mm,5月份的平均蒸发量最大为246.9mm,1月份的平均蒸发量最小为43.0mm。

### 2.4.2.2 极端气象

#### （1）龙卷风

按照“核电厂厂址选择的极端气象事件(HAD101/10)”中的相关规定，龙卷风调查区域为以徐大堡核电站厂址为中心的经度 $3^{\circ}$ ，纬度 $3^{\circ}$ 的范围，由于样本偏少，为了进行遭龙卷风袭击概率的定量计算，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），包括：葫芦岛市、锦州市、朝阳市、辽阳市、营口市、盘锦市、大连市、鞍山市，以及沈阳市和阜新市的部分区县，总面积共计 $91219\text{km}^2$ 。考查年限为1952~2018年共67年龙卷风资料，共得到龙卷风样本95个。对调查区收集到的95个龙卷事件逐一进行F级别评定，得到F0级23个，F1级53个，F2级18个，F3级1个。

参照美国ANSI/ANS-2.3-1983推荐的 $10^{-7}$ 概率水平进行评价，得到徐大堡核电厂的龙卷风设计基准风速计算值为 $80\text{m/s}$ 。从偏保守角度出发，最终确定F3级为徐大堡厂址的设计基准龙卷风，设计基准风速取 $92\text{m/s}$ 。

#### （2）热带气旋

调查范围包括以厂址为中心，半径为 $400\text{km}$ 的区域，资料的年限从1949~2018年，长达70年。共得到影响划定区域的热带气旋44个。

根据1949~2018年调查区域内历年最低中心气压组成的序列，采用耿贝尔分布进行统计，得到厂址区域百年一遇最低中心气压为 $970.2\text{hPa}$ ，千年一遇最低中心气压为 $952.7\text{hPa}$ 。根据中国辐射防护研究院2013年9月编制完成的《辽宁徐大堡核电厂一期工程厂址区域常规气象和极端气象补充调查资料统计分析报告》，厂址区域百年一遇最低中心气压为 $965.2\text{hPa}$ ，千年一遇最低中心气压为 $946.0\text{hPa}$ 。因此，确定厂址区域可能最大热带气旋百年一遇最低中心气压为 $965.2\text{hPa}$ ，对应的百年一遇最大风速为 $35.7\text{m/s}$ ，对应的百年一遇极大风速为 $49.1\text{m/s}$ 。

#### （3）极端风速

收集了距厂址80公里范围内的建昌、连山、绥中和兴城四个气象站多年（至2018年）的实测最大风速和极大风速资料。采用HAD101/10附录推荐的极值统计方法（耿贝尔）进行统计，由四站最大风速的耿贝尔分布函数拟合结果可知，连山站的百年一遇的最大风速值最大，为 $29.1\text{m/s}$ ，但小于实测累年最大值 $33\text{m/s}$ （经分析为飏线风）。偏保守考虑，厂址实测极端风百年一遇的最大风速为 $33\text{m/s}$ ，对应的百年一遇极大风速为 $49.4\text{m/s}$ 。

综合热带气旋和实测极端风概率统计结果，确定极端风百年一遇最大风速为 $35.7\text{m/s}$ ，

百年一遇极大风速为 49.4 m/s。

#### （4）极端温度

收集了距厂址 80km 范围内的建昌、连山、绥中和兴城四个气象站多年（至 2018 年）的极端气温资料。根据 HAD101/10 附录推荐的极值统计方法分析确定所选四个气象站的年极端最高气温与极端最低气温序列。采用耿贝尔分布对四站的极端最高气温和最低气温序列进行统计分析，得到百年一遇极端最高气温为 42.1℃，百年一遇极端最低气温为 -31.1℃。

#### （5）极端积雪

收集建昌、连山、绥中和兴城气象站多年（至 2018 年）的极端积雪和冬季降水资料，根据 HAD101/10 附录推荐的极值统计方法分析确定所选四个气象站的年极端积雪和冬季 48 小时极端降水的时间序列，采用耿贝尔分布对四站的极端积雪序列和冬季 48 小时极端降水进行统计分析，拟合得到百年一遇极端积雪和冬季 48 小时极端降水结果，采用雪深和雪压的转换因子  $0.14\text{g}/\text{cm}^3$  来换算成积雪的水当量。得到厂址百年一遇极端积雪雪压为  $0.74\text{kN}/\text{m}^2$ 。根据中国辐射防护研究院 2013 年 9 月编制完成的《辽宁徐大堡核电厂一期工程厂址区域常规气象和极端气象补充调查资料统计分析报告》，厂址百年一遇极端积雪雪压为  $0.78\text{kN}/\text{m}^2$ 。保守考虑，确定厂址百年一遇极端积雪为  $0.78\text{kN}/\text{m}^2$ 。

### 2.4.3 当地气象条件

以下通过分析厂址气象站 2019 年 1 月~2019 年 12 月的常规气象要素，给出厂址当地气象条件。

#### （1）风向、风速

全年中 100m、70m、50m、30m 和 10m 高度最多风向均为 SW，频率分别为 19.0%、18.5%、17.5%、16.1%和 14.5%；次多风向 70m、50m、30m 和 10m 均为 SSW，频率分别为 12.8%，12.5%，12.1%，10.8%，100m 高度为 WSW，频率为 12.1%。图 2.4-2 给出了铁塔各高度的年均风玫瑰图。

铁塔 10~100m 各层的年平均风速分别为 3.3m/s、4.6m/s、5.2m/s、5.6m/s 和 6.2m/s，平均风速随高度增大。四季中，春、秋季平均风速较大，冬、夏季平均风速相对较小。各层 3~5 月份平均风速较大；8 月平均风速相对较小。

地面站春季最多风向为 SW，频率 19.7%，次多风向为 SSW，频率 15.6%；夏季最多风向为 SW，频率 18.6%，次多风向为 S，频率 16.6%；秋季最多风向为 SW，频率 13.8%，次多风向为 NNE，频率 12.5%；冬季最多风向为 NNE，频率 12.5%，次多风向为 N，频

率 12.2%。观测期间年最多风向为 SW，频率 15.5%，次多风向为 SSW，频率 10.7%。各风向频率多集中于偏南风、偏北风向上，其它风向分布基本平均。图 2.4-3 给出了地面站季、年风玫瑰图。

地面站的年均风速为 3.2m/s，4 月份平均风速最大，为 4.1m/s；1 月份平均风速最小，为 2.5m/s。地面站月平均风速的年变化与铁塔 10m 高度的一致性很好。

### （2）气温

气象铁塔各高度（100~10m）年平均气温分别为 11.5℃、11.5℃、11.3℃、11.2℃和 11.0℃。年平均气温随高度略有增加。铁塔各层最高气温出现在夏季 7 月份铁塔 10m 高度处，为 33.1℃（2019.07.22）；最低气温出现在 1 月份铁塔 10m 和 100 米高度处，为-12.9℃（2019.12.30）。

地面站年平均气温为 12.4℃，8 月份气温最高，月平均气温为 26.0℃，1 月份气温最低，月平均气温为-3.6℃。地面站年最高气温为 35.2℃（2019.07.22），最低气温为-14.8℃（2019.02.07）。

气象铁塔各层冬季的逆温频率最高，夏季的逆温频率最低。10~30m、10~50m、10~70m 和 10~100m 各层年逆温的出现频率分别为 43.0%、40.0%、45.0%和 44.0%；强逆温的出现频率分别为 24.0%、15.0%、15.0%和 11.0%。年弱逆温出现频率 10~100m 最高，10~30m 最低，强逆温出现频率与弱逆温频率相反，10~30m 最高，10~100m 最低。

### （3）露点温度

年平均露点温度为 5.4℃，年最大值为 28.7℃，最小值为-29.2℃。

### （4）气压

年平均气压为 1015.6hPa，7 月份气压最低，月均值为 1003.0hPa；12 月份的平均气压最高，月均值为 1026.1hPa。

### （5）水汽压

年平均水汽压为 12.3hPa，12 月份水汽压最低，为 0.4hPa；8 月份水汽压最高，为 27.8hPa，年最大值为 39.5hPa（2019.08.10），最小值为 0.1hPa（2019.12.31）。

### （6）湿度

年平均相对湿度为 65.1%，春、夏、秋、冬四季相对湿度分别为 57.7%、81.0%、65.6%、56.3%，最大月平均值出现在 8 月份，达到 82.7%；最小月平均值出现在 1 月份，月平均值为 51.6%，最小相对湿度为 10.2%，最大相对湿度为 100%。

### （7）降水

年降水量为 542.0mm，降水时数为 440 小时。雨量多分布在 NNE~E、S 和 W~WNW 风向上。图 2.4-4 为各风向季和年的降水量分布玫瑰图。

#### （8）辐射

年均总辐射为 102.7W/m<sup>2</sup>，春季 129.8W/m<sup>2</sup>，夏季 127.9W/m<sup>2</sup>，秋季 83.8W/m<sup>2</sup>，冬季 69.2W/m<sup>2</sup>；年均净辐射 30.3W/m<sup>2</sup>，春季 42.4W/m<sup>2</sup>，夏季 47.9W/m<sup>2</sup>，秋季 21.7W/m<sup>2</sup>，冬季 9.2W/m<sup>2</sup>。

### 2.4.4 大气稳定度

利用厂址 2019 年铁塔 100m 和 10m 高度的温度差、铁塔 10m 高度风速，采用  $\Delta T\sim u$  法进行大气稳定度分类，分类结果显示，厂址区域以中性稳定度（D 类）天气为主，所占比例为 34.2%，不稳定类（A、B、C）天气占 28.5%，稳定类（E、F）所占比例为 37.3%。

### 2.4.5 联合频率

根据现场气象铁塔 2019 年 1 月~2019 年 12 月观测的风向、风速资料，以及地面气象站的降雨观测数据，稳定度分类采用  $\Delta T\sim u$  法，统计得到 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、大气稳定性和雨况四维联合频率。

### 2.4.6 混合层高度及扩散参数值

#### （1）混合层高度

为研究厂址地区大气边界层内气象特征，先后于 2009 年 7 月 8 日至 2009 年 8 月 17 日（以下简称夏季）和 2010 年 1 月 23 日至 2010 年 2 月 7 日（以下简称冬季）在厂址开展了大气边界层探测加强实验。

夏季设探空点 3 个，即厂址、董屯和下坡，污染气象观测时间在 2009 年 7 月 8 日~2009 年 8 月 17 日，各站观测天数均在 36 天以上。各站均探测了 1200m 以下的温度、湿度、气压随高度的变化，并同时观测 1200m 以下的垂直风场。各探空点每天定时观测 8 次，观测时间为北京时间 01、04、07、10、13、16、19、22 时，三个测点均取得有效资料 239 组，最大探测高度在 1200m。资料有效率均在 99%以上。

冬季观测点设在厂址处，连续观测 15 天，采用 GPS 探空方法进行观测，风、温场探测高度在 1500m 以上，每天观测 8 次，观测时间为北京时间 01、04、07、10、13、16、19、22 时。按照风、温场探测高度均在 500m 以上视为有效，共取得有效资料 111 组，资料有效率在 90%以上。

根据观测期间所探测到的温度资料，利用干绝热曲线法分别对冬、夏两季各观测点的混合层高度数值进行了统计。

根据厂址测点冬季平均值和厂址测点夏季平均值二者的算术平均值作为正常运行计算时可采用的混合层高度。正常运行状态下计算采用的混合层高度为：A~B：689m，C：540m，D：431m。

## （2）大气扩散参数

中国辐射防护研究院于 2010 年 5 月完成了《辽宁徐大堡核电厂大气扩散试验研究》报告，内容主要包括：大气边界层特征的观测与分析、湍流观测与扩散参数计算、中小尺度风场与输送规律研究、野外示踪实验研究和大气扩散数值模拟等方面。

扩散参数的确定综合了 SF<sub>6</sub> 示踪实验、铁塔湍流测量和大气扩散数值模拟三种方法。对三种方法获得的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、D 类垂直扩散参数非常接近、E-F 类水平扩散参数非常接近，示踪试验和数值模拟方法得到的 C 类水平、垂直扩散参数比较接近，互有交叉。

鉴于三种手段存在不同程度的相符与差异，考虑到现场示踪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 不同稳定度类的结果也反映类似的变化趋势。因此，为了得到按 A~F 共六类稳定度类划分的扩散参数，在确定最终扩散参数时，C、D 稳定度类别采用示踪试验结果，A、B 和 E、F 类别的扩散参数以示踪试验 D 类结果为基础，按照不同稳定度类 P-G 曲线的变化关系推荐其它稳定度类结果。

根据上述方法所获得的厂址地区各类天气条件下的扩散参数见表 2.4-2。

根据现场气象特征观测结果以及现场 SF<sub>6</sub> 示踪实验、中小尺度风场模拟和数值模拟结果表明，在厂址几十公里范围内地形起伏不是很大，风场基本稳定，从污染物输送能力、扩散能力和扩散型态等方面分析，高斯类扩散模型对于徐大堡厂址是适宜的。

### 2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价电厂正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，在厂址现场应设立气象塔自动观测系统以及地面气象站，以开展气象观测工作。气象观测系统的各气象要素数据联合获取率均应保证在 90%以上。

厂址气象观测系统：厂址气象观测站位于厂址内的西北方向，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、监控系统平台三部分构成。其示意图见图 2.4-5。整个观测系统采用 CR3000 气象梯度监测站，其中梯度观测指标包括对 10m、30m、50m、70m 和 100m 处的风向、风速和温度观测；地面气象观测包括对 10m 风向、风速、温度、湿度、总辐射、净辐射、气压、

雨量共 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。各气象观测要素技术指标见表 2.4-3。

气象观测系统的运行与维护：气象观测仪器在出厂前都经过检定，为了进一步保证观测仪器的可靠性，所有仪器均送国家气象计量站进行了测试，能够保证气象数据的准确性。参照核系统气象观测惯例，在观测系统运行前，针对风向、风速，温度传感器开展了水平比对实验，实验结果均满足设计要求。湿度传感器每月应定期检查，每年至少应校准一次；雨量传感器每月至少定期检查一次。气象站融雪型雨量计运行状况保持良好，仪器每月至少定期检查一次，清除过滤网上的沙尘、小虫等以免堵塞管道，保持节流管的畅通。

观测人员培训：为保证观测质量，现场观测人员在进入现场前进行了上岗培训和实际操作培训。

数据获取率：在观测期间，气象观测仪表绝大多数时间都处在正常工作状态，数据丢失率按下列方法统计：铁塔和地面气象站气象观测中如果风速或风向数据丢失任何一项，则按(风向、风速)数据丢失计，铁塔温度和地面气象站其它数据则按实际情况计。观测期间所有数据的联合获取率为 99.3%，计算各高度三、四维联合频率所用到气象数据的联合获取率为 99.3%。满足核电厂建设所需设计参数的要求。

## 2.5 水文

本节内容依据的专题报告有《辽宁徐大堡核电厂3、4号机组工程水文补充分析计算报告》（2019.06）、《工程海域海洋水文分析计算研究专题分析报告》（2009.07）、《辽宁徐大堡核电厂3、4号机组工程海域水文测验》（2019.08）、《辽宁徐大堡核电厂3、4号机组可能最大降雨（PMP）补充研究计算》（2019.05）、《辽宁徐大堡3、4号机组工程海域水下地形测量技术总结报告》（2019.04）、《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报告》（2019.08）等。

本节如无特别说明，高程系统均采用 85 国家高程。

### 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。

本报告潮位及波浪计算依据厂址和葫芦岛海洋站相关资料完成。

### 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，厂址的调和常数计算  $R=(H_{K_1}+H_{Q_1})/H_{M_2}=1.02$ 。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。

2019 年补充收集了厂址附近海域长期验潮站葫芦岛海洋站 2008 年 1 月至 2019 年 1 月的潮位资料。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：

平均高潮位	0.58m
厂址平均海面	-0.06m
平均低潮位	-0.71m
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稍大，V9、V10、V11、V12、V13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 10 cm/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 10 cm/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。

#### 2.5.1.1.3 泥沙

根据《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程海域四季海洋水文测验总报告》(2020.02)，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 0.034 kg/m<sup>3</sup>，其中大潮为 0.037 kg/m<sup>3</sup>，中潮为 0.039 kg/m<sup>3</sup>，小潮为 0.026 kg/m<sup>3</sup>。冬季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量为 0.052 kg/m<sup>3</sup>，其中大潮为 0.058 kg/m<sup>3</sup>，中潮为 0.058 kg/m<sup>3</sup>，小潮为 0.040 kg/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。

表2.5-1是葫芦岛站多年（1963~2018年）盐度月均及月最大、最小值。本报告结果与原报告结果基本一致。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

工程海域位于辽东湾西北部，由于地理位置偏北，加之其他环境条件的影响，每年冬季都有不同程度的结冰现象。该海域内设有葫芦岛和芷锚湾海洋站。其中，葫芦岛站地理坐标为40°43.6'N，120°58.6'E，位于辽东湾北部西岸，是北、东、南三面向海，西接陆地的半岛。葫芦岛东面和南面海水较深，5m等深线距岸仅0.1km；北面为锦州湾，海水很浅。葫芦岛海洋站于1960年开始进行海冰观测。芷锚湾站地理坐标为40°00.0'N，119°54.8'E，位于辽宁省绥中县，附近无较大河流入海，海面辽阔，海底平坦，泥沙底质，东、西两侧多为沙质沿岸，海水等深线大致与海岸线平行，2m等深线离岸约0.3km，10m等深线离岸约1.8km，芷锚湾海洋站于1961年开始进行海冰观测。2019年补充收集了葫芦岛和芷锚湾站2008~2018年的海冰资料，结合厂址站于2006~2007年冬季进行的现场海冰观测和该海域历史冰情社会调查资料，综合分析了厂址的冰情状况。

##### （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、冰情偏轻年这样五种等级。

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）冰期

工程海域多年平均冰期为76d，其中1月中旬至2月底40~50d为严重冰期。最早初冰日为11月17日，最晚初冰日为1月13日；最早终冰日为1月31日，最晚终冰日为3月25日；最长冰期为124d，最长实有冰日为102d。

葫芦岛海域累年平均初冰日为12月17日，终冰日为3月3日、冰期76 d。历年最早的初冰日为11月17日，最晚的为1月13日，相差57 d。最早的终冰日为1月31日，最晚的为3月25日，相差53 d。历年冰期最长的1969年度为124 d，最短的2014年度仅30 d，相差94d。有冰日数1966年度最多，为124 d；1978年和1979年度最少，为73 d。累年平均固定冰初日为1月16日，终日为2月24日，固定冰期40 d。历年最早的固定冰初日为12月9日，最晚的为2月5日，相差59 d。最早的固定冰终日为1月19日，最晚的为3月17日，相差58 d。历年固定冰期最长的1966年为82 d，1974年和1975年未出现固定冰。

芷锚湾海域累年平均初冰日为12月6日，终冰日为2月28日，冰期为84 d。历年最早的初冰日为11月7日，最晚的为1月8日，相差62d。最早的终冰日1月31日，最晚的为4月2日，相差61 d。因此，历年冰期长短相差悬殊，最长的1968年为147 d，最短的2014年仅44 d。累年平均固定冰初日为1月13日，终日为2月13日，固定冰期为32 d。最早的固定冰初日为12月11日，最晚的为2月6日，相差58 d。最早的固定冰终日为1月21日，最晚的为3月23日，相差62 d。固定冰期最长的1967年为78 d，而1975年和1978年为1 d，1972年未出现固定冰。累年平均有冰日数1月最多，为30.8d；2月次之，为26.4 d；11月只有1.9 d。历年的有冰日数为59~108 d，其中1968年最多，1972年最少。累年平均有固定冰日数2月最多，为10.6 d；1月次之，为8.0d；12月和3月很少。历年有固份日数为0~62d，其中1968年最多，1972年未出现。

### （3）冰量

工程海域多年平均冰量为5.5成。最大平均冰量为8.5成，最小平均冰量0.5成。

葫芦岛海域总冰量11月最少，1月最多，2月次之；1，2月总冰量之和占全年的93%。流体量的逐月分布趋势同总冰量。固定冰量以2月最多，占全年的69%；12月和3月很少。总冰量和流冰量均以1965年为最多，1968年次之，1979年最少。固定冰量1969年最多，1967年次之，1974年和1975年未出现。流冰密集度各月均以8~10成为最多，其中1月8~10成的日数占有冰日数的90%。累年平均8~10成的占75%，4~7成的占14%，0~3成的占10%。

芷锚湾海域总冰量和流冰量均以1月为最多，2月次之；11月虽多数年有流冰出现，但均是微量；4月只有1968年出现过微量流冰。固定冰量以2月为最多，1月次之；3月只有1968年出现过固定冰。流冰量历年的变化趋势与总冰量相似。固定冰量历年的变化很大。1968年最多，1969年和1976年次之，有5年虽出现过固定冰，但是微量；1972年未出现固定冰。流冰密集度各月均以8~10成为主，0~3成很少出现。累年平均各级密集度出现频率：8~10成为79%，4~7成为17%，0~3成为4%。

### （4）固定冰宽度、厚度及堆积高度

葫芦岛海域固定冰厚度只在1,2月进行过测量，平均厚度1月为30.5cm，2月为31.0cm；最大厚度达70cm以上。固定冰最大宽度有3年达到1000m；极值超过4000m，出现在1969年2月23日和1970年2月11日。固定冰最大堆集高度一般年度低于2.0m，极值4.7m，出现在1970年1月18日。

芷锚湾海域固定冰厚度只在4年的1,2月进行过测量，平均厚度1月为30cm，2月为35cm；最大厚度63cm，出现在1977年2月10日。固定冰最大宽度，有7年超过300m，

极值 470m 出现在 1970 年 1 月 4 日。固定冰最大堆积高度一般年低于 2.0m，高于 2.0m 的有 5 年。极值 4.5 m 出现在 1964 年 2 月 20 日。

#### （5）浮冰漂流方向、速度

工程海域流冰漂流主方向为SW和WSW向，漂流平均速度介于0.3~0.7m/s。

葫芦岛海域流冰频率大体上以WSW~ENE为轴线向两侧渐次减少（E向例外），WSW向频率最大，为18%。各向平均流冰速度多为0.3~0.4m/s。应该说明的是，NNW向流冰17年中只出现过2次，流速分别为0.5和0.7m/s。SW~WNW各向最大流冰速度均大于等于1.0 m/s，极值1.4 m/s出现在1973年2月5日。葫芦岛海域1995年至今流冰频率大体上以W~E为轴线向两侧渐次减少，E向频率最大，为15.2%。各向平均流冰速度多为0.1~0.3m/s。最大流冰速度E向较大，为0.6m/s，极值0.6 m/s出现在2004年2月11日。

芷锚湾海域流冰频率SW和WSW向远超过其它各向，除C外，占总数的62%。最大流冰速度SW和WSW向较大，分别为1.2m/s和1.0m/s。极值1.2m/s出现在1969年1月19日。芷锚湾海域1995年至今流冰频率SW和WSW向远超过其它各向，除C外，占总数的41.9%。最大流冰速度NNW、WSW、NE、ENE向较大，分别为1.1m/s和1.0m/s。极值1.1m/s出现在1997年2月15日。

#### （6）重冰年调查分析

徐大堡厂址附近海域为辽东湾西南部冰区，根据在当地调研，冰情较盛时大致情况如下：

a)整个海面基本被沿岸冰和流冰所覆盖。

b)沿岸固定冰宽度估计有 6km 左右，从葛条秧子到娘娘顶打石头的工人不走陆路，骑自行车从冰面上直接过去。厚度估计在 20-40cm 之间。

c)沿岸固定冰缘线以外为流冰区，由于东北风盛行，大批的冰排漂向西南。

d)没有明显的堆积现象。

e)持续时间 1 个月之久。

2004 年是近年来辽东湾冰情较重的一年。1 月下旬和 2 月上旬，辽东湾沿岸最大流冰范围 63 海里，一般冰厚 10~15cm，最大达 40cm。2009 年度发生了近 30 年来渤海冰情最为严重的冰清，图 2.5-1 是该年海冰严重期间渤海海冰冰况分布。1 月下旬至 2 月上旬，渤海海冰覆盖面积达 3 万平方公里，占整个海区面积的近 40%，辽东湾海冰外缘线离岸最大距离达 71 海里，莱州湾冰情发展迅速，浮冰范围从 1 月 9 日的 16 海里迅速增加到 1 月 18 日的 39 海里，1 月 22 日~24 日连续维持在 46 海里，为莱州湾 40 年来最大海冰范围，

一般冰厚 10~20cm，最大冰厚 30cm。

#### （7）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，在设计取水渠方案的过程中，特别增加了取水渠北导流堤和取水渠南导流堤三段阻拦浮冰；同时在取水口处设置防冰格栅结构。通过上述措施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《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），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（见图 2.5-2）。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。

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，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。

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200~500m<sup>3</sup>/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1.1~2.5m/d，单位涌水量24~69m<sup>3</sup>/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<sub>4</sub><sup>al+pl</sup>）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 $1.5 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-3}$ m/d之间。

##### b) 第四系全新统海积层（Q<sub>4</sub><sup>m</sup>）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 $1.5 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-3} \text{m/d}$ 之间。

#### c) 第四系坡残积层 ( $Q_p^{dl+cl}$ ) 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 $1.0 \text{Lu}$ ，属微透层；部分地段透水率为 $1.72 \sim 5.4 \text{Lu}$ ，属弱透层，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，南部位回填层，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（I），大部分民井分布在II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。

未发现有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爆发，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洪水灾害。

#### 2.5.3.1.2 天文潮

根据厂址站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的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%超越频率天文高潮位1.62m，10%超越频率天文低潮位-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分布和耿贝尔分布，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，见表2.5-2。分析结果表明2008年以后的风暴潮增减水值对徐大堡核电站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，二者对比见表2.5-3。

——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HAD101/11的要求，

选取进入辽宁徐大堡核电站厂址 400km 半径范围内的 70（1949-2018）年的台风中心年最低气压为样本（样本见表 2.5-4）。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的  $P_0$  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  $P_0=947\text{hpa}$  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 952 hPa。

其他 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，取其千年一遇站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%。工程海域主要受 ENE~SSW 向浪的影响，波浪较小，常浪向为 SSE~S 与 E 向，强浪向为 E 与 ESE 向。

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 年以后对辽宁徐大堡核电站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。应用验证后得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

辽宁徐大堡核电厂址对海洪的防护是按照《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）进行考虑的。该导则要求在所有时间内确保安全停堆、堆芯冷却和放射性物质的抑制，其中包括防止以后可能发生外部洪水给核设施所带来的不利影响。厂址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
可能最大台风增水：	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，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。厂址位于高坡地面向辽东湾的坡面上，厂区范围及厂区外围附近的地形地势成缓降趋势，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，对于坡面雨水，可通过设置截、排洪设施将其引至大海。

#### 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，不会对厂址构成影响。

## 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。

厂址区域已在一期工程建设的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。

表 2.4-1 铁塔与周边地面站风、温相关分析结果

台站	E—W 向 拟合直线	相关系数	N—S 向 拟合直线	相关系数	温度 拟合直线	相关系数
绥中	$y=0.735x+0.31$	<b>0.691</b>	$y=0.841x+0.19$	<b>0.847</b>	$y=0.971x+0.239$	<b>0.916</b>
兴城	$y=0.692x+0.27$	<b>0.639</b>	$y=0.812x+0.15$	<b>0.762</b>	$y=0.926x-0.277$	<b>0.889</b>

表 2.4-2 徐大堡厂址扩散参数

$$(\sigma_y = p_y x^{q_y}, \quad \sigma_z = p_z x^{q_z})$$

稳定度类	扩散参数系数			
	$p_y$	$q_y$	$p_z$	$q_z$
A	0.669	0.866	0.434	0.958
B	0.497	0.864	0.431	0.882
C	0.375	0.862	0.325	0.837
D	0.253	0.860	0.129	0.823
E	0.175	0.857	0.123	0.745
F	0.129	0.855	0.118	0.654

表 2.4-3 观测设备性能指标

观测要素	型号	测量范围	精度	灵敏度
风速	034B	0-75m/s	0.1m/s	启动风速：0.4m/s
风向	034B	机械范围：360° 电气范围：356°	0.4m/s	
温度	HMP155A	-80-60℃	---	启动响应时间：2秒
湿度	HMP155A	0.8~100%RH(非 冷凝环境)	15-25℃：±1%RH (0-90%RH); ±1.7%RH (90-100%RH) -60-40℃：±(1.4+0.032×读数)%RH -40-20℃：±(1.2+0.012×读数)%RH -20-40℃：±(1.0+0.008×读数)%RH 40-60℃：±(1.2+0.012×读数)%RH	响应时间：20秒 (63%RH)；60秒 (90%RH)
温度	HBW-2	-50℃-70℃	在-50℃时最大误差为0.03℃	风速为5m/s时在 30到60s之间
气压	PTB110	500-1100mb	±0.3mb@20℃ ±0.6mb@0-40℃ ±1.0mb@-20-45℃	——
雨量	52202/52203 翻 斗式	承雨口面积:200 cm <sup>2</sup>	2% up - 25mm/hr	——
总辐射	SK08	0-2000 W/m <sup>2</sup>	0.2°	18—20 μV/W/m <sup>2</sup>
净辐射	NR-LITE2	光谱波长： 0.2-100μm	温度依赖灵敏度：-0.1%/℃	10μV/W/m <sup>2</sup>

表 2.5-1 葫芦岛站多年盐度月均值

单位：‰

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年平均
原报告结果	31.2	31.1	31.6	30.6	30.7	30.7	30.0	28.1	27.9	29.0	29.3	29.4	30.0
本报告结果	29.9	30.1	30.6	30.6	30.8	30.6	30.0	28.5	28.6	29.2	29.4	29.5	29.9
月最大值	33.1	33.0	33.0	33.4	33.9	33.0	32.8	32.8	32.8	34.4	33.1	32.8	
月最小值	27.5	27.6	28.1	27.9	27.7	27.4	26.5	21.3	22.9	24.9	26.1	25.1	

表 2.5-2 厂址重现期增减水分布

重现期 (年)	频率 P %	重现期增水(m)			重现期减水(m)		
		P—III 分布	概率 70%的 置信区间	GUMBEL 分布	P—III 分布	概率 70%的 置信区间	GUMBEL 分布
10000	0.01	2.68	±0.71		-3.29	±0.50	
1000	0.1	2.17	±0.46	1.71	-2.84	±0.34	-2.81
500	0.2	2.02	±0.39	1.61	-2.69	±0.29	-2.65
200	0.5	1.81	±0.30	1.48	-2.50	±0.23	-2.44
100	1	1.65	±0.23	1.38	-2.35	±0.19	-2.28
50	2	1.50	±0.17	1.28	-2.20	±0.15	-2.13
33	3	1.40	±0.14	1.22	-2.10	±0.13	-2.02
20	5	1.20	±0.11	1.15	-1.98	±0.10	-1.92
10	10	1.12	±0.07	1.05	-1.81	±0.08	-1.75
5	20	0.96	±0.06	0.91	-1.62	±0.06	-1.52
2	50	0.75	±0.04	0.79	-1.32	±0.05	-1.32

表 2.5-3 2019 年复核结果与原报告结果比较分析

重现期 (年)	频率 P %	重现期增水 (m)		重现期减水 (m)	
		本次复核结果	原报告结果	本次复核结果	原报告结果
10000	0.01	2.68	2.72	-3.29	-3.36
1000	0.1	2.17	2.20	-2.84	-2.89
500	0.2	2.02	2.04	-2.69	-2.75
200	0.5	1.81	1.83	-2.50	-2.55
100	1	1.65	1.67	-2.35	-2.40
50	2	1.50	1.52	-2.20	-2.24
33	3	1.40	1.42	-2.10	-2.15
20	5	1.20	1.30	-1.98	-2.02
10	10	1.12	1.14	-1.81	-1.84
5	20	0.96	0.97	-1.62	-1.65
2	50	0.75	0.75	-1.32	-1.34

表 2.5-4 (1/2) 1949~2018 年台风最低气压样本

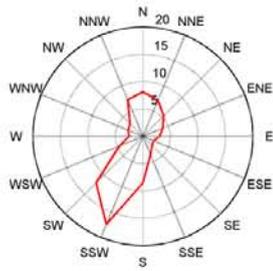
台风编号	年	月	日	时	纬度(°)	经度(°)	中心气压(hPa)
4906	1949	7	26	14	36.90	121.60	990
5007	1950	7	22	20	39.50	124.10	995
0	1951	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1952	0	0	0	0.00	0.00	1010
5305	1953	7	6	20	38.20	121.50	994
5411	1954	8	26	14	38.00	123.70	998
5507	1955	7	17	8	36.00	120.60	998
5622	1956	9	5	14	36.30	123.00	988
0	1957	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1958	0	0	0	0.00	0.00	1010
5905	1959	9	7	8	37.20	123.00	994
6005	1960	7	28	20	37.20	121.20	983
0	1961	0	0	0	0.00	0.00	1010
6208	1962	8	7	20	35.80	120.10	988
0	1963	0	0	0	0.00	0.00	1010
6408	1964	7	29	14	37.20	124.00	985
6510	1965	7	28	14	37.30	121.80	997
6612	1966	8	25	14	37.00	123.90	994
6705	1967	7	28	20	36.10	122.00	990
0	1968	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1969	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1970	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1971	0	0	0	0.00	0.00	1010
7203	1972	7	26	14	36.80	123.10	970
7303	1973	7	19	14	36.10	121.50	980
7416	1974	8	30	2	38.70	121.20	980
0	1975	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1976	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1977	0	0	0	0.00	0.00	1010
7805	1978	7	26	2	39.00	116.20	1001
0	1979	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1980	0	0	0	0.00	0.00	1010
8108	1981	7	27	20	36.70	117.90	998
0	1982	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1983	0	0	0	0.00	0.00	1010
8407	1984	8	10	8	39.30	116.90	993
8509	1985	8	19	20	38.80	121.30	981
0	1986	0	0	0	0.00	0.00	1010
8707	1987	7	29	8	35.80	121.80	992
0	1988	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1989	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1990	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1991	0	0	0	0.00	0.00	1010
9216	1992	9	2	2	36.80	121.80	995

注：部分年份无进入这一范围的台风，按照惯例该年最低气压就取 1010hPa。

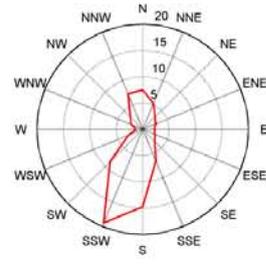
表 2.5-4 (2/2) 1949~2018 年台风最低气压样本

台风编号	年	月	日	时	纬度(°)	经度(°)	中心气压(hPa)
0	1993	0	0	0	0.00	0.00	1010
9415	1994	8	15	20	36.40	121.90	985
0	1995	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	1996	0	0	0	0.00	0.00	1010
9711	1997	8	20	20	38.5	119.5	1010
0	1998	0	0	0	0.00	0.00	990
0	1999	0	0	0	0.00	0.00	1010
4	2000	7	11	2	36.50	123.20	992
0108	2001	8	1	20	36.70	120.50	993
0209	2002	7	27	20	35.70	121.10	995
0	2003	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	2004	0	0	0	0.00	0.00	1010
0509	2005	8	8	14	37.30	119.10	993
0	2006	0	0	0	0.00	0.00	1010
0712	2007	9	20	14	37.70	122.90	998
0	2008	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	2009	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	2010	0	0	0	0.00	0.00	1010
1109	2011	8	8	6	38.7	124.2	980
1215	2012	8	28	12	38.8	124.6	975
0	2013	0	0	0	0.00	0.00	1010
1410	2014	7	25	18	38.6	124.3	994
0	2015	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	2016	0	0	0	0.00	0.00	1010
0	2017	0	0	0	0.00	0.00	1010
1818	2018	8	20	6	38.1	121.5	990

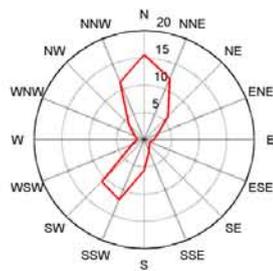
注：部分年份无进入这一范围的台风，按照惯例该年最低气压就取 1010hPa。



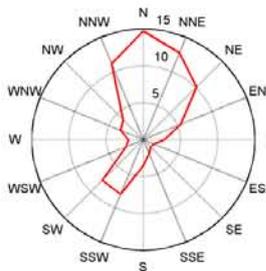
春季 (C: 6.2%)



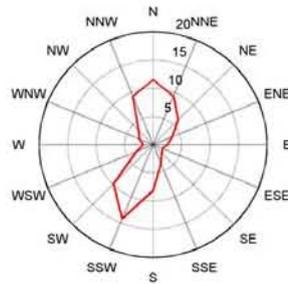
夏季 (C: 7.2%)



秋季 (C: 7.8%)



冬季 (C: 7.4%)



年均 (C: 7.2%)

图 2.4-1 绥中站各季及年平均风向玫瑰图（2004~2018 年）

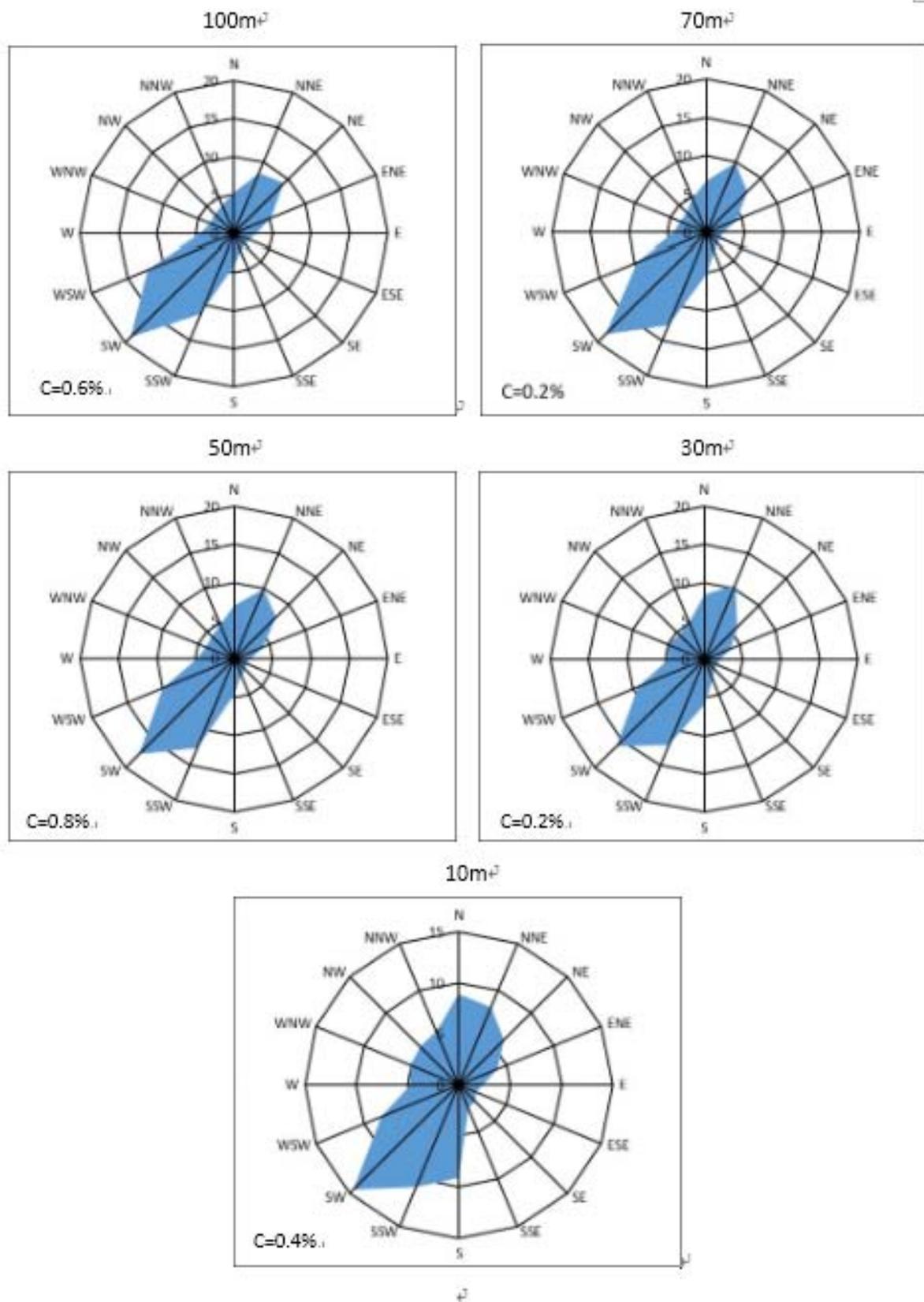


图 2.4-2 铁塔各高度全年风玫瑰图（2019 年）

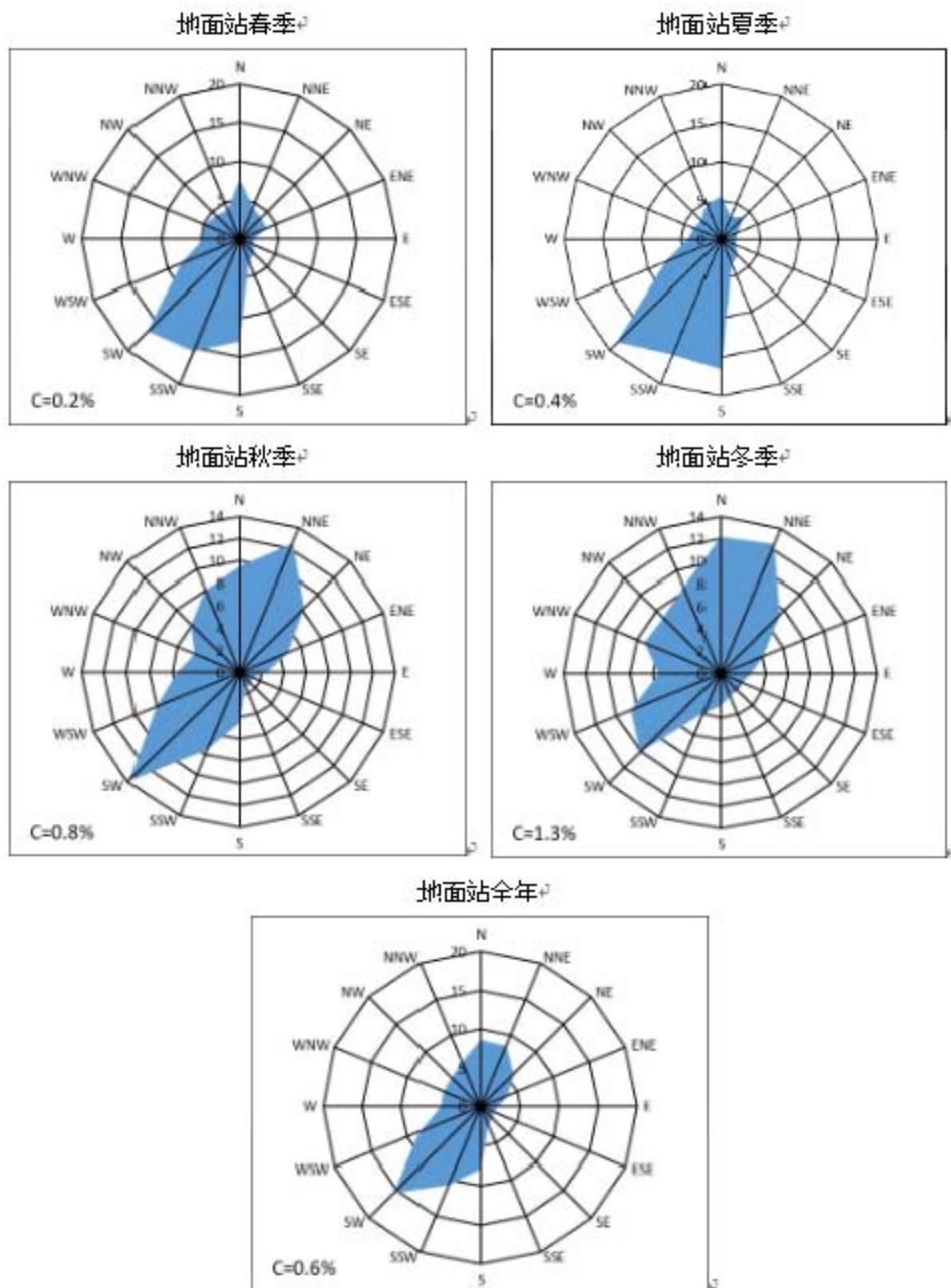


图 2.4.3 地面气象站各季及年均风玫瑰图（2019 年）

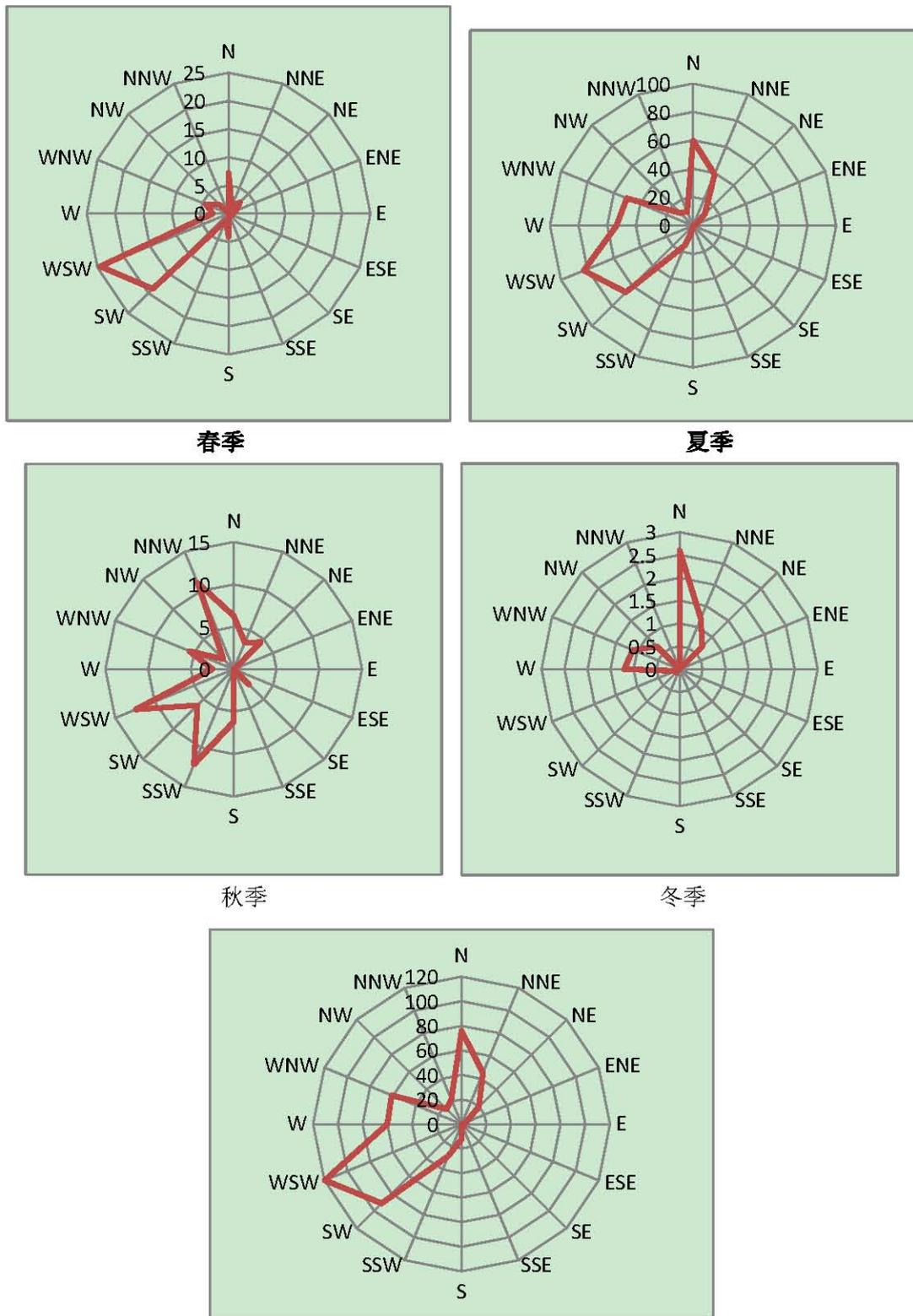


图 2.4-4 各风向季均、年均降水量风玫瑰图（2019 年）

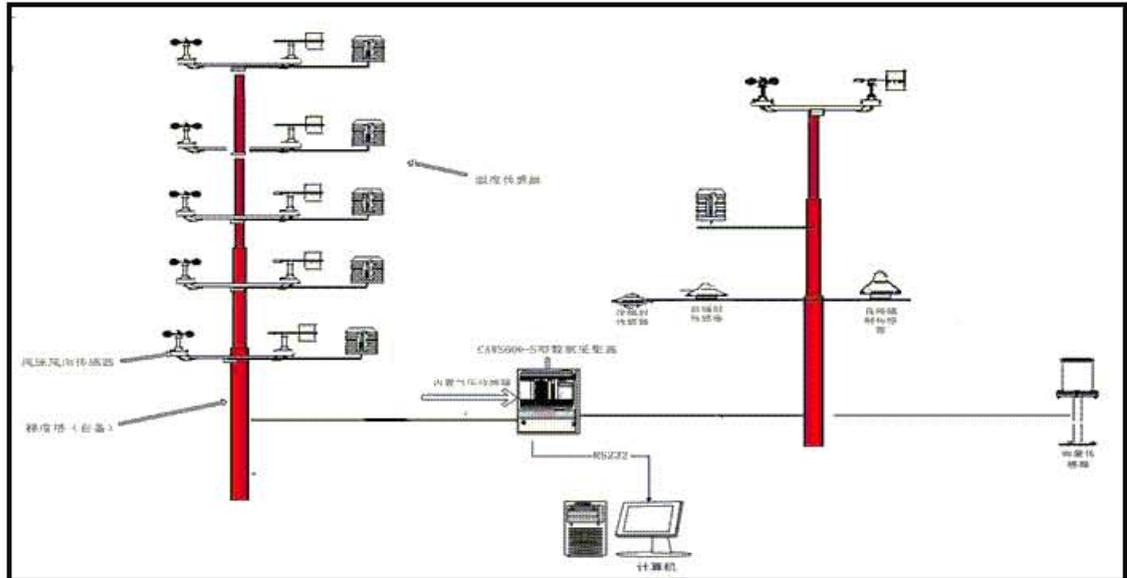


图 2.4-5 气象观测系统总体构成示意图

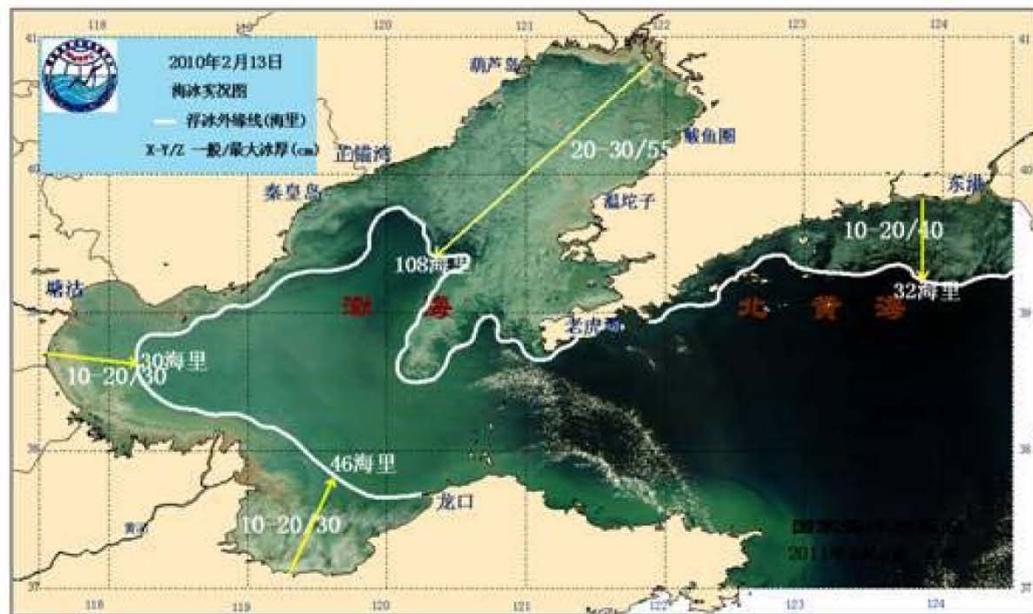


图 2.5-1 2010 年 2 月渤海海冰状况分布图（最严重时刻）

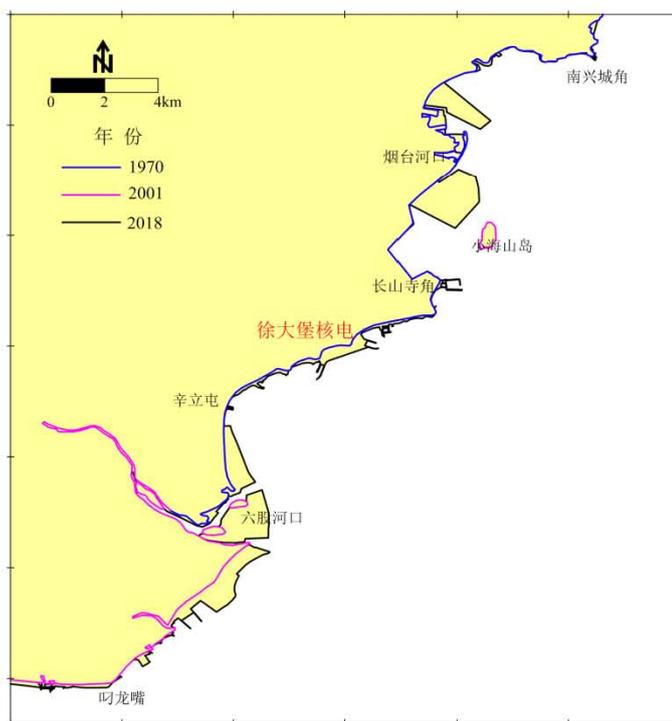


图 2.5-2 工程海域 1970~2018 年岸线变化

## 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 辽宁徐大堡核电基地 3、4 号机组辐射环境本底初步调查方案

表 3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

表 3.1-3 各类样品分析方法的探测下限

表 3.1-4 主要仪器和设备检定情况表

表 3.2-1 监测站位所处海洋功能区划与评价标准一览表

表 3.2-2 3 月大面站水质评价结果统计

表 3.2-3 5 月大面站水质评价结果统计

表 3.2-4 厂区内电磁辐射监测点设置情况

表 3.2-5 徐大堡核电厂开关站监测点设置

表 3.2-6 辽宁徐大堡核电厂主变压器监测点编号一览表

表 3.2-7 徐大堡核电厂输电线路监测点设置情况

表 3.2-8 辽宁徐大堡核电厂外监测点设置情况

表 3.2-9 监测仪器一览表

表 3.2-10 居民区环境辐射电平水平标注

表 3.2-11 徐大堡核电厂厂区工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-12 徐大堡核电厂厂区射频电场强度现状监测结果

表 3.2-13 徐大堡核电厂拟建开关站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-14 徐大堡核电厂拟建开关站射频电场强度现状监测结果

表 3.2-15 徐大堡核电厂主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-16 徐大堡核电厂输电线路工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-17 徐大堡核电厂厂区外环境敏感区监测点、风电、光伏电厂工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-18 徐大堡核电站厂区外环境敏感区监测点、风电、光伏电厂与通讯基站监测点射频电场强度现状监测结果

表 3.2-19 厂区内监测值统计情况

表 3.2-20 输电线路监测值统计情况

表 3.2-21 厂区外环境敏感区监测值统计情况

**图：**

图 3.1-1 调查单位质量控制组织机构图

图 3.1-2 GR3019Γ 谱仪本底质控图

图 3.1-3 GR3019Γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-4 GR3019Γ 谱仪效率质控图

图 3.1-5 GC3519Γ 谱仪本底质控图

图 3.1-6 GC3519Γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-7 GC3519Γ 谱仪效率质控图

图 3.1-8 BE3830Γ 谱仪本底质控图

图 3.1-9 BE3830Γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-10 BE3830Γ 谱仪效率质控图

图 3.1-11 LB770（6199）A/B 测量仪 A 本底质控图

图 3.1-12 LB770（6199）A/B 测量仪 B 本底质控图

图 3.1-13 LB770（6199）A/B 测量仪效率质控图

图 3.1-14 液闪谱仪  $^{14}\text{C}$  本底计数率

图 3.1-15 液闪谱仪  $^{14}\text{C}$  效率

图 3.1-16 液闪谱仪  $^3\text{H}$  本底计数率

图 3.1-17 液闪谱仪  $^3\text{H}$  效率

图 3.2-1 监测站位与海洋功能区划叠加图

图 3.2-2 厂区内电磁辐射监测点分布情况

图 3.2-3 辽宁徐大堡核电厂开关站与输电线路监测点设置示意图

图 3.2-4 辽宁徐大堡核电厂主变压器监测断面设置示意图

图 3.2-5 辽宁徐大堡核电厂输电线路监测点设置示意图

图 3.2-6 辽宁徐大堡核电厂区外监测点设置情况示意图

### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

为编制本节内容，中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院于 2019 年 1 月至 2019 年 4 月开展了为期 3 个月的辐射环境本底初步调查，以了解辽宁徐大堡核电厂运行前的辐射环境本底情况，获得运行前环境中辐射水平和周围介质放射性本底水平，为评价徐大堡核电厂 3、4 号机组在正常运行期间、事故及事故后对周围环境的影响提供基础数据，最终编制完成了《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组陆域环境放射性本底初步调查报告、质量保证总结报告》，并通过了专家评审。本节主要采用上述报告中的调查结果，对徐大堡核电厂 3、4 号机组运行前的辐射环境本底进行描述。

##### 3.1.1.1 参考标准规范

GB 12379-90	《环境核辐射监测规定》
GB 8999-88	《电离辐射监测质量保证一般规定》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
GB 11216-89	《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》
GB/T 14583-93	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》
GB/T 10264-2014	《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》
GB 12375-90	《水中氚的分析方法》
GB/T 11713-2015	《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》
GB/T 11743-2013	《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》
GB/T 16145-1995	《生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》
HJ/T 61-2001	《辐射环境监测技术规范》
HJ 815-2016	《水和生物样品灰中铯-90 的放射化学分析方法》
HJ 969-2018	《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》
EJ/T 1035-2011	《土壤中铯-90 的分析方法》
EJ/T 1008-1996	《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》

##### 3.1.1.2 调查内容

辐射环境本底初步调查内容主要分为资料收集和现场调查两部分：

(1) 相关数据和资料收集

- 核电厂半径 80km 范围内核设施概况；
- 核电厂半径 30km 范围内铀、钍矿设施概况；

- 核电厂半径 15km 范围内与“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施概况；
- 核电厂半径 30km 范围内非密封放射性同位素源；
- 核电厂半径 10km 范围内密封放射性同位素的基本情况。

#### (2) 现场调查

- 厂址半径 20km 范围内的陆地环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率；
- 厂址半径 20km 范围内的陆地环境  $\gamma$  辐射累积剂量；
- 厂址半径 10km 范围内土壤（表层土）放射性核素活度浓度；
- 厂址半径 10km 范围内空气介质中放射性核素活度浓度；
- 厂址半径 10km 范围内地表水沉积物放射性核素活度浓度；
- 厂址半径 10km 范围内地表水、降水、饮用水和地下水放射性核素活度浓度；
- 排水口附近海水的放射性核素活度浓度；
- 排水口附近及主要活动场所的海洋沉积物放射性核素活度浓度。

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

辐射环境本底初步调查工作的测量点/采样点设置的总体原则如下：

- 应遵循相关标准规范的规定；
- 充分考虑自然环境状况、社会环境状况以及影响放射性核素在环境中迁移的各种因素；
- 充分考虑徐大堡核电厂周围地区人口分布、居民饮食结构等调查资料，同时参考当地气象的资料；
- 重点关注主导风向下风向区域、人口稠密区、生态功能区、环境敏感区和脆弱区。

#### 3.1.1.4 调查范围及布点方案

##### (1) 环境 $\gamma$ 辐射剂量率

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组为中心，半径 20km 范围内，按半径 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位的扇形区域内布点。
- 点位布设：共布设 51 个测量点，半径 2km 范围内布设 13 个点位，半径 2km~5km 范围内布设 11 个点位，半径 5km~10km 范围内布设 10 个点位，半径 10km~20km 范围内布设 16 个点位。

##### (2) 环境 $\gamma$ 辐射累积剂量

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组为中心，半径 20km 范围内，按半径 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位的扇形区域内布点，同一方位与环境  $\gamma$  辐射剂量率点位重合。
- 点位布设：本次调查共布设 30 个测量点，半径 2km 范围内布设 9 个点位，半径 2km~5km 范围内布设 7 个点位，半径 5km~10km 范围内布设 7 个点位，半径 10km~20km 范围内布设 7 个点位。

### （3）土壤

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组为中心，半径 10km 范围内，在 8 个方位角内的陆地（岛屿）上布点。
- 点位布设：共布设 8 个点位，采样点分别与其对应的剂量率测量点位重合，在厂区前开展了平行样品的取样分析，设置在无水土流失的山地及田间，兼顾农田、山地、丘陵等不同类型的土壤。

### （4）空气（气溶胶、沉降物、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ ）

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：共布设 3 个点位，分别位于徐大堡核电站厂区边界、下风向人口密集区和人口稠密区。

### （5）陆地水体

#### A. 地表水和沉积物

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：地表水和沉积物测量点位一致，共布设 3 个点位。

#### B. 饮用水

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组核岛位置为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：共布设 2 个点位。

#### C. 地下水

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：本次调查共布设 2 个点位。

#### D. 降水

- 调查范围：以徐大堡核电厂 3、4 号机组为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：共布设 3 个点位，与空气采样点位重合。

### （6）海水和海洋沉积物

- 调查范围：徐大堡核电厂 3、4 号机组排水口附近。
- 点位布设：海水在本次调查中共布设了 3 个采样点，在排水口附近设置 2 个采样点；在取水口附近设置 1 个，同时采集平行样。海洋沉积物共布设了 4 个采样点。

#### 3.1.1.5 测量仪器及方法

测量项目所采用的仪器及测量方法依据见表 3.1-2。各分析测量项目在选定分析测量方法时，有国家标准的，一律采用国家标准，没有国家标准的选用行业标准或经过认证认可的方法。

#### 3.1.1.6 探测下限

本次调查中测量方法的探测下限见表 3.1-3。

#### 3.1.1.7 调查结果

##### （1）相关数据和资料收集

##### A. 核设施或矿产开发设施情况

根据已获得的资料，厂址半径 80km 范围内无核设施；半径 30km 范围内无铀、钍矿设施；半径 15km 范围内没有“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施。

##### B. 密封和非密封放射性同位素源情况

根据绥中县和兴城市环保部门提供的放射源和射线装置情况，绥中县和兴城市没有放射源。

##### （2）环境 $\gamma$ 辐射剂量率

##### A. 宇宙射线测量

宇宙射线测量时间为 2019 年 4 月。共测量 2 组共 20 个数据，结果均值为  $29.6 \pm 1.2 \text{ nGy/h}$ 。

##### B. 环境 $\gamma$ 辐射剂量率

环境  $\gamma$  辐射剂量率一共测量了 51 个点位，其中 21 个道路点位，包括 12 个水泥路面、4 个沥青路面、2 个地砖地面和 3 个砂石土路；30 个原野点位，包括 6 个草地、19 个土地和 5 个沙地。

地表  $\gamma$  辐射剂量率的测量均值的范围为  $46.2 \sim 109 \text{ nGy/h}$ ，51 个测量点位均值为  $72.2 \pm 11.8 \text{ nGy/h}$ 。（3）环境  $\gamma$  辐射累积剂量

环境  $\gamma$  辐射累积剂量共布设了 30 个点位，TLD 的回收率为 80%。累积剂量的布设点位与该点位的剂量率测量点位重合。各测量点位测量范围为  $100.9 \sim 135.1 \text{ nGy/h}$ 。平均值为  $119.7 \pm 9.1 \text{ nGy/h}$ 。

##### （3）土壤中放射性核素活度浓度

共布设 8 个采样点，每个样品的采样量大于 2kg。土壤样品的分析项目包括  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ ）。

$\gamma$  谱分析测量结果中，天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  均给出了测量结果， $^{238}\text{U}$  的活度浓度范围为 23.9~66.3Bq/kg。 $^{226}\text{Ra}$  的活度浓度范围为 21.3~64.7Bq/kg，均值为  $30.4\pm 13.4\text{Bq/kg}$ 。 $^{232}\text{Th}$  的活度浓度范围为 31.3~84.2Bq/kg，均值为  $41.9\pm 16.1\text{Bq/kg}$ 。 $^{40}\text{K}$  的活度浓度范围为 724~862Bq/kg，均值为  $787\pm 49\text{Bq/kg}$ 。 $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度范围为  $< \text{LLD} \sim 17.0\text{Bq/kg}$ 。各点位的测量范围为  $< \text{LLD} \sim 5.11\text{Bq/kg}$ ，均值为  $4.28\pm 0.60\text{Bq/kg}$ 。

放化分析结果中， $^{90}\text{Sr}$  测量结果中活度浓度范围为 1.29~5.11Bq/kg，均值为  $2.43\pm 1.39\text{Bq/kg}$ 。

#### （4）空气介质中放射性核素活度浓度

##### A. 气溶胶

空气中气溶胶样品采用青岛崂山电子仪器总厂生产的 KC-1000 型大流量采样器进行采集，采样体积均大于  $10000\text{m}^3$ ，气溶胶样品的分析项目包括总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^7\text{Be}$ ）。

$\gamma$  谱分析测量结果中，除  $^7\text{Be}$ 、部分  $^{137}\text{Cs}$  外，其余核素结果均低于探测限。其中： $^7\text{Be}$  的活度浓度范围为 7.18~8.34mBq/m<sup>3</sup>，均值为  $7.89\pm 0.62\text{mBq/m}^3$ 。

气溶胶中  $^{137}\text{Cs}$  除厂区前为  $8.52\pm 1.67\mu\text{Bq/m}^3$ ，其余均小于探测限。

放化分析包括总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  等分析项目，其中：

总  $\alpha$  的活度浓度范围为 0.32~0.42mBq/m<sup>3</sup>，均值为  $0.37\pm 0.05\text{mBq/m}^3$ 。

总  $\beta$  的活度浓度范围为 1.27~1.54mBq/m<sup>3</sup>，均值为  $1.43\pm 0.14\text{mBq/m}^3$ 。

$^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为 5.18~10.6 $\mu\text{Bq/m}^3$ ，均值为  $7.36\pm 2.86\mu\text{Bq/m}^3$ 。

##### B. 沉降灰

沉降灰由不锈钢板制成的正方形采样槽采集，接收面积为  $0.25\text{m}^2$ ，上边缘距地 1.5m，采用干法采样。沉降灰样品的分析项目包括总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^7\text{Be}$ ）。

$\gamma$  谱分析测量结果中， $^7\text{Be}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  给出了全部测量结果，其余核素测量结果均小于探测下限，其中：

$^7\text{Be}$  的活度浓度范围为 2.84~5.19Bq/(m<sup>2</sup>·月)，均值为  $3.86\pm 1.21\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 。

$^{137}\text{Cs}$  三个地点的值均为  $0.14\pm 0.02\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 。

放化分析中总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、和  $^{90}\text{Sr}$  全部给出了测量结果，其中：

总 $\alpha$ 的活度浓度范围为12.1~28.4Bq/(m<sup>2</sup>·月)，均值为20.1±8.2Bq/(m<sup>2</sup>·月)。

总 $\beta$ 的活度浓度范围为17.1~30.9Bq/(m<sup>2</sup>·月)，均值为23.8±6.9Bq/(m<sup>2</sup>·月)。

<sup>90</sup>Sr活度浓度范围为0.036~0.050Bq/(m<sup>2</sup>·月)，均值为0.045±0.008Bq/(m<sup>2</sup>·月)。

#### C. <sup>3</sup>H和<sup>14</sup>C

空气中<sup>3</sup>H采用硅胶吸附法进行采样，每个样品的采样体积一般大于10m<sup>3</sup>。空气中<sup>14</sup>C采用碱液吸收法进行采样。

<sup>3</sup>H的活度浓度范围为1.83~5.12mBq/m<sup>3</sup>和0.20~0.85Bq/L，均值为3.47±1.65mBq/m<sup>3</sup>和0.55±0.33Bq/L。

<sup>14</sup>C的活度浓度范围为25.8~38.7mBq/m<sup>3</sup>和0.18~0.21 Bq/gC，均值为34.2±7.4mBq/m<sup>3</sup>和0.20±0.02Bq/gC。

### (5) 陆地水体中放射性核素活度浓度

#### A. 地表水

地表水设置3个采样点，每个样品采集50L左右，在现场进行酸化处理，分析<sup>3</sup>H的样品用玻璃容器采集2.5L，不加酸。地表水监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、<sup>90</sup>Sr、<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C和 $\gamma$ 核素（<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>54</sup>Mn、<sup>59</sup>Fe）。监测频次为1次。

$\gamma$ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、<sup>90</sup>Sr、<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C给出了全部测量结果。其中：

总 $\alpha$ 测量结果活度浓度范围0.023~0.16Bq/L，均值为0.10±0.07Bq/L。

总 $\beta$ 测量结果活度浓度范围0.061~0.43Bq/L，均值为0.24±0.2Bq/L。

<sup>90</sup>Sr测量结果活度浓度范围3.38~6.24mBq/L，均值为5.32±1.31mBq/L。

<sup>3</sup>H测量结果活度浓度范围0.46~0.81Bq/L，均值为0.59±0.15Bq/L；

<sup>14</sup>C测量结果活度浓度范围3.75~5.44 mBq/L和0.20~0.23 Bq/gC，均值为4.72±0.82mBq/L和0.21±0.01 Bq/gC。

#### B. 沉积物

沉积物（底泥）样品的分析项目包括<sup>90</sup>Sr和 $\gamma$ 核素（<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>54</sup>Mn、<sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>K）。与地表水一同采集，监测频次为1次。

$\gamma$ 谱分析测量结果中，天然放射性核素<sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>K、<sup>137</sup>Cs均给出了测量结果，其余核素测量结果均低于探测限，其中：

<sup>238</sup>U测量结果活度浓度范围为29.1~34.3Bq/kg，均值为31.7±2.2Bq/kg。

<sup>226</sup>Ra测量结果活度浓度范围为21.4~29.5Bq/kg，均值为26.0±3.4Bq/kg。

$^{232}\text{Th}$  测量结果活度浓度范围为 39.3~79.0Bq/kg，均值为  $60.5\pm 19.9\text{Bq/kg}$ 。

$^{40}\text{K}$  测量结果活度浓度范围为 771~823Bq/kg，均值为  $789\pm 24\text{Bq/kg}$ 。

$^{137}\text{Cs}$  测量结果活度浓度范围为 1.14~2.45Bq/kg，均值为  $1.82\pm 0.66\text{Bq/kg}$ 。

放化分析中  $^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围为 0.55~1.03Bq/kg，均值为  $0.87\pm 0.22\text{Bq/kg}$ 。

### C. 地下水

地下水设置 2 个采样点，每个样品采集 50L 左右，在现场进行酸化处理，分析  $^3\text{H}$  的样品用玻璃容器采集 2.5L，不加酸。地下水监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ ）。监测频次为 1 次。

$\gamma$  谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  给出了全部测量结果。其中：

总  $\alpha$  测量结果活度浓度范围 0.013~0.048Bq/L，均值为  $0.031\pm 0.018\text{Bq/L}$ ；

总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.077~0.16Bq/L，均值为  $0.13\pm 0.05\text{Bq/L}$ ；

$^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 2.30~3.34mBq/L，均值为  $2.65\pm 0.60\text{mBq/L}$ ；

$^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.46~0.78Bq/L，均值为  $0.59\pm 0.17\text{Bq/L}$ ；

$^{14}\text{C}$  测量结果活度浓度范围 2.21~9.02mBq/L 和 0.19~0.21Bq/gC，均值为  $6.60\pm 3.81\text{mBq/L}$  和  $0.20\pm 0.01\text{Bq/gC}$ 。

### D. 饮用水

饮用水设置 2 个采样点，每个样品采集 50L 左右，在现场进行酸化处理，分析  $^3\text{H}$  的样品用玻璃容器采集 2.5L，不加酸。饮用水监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ ）。监测频次为 1 次。

$\gamma$  谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  给出了全部测量结果。其中：

总  $\alpha$  测量结果活度浓度范围 0.011~0.019Bq/L，均值为  $0.014\pm 0.004\text{Bq/L}$ ；

总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.043~0.098Bq/L，均值为  $0.062\pm 0.031\text{Bq/L}$ ；

$^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 1.48~1.76 mBq/L，均值为  $1.64\pm 0.22\text{mBq/L}$ ；

$^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.55~0.64Bq/L，均值为  $0.61\pm 0.05\text{Bq/L}$ 。

$^{14}\text{C}$  测量结果活度浓度范围 2.53~2.62mBq/L 和 0.19~0.20Bq/gC，均值为  $2.57\pm 0.05\text{mBq/L}$  和  $0.20\pm 0.01\text{Bq/gC}$ 。

### E. 降水

降水由不锈钢板制成的正方形采样槽收集，接收面积为  $0.25\text{m}^2$ ，采样槽上边缘距地

1.5m。降水监测项目为总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ ）。监测频次为 1 次。

$\gamma$  谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  给出了全部测量结果。其中：

总  $\alpha$  测量结果活度浓度范围 0.11~0.13Bq/L，均值为  $0.12\pm 0.01\text{Bq/L}$ ；

总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.12~0.21Bq/L，均值为  $0.17\pm 0.05\text{Bq/L}$ ；

$^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 1.15~3.80mBq/L，均值为  $2.66\pm 1.36\text{mBq/L}$ ；

$^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.82~1.03Bq/L，均值为  $0.93\pm 0.11\text{Bq/L}$ ；

$^{14}\text{C}$  测量结果活度浓度范围 2.26~3.50mBq/L 和 0.19~0.20Bq/gC，均值为  $2.89\pm 0.62\text{mBq/L}$  和  $0.19\pm 0.01\text{Bq/gC}$ 。

#### （6）海域放射性核素活度浓度

##### A. 海水

海水分析项目包括总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{59}\text{Fe}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ ）。监测频次为 1 次。

$\gamma$  谱分析结果中， $^{137}\text{Cs}$  的测量结果活度浓度范围 1.09~1.68mBq/L，均值为  $1.27\pm 0.27\text{mBq/L}$ ，其它核素测量结果均低于探测限。

放化分析的所有样品总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  均给出了测量结果，总  $\alpha$  均低于探测限，其中：

总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 10.6~11.6Bq/L，均值为  $11.3\pm 0.5\text{Bq/L}$ 。

$^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 0.81~1.17mBq/L，均值为  $0.92\pm 0.17\text{mBq/L}$ 。

$^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.29~0.46Bq/L，均值为  $0.35\pm 0.08\text{Bq/L}$ 。

$^{14}\text{C}$  测量结果活度浓度范围 5.54~5.95mBq/L 和 0.20~0.22Bq/gC，均值为  $5.70\pm 0.18\text{mBq/L}$  和  $0.21\pm 0.01\text{Bq/gC}$ 。

##### B. 海洋沉积物

海洋沉积物测量项目包括  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ ），测量频次为 1 次，同海水样品一起采集。

$\gamma$  谱分析结果中，天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  都给出了测量结果； $^{137}\text{Cs}$  除排水口 2 号点位沉积物外均给出了测量结果，其它核素测量结果均低于探测限。其中：

$^{238}\text{U}$  测量结果活度浓度范围 11.3~32.5Bq/kg，均值为  $26.0\pm 8.6\text{Bq/kg}$ 。

$^{226}\text{Ra}$  测量结果活度浓度范围 11.7~24.0Bq/kg，均值为  $20.5\pm 5.0\text{Bq/kg}$ 。

$^{232}\text{Th}$  测量结果活度浓度范围 23.8~42.0Bq/kg，均值为  $36.8\pm 7.5\text{Bq/kg}$ 。

$^{40}\text{K}$  测量结果活度浓度范围 721~992Bq/kg，均值为  $868\pm 112\text{Bq/kg}$ 。

$^{137}\text{Cs}$  测量结果活度浓度范围 <LLD~3.26Bq/kg，均值为  $1.75\pm 1.01\text{Bq/kg}$ 。

$^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 0.61~2.35Bq/kg，均值为  $1.43\pm 0.79\text{Bq/kg}$ 。

### 3.1.1.8 质量保证措施

为保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，调查任务选择具有 CMA 及 CNAS 资质的单位开展。调查单位具有严格的质保体系，并针对本项目制定了质量保证大纲，以及对调查过程进行全面控制，质量保证大纲通过专家评审会及任务委托单位认可后严格实施。在本次环境放射性现状调查过程中调查单位采取了一系列质量保证措施主要有以下几个方面：

#### （1）组织机构及人员配备

调查任务承担单位针对本次调查成立了调查组织机构，对调查过程进行质量控制，质量控制组织机构见图 3.1-1，明确的规定了相应的职责、权限和联络渠道。从事对质量活动有影响的人员，均具备从事该任务所必须的学历、经历和业务熟练程度，项目负责人和质保负责人具有硕士研究生以上学历，从事环境辐射本底调查相关工作 5 年以上，项目参加人员具有大专以上学历，具有环境辐射本底调查相关工作 1 年以上，并进行质保培训与考核。

#### （2）调查方法的控制

本次调查采用最新有效的国家和行业标准，对于部分未颁布标准方法的项目，结合本次调查的实际需要，根据公开发表的文献上已有的方法，制定相应的作业指导规程，并经实验验证。本次调查中的调查方法首选国家标准，其次选用行业标准或者专家认可、并经实验验证的方法。国家或行业标准方法发生变化时，进行及时更新。

#### （3）样品的质量控制

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，及时真实地填写采样记录表和样品标签，并签名，样品标签应字迹清楚，不得涂改，不得与样品分开；采集的样品分类进行简单处理，防止样品变质、污染、被容器吸附等；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、样品破裂、沾污和变质；样品运输前认真填写样品清单，清点样品，检查包装是否符合要求；样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品清单上签字；接样人员将接收的样品放于样品室内，避免暴晒，同时防止挤压、刺破样品袋；分析人员对样品分析的中间过程进行唯一性标识，防止

样品间混淆。

#### （4）仪器设备的控制

##### A. 现场采样设备的控制

用于采样的仪器设备，按照国家计量法的要求进行检定/校准后在有效期内使用；对多台同样的设备按仪器编号标识，防止混用；仪器经长途运输到达现场后，工作人员首先查看仪器外形是否有损伤、变形，异常部位着重检查，以消除隐患，经外观确认正常后，通电检查，按照说明书上的技术要求操作，查看仪器是否工作正常；现场仪器经运输后，使用前经检验，确认其性能良好后使用，并做好记录；仪器、采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染；仪器维修后重新检定合格后使用。

##### B. 测量仪器的检定

对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证检测测量值具有溯源性。主要仪器和设备的检定情况见表3.1-4。

##### C. 标准物质的控制

用于刻度放射性测量仪器的标准源，标准溶液和标准物质，均由IAEA-AQCS或中国计量科学研究院等计量部门提供，为测量的量值可溯源到国家的或国际的基准提供了有力的保证。

##### D. 仪器性能的检验

质控图是检查仪器设备状态是否正常的主要手段，在本次调查分析测量中涉及到的仪器设备主要有液闪谱仪、 $\alpha/\beta$ 测量仪、 $\gamma$ 谱仪等，部分仪器设备质控图见图3.1-2~图3.1-17。

#### （5）化学试剂的控制

用标准溶液配置工作溶液时，根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录；在使用高活度标准溶液时，防止其对低本底实验室的沾污；实验室使用的试剂溶液和蒸馏水必须贴上标签，试剂溶液的标签必须写明名称、浓度、配置日期，部分试剂还要写明有效期。

#### （6）实验室分析测量的控制

##### A. 掺标样品

掺标样品的分析是为了确定分析测量的准确度。掺标样品由质保人员提供，要求测量结果与参考值的相对偏差 $<15\%$ 。

##### B. 平行样品

为了对调查中样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在项

目的实施过程中，分别对地表水、地下水、饮用水、地表水沉积物（底泥）、土壤、海水等种类的样品采集了平行样，平行样比例 17%，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。相对偏差计算公式如下：

$$\text{相对偏差} = \frac{|\text{平行样品1} - \text{平行样品2}|}{(\text{平行样品1} + \text{平行样品2})/2} \times 100\%$$

总的平行样品个数为 7 个，给出 41 组测量结果，相对偏差大于 30%的组数为 2 组，地下水和饮用水中总  $\alpha$  测量结果相对偏差为 37.5%，主要原因是总  $\alpha$  的测量值较低。样品平行性较好。

### （7）实验室比对

调查单位实验室在 2017 年参加了国际原子能机构组织的国际比对（IAEA-TEL-2017-04），比对结果均为可接受（A）；在 2018 年参加了国际原子能机构组织的国际比对（IAEA-TEL-2018-04），比对结果均为可接受（A）；2017 年参加了由北京中石国金国际实验室能力验证有限责任公司组织的水中  $^{90}\text{Sr}$  的能力验证活动，评价结论为满意。2017 年参加了由中国建筑科学院建筑工程检测中心建筑材料放射性检测能力验证活动，评价结论为满意。

## 3.1.2 辐射环境质量评价

### 3.1.2.1 核设施或矿产开发设施情况

根据已获得的资料，厂址半径 80km 范围内无核设施；半径 30km 范围内无铀、钍矿设施；半径 15km 范围内没有“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施。

### 3.1.2.2 密封和非密封放射性同位素源情况

根据绥中县和兴城市环保部门提供的放射源和射线装置情况，绥中县和兴城市没有放射源，兴城市射线装置均为 III 类射线装置。所有放射源和射线装置均接受监督管理，对周围环境影响较小。

### 3.1.2.3 环境 $\gamma$ 辐射水平

本次调查中，51 个环境  $\gamma$  辐射剂量率测量点位的均值范围为 46.2~109 nGy/h，平均值为 72.2±11.9 nGy/h。30 个环境  $\gamma$  辐射累积剂量点位的均值范围为 100.9~135.1nGy/h，平均值为 119.7±9.1nGy/h。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中辽宁葫芦岛市龙港站空气吸收剂量率监测结果为 68.3~100.3 nGy/h，均值为 72.4 nGy/h，与本次调查结果在同一水平。可认为，辽宁徐大堡核电厂厂址区域陆地环境  $\gamma$  辐射水平处于正常水平，且不属于高本底地区。

### 3.1.2.4 土壤中放射性核素活度浓度

土壤样品中， $^{238}\text{U}$  的活度浓度范围为 23.9~66.3Bq/kg； $^{226}\text{Ra}$  的活度浓度范围为 21.3~64.7Bq/kg； $^{232}\text{Th}$  的活度浓度范围为 31.3~84.2Bq/kg； $^{40}\text{K}$  的活度浓度范围为 724~862Bq/kg； $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为 1.29~5.11Bq/kg； $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度范围为 <LLD~5.11Bq/kg。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，土壤中天然放射性核素  $^{238}\text{U}$  活度浓度的主要分布区间为 24~74Bq/kg， $^{232}\text{Th}$  活度浓度的主要分布区间为 32~83Bq/kg， $^{226}\text{Ra}$  活度浓度的主要分布区间为 22~63Bq/kg， $^{137}\text{Cs}$  活度浓度为 0.5~3.5Bq/kg。通过对比分析，辽宁徐大堡核电厂厂址周围土壤中放射性核素处于环境本底水平，未发现异常。

### 3.1.2.5 空气介质中放射性核素活度浓度

#### A. 气溶胶

气溶胶样品中，各核素结果均低于探测限。总  $\alpha$  的活度浓度范围为 0.32~0.42mBq/m<sup>3</sup>，均值为 0.37±0.05mBq/m<sup>3</sup>。总  $\beta$  的活度浓度范围为 1.27~1.54mBq/m<sup>3</sup>，均值为 1.43±0.14mBq/m<sup>3</sup>。 $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为 5.18~10.6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ，均值为 7.36±2.86 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，全国气溶胶监测中  $^{90}\text{Sr}$  测量范围为 0.07~20 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。通过对比可知，辽宁徐大堡核电厂厂址周围气溶胶中的放射性核素活度浓度为天然本底水平，不属于高本底地区。

#### B. 沉降灰

沉降灰样品中，各核素测量结果均小于探测下限。总  $\alpha$  的活度浓度范围为 12.1~28.4Bq/(m<sup>2</sup>·月)，均值为 20.1±8.2Bq/(m<sup>2</sup>·月)。总  $\beta$  的活度浓度范围为 17.1~30.9Bq/(m<sup>2</sup>·月)，均值为 23.8±6.9Bq/(m<sup>2</sup>·月)。 $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围为 0.036~0.050Bq/(m<sup>2</sup>·月)，均值为 0.045±0.008Bq/(m<sup>2</sup>·月)。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，全国沉降物监测中  $^{90}\text{Sr}$  测量范围为 0.32~9.1Bq/(m<sup>2</sup>·月)。通过对比可知，辽宁徐大堡核电厂厂址周围沉降物中的放射性核素活度浓度为环境本底水平，不属于高本底地区。

#### C. $^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$

空气中， $^3\text{H}$  的活度浓度范围为 1.83~5.12mBq/m<sup>3</sup>，均值为 3.47±1.65mBq/m<sup>3</sup>。 $^{14}\text{C}$  的活度浓度范围为 25.8~38.7mBq/m<sup>3</sup> 和 0.18~0.21Bq/gC，均值为 34.2±7.4mBq/m<sup>3</sup> 和 0.20±0.02 Bq/gC。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，全国空气中氡测量范围为 6~29 mBq/m<sup>3</sup>。通过

对比可知，辽宁徐大堡核电厂厂址周围氡活度浓度为环境本底水平，未发现异常。

### 3.1.2.6 陆地水体中放射性核素活度浓度

#### A. 地表水

地表水样品中，总 $\alpha$ 测量结果活度浓度范围0.023~0.16Bq/L，均值为0.10±0.07Bq/L；总 $\beta$ 测量结果活度浓度范围0.061~0.43Bq/L，均值为0.24±0.2Bq/L； $^{90}\text{Sr}$ 测量结果活度浓度范围3.38~6.24mBq/L，均值为5.32±1.31mBq/L； $^3\text{H}$ 测量结果活度浓度范围0.46~0.81Bq/L，均值为0.59±0.15Bq/L； $^{14}\text{C}$ 测量结果活度浓度范围3.75~5.44mBq/L和0.20~0.23Bq/gC，均值为4.72±0.82mBq/L和0.21Bq/gC。

2018年《全国辐射环境质量报告》中，全国湖泊（水库）监测中总 $\alpha$ 测量范围为0.01~0.89Bq/L，总 $\beta$ 测量范围为0.03~1.5Bq/L， $^{90}\text{Sr}$ 测量范围为0.66~10mBq/L。通过对比可知，辽宁徐大堡核电厂厂址周围地表水中的放射性核素活度浓度为环境本底水平，不属于高本底地区。

#### B. 沉积物

沉积物（底泥）样品中， $^{238}\text{U}$ 测量结果活度浓度范围为29.1~34.3Bq/kg，均值为31.7±2.2Bq/kg； $^{226}\text{Ra}$ 测量结果活度浓度范围为21.4~29.5Bq/kg，均值为26.0±3.4Bq/kg； $^{232}\text{Th}$ 测量结果活度浓度范围为39.3~79.0Bq/kg，均值为60.5±19.9Bq/kg； $^{40}\text{K}$ 测量结果活度浓度范围为771~823Bq/kg，均值为789±24Bq/kg； $^{137}\text{Cs}$ 测量结果活度浓度范围为1.14~2.45Bq/kg，均值为1.82±0.66Bq/kg； $^{90}\text{Sr}$ 测量结果活度浓度范围为0.55~1.03Bq/kg，均值为0.87±0.22Bq/kg。沉积物（底泥）样品测量结果未发现异常，为环境本底水平。

#### C. 地下水

地下水样品中，总 $\alpha$ 测量结果活度浓度范围0.013~0.048Bq/L，均值为0.031±0.018Bq/L；总 $\beta$ 测量结果活度浓度范围0.077~0.16Bq/L，均值为0.13±0.05Bq/L； $^{90}\text{Sr}$ 测量结果活度浓度范围2.30~3.34mBq/L，均值为2.65±0.60mBq/L； $^3\text{H}$ 测量结果活度浓度范围0.46~0.78Bq/L，均值为0.59±0.17Bq/L； $^{14}\text{C}$ 测量结果活度浓度范围2.21~9.02mBq/L和0.19~0.21Bq/gC，均值为6.60±3.81mBq/L和0.20±0.01Bq/gC。

2018年《全国辐射环境质量报告》中，全国地下水监测中总 $\alpha$ 测量范围为0.01~0.18Bq/L，总 $\beta$ 测量范围为0.03~0.6Bq/L。通过对比可知，辽宁徐大堡核电厂厂址周围地下水中的放射性核素活度浓度为环境本底水平，不属于高本底地区。

#### D. 饮用水

饮用水样品中，总 $\alpha$ 测量结果活度浓度范围0.011~0.019Bq/L，均值为0.014±0.004Bq/L；

总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.043~0.098Bq/L，均值为  $0.062\pm 0.031$ Bq/L； $^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 1.48~1.76 mBq/L，均值为  $1.64\pm 0.22$  mBq/L； $^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.55~0.64Bq/L，均值为  $0.61\pm 0.05$ Bq/L； $^{14}\text{C}$  测量结果活度浓度范围 2.53~2.62mBq/L 和 0.19~0.20Bq/gC，均值为  $2.57\pm 0.05$ mBq/L 和  $0.20\pm 0.01$ Bq/gC。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，全国饮用水监测中总  $\alpha$  测量范围为 0.01~0.35Bq/L，总  $\beta$  测量范围为 0.01~0.37Bq/L。辽宁徐大堡核电厂厂址周围饮用水中总  $\alpha$  和总  $\beta$  的活度浓度水平满足《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）要求。饮用水中各测量结果未发现明显异常，属环境本底水平，不属于高本底地区。

#### E. 降水

降水样品中，总  $\alpha$  测量结果活度浓度范围 0.11~0.13Bq/L，均值为  $0.12\pm 0.01$ Bq/L；总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.12~0.21Bq/L，均值为  $0.17\pm 0.05$ Bq/L； $^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 1.15~3.80 mBq/L，均值为  $2.66\pm 1.36$  mBq/L； $^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.82~1.03Bq/L，均值为  $0.93\pm 0.11$ Bq/L； $^{14}\text{C}$  测量结果活度浓度范围 2.26~3.50mBq/L 和 0.19~0.20Bq/gC，均值为  $2.89\pm 0.62$ mBq/L 和  $0.19\pm 0.01$ Bq/gC。降水各测量结果未发现明显异常，属环境本底水平，不属于高本底地区。

### 3.1.2.7 海域放射性核素活度浓度

#### A. 海水

海水样品中， $^{137}\text{Cs}$  测量结果活度浓度范围 1.09~1.68mBq/L，均值为  $1.27\pm 0.27$ mBq/L；总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 10.6~11.6Bq/L，均值为  $11.3\pm 0.5$ Bq/L； $^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 0.81~1.17mBq/L，均值为  $0.92\pm 0.17$ mBq/L； $^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.29~0.46Bq/L，均值为  $0.35\pm 0.08$ Bq/L； $^{14}\text{C}$  测量结果活度浓度范围 5.54~5.95mBq/L 和 0.20~0.22Bq/gC，均值为  $5.70\pm 0.18$ mBq/L 和  $0.21\pm 0.01$ Bq/gC。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，全国近岸海域海水监测中  $^{137}\text{Cs}$  测量范围为 0.4~2mBq/L， $^{90}\text{Sr}$  测量范围为 0.53~5.2mBq/L。通过对比可知，辽宁徐大堡核电厂厂址周围海域海水中的放射性核素活度浓度调查结果未发现明显异常数据，为环境本底水平，不属于高本底地区。

#### B. 海洋沉积物

海洋沉积物样品中， $^{238}\text{U}$  测量结果活度浓度范围 11.3~32.5Bq/kg，均值为  $26.0\pm 8.6$ Bq/kg； $^{226}\text{Ra}$  测量结果活度浓度范围 11.7~24.0Bq/kg，均值为  $20.5\pm 5.0$ Bq/kg； $^{232}\text{Th}$  测量结果活度浓度范围 23.8~42.0Bq/kg，均值为  $36.8\pm 7.5$ Bq/kg； $^{40}\text{K}$  测量结果活度浓度范围 721~992Bq/kg，

均值为  $868\pm 112\text{Bq/kg}$ ； $^{137}\text{Cs}$  测量结果活度浓度范围  $< \text{LLD}\sim 3.26\text{Bq/kg}$ ，均值为  $1.75\pm 1.01\text{Bq/kg}$ ； $^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围  $0.61\sim 2.35\text{Bq/kg}$ ，均值为  $1.43\pm 0.79\text{Bq/kg}$ 。

本次调查结果未发现明显异常数据，可认为厂址周围海洋沉积物中的放射性核素活度浓度为环境本底水平，不属于高本底地区。

## 3.2 非辐射环境质量现状

### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司和核工业航测遥感中心于 2019 年 5 月完成的《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址周围大气环境现状补充调查及分析评价报告》。

调查期属春季，当季主导风向为 SW，平均风速为  $3.9\text{ m/s}$ 。本次监测期间气温范围为  $-1.5\sim 13.8^\circ\text{C}$ ，气压范围为  $101.5\sim 102.2\text{kPa}$ ，风速范围为  $1.0\sim 4.5\text{m/s}$ ，最多风向为 E，其次为 NE 和 ENE。

#### 3.2.1.1 大气环境质量现状调查

(1) 执行标准和评价依据

- 1) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)；
- 2) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)。

根据《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》(辽环函〔2020〕33 号)，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。

(2) 大气环境质量监测的技术条件

根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中的规定，TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub> 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h；SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub> 小时均值每天采样 4 次 (02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时)，每次连续采样 1h。

监测项目的监测及分析方法按《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》(GB/T15432-1995)、《环境空气 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的测定 重量法》(HJ618-2011)、《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》(HJ482-2009)、《环境空气 氮氧化物 (一氧化氮和二氧化氮) 的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》(HJ479-2009)、《环境空气 一氧化碳的测定 非分散红外法》(GB9801-88)。

#### 3.2.1.2 大气环境质量现状评价

(1) 大气环境质量评价

监测结果表明，各监测点的SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO的小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值；除个别监测点的PM<sub>2.5</sub>24小时平均浓度值以外，其余监测点的SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、PM<sub>10</sub>及TSP的24小时平均浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。

### （2）超标原因分析

监测期间，厂区内有少量渣土清理活动，厂址地区居民仍在烧煤采暖，贯穿评价区域的滨海公路（G228）交通流量大，且以大中型货运车辆为主。本次监测颗粒污染物超标主要受区域环境变化影响、厂址附近居民采暖和厂址附近道路交通流量大等多种影响因素叠加所致。

## 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联合北京美添辰环境检测有限公司于2019年5月编制的《辽宁徐大堡核电厂3、4号机组厂址周围噪声现状补充调查及分析评价报告》。

调查期属春季，当季主导风向为SW，平均风速为3.9 m/s。本次监测期间气温范围为5.3~15.1℃，湿度范围为66.4%~79.6%，气压范围为101.7~102.6kPa，风速范围为0.4~3.8m/s，最多风向为S，其次为NW和SW。

执行标准和评价依据：

根据《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》（辽环函〔2020〕33号），厂界声环境质量执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中的3类标准，即昼间和夜间噪声限值分别为65dB（A）和55dB（A），厂址周围村庄声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的2类标准，即昼间和夜间噪声限值分别为60dB（A）和50dB（A），交通噪声执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中4a类区噪声标准，即昼间70dB（A），夜间55dB（A）。

### 3.2.2.2 声环境质量评价

厂界噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类限值要求；除个别监测点外，厂外敏感点噪声监测值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类限值要求；除个别监测点外，陆域网格点噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类限值要求；海域噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类限值要求；交通噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a类限值要求。

### 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

2019年对厂址海域开展了全年四季的生态调查工作，调查航次包括2019年3月冬季航次、2019年5月春季航次、2019年8月夏季航次、2019年10月秋季航次。

海水水质调查要素包括水温、水深、盐度、水色、透明度、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、总磷、总氮、悬浮物、硼、金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬）、砷、硒、余氯等。

根据《辽宁省海洋功能区划(2011~2020)》，在48个海水调查站位中，37个站位分布于辽宁省海洋功能区划内，分别位于海洋保护区、港口航运区、农渔业区、保留区、矿产与能源区和旅游休闲娱乐区，依据各站位所在海洋功能区的环境管理目标要求，执行相应的水质标准；其余11个站位位于渤海中部海域，水质评价执行一类水质标准。调查站位与周边区域海洋功能区划叠加情况见图3.2-1，各站位所处海洋功能区及采用的评价标准见表3.2-1。

依据各站位所在海洋功能区的环境管理目标要求，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，并分析与所在海域海洋功能区划的符合性，对超标的项目进行必要的原因分析，海水水质评价标准依据《海水水质标准》（GB3097-1997）。

关于海水水质，取得的主要调查评价结论如下：

#### （1）3月航次

水文要素方面，水深、透明度分布呈现从近岸向离岸有增大的趋势；从近岸向离岸水温、水色有降低的趋势；调查海域北部盐度高，南部盐度低。

水质要素方面，表层水质的pH、溶解氧、化学需氧量、总碱度、悬浮物、总碱度、总氮、总磷、氰化物、非离子态氨、重金属（铅、锌、镉、铬、汞、砷）和阴离子表面活性剂浓度在近岸分布相对较高，离岸浓度较低。

3月大面站水质评价结果统计见表3.2-2。表层有12个站位超第一类海水水质标准（其中，11个渤海中部站位执行一类海水水质标准，1个位于海洋保护区执行一类海水水质标准），主要超标因子为铅、锌、BOD5和阴离子表面活性剂，其余36个站位均符合所在海域功能区的水质要求；底层有10个站位（位于渤海中部，执行一类海水水质标准）超第一类海水水质标准，主要超标因子为铅、锌、BOD5和阴离子表面活性剂，其余站位均符合所在海域功能区的水质要求。3月调查海域未处于富营养化状态。

#### （2）5月航次

水文要素方面，水深、透明度分布呈现从近岸向离岸有增大的趋势；从近岸向离岸水温、水色有降低的趋势；调查海域的盐度分布差别不大。

水质要素方面，pH和溶解氧呈现核电厂附近近岸低，离岸高的趋势；化学需氧量、总碱度、磷酸盐、无机氮、总氮、总磷、非离子态氨、石油类、重金属（铅、锌、镉、铬、汞、砷）和阴离子表面活性剂浓度呈现在核电厂附近近岸海域以及调查海域的中部浓度相对较高，离岸浓度相对较低的趋势。

5月大面站水质评价结果统计见表3.2-3。表层有12个一类水质要求的站位超第一类海水水质标准（其中，11个位于渤海中部，1个位于海洋保护区），1个二类水质要求的站位（位于工业与城镇用海区）超第二类海水水质标准，主要超标因子为铅、锌、BOD<sub>5</sub>和阴离子表面活性剂，其余35个站位均符合所在海域功能区的水质要求；底层有12个站位超第一类海水水质标准（11个位于渤海中部，1个位于海洋保护区），超标因子为铅、锌、BOD<sub>5</sub>和阴离子表面活性剂，其余32个站位均符合所在海域功能区的水质要求。5月调查海域未处于富营养化状态。

### 3) 8月航次

水文要素方面，水深、透明度分布呈现从近岸向离岸有增大的趋势；从近岸向离岸底层水温和水色有降低的趋势。

水质要素方面，底层溶解氧、无机氮、底层总氮、总磷呈现在核电厂附近近岸海域以及调查海域的中部浓度相对较高，离岸浓度相对较低的趋势。所有站位中海水 pH、化学需氧量、磷酸盐、无机氮、铜、镉、铬、砷、硒、挥发酚、硫化物和氰化物全部符合所在功能区内的水质标准要求，超标因子包括溶解氧、石油类、铅、锌、汞、BOD<sub>5</sub> 和阴离子表面活性剂。

### 4) 10月航次

水文要素方面，水深、透明度分布呈现从近岸向离岸有增大的趋势；从近岸向离岸水温、水色有降低的趋势。

水质要素方面，溶解氧、化学需氧量、总碱度、无机氮、总氮、总磷呈现在核电厂附近近岸海域以及调查海域的中部浓度相对较高，离岸浓度相对较低的趋势。所有站位中海水 pH、化学需氧量、石油类、铜、镉、铬、汞、砷、硒、挥发酚、硫化物和氰化物全部符合所在功能区内的水质标准要求，超标因子包括溶解氧、铅、锌、BOD<sub>5</sub> 和阴离子表面活性剂。

### 3.2.4 电磁环境现状调查与评价

#### 3.2.4.1 电磁辐射现状调查

##### 1) 调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订，2017 年 10 月 1 日施行）
- 《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局[1997]18 号令）；
- 《核电厂环境影响报告书的内容和格式》（HJ808-2016）；
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）；
- 《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）；
- 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）；
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）；
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2005）；
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）。

##### 2) 调查目的

• 通过现场测量，调查辽宁徐大堡核电厂的电磁辐射现状，以获取其 3、4 号机组选址阶段环境影响报告书编制所需要的电磁辐射现状测量数据。同时，为今后评价厂址区域核电站工作人员及周围公众所接受电磁辐射照射水平等环境影响收集数据；

• 为徐大堡核电厂 3、4 号机组运行后的长期电磁辐射环境影响评价提供基础资料 and 对比数据。

##### 3) 调查内容及范围

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

• 射频综合场强：调查范围为本工程核电厂厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

##### 4) 监测方法

• 工频电场/工频磁场强度

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

监测仪器的探头应架设在地面（或立足平面）上方 1.5m 高度处。也可根据需要在其他高度监测，并在监测报告中注明。

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

监测工频磁场时，监测探头可以用一个小的电介质手柄支撑，并可由监测人员手持。采用一维探头监测工频磁场时，应调整探头使其位置在监测最大值的方向。

- 射频综合场强

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

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

#### 5) 厂址区域电磁辐射源调查

根据调查资料可知，厂址区域现有电磁辐射源有厂址区域 220kV 施工进线、风电场、光伏发电场和 7 个通讯基站，其中厂区内一个，厂区外 6 个。

#### 6) 监测点的设置

- 厂址区域监测点设置

本次监测根据厂区内电磁辐射源和敏感区分布情况设置监测点如下：

本次调查工作共设置 11 个监测点，在厂区边界设 4 个（东南西北），厂区内 7 个。编号 1~11#，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。监测点名称、编号见表 3.2-4 和图 3.2-2。

- 开关站监测点设置

徐大堡核电厂拟建 2 个开关站，拟在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。编号 12~19#。开关站监测点设置情况见表 3.2-5 和图 3.2-3。

- 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，共设 11 个监测点，监测工频电场强度与工频磁场强度监测。

本次调查工作分别对辽宁徐大堡核电厂拟建的 7 个主变进行监测，监测点设置编号见表 3.2-6，监测断面位置见图 3.2-4。

- 输电线路监测点设置

本次调查工作共设 4 处监测断面（编号 P1~P4），且分别在各拟建输电线路垂直方向

和垂直方向设置监测断面，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

在拟建输电线路边相外设双侧平行监测断面，监测路径选在边相地面投影点外 20m 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。

现场监测过程中根据实际情况（如地形限制等）对监测点数量进行调整，并逐一编号（P1-1~P1-x、P4-1~P4-x）。辽宁徐大堡核电厂输电线路监测断面设置情况见表 3.2-7，图 3.2-3 和图 3.2-5。

• 厂区外环境敏感区、风电厂、光伏电厂与通讯基站监测点设置

以拟建 500kV 出线开关站站址为中心在徐大堡核电厂厂区外环境敏感区（居民点和学校）、风电厂、光伏电厂和通讯基站设置 35 个监测点，编号 20~54<sup>#</sup>。其中 20~48<sup>#</sup>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。49~54<sup>#</sup>点只监测射频综合场。监测点设置情况见表 3.2-8 和图 3.2-6。

7) 监测仪器

本次监测使用的仪器见表 3.2-9。

### 3.2.4.2 电磁辐射质量现状评价

1) 评价标准

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

b) 厂址区域电磁辐射采用《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求，对于 30MHz-3000 MHz 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）。

同时，按照《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）附录 B2 中居民区环境辐射电平水平标注，对 5km 范围内的居民区环境电磁辐射进行分类标注，分类要求见表 3.2-10。

2) 质量现状结论

各项测量数据结果见表 3.2-11~表 3.2-18。

根据评价区域电磁辐射测量结果（统计情况见表 3.2-19~表 3.2-21），得到如下结论：

1) 厂区内电磁辐射监测结果评价

- 工频电场/工频磁场强度

厂区内所有监测点工频电场强度监测值范围 0.563V/m~5.198V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.032 $\mu$ T~0.088 $\mu$ T 之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 $\mu$ T），符合要求。

- 射频综合场强

厂区内所有监测点射频综合场强监测值在 0.15V/m~0.96V/m 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中规定的 12V/m 标准限值。

2) 输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路所有监测点工频电场强度监测值范围 4.002V/m~267.16V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.035 $\mu$ T~0.081 $\mu$ T 之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 $\mu$ T），符合要求。

3) 厂区外监测点电磁辐射监测结果评价

- 工频电场/工频磁场强度监测结果

厂区外监测点工频电场强度监测值在 0.135V/m~2.599V/m 之间，所有监测值都小于标准限值 4kV/m，符合要求；工频磁场强度监测值在 0.030 $\mu$ T~0.063 $\mu$ T 之间，小于标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合要求。

- 射频综合场强

所有监测点监测值在 0.16V/m~0.48V/m 之间。最大值为 49#监测点（大刘屯移动公司基站），其监测值为 0.48V/m。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1 辽宁徐大堡核电基地 3、4 号机组辐射环境本底初步调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	调查方案			
						采样点数(布点数)	样品个数(测量点数)	平行样品	样品总数(测点总数)
1	陆地环境 γ 辐射水平	剂量率	空气吸收剂量率 <sup>(1)</sup>	1 次/季, 2 次	20km	50 个	100	0	100
		累积剂量	累积剂量 <sup>(2)</sup>	1 次		30 个	24	0	24
2	土壤(表层土)		<sup>90</sup> Sr 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>238</sup> U、 <sup>232</sup> Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K)	1 次	10km	8 个	8	1	9
3	空气	气溶胶	总 α、总 β、 <sup>90</sup> Sr 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>59</sup> Fe、 <sup>131</sup> I、 <sup>7</sup> Be)	1 次	10km	3 个	3	0	3
		沉降物				3 个	3	0	3
		<sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C	HTO、 <sup>14</sup> C			3 个	6	0	6
4	陆地水体	地表水	总 α、总 β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>59</sup> Fe)	1 次	10km	3 个	3	1	4
		沉积物	<sup>90</sup> Sr 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>238</sup> U、 <sup>232</sup> Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K)			3 个	3	1	4
		饮用水	总 α、总 β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>59</sup> Fe)			2 个	2	1	3
		地下水	总 α、总 β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>59</sup> Fe)			2 个	2	1	3
		降水 <sup>(3)</sup>	总 α、总 β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>59</sup> Fe)			3 个	3	0	3
5	受纳水体	海水	总 α、总 β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>59</sup> Fe、 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>106</sup> Ru)	1 次	排水口附近	3 个	3	1	4
		沉积物	<sup>90</sup> Sr 和 γ 核素 ( <sup>134</sup> Cs、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>238</sup> U、 <sup>232</sup> Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K)			4 个	4	1	5

注：(1) 同时给出贯穿辐射剂量率及扣除宇宙射线的环境 γ 辐射剂量率

(2) 累积剂量 6 个 TLD 丢失。

表 3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	地表 $\gamma$ 辐射剂量率	YB-III型环境辐射剂量率仪	GB/T 14583-1993《环境地表原野贯穿辐射剂量率测定规范》
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 $\alpha$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》；EJ/T1075-1998《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定厚源法》
4	总 $\beta$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》；EJ/T 900-1994《水中总 $\beta$ 放射性测定蒸发法》
5	$^3\text{H}$	Quantulus 1220 超低本底液闪	GB 12375-1990《水中氚的分析方法》；GB14883.2-1994《食品中放射性物质检验氢-3 的测定》
6	$^{14}\text{C}$	Quantulus 1220 超低本底液闪	EJ/T1008-1996《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》
7	水中 $^{90}\text{Sr}$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	HJ815-2016《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》
8	土壤、沉积物 $^{90}\text{Sr}$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》
9	水中 $\gamma$ 核素	GC3519HPGe $\gamma$ 谱仪 GR3019HPGe $\gamma$ 谱仪 BE3830HPGe $\gamma$ 谱仪	GB/T 16140-2018《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》；GB/T11713-2015《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》
10	土壤、沉积物、气溶胶、沉降灰 $\gamma$ 核素	GC3519HPGe $\gamma$ 谱仪 GR3019HPGe $\gamma$ 谱仪 BE3830HPGe $\gamma$ 谱仪	GB/T 11743-2013《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》；GB/T11713-2015《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》

表 3.1-3 各类样品分析方法的探测下限

分析项目	环境介质	样品用量	测量时间	探测下限		
$^{137}\text{Cs}$	气溶胶	$10389\text{m}^3$	80000s	$5.0\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
$^{134}\text{Cs}$				$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
$^{54}\text{Mn}$				$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
$^{58}\text{Co}$				$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
$^{60}\text{Co}$				$9.0\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
$^{59}\text{Fe}$				$2.0\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$		
$^7\text{Be}$				$6.1\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$		
$^{131}\text{I}$				$1.0\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$		
总 $\alpha$				$1000\text{m}^3$	800min	$7.7\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$
总 $\beta$				$1000\text{m}^3$	800min	$7.5\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$
$^{90}\text{Sr}$	$10000\text{m}^3$	800min	$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$			
$^{137}\text{Cs}$	沉降灰	$0.796\text{m}^2\cdot\text{月}$	74000s	$2.67\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
$^{134}\text{Cs}$				$2.47\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
$^{54}\text{Mn}$				$2.73\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
$^{58}\text{Co}$				$2.63\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
$^{60}\text{Co}$				$3.30\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
$^{131}\text{I}$		$0.25\text{m}^2\cdot\text{月}$	80000s	$1.67\times 10^{-2}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
总 $\beta$		$0.75\text{m}^2\cdot\text{月}$	800min	$2.87\times 10^{-2}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
$^{90}\text{Sr}$		$0.75\text{m}^2\cdot\text{月}$	250min	$1.13\times 10^{-5}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
$^{137}\text{Cs}$	水	50L	80000s	$1.6\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{134}\text{Cs}$				$1.4\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{54}\text{Mn}$				$1.5\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{58}\text{Co}$				$1.3\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{60}\text{Co}$				$1.7\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{59}\text{Fe}$				$2.5\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{110\text{m}}\text{Ag}$				$1.4\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{106}\text{Ru}$				$6.5\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
总 $\alpha$				3L	800min	$1.3\times 10^{-2}\text{Bq/L}$
总 $\beta$				3L	800min	$2.7\times 10^{-2}\text{Bq/L}$
$^{90}\text{Sr}$				50L	800min	$1.4\times 10^{-4}\text{Bq/L}$
$^3\text{H}$ (直接)				250mL	1000min	$1.8\times 10^{-1}\text{Bq/L}$
$^3\text{H}$ (电解)				8mL	1000min	1.66Bq/L
$^{14}\text{C}$				50L	1000	$0.20\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ $0.02\text{Bq/gC}$ ( $4\text{gCaCO}_3$ )
$^{137}\text{Cs}$				土壤、底泥、海洋沉积物	300g	80000s
$^{134}\text{Cs}$	0.24Bq/kg					
$^{58}\text{Co}$	0.22Bq/kg					
$^{60}\text{Co}$	0.24Bq/kg					
$^{54}\text{Mn}$	0.26Bq/kg					
$^{238}\text{U}$	14Bq/kg					
$^{232}\text{Th}$	1.1Bq/kg					
$^{226}\text{Ra}$	0.69Bq/kg					
$^{40}\text{K}$	4.5Bq/kg					
$^{90}\text{Sr}$	30g	800min	$3.4\times 10^{-1}\text{Bq/kg}$			
HTO	空气	$10\text{m}^3$	1000	$5.0\times 10^{-3}\text{Bq/m}^3$		
$^{14}\text{C}$		$3\text{m}^3$	1000	$4.3\times 10^{-3}\text{Bq/m}^3$		

表 3.1-4 主要仪器和设备检定情况表

序号	仪器设备名称	型号规格	最近检定日期	检定证书号	检定周期
1	HPGe $\gamma$ 谱仪	GC3519	2017.08.13	2017H21-20-000115	2 年
2	HPGe $\gamma$ 谱仪	GR3019	2017.08.13	2017H21-20-000117	2 年
3	HPGe $\gamma$ 谱仪	BE3830	2017.07.14	2017H21-20-000116	2 年
4	$\alpha/\beta$ 测量仪	LB770	2017.07.20	2017H21-20-000119	2 年
5	超低本底液闪谱仪	Quantulus1220	2018.06.19	GFJGJL1005180001947	2 年
6	环境 $\gamma$ 辐射监测仪	YB-III	2018.04.12	检字第[2018]-R270	1 年
7	电子天平	PB303-E	2018.05.10	(2018) 天字第 25 号	1 年
8	电子天平	MS240TS	2018.05.10	(2018) 天字第 26 号	1 年

表 3.2-1(1/2) 监测站位所处海洋功能区划与评价标准一览表

站位 编号	监测内容	功能区划	评价标准		
			水质评价 标准	沉积物 评价标准	生物质量 评价标准
1	水质	港口航运区	三类	二类	二类
2	水质	旅游休闲娱乐区	二类	一类	一类
3	水质、生物、沉积物	旅游休闲娱乐区	二类	一类	一类
4	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
5	水质、生物、沉积物	辽东湾海域	一类	一类	一类
6	水质、生物、沉积物	辽东湾海域	一类	一类	一类
7	水质	港口航运区	二类	一类	一类
8	水质	旅游休闲娱乐区	二类	一类	一类
9	水质	农渔业区	二类	一类	一类
10	水质	保留区	二类	一类	一类
11	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
12	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
13	水质、生物	农渔业区	二类	一类	一类
14	水质、生物、沉积物	辽东湾海域	一类	一类	一类
15	水质	辽东湾海域	一类	一类	一类
16	水质	农渔业区	二类	一类	一类
17	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
18	水质	农渔业区	二类	一类	一类
19	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
20	连续站 (水质、生物、沉积物)	工业与城镇用海区	二类	一类	一类
21	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
22	水质	农渔业区	二类	一类	一类
23	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
24	水质	农渔业区	二类	一类	一类
25	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
26	水质、生物	辽东湾海域	一类	一类	一类
27	水质	辽东湾海域	一类	一类	一类
28	连续站 (水质、生物、沉积物)	工业与城镇用海区	二类	一类	一类
29	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
30	水质	农渔业区	二类	一类	一类
31	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
32	水质、生物	农渔业区	二类	一类	一类
33	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
34	水质、生物、沉积物	辽东湾海域	一类	一类	一类
35	水质	辽东湾海域	一类	一类	一类
36	水质、生物、沉积物	辽东湾海域	一类	一类	一类

表 3.2-1(2/2) 监测站位所处海洋功能区划与评价标准一览表

站位 编号	监测内容	功能区划	评价标准		
			水质评价 标准	沉积物 评价标准	生物质量 评价标准
37	水质	工业与城镇用海区	二类	一类	一类
38	水质	农渔业区	二类	一类	一类
39	水质、生物、沉积物	海洋保护区	一类	一类	一类
40	水质、生物	农渔业区	二类	一类	一类
41	水质	农渔业区	二类	一类	一类
42	水质	辽东湾海域	一类	一类	一类
43	水质、生物	农渔业区	二类	一类	一类
44	水质、生物、沉积物	辽东湾海域	一类	一类	一类
45	水质、生物、沉积物	旅游休闲娱乐区	二类	一类	一类
46	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
47	水质、生物、沉积物	农渔业区	二类	一类	一类
48	水质	农渔业区	二类	一类	一类

表 3.2-2(1/2) 3 月大面站水质评价结果统计

站位	功能区划	水质评价标准	超标因子	超标因子符合水质标准		
5	辽东湾海域	一类	铅、BOD <sub>5</sub> （表）	二类		
6			铅、锌（表）、BOD <sub>5</sub>	表层 BOD <sub>5</sub> 符合三类，其余均符合二类		
14			铅、BOD <sub>5</sub> （底）	二类		
15			铅、BOD <sub>5</sub> （底）	二类		
26			铅、锌（表）	二类		
27			铅、锌、阴离子表面活性剂	二类		
34			铅、BOD <sub>5</sub> 、阴离子表面活性剂	二类		
35			铅、锌（表）	二类		
36			铅（表）、BOD <sub>5</sub> （表）	二类		
42			铅、BOD <sub>5</sub>	二类		
44			铅、锌、BOD <sub>5</sub>	二类		
39			海洋保护区		铅（表）	二类
2			旅游休闲娱乐区	二类	无	/
3	旅游休闲娱乐区	无	/			
4	农渔业区	无	/			
7	港口航运区	无	/			
8	旅游休闲娱乐区	无	/			
9	农渔业区	无	/			
10	保留区	无	/			
11	农渔业区	无	/			
12	农渔业区	无	/			
13	农渔业区	无	/			
16	农渔业区	无	/			
17	农渔业区	无	/			
18	农渔业区	无	/			
19	农渔业区	无	/			
20	工业与城镇用海区	无	/			
21	工业与城镇用海区	无	/			
22	农渔业区	无	/			
23	农渔业区	无	/			
24	农渔业区	无	/			

表 3.2-2(2/2) 3 月大面站水质评价结果统计

站位	功能区划	水质评价标准	超标因子	超标因子符合水质标准
25	农渔业区		无	/
28	工业与城镇用海区		无	/
29	农渔业区		无	/
30	农渔业区		无	/
31	农渔业区		无	/
32	农渔业区		无	/
33	农渔业区		无	/
37	工业与城镇用海区		无	/
38	农渔业区		无	/
40	农渔业区		无	/
41	农渔业区		无	/
43	农渔业区		无	/
45	旅游休闲娱乐区		无	/
46	农渔业区		无	/
47	农渔业区		无	/
48	农渔业区		无	/
1	港口航运区		三类	无

表 3.2-3(1/2) 5 月大面站水质评价结果统计

站位	功能区划	水质评价标准	超标因子	超标因子符合水质标准		
5	辽东湾海域	一类	铅、锌（表）、BOD <sub>5</sub>	二类		
6			铅、BOD <sub>5</sub>	二类		
14			铅、锌（表）、BOD <sub>5</sub>	二类		
15			铅、锌（底）、BOD <sub>5</sub>	二类		
26			铅、锌（表）、BOD <sub>5</sub>	二类		
27			铅（表）、BOD <sub>5</sub>	二类		
34			铅、锌（底）、BOD <sub>5</sub>	二类		
35			铅、锌（底）、BOD <sub>5</sub>	二类		
36			铅、BOD <sub>5</sub>	二类		
42			铅（表）、锌、BOD <sub>5</sub>	二类		
44			铅（底）、锌（底）、BOD <sub>5</sub>	二类		
39			海洋保护区		铅、锌、BOD <sub>5</sub> 、阴离子表面活性剂	二类
2			旅游休闲娱乐区	二类	无	/
3	旅游休闲娱乐区	无	/			
4	农渔业区	无	/			
7	港口航运区	无	/			
8	旅游休闲娱乐区	无	/			
9	农渔业区	无	/			
10	保留区	无	/			
11	农渔业区	无	/			
12	农渔业区	无	/			
13	农渔业区	无	/			
16	农渔业区	无	/			
17	农渔业区	无	/			
18	农渔业区	无	/			
19	农渔业区	无	/			
20	工业与城镇用海区	无	/			
21	工业与城镇用海区	无	/			
22	农渔业区	无	/			
23	农渔业区	无	/			
站位	功能区划		超标因子		超标因子符合水质标准	
24	农渔业区	二类	无		/	

表 3.2-3(2/2) 5 月大面站水质评价结果统计

站位	功能区划	水质评价标准	超标因子	超标因子符合水质标准	
25	农渔业区		无	/	
28	工业与城镇用海区		BOD <sub>5</sub>	三类	
29	农渔业区		无	/	
30	农渔业区		无	/	
31	农渔业区		无	/	
32	农渔业区		无	/	
33	农渔业区		无	/	
37	工业与城镇用海区		无	/	
38	农渔业区		无	/	
40	农渔业区		无	/	
41	农渔业区		无	/	
43	农渔业区		无	/	
45	旅游休闲娱乐区		无	/	
46	农渔业区		无	/	
47	农渔业区		无	/	
48	农渔业区		无	/	
1	港口航运区		三类	无	/

表 3.2-4 厂区内电磁辐射监测点设置情况

编号	监测点名称	编号	监测点名称	编号	监测点名称
1	厂界东	5	1、2号机组中心	9	拟建综合办公楼
2	厂界南	6	3、4号机组中心	10	工程公司办公楼
3	厂界西	7	5、6号机组中心	11	大件码头
4	厂界北	8	调试检修楼（联通基站）	/	/

表 3.2-5 徐大堡核电厂开关站监测点设置

开关站名称	监测点设置	编号
220kV 辅助开关站	东、南、西、北围墙外 5m	12~15
500kV 出线开关站	处监测工频电场、工频磁场强度和射频电场强度。	16~19

表 3.2-6 辽宁徐大堡核电厂主变压器监测点编号一览表

监测点名称	拟建 1#主变压器	拟建 2#主变压器	拟建 3#主变压器	拟建 4#主变压器	拟建 5#主变压器	拟建 6#主变压器	拟建 220kV 应急主变压器	220kV 进线主变压器
监测点编号	A1~A11	B1~B11	C1~C11	D1~D11	E1~E11	F1~F11	G1~G11	H1-H11

表 3.2-7 徐大堡核电厂输电线路监测点设置情况

输电线路名称	编号
500kV 出线输电线路	P1-1~P1-28
拟建 220kV 倒送电线路	P2-1~P2-28
220kV 施工进线	P3-1~P3-28
兴绥 66kV 输电线路	P4-1~P4-28

表 3.2-8 辽宁徐大堡核电厂外监测点设置情况

编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称
20	李宝沟	29	方安堡	38	盐锅	47	光伏电厂东
21	小南海	30	大陀子	39	石咀子	48	方安小学
22	凉水泉	31	双堆子	40	龙泉寺	49	大刘屯移动公司基站
23	台里	32	帐棚沟	41	龙泉寺度假村	50	大刘屯电信公司基站
24	葛条秧子	33	袁家屯	42	风电厂1	51	苏家屯通讯基站
25	山后	34	大刘屯	43	风电厂2	52	徐大堡通讯基站
26	徐大堡	35	苏家屯	44	风电厂3	53	李宝沟通信基站
27	后徐大堡	36	义和林	45	风电厂4	54	龙泉通讯基站
28	打井立	37	后林子	46	光伏电厂西	/	/

表 3.2-9 监测仪器一览表

仪器名称	工频电场/磁场强度测量仪	电磁场强测量仪
型号	PMM8053A (EHP50C)	PMM8053A (EP330)
频率响应	5Hz~100kHz	100kHz~3GHz
分辨率	0.001V/m, 1nT	0.01V/m
测量灵敏度/准确度	0.01V/m, 1nT	0.3V/m
计量标定标号	XDdj2018-3314	XDdj2018-3269
有效期	2019年8月8日	2019年8月7日

表 3.2-10 居民区环境辐射电平水平标注

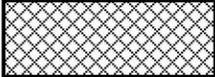
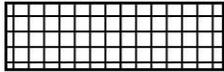
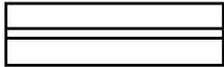
序号	种 类	射频电场强度 (mV/m)
1		>300
2		200~300
3		130~200
4		80~130
5		50~80
6		<50

表 3.2-11 徐大堡核电厂厂区工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
1	厂界东	2019-3-27,PM	晴	6.1	32.3	北	4.5	101.7	3.191	0.038
2	厂界南	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	0.563	0.035
3	厂界西	2019-3-27,AM	晴	4.9	32.8	东北	4.0	101.6	2.112	0.038
4	厂界北	2019-3-27,AM	晴	4.9	32.8	东北	4.0	101.6	1.284	0.088
5	1、2 号机组中心	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	3.551	0.046
6	3、4 号机组中心	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	3.208	0.052
7	5、6 号机组中心	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	1.624	0.041
8	调试检修楼(联通基站)	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.7	1.676	0.045
9	拟建综合办公楼	2019-3-27,AM	晴	2.2	32.8	东北	4.1	101.6	2.159	0.058
10	工程公司办公楼	2019-3-27,PM	晴	4.9	32.8	东北	4.0	101.6	2.738	0.042
11	大件码头	2019-3-27,AM	晴	2.3	33.6	东北	4.2	101.7	2.151	0.045

表 3.2-12 徐大堡核电厂厂区射频电场强度现状监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度 (V/m)
1	厂界东	2019-3-27,PM	晴	6.1	32.3	北	4.5	101.7	0.29
2	厂界南	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	0.40
3	厂界西	2019-3-27,AM	晴	4.9	32.8	东北	4.0	101.6	0.65
4	厂界北	2019-3-27,AM	晴	4.9	32.8	东北	4.0	101.6	0.25
5	1、2号机组中心	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	0.34
6	3、4号机组中心	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	0.29
7	5、6号机组中心	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	0.60
8	调试检修楼（联通基站）	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.7	0.96
9	拟建综合办公楼	2019-3-27,AM	晴	2.2	32.8	东北	4.1	101.6	0.48
10	工程公司办公楼	2019-3-27,PM	晴	4.9	32.8	东北	4.0	101.6	0.41
11	大件码头	2019-3-27,AM	晴	2.3	336	东北	4.2	101.7	0.15

表 3.2-13 徐大堡核电厂拟建开关站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 ( $\mu\text{T}$ )
12	拟建 220kV 辅助开关站东围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	3.212	0.043
13	拟建 220kV 辅助开关站南围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	1.248	0.041
14	拟建 220kV 辅助开关站西围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.782	0.039
15	拟建 220kV 辅助开关站北围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.974	0.040
16	拟建 500kV 出线开关站东围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.522	0.041
17	拟建 500kV 出线开关站南围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.613	0.038
18	拟建 500kV 出线开关站西围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	2.126	0.038
19	拟建 500kV 出线开关站北围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.164	0.049

表 3.2-14 徐大堡核电厂拟建开关站射频电场强度现状监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度 (V/m)
12	拟建 220kV 辅助开关站东围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.33
13	拟建 220kV 辅助开关站南围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.42
14	拟建 220kV 辅助开关站西围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.27
15	拟建 220kV 辅助开关站北围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.26
16	拟建 500kV 出线开关站东围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.47
17	拟建 500kV 出线开关站南围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.37
18	拟建 500kV 出线开关站西围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.51
19	拟建 500kV 出线开关站北围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	0.27

表 3.2-15 徐大堡核电厂主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
<b>拟建 1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
A1	拟建 1#主变围墙外 0m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	3.155	0.055
A2	拟建 1#主变围墙外 5m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	1.644	0.046
A3	拟建 1#主变围墙外 10m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	2.994	0.042
A4	拟建 1#主变围墙外 15m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	1.968	0.044
A5	拟建 1#主变围墙外 20m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	2.302	0.040
A6	拟建 1#主变围墙外 25m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	2.551	0.045
A7	拟建 1#主变围墙外 30m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	2.035	0.046
A8	拟建 1#主变围墙外 35m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	1.998	0.041
A9	拟建 1#主变围墙外 40m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	2.134	0.051
A10	拟建 1#主变围墙外 45m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	2.335	0.047
A11	拟建 1#主变围墙外 50m	2019-3-27,AM	晴	3.6	32.8	东北	4.2	101.6	2.048	0.043
<b>拟建 2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
B1	拟建 2#主变围墙外 0m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.171	0.032
B2	拟建 2#主变围墙外 5m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.223	0.036
B3	拟建 2#主变围墙外 10m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.148	0.038
B4	拟建 2#主变围墙外 15m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.986	0.045
B5	拟建 2#主变围墙外 20m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.567	0.045
B6	拟建 2#主变围墙外 25m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.343	0.046
B7	拟建 2#主变围墙外 30m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.783	0.038
B8	拟建 2#主变围墙外 35m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.125	0.039
B9	拟建 2#主变围墙外 40m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	3.878	0.042
B10	拟建 2#主变围墙外 45m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.231	0.043
B11	拟建 2#主变围墙外 50m	2019-3-27,AM	晴	4.5	32.5	东北	4.0	101.6	4.102	0.039
<b>拟建 3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
C1	拟建 3#主变围墙外 0m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	3.584	0.040
C2	拟建 3#主变围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	4.825	0.047
C3	拟建 3#主变围墙外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	4.563	0.045
C4	拟建 3#主变围墙外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	4.879	0.042
C5	拟建 3#主变围墙外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	3.881	0.051

C6	拟建 3#主变围墙外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	3.554	0.048
C7	拟建 3#主变围墙外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	4.036	0.043
C8	拟建 3#主变围墙外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	3.887	0.042
C9	拟建 3#主变围墙外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	4.039	0.047
C10	拟建 3#主变围墙外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	3.673	0.038
C11	拟建 3#主变围墙外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.1	101.7	3.772	0.046
<b>拟建 4#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
D1	拟建 4#主变围墙外 0m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	1.164	0.043
D2	拟建 4#主变围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.105	0.040
D3	拟建 4#主变围墙外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.209	0.041
D4	拟建 4#主变围墙外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	1.985	0.039
D5	拟建 4#主变围墙外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.231	0.043
D6	拟建 4#主变围墙外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.134	0.044
D7	拟建 4#主变围墙外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.355	0.041
D8	拟建 4#主变围墙外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.167	0.038
D9	拟建 4#主变围墙外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	1.892	0.042
D10	拟建 4#主变围墙外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.202	0.037
D11	拟建 4#主变围墙外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.3	31.3	北	4.3	101.7	2.123	0.039
<b>拟建 5#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
E1	拟建 5#主变围墙外 0m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.600	0.043
E2	拟建 5#主变围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.553	0.046
E3	拟建 5#主变围墙外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.456	0.045
E4	拟建 5#主变围墙外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.136	0.043
E5	拟建 5#主变围墙外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.389	0.043
E6	拟建 5#主变围墙外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	1.984	0.042
E7	拟建 5#主变围墙外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.025	0.038
E8	拟建 5#主变围墙外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.221	0.039
E9	拟建 5#主变围墙外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	1.932	0.041
E10	拟建 5#主变围墙外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	1.452	0.045
E11	拟建 5#主变围墙外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.135	0.041
<b>拟建 6#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
F1	拟建 6#主变围墙外 0m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	4.251	0.037
F2	拟建 6#主变围墙外 5m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	4.377	0.040
F3	拟建 6#主变围墙外 10m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	5.554	0.035

F4	拟建 6#主变围墙外 15m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	5.876	0.038
F5	拟建 6#主变围墙外 20m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	4.234	0.039
F6	拟建 6#主变围墙外 25m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	5.355	0.042
F7	拟建 6#主变围墙外 30m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	5.236	0.037
F8	拟建 6#主变围墙外 35m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	4.178	0.043
F9	拟建 6#主变围墙外 40m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	4.786	0.042
F10	拟建 6#主变围墙外 45m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	4.237	0.045
F11	拟建 6#主变围墙外 50m	2019-3-27,AM	晴	3.8	32.8	东北	4.0	101.6	4.488	0.039
<b>拟建 220kV 倒送电主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
G1	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 0m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	3.162	0.038
G2	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	3.256	0.039
G3	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.985	0.040
G4	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	3.626	0.039
G5	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.106	0.042
G6	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	3.958	0.043
G7	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	3.267	0.041
G8	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.952	0.040
G9	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.568	0.038
G10	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	3.262	0.039
G11	拟建 220kV 倒送电主变围墙外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	3.126	0.040
<b>220kV 施工进线主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
H1	施工 220kV 主变围墙外 0m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.198	0.053
H2	施工 220kV 主变围墙外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.565	0.050
H3	施工 220kV 主变围墙外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.342	0.046
H4	施工 220kV 主变围墙外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.167	0.045
H5	施工 220kV 主变围墙外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.889	0.043
H6	施工 220kV 主变围墙外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.123	0.042
H7	施工 220kV 主变围墙外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.866	0.042
H8	施工 220kV 主变围墙外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.763	0.038
H9	施工 220kV 主变围墙外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	2.002	0.041
H10	施工 220kV 主变围墙外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	1.889	0.039
H11	施工 220kV 主变围墙外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	1.875	0.037

表 3.2-16 徐大堡核电厂输电线路工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
<b>拟建 500kV 输电线路（P1 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P1-1	东边相下 0m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.454	0.037
P1-2	东边相外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.169	0.043
P1-3	东边相外 10m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.351	0.041
P1-4	东边相外 15m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.139	0.042
P1-5	东边相外 20m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.892	0.037
P1-6	东边相外 25m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.003	0.042
P1-7	东边相外 30m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.138	0.039
P1-8	东边相外 35m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.885	0.046
P1-9	东边相外 40m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.569	0.043
P1-10	东边相外 45m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.365	0.042
P1-11	东边相外 50m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.124	0.042
P1-12	西边相下 0m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.765	0.041
P1-13	西边相外 5m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.887	0.038
P1-14	西边相外 10m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.223	0.045
P1-15	西边相外 15m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.109	0.042
P1-16	西边相外 20m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.998	0.043
P1-17	西边相外 25m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.002	0.040
P1-18	西边相外 30m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.886	0.041
P1-19	西边相外 35m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.956	0.043
P1-20	西边相外 40m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.862	0.039
P1-21	西边相外 45m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.126	0.038
P1-22	西边相外 50m	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.998	0.041
<b>拟建 500kV 输电线路（P1 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P1-23	东边相外 20m（1）	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.126	0.038
P1-24	东边相外 20m（2）	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.103	0.043
P1-25	东边相外 20m（3）	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.119	0.042

P1-26	西边相外 20m (1)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.997	0.041
P1-27	西边相外 20m (2)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.124	0.039
P1-28	西边相外 20m (3)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.005	0.040
<b>拟建 220kV 应急输电线路 (P2 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P2-1	东边相下 0m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.352	0.040
P2-2	东边相外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.768	0.038
P2-3	东边相外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.125	0.036
P2-4	东边相外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.062	0.037
P2-5	东边相外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.374	0.038
P2-6	东边相外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.056	0.035
P2-7	东边相外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.352	0.038
P2-8	东边相外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.785	0.036
P2-9	东边相外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.762	0.040
P2-10	东边相外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.568	0.042
P2-11	东边相外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.162	0.041
P2-12	西边相下 0m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.658	0.039
P2-13	西边相外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.352	0.043
P2-14	西边相外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.565	0.040
P2-15	西边相外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.352	0.041
P2-16	西边相外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.128	0.042
P2-17	西边相外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.062	0.043
P2-18	西边相外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.962	0.040
P2-19	西边相外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.562	0.041
P2-20	西边相外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.375	0.042
P2-21	西边相外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.856	0.041
P2-22	西边相外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	5.052	0.042
<b>拟建 220kV 应急输电线路 (P2 监测断面) 平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P2-23	东边相外 20m (1)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.562	0.042
P2-24	东边相外 20m (2)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.896	0.041
P2-25	东边相外 20m (3)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.128	0.040
P2-26	西边相外 20m (1)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.352	0.042

P2-27	西边相外 20m (2)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	4.781	0.041
P2-28	西边相外 20m (3)	2019-3-27,PM	晴	7.3	32.5	北	4.5	101.7	5.012	0.042
<b>220kV 施工进线输电线路 (P3 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P3-1	东边相下 0m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	267.16	0.051
P3-2	东边相外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	256.50	0.045
P3-3	东边相外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	186.82	0.041
P3-4	东边相外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	126.97	0.044
P3-5	东边相外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	65.234	0.042
P3-6	东边相外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	38.566	0.041
P3-7	东边相外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	22.659	0.040
P3-8	东边相外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	14.238	0.040
P3-9	东边相外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	9.204	0.039
P3-10	东边相外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	6.476	0.038
P3-11	东边相外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	4.811	0.037
P3-12	西边相下 0m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	266.08	0.065
P3-13	西边相外 5m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	241.95	0.046
P3-14	西边相外 10m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	165.98	0.038
P3-15	西边相外 15m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	107.71	0.039
P3-16	西边相外 20m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	66.873	0.041
P3-17	西边相外 25m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	36.836	0.040
P3-18	西边相外 30m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	27.200	0.043
P3-19	西边相外 35m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	14.117	0.041
P3-20	西边相外 40m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	11.824	0.042
P3-21	西边相外 45m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	8.367	0.042
P3-22	西边相外 50m	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	6.246	0.040
<b>220kV 施工进线输电线路平行监测断面 (P3 监测断面) 工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P3-23	东边相外 20m (1)	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	65.248	0.041
P3-24	东边相外 20m (2)	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	65.358	0.042
P3-25	东边相外 20m (3)	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	65.089	0.040
P3-26	西边相外 20m (1)	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	66.785	0.043
P3-27	西边相外 20m (2)	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	66.436	0.044

P3-28	西边相外 20m (3)	2019-3-27,PM	晴	6.8	31.0	北	4.2	101.7	67.145	0.039
<b>兴绥 66kV 输电线路 (P4 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P4-1	南边相下 0m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	139.72	0.077
P4-2	南边相外 5m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	109.21	0.070
P4-3	南边相外 10m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	78.817	0.067
P4-4	南边相外 15m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	58.070	0.062
P4-5	南边相外 20m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	26.714	0.061
P4-6	南边相外 25m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	20.114	0.057
P4-7	南边相外 30m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	18.864	0.053
P4-8	南边相外 35m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	12.320	0.052
P4-9	南边相外 40m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	9.132	0.047
P4-10	南边相外 45m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	7.122	0.045
P4-11	南边相外 50m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	6.812	0.042
P4-12	北边相下 0m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	142.26	0.081
P4-13	北边相外 5m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	106.7	0.072
P4-14	北边相外 10m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	75.652	0.064
P4-15	北边相外 15m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	55.766	0.061
P4-16	北边相外 20m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	28.930	0.059
P4-17	北边相外 25m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	18.284	0.058
P4-18	北边相外 30m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	16.184	0.058
P4-19	北边相外 35m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	10.823	0.051
P4-20	北边相外 40m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	7.705	0.046
P4-21	北边相外 45m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	5.367	0.042
P4-22	北边相外 50m	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	4.002	0.037
<b>兴绥 66kV 输电线路 (P4 监测断面) 平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据</b>										
P4-23	南边相外 20m (1)	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	26.264	0.057
P4-24	南边相外 20m (2)	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	25.278	0.051
P4-25	南边相外 20m (3)	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	26.114	0.047
P4-26	北边相外 20m (1)	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	29.155	0.052
P4-27	北边相外 20m (2)	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	28.875	0.047
P4-28	北边相外 20m (3)	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	26.427	0.049

表 3.2-17 徐大堡核电厂厂区外环境敏感区监测点、风电、光伏电厂工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
20	李宝沟	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.442	0.040
21	小南海	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.692	0.035
22	凉水泉	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.544	0.038
23	台里	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.714	0.040
24	葛条秧子	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.574	0.038
25	山后	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.147	0.040
26	徐大堡	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.343	0.035
27	后徐大堡	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.309	0.032
28	打井立	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.656	0.037
29	方安堡	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.457	0.030
30	大陀子	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.383	0.032
31	双堆子	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.412	0.034
32	帐棚沟	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.376	0.035

33	袁家屯	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.395	0.036
34	大刘屯	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.203	0.044
35	苏家屯	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.256	0.031
36	义和林	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.327	0.035
37	后林子	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.488	0.038
38	盐锅	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.357	0.038
39	石咀子	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.286	0.038
40	龙泉寺	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.135	0.040
41	龙泉寺度假村	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.446	0.033
42	风电厂 1	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	1.786	0.039
43	风电厂 2	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.427	0.042
44	风电厂 3	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	1.165	0.038
45	风电厂 4	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.814	0.041
46	光伏电厂西	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	2.017	0.061
47	光伏电厂东	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	2.599	0.063
48	方安小学	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	1.921	0.034

表 3.2-18 徐大堡核电站厂区外环境敏感区监测点、风电、光伏电厂与通讯基站监测点射频电场强度现状监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度 (V/m)
20	李宝沟	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.39
21	小南海	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.25
22	凉水泉	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.53
23	台里	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.34
24	葛条秧子	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.31
25	山后	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.21
26	徐大堡	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.39
27	后徐大堡	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.35
28	打井立	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.19
29	方安堡	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.24
30	大陀子	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.25
31	双堆子	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.25
32	帐棚沟	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.27
33	袁家屯	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.20
34	大刘屯	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.32
35	苏家屯	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.26
36	义和林	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.16
37	后林子	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.33
38	盐锅	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.20
39	石咀子	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.33
40	龙泉寺	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.25
41	龙泉寺度假村	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.21
42	风电厂 1	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.37
43	风电厂 2	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.33
44	风电厂 3	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.23

45	风电厂 4	2019-3-27,PM	晴	8.3	31.8	北	4.7	101.7	0.36
46	光伏电厂西	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.38
47	光伏电厂东	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.23
48	方安小学	2019-3-28,PM	多云	7.3	27.5	东南	4.4	101.7	0.24
49	大刘屯移动公司基站	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.48
50	大刘屯电信公司基站	2019-3-28,AM	阴	2.3	34.8	东北	3.5	102.1	0.34
51	苏家屯通讯基站	2019-3-28,AM	阴	3.8	30.5	东北	3.5	102.1	0.31
52	徐大堡通讯基站	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.30
53	李宝沟通信基站	2019-3-28,PM	阴	5.3	27.5	东南	3.9	101.9	0.45
54	龙泉通讯基站	2019-4-1,AM	晴	2.0	32.0	西北	5.0	102.5	0.36

表 3.2-19 厂区内监测值统计情况

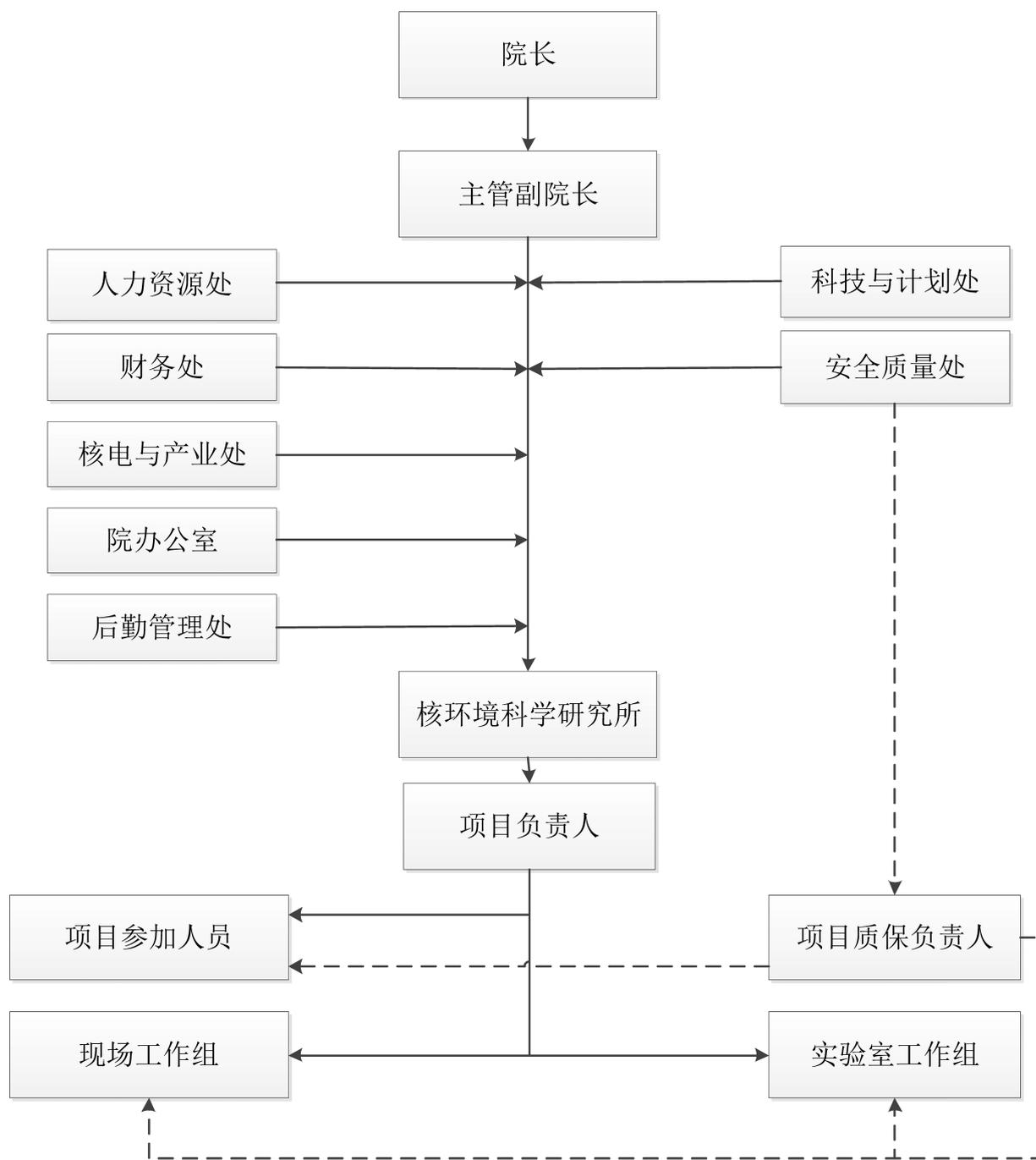
监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区	工频电场 (V/m)	0.563~3.551	3.551	4000
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	0.035~0.088	0.088	100
	射频综合场强 (V/m)	0.15~0.96	0.96	12
开关站	工频电场 (V/m)	1.248~4.974	4.974	4000
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	0.038~0.049	0.049	100
	射频综合场强 (V/m)	0.27~0.51	0.51	12
主变压器	工频电场 (V/m)	1.452~5.198	5.198	4000
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	0.032~0.055	0.055	100

表 3.2-20 输电线路监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
拟建 500kV 出线输电线路 (P1 监测断面)	工频电场 (V/m)	垂直监测断面: 4.169~5.223	5.223	4000
		平行监测断面: 4.997~5.126	5.126	
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	垂直监测断面: 0.037~0.046	0.046	100
		平行监测断面: 0.038~0.043	0.043	
拟建 220kV 应急输电线路 (P2 监测断面)	工频电场 (V/m)	垂直监测断面: 4.352~5.562	5.562	4000
		平行监测断面: 4.352~5.128	5.128	
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	垂直监测断面: 0.035~0.043	0.043	100
		平行监测断面: 0.040~0.042	0.042	
220kV 施工进线 (P3 监测断面)	工频电场 (V/m)	垂直监测断面: 4.811~267.16	267.16	4000
		平行监测断面: 65.089~67.145	67.145	
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	垂直监测断面: 0.037~0.065	0.065	100
		平行监测断面: 0.039~0.044	0.044	
兴绥 66kV 输电线路 (P4 监测断面)	工频电场 (V/m)	垂直监测断面: 4.002~142.26	142.26	4000
		平行监测断面: 25.278~29.155	29.155	
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	垂直监测断面: 0.037~0.081	0.081	100
		平行监测断面: 0.047~0.057	0.057	

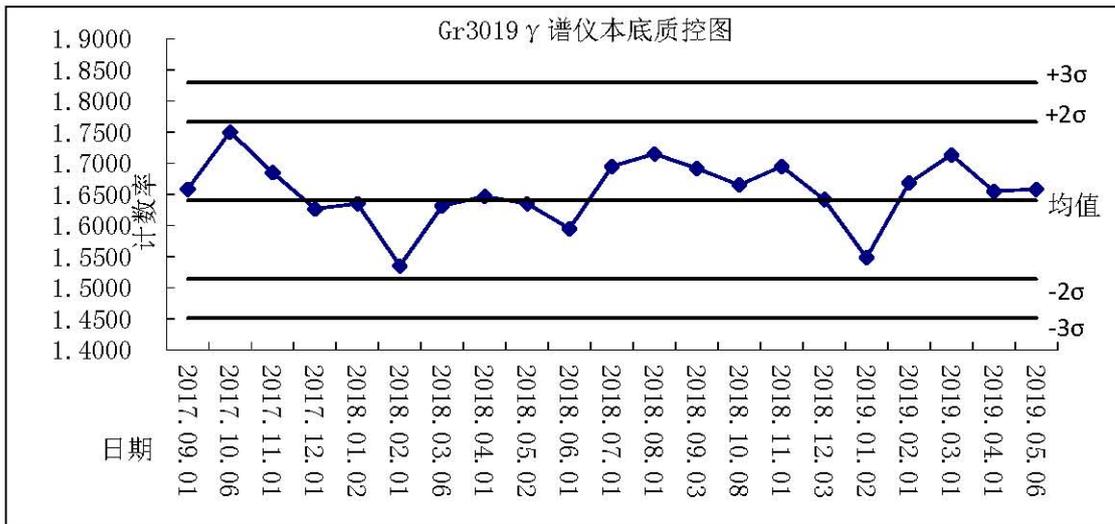
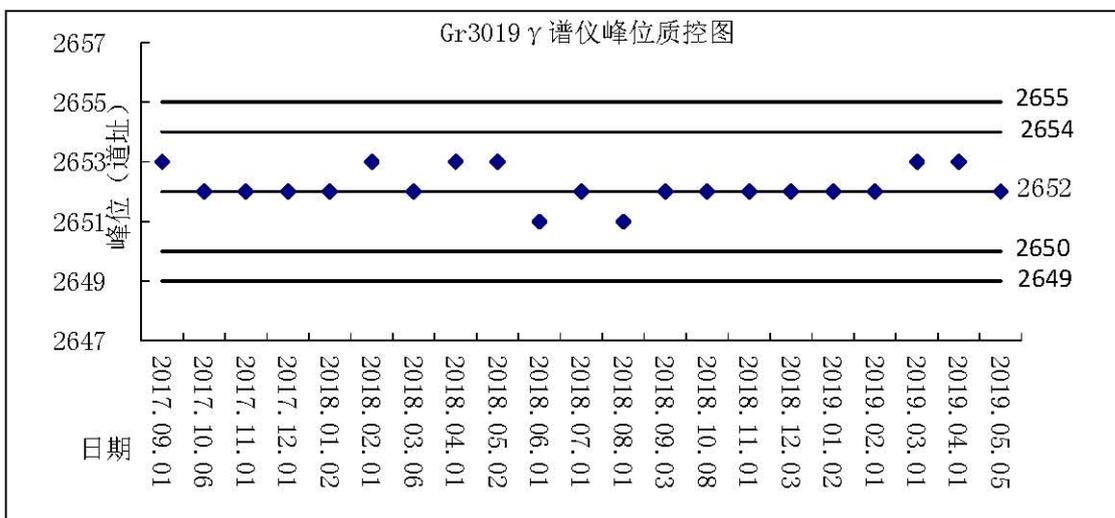
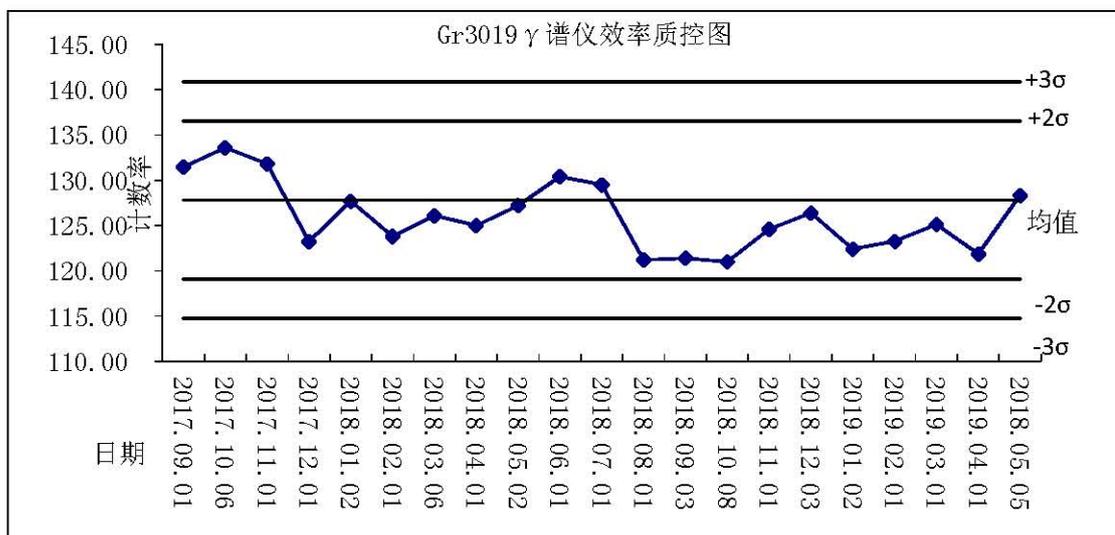
表 3.2-21 厂区外环境敏感区监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区外环境敏感区	工频电场 (V/m)	0.135~2.599	2.599	4000
	工频磁场 ( $\mu$ T)	0.030~0.063	0.063	100
	射频综合场强 (V/m)	0.16~0.48	0.48	12



质量职能组织机构图（——领导关系，.....质保关系）

图 3.1-1 调查单位质量控制组织机构图

图 3.1-2 GR3019 $\gamma$  谱仪本底质控图图 3.1-3 GR3019 $\gamma$  谱仪峰位质控图图 3.1-4 GR3019 $\gamma$  谱仪效率质控图

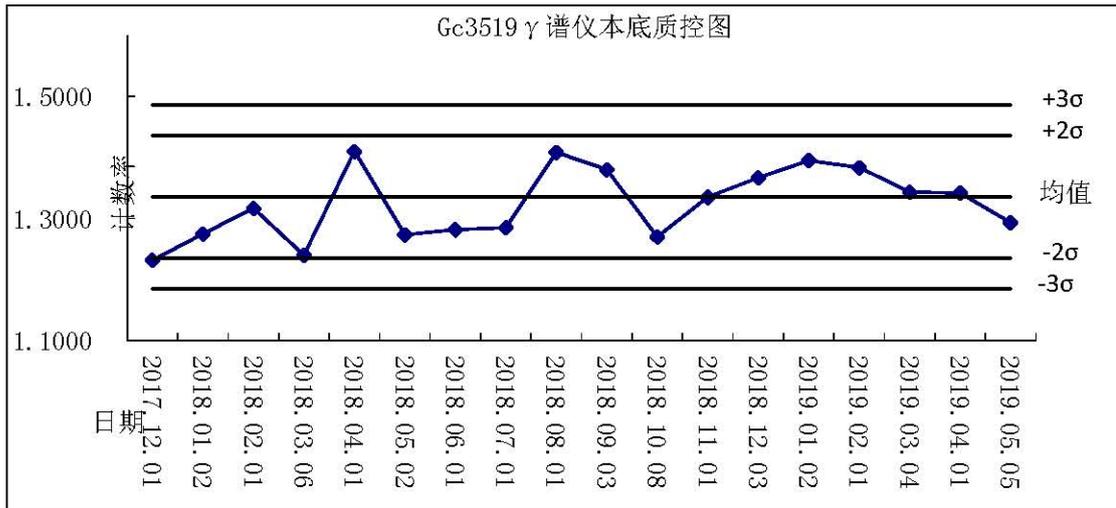


图 3.1-5 GC3519γ 谱仪本底质控图

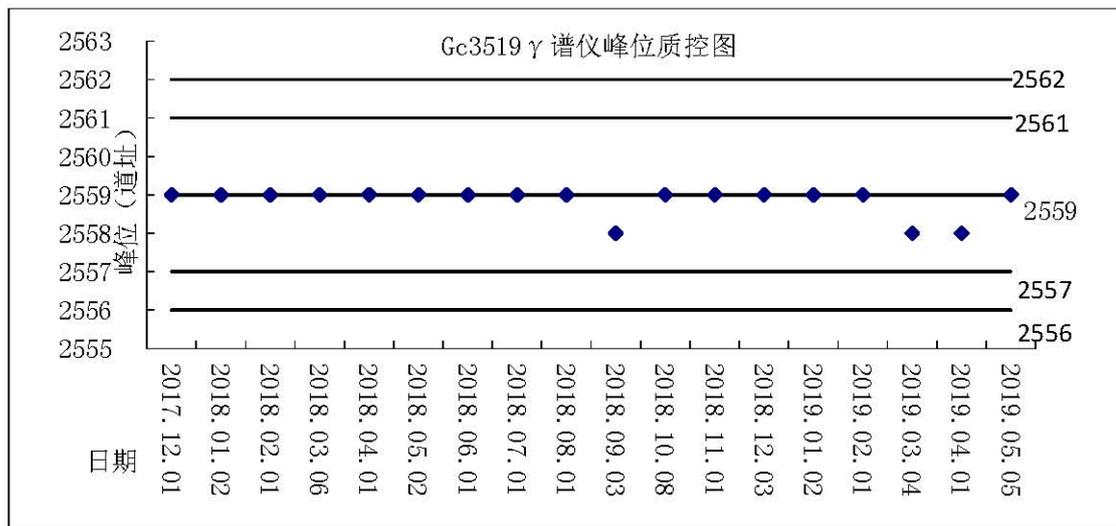


图 3.1-6 GC3519γ 谱仪峰位质控图

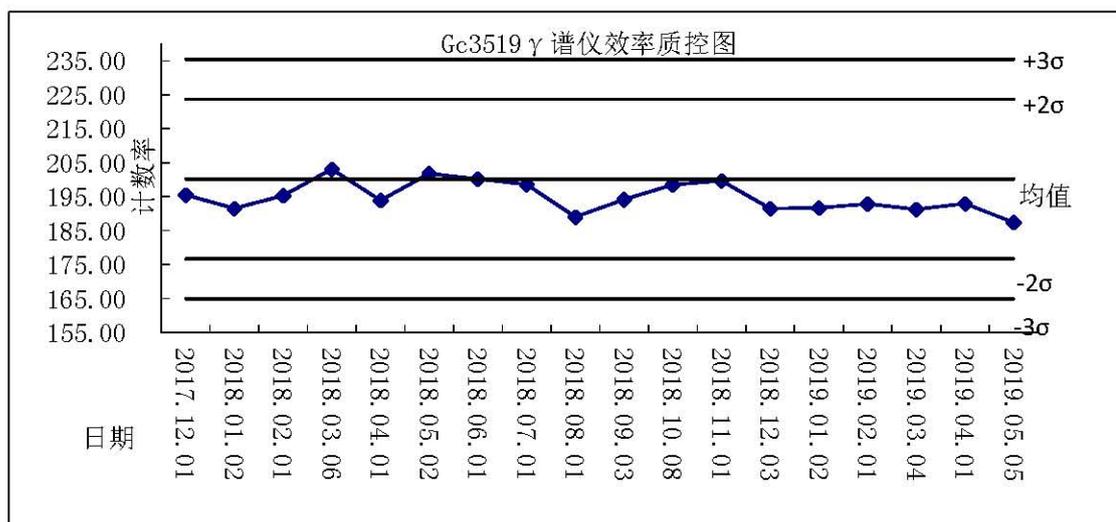


图 3.1-7 GC3519γ 谱仪效率质控图

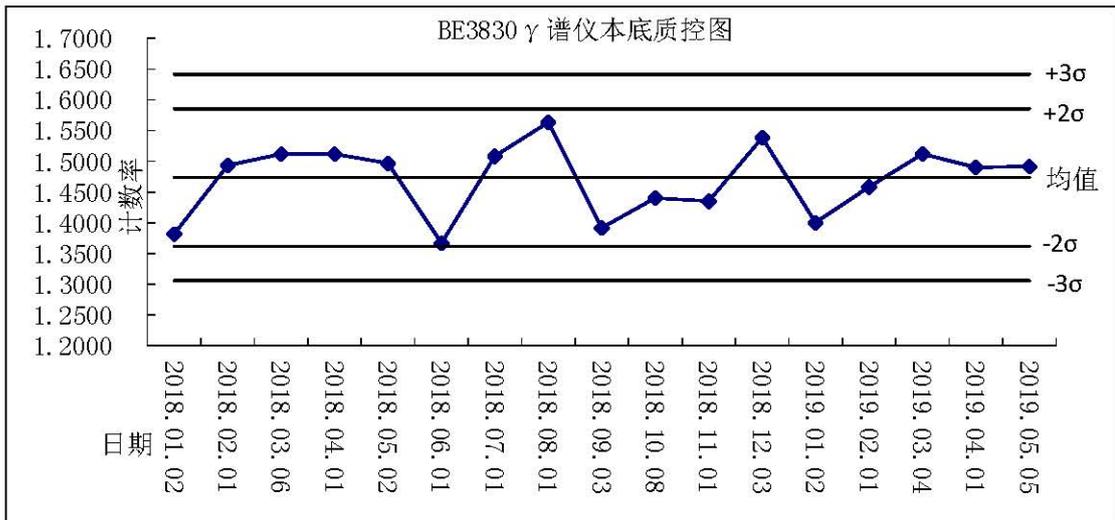


图 3.1-8 BE3830γ 谱仪本底质控图

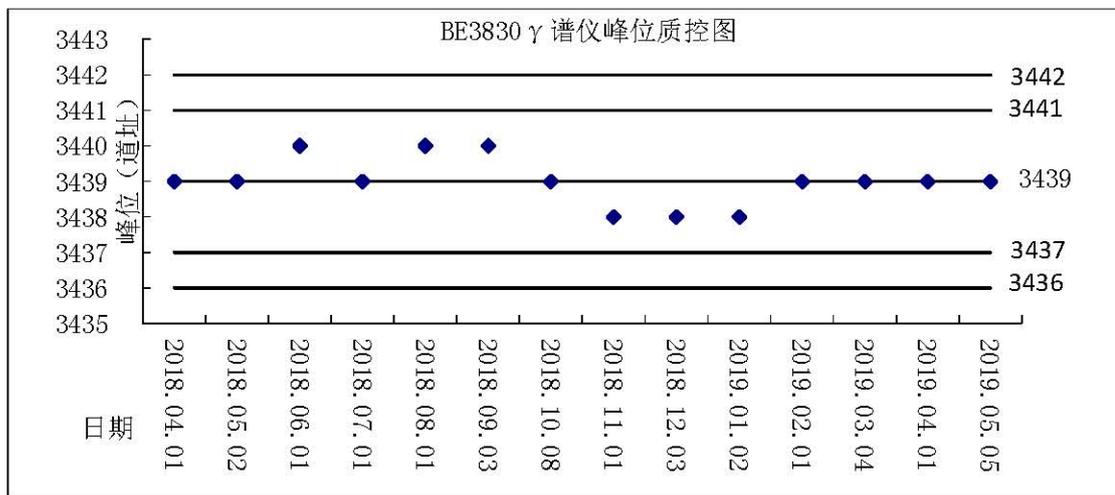
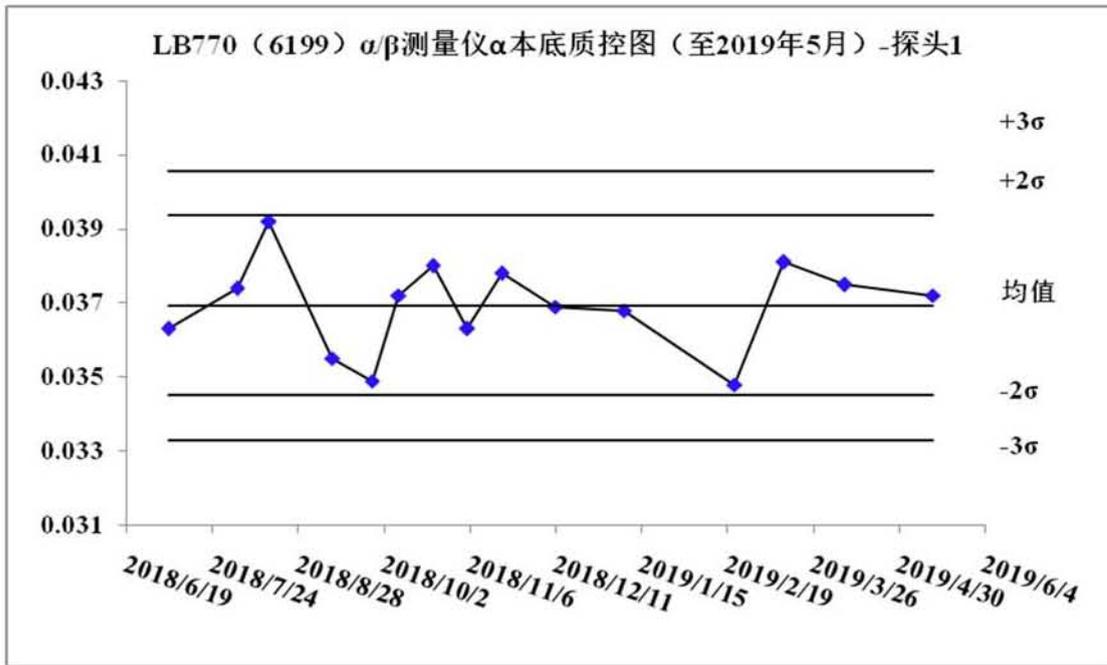
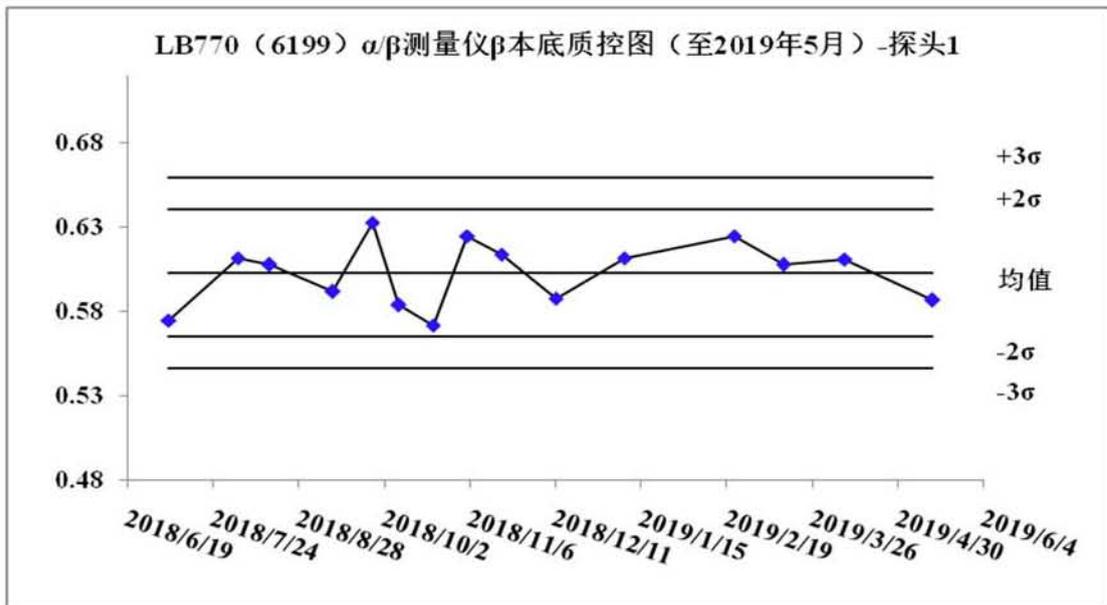


图 3.1-9 BE3830γ 谱仪峰位质控图



图 3.1-10 BE3830γ 谱仪效率质控图

图 3.1-11 LB770 (6199)  $\alpha/\beta$  测量仪  $\alpha$  本底质控图图 3.1-12 LB770 (6199)  $\alpha/\beta$  测量仪  $\beta$  本底质控图

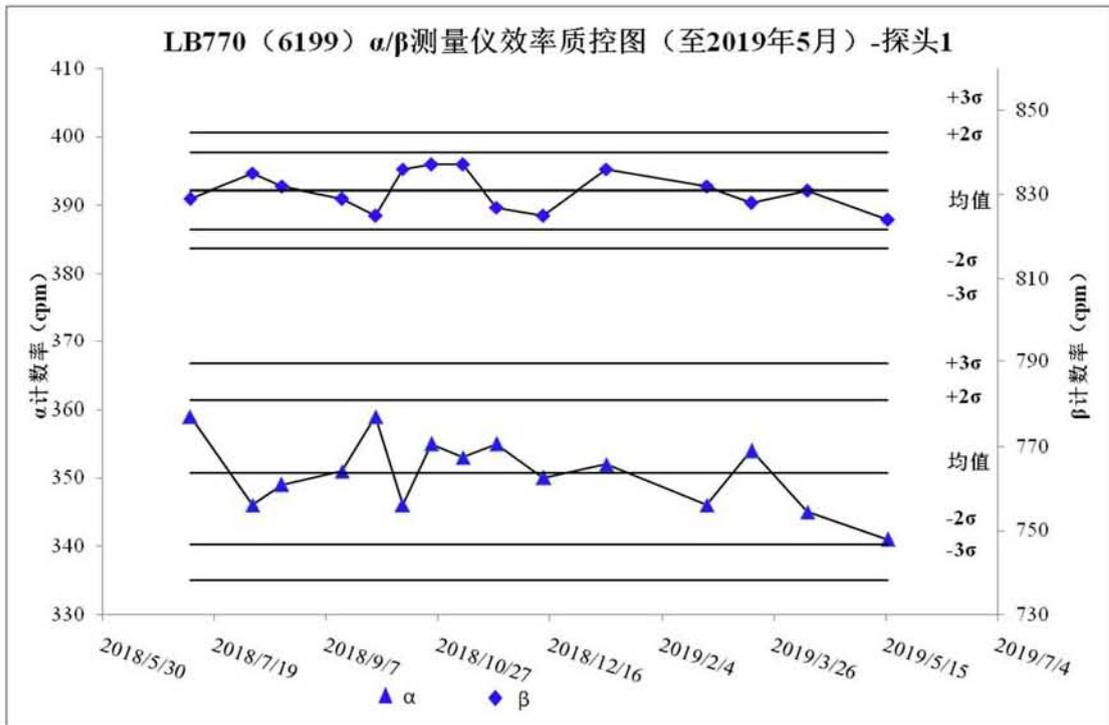


图 3.1-13 LB770 (6199)  $\alpha/\beta$  测量仪效率质控图

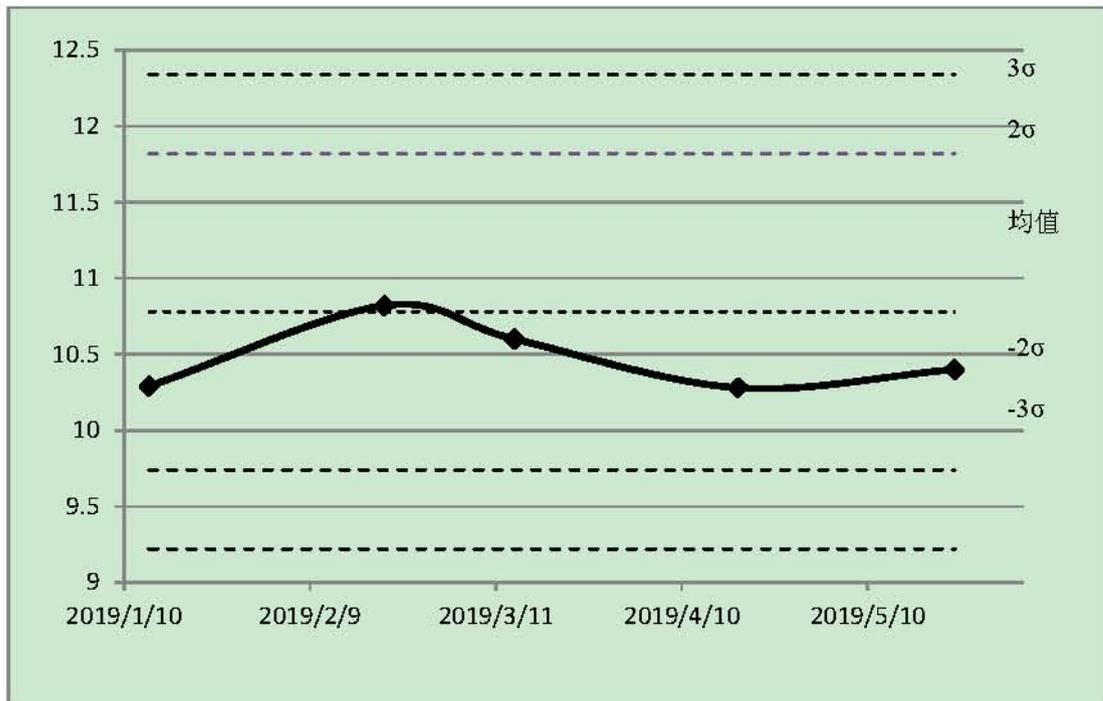


图 3.1-14 液闪谱仪  $^{14}\text{C}$  本底计数率

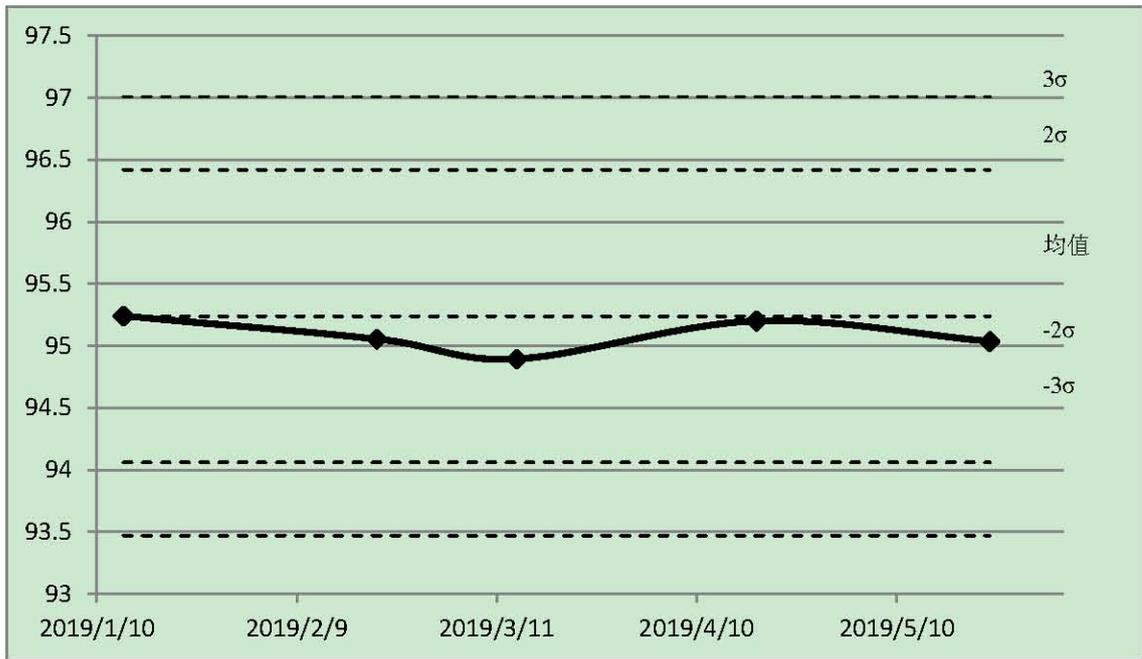


图 3.1-15 液闪谱仪 <sup>14</sup>C 效率

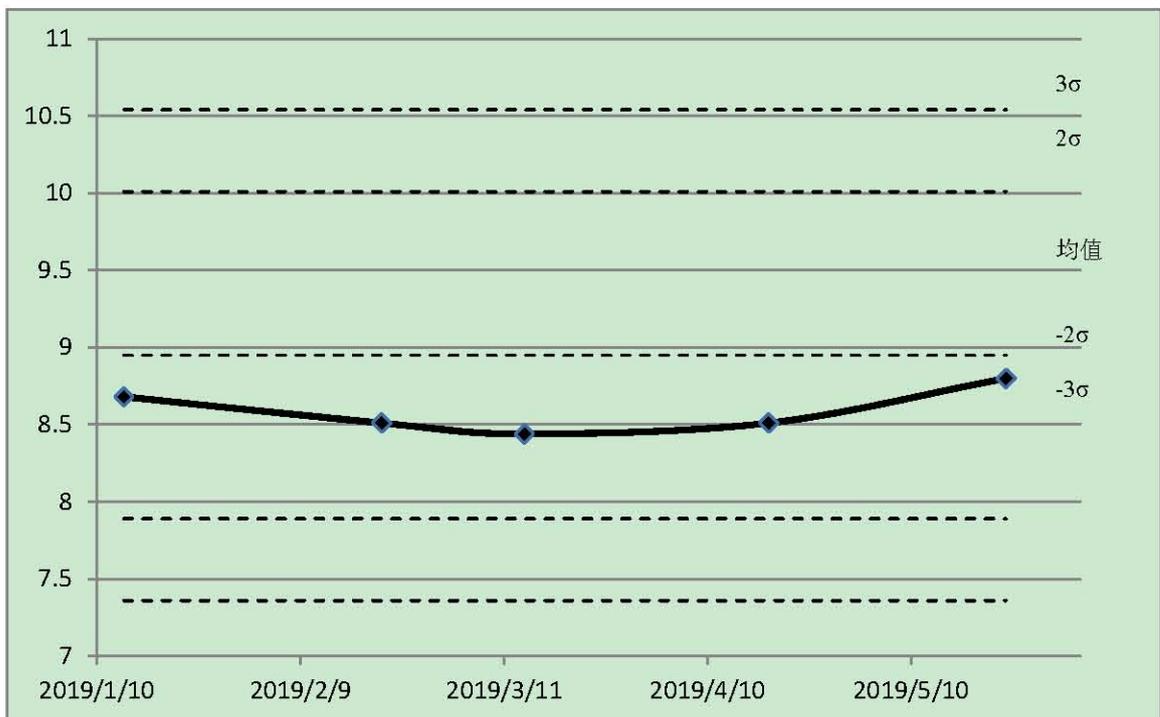


图 3.1-16 液闪谱仪 <sup>3</sup>H 本底计数率

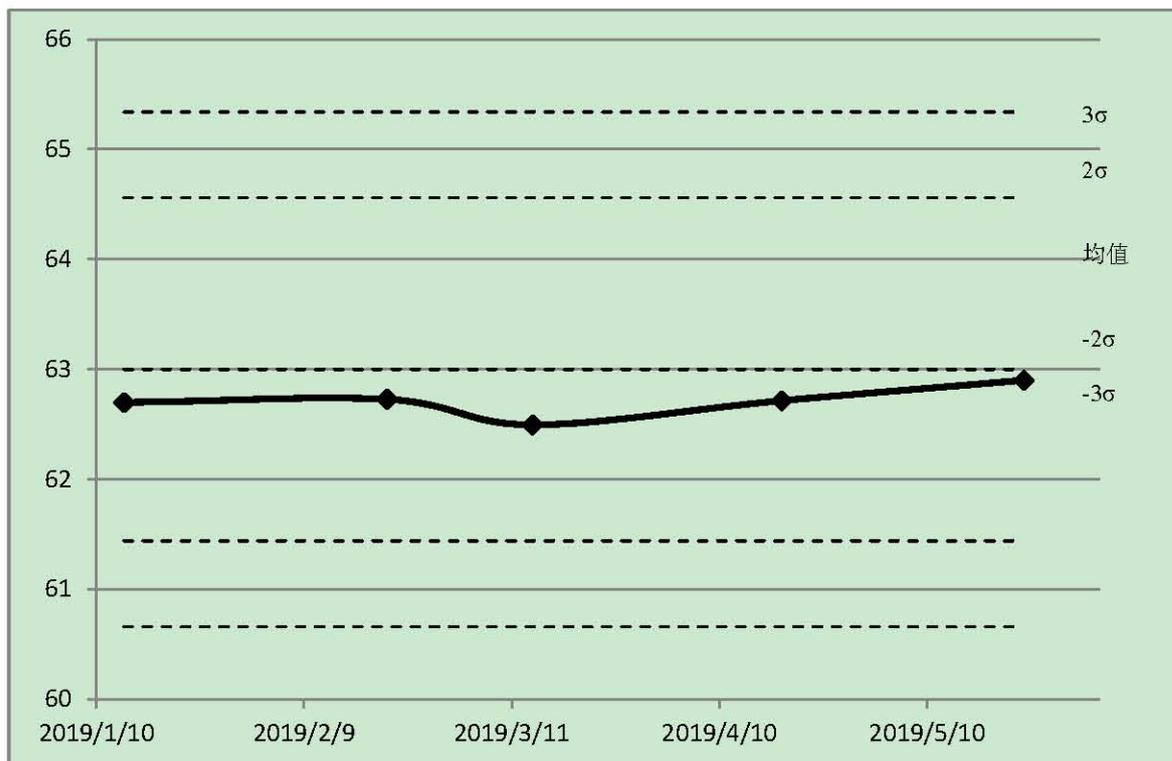


图 3.1-17 液闪谱仪 <sup>3</sup>H 效率

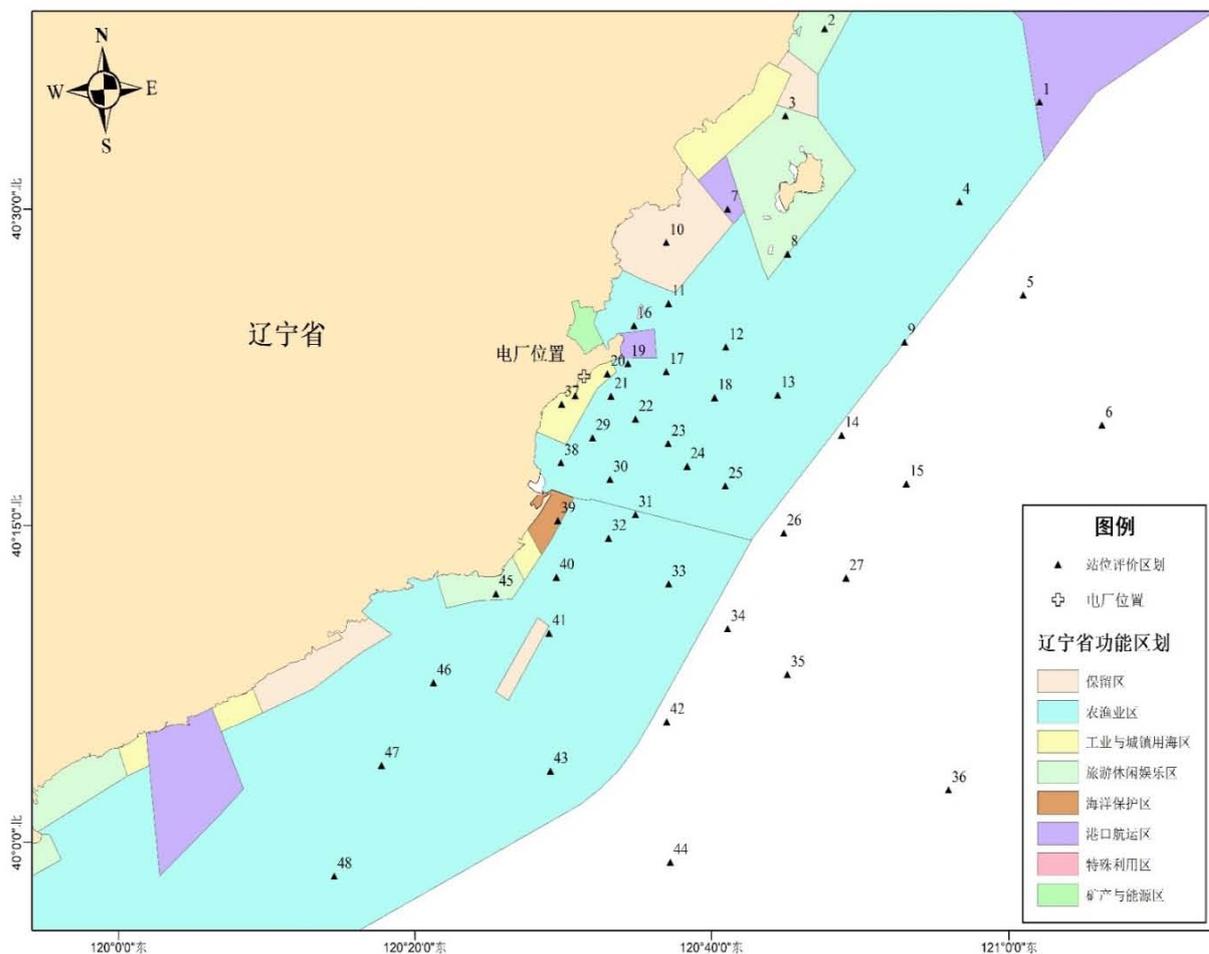


图 3.2-1 监测站位与海洋功能区划叠加图

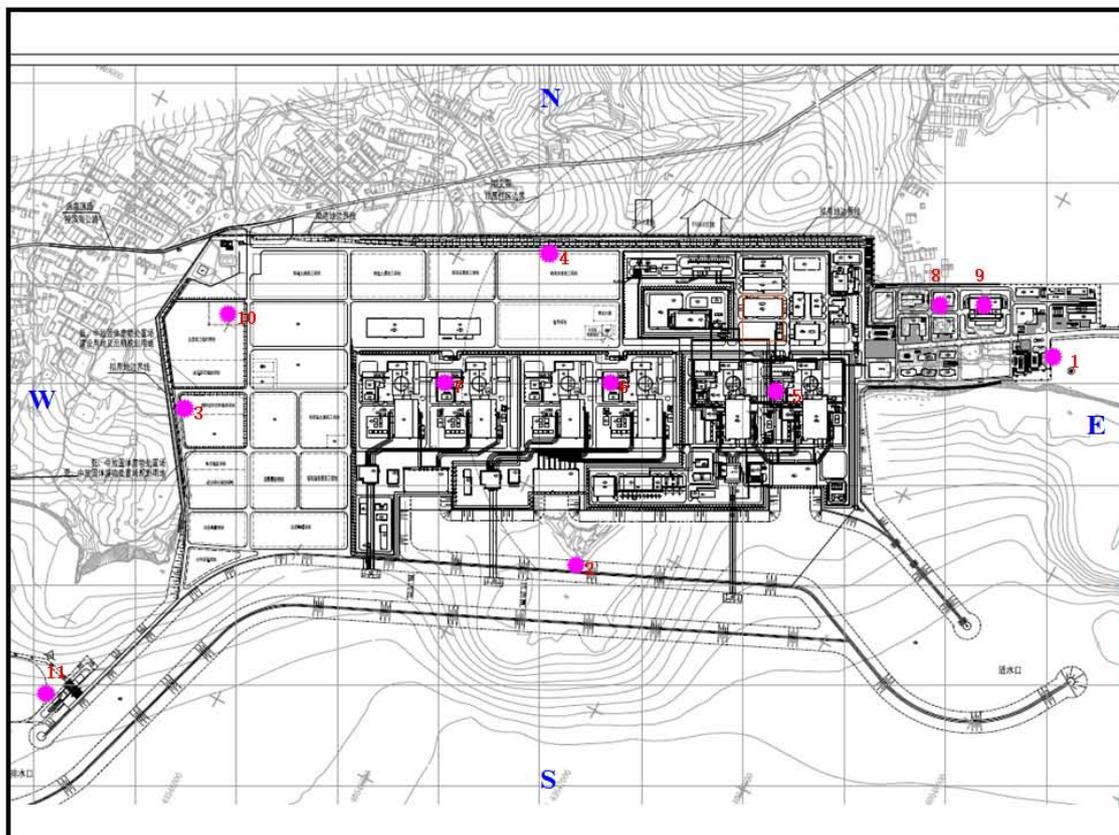


图 3.2-2 厂区内电磁辐射监测点分布情况

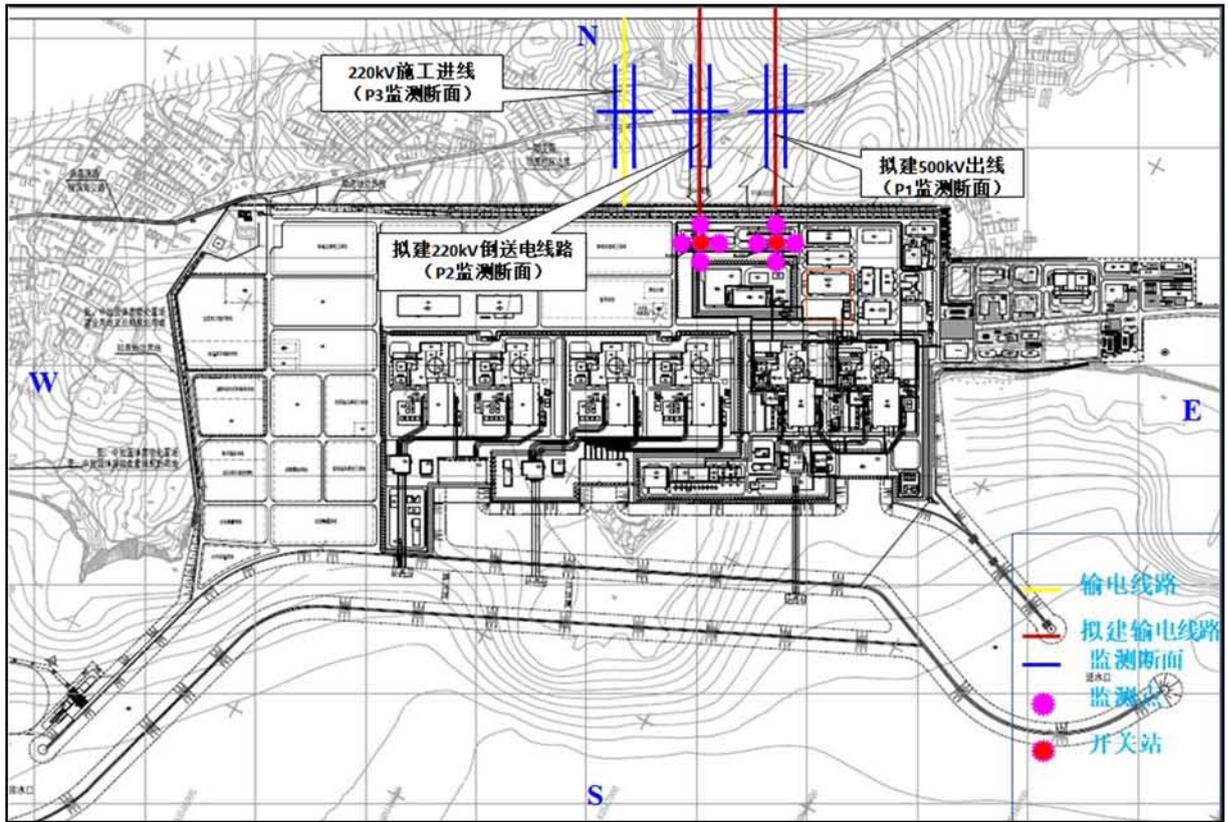


图 3.2-3 辽宁徐大堡核电站开关站与输电线路监测点设置示意图

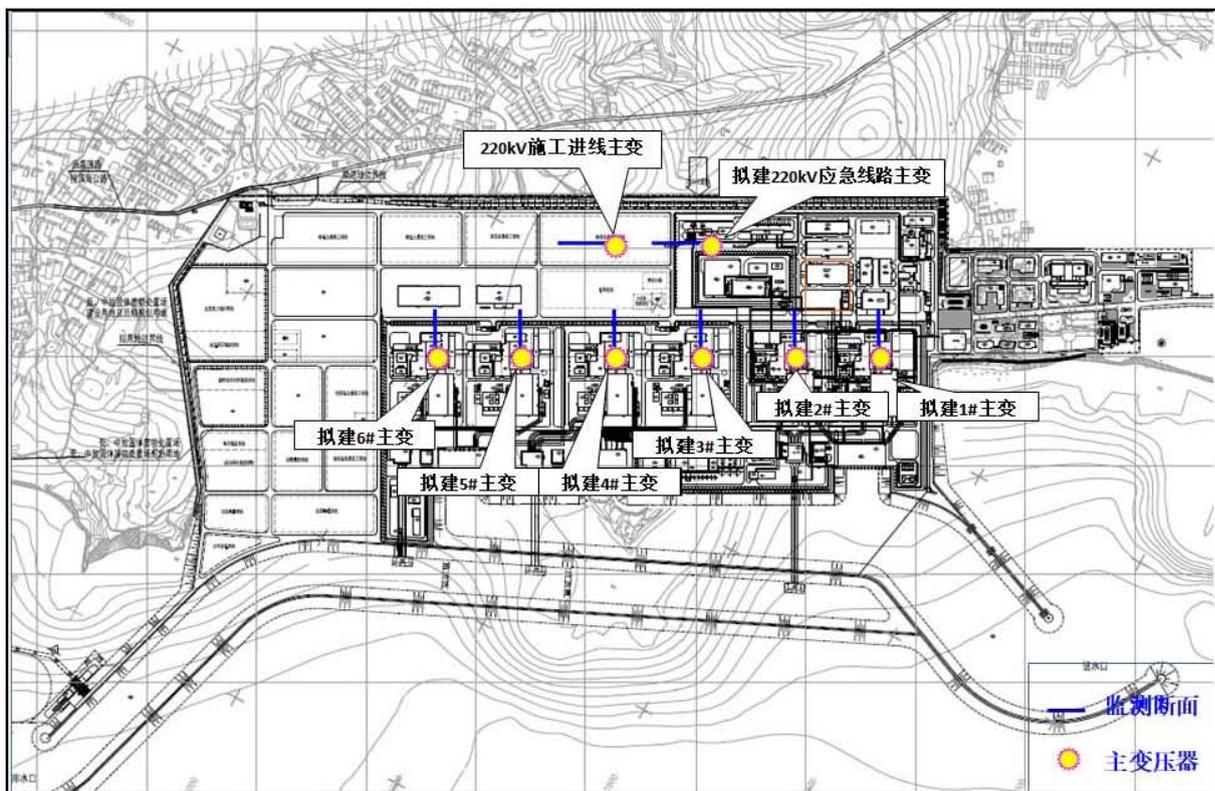


图 3.2-4 辽宁徐大堡核电站主变压器监测断面设置示意图

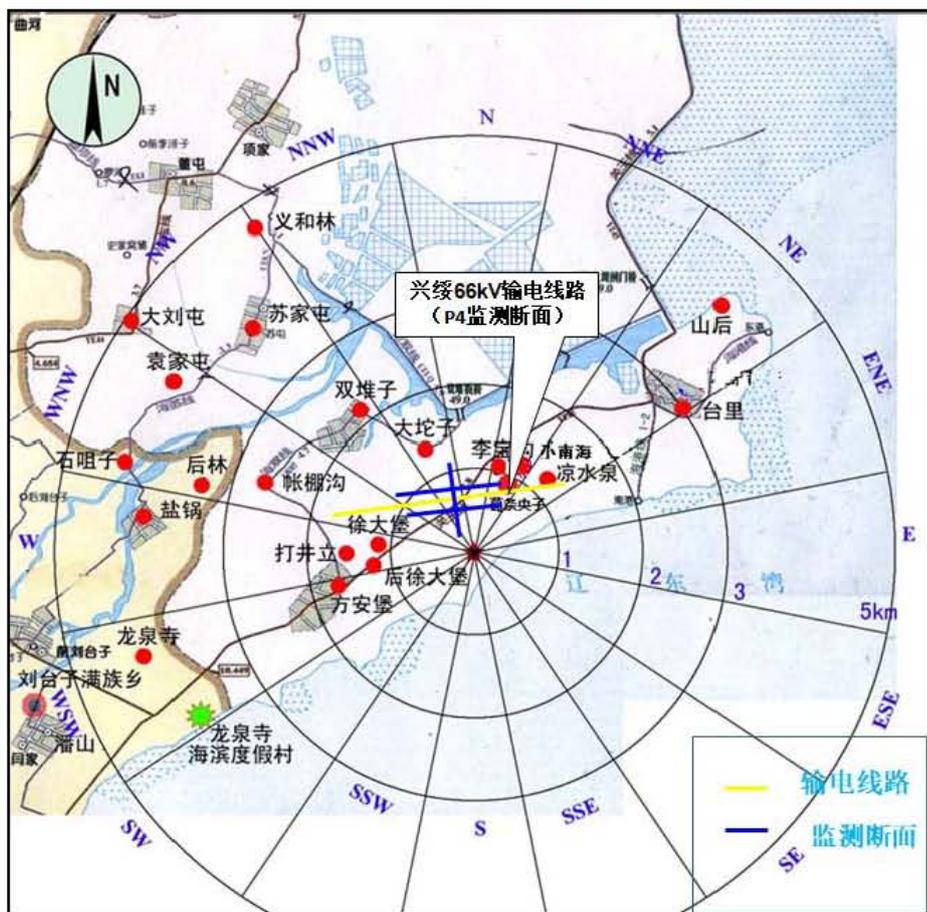


图 3.2-5 辽宁徐大堡核电站输电线路监测点设置示意图



## 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（JMN）

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

**表：**

表 4.3-1 海水冷却水量（m<sup>3</sup>/h）

**图：**

图 4.2-1 蒸汽-电力转换系统流程示意图

图 4.3-1 各期取水口的相对关系示意图

## 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。一期工程规划建设两台 AP1000 压水堆核电机组；3、4 号机组规划建设两台俄罗斯 AES-2006（WWER-1200/V491）压水堆核电机组，并在其西侧预留两台百万千瓦级核电机组用地。

#### 1) 厂坪设计标高

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），一期工程按此标高完成了厂址的场地平整施工，本工程建设场地现状为平整的场地，现状标高约为 8.4m~14m。

本工程厂坪设计标高考虑与一期工程相同，定为 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。

#### 2) 主厂房建筑群位置的确定（建北方向描述，下同）

按照总体规划，6 台机组并列式布置，自东向西依次为 1-6 号机组，核岛北向，常规岛南向。1~6 号机组反应堆厂房中心在一条直线上，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----380m。

#### 3) 取排水设施规划

取排水设施规划包括冷却水和生产生活用水规划。

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，由取水明渠北导流堤（W1UPX）、取水明渠南导流堤（一段）（W2UPX）、取水明渠南导流堤（二段）（W3UPX）、厂区内护岸（W2UZP）、中隔堤（一段）（W4UPX）、中隔堤（二段）（W5UPX）组成。取水口门位于厂区东南侧。

冷却水取水采用取水明渠的方式，取水流程如下：辽东湾→取水明渠→联合泵房→循环水进水隧洞/重要厂用水进水隧洞→汽轮机厂房/重要用户冷却水泵房。

冷却水排水采用暗排方式，排水流程如下：汽轮机厂房/重要用户冷却水泵房→循环水排水暗沟/重要厂用水排水暗沟→虹吸井→陆域排水暗渠→排水连接井→排水暗涵→辽东湾。

厂址的淡水水源考虑由海水淡化提供，核电厂施工期的生产用水及核电厂人员生活用水采用海水淡化工程解决。

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。

#### 4) 电力出线规划

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，出线走廊宽阔，地形条件平坦。

220kV 备用电源 6 台机组规划两回。

#### 5) 厂区工程规划

厂区工程规划见“4.1.2 厂区总平面布置”。

#### 6) 厂前区及其它设施区规划

厂前区及其它设施区包括厂前建筑区、现场服务区、运行安全技术支持中心、武警营房、消防站、厂前区公用动力设施、应急指挥中心、厂前区大门（含车队管理楼）等。

- 厂前建筑区包括综合办公楼（含档案楼和模拟机房）（W1UYC）、公共食堂（W1UYD）、生产办公楼（W1UYA），综合办公楼（含档案楼和模拟机房）、公共食堂布置在厂址东侧、主要进厂道路北侧；生产办公楼布置在生产区内，靠近控制区出入口（W1UYF）内侧。

- 现场服务区包括检修宿舍（W2~W5UYB，其中 W2/W3UYB 随一期工程已建成）、调试检修楼（W2UYA，随一期工程已建成）、检修食堂（W2UYD，随一期工程已建成），分别布置在进厂道路两侧，靠近控制区出入口（W1UYF）外侧。

- 运行安全技术支持中心包括培训中心（W1UYH，随一期工程已建成）、宣传展览中心（W1UYG，随一期工程已建成），培训中心布置在主要进厂道路北侧、调试检修楼西侧；宣传展览中心布置在主要进厂道路北侧、综合办公楼（含档案楼和模拟机房）东侧。

- 消防站（W1UYP，主体随一期工程已建成）布置在宣传展览中心北侧。

- 应急指挥中心（W1UCE）、无线通讯铁塔（W1UCY）布置在消防站东侧。

- 武警营房（W1UZU）布置在应急指挥中心南侧。

- 厂前区大门（含车队管理楼）（W3UYF，随一期工程已建成）、停车场（W1UZD，随一期工程已建成）布置在宣传展览中心和主要进厂道路南侧。

- 移动电源车库（W1UMP）、安全培训体验中心（W2UYH）、气象观测站（W2UCL，随一期工程已建成）布置在施工现场内。

- 监督性监测前沿站、监督性监测子站、监督性监测流出物实验室、值班宿舍等，布置于厂外；环境实验室设置在兴城滨海经济区。

## 7) 对外交通运输

### (1) 对外交通运输种类

对外交通运输主要包含施工安装期间运输、生产运行期间运输两类。

施工运输主要包含大（重）件设备运输、施工建筑材料及中小件设备运输；生产运输主要包含新燃料、乏燃料、放射性固体废物运输，生活必需品运输以及应急交通疏散等。

### (2) 对外交通设施规划

厂址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4200t级大件码头（W1UZR），可满足本工程施工和运行期间对外交通运输的要求。

主要进厂道路为二级公路，由厂址东侧向东北，接至滨海公路（葫芦岛兴城市段），总里程约1.34km，设计路面宽15m，路基宽18m，现已建成通车。

次要进厂道路为三级公路，由厂址西侧向西南，接至滨海公路（葫芦岛兴城市段），总里程约2.27km，设计路面宽7m，路基宽10m，该路段结合地方公路进行改建。大件码头位于排水明渠西导流堤（W1UQX）的外侧，距排水明渠西导流渠堤头约85m处。码头泊位长度为125m。码头由码头平台（95m×25m）、一个系缆墩（10m×8m）、人行桥（17m×2.5m）及2个起重机基础组成。码头面顶高程为3.20m，码头前沿回旋水域及航道设计底高程为-5.5m。码头的装卸工艺采用固定桥式起重机，主沟额定起重量450t，副沟额定起重量为125t。

### (3) 对外交通运输方案

新燃料、乏燃料、放射性固体废物运输，生活必需品运输以及应急疏散等主要通过主要进厂道路和次要进厂道路完成。

大件设备运输：大件码头→经二路→纬三路→厂区吊装场地。

## 8) 场地平整、边坡及截排洪工程

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它设施区北侧、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。

### 9) 施工场地规划

#### • 施工场地

3、4 号机组施工场地已在一期工程进行了规划，包括土建施工场地、安装施工场地、仓库及堆场、混凝土搅拌站及砂石料场等，位于厂区的西南。

为满足施工场地内外交通运输及施工场地内各区域之间货流及人流交通运输的需求，施工场地内设有环形道路网，道路分为主干道与次干道；厂区内设置临时施工道路，并考虑永临结合。施工场地主干道路面宽度为 9m，次干道路面宽度 7m；道路采用水泥混凝土路面。

根据运输需要，主干道分为重型路和轻型路，主干道中重型路转弯内半径一般为 15m，最大为 25m。轻型路转弯内半径一般为 9m，最大为 25m。

对厂区重件道路进行改造，1、2 号机组段重件道路保持不变，3~6 号机组段重件道路向北改线约 122m，调整到模块拼装厂房北侧、核岛承包商用地南侧。改造长度约 1158m，改造宽度 32m。

上述各级道路除满足生产运输要求外，还兼做施工期间消防通道。

#### • 施工准备区

为满足核电厂施工建造期间的用电要求，施工供电规划一座 220kV 施工变电所（已随一期工程建设），施工供电进线与 220kV 开关站共用，装设两台变压器（2×16MVA），一备一用。供电方式采用 220kV 架空线接入，厂区内利用直埋电缆或电缆沟形式敷设。

为满足核电厂施工建造期间的供热要求，施工供热规划一座施工供热站（3 台 14MW，已随一期工程建设），布置在厂址东北侧，与厂前区公用动力设施相邻。

核电厂施工期的生产用水及核电厂人员生活用水采用海水淡化工程解决。

施工道路规划两条线路，具体如下：

次要进厂道路→经二路→纬三路→3、4 号机组施工场地；

大件码头→经二路→纬三路→3、4 号机组施工场地。

#### • 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。

## 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 AES-2006（VVER-1200/V491）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AES-2006（WWER-1200/V491）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。

按照总体规划，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。1~6号机组反应堆厂房中心在一条直线上，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----380m。

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或采取其他合适的措施进行处理。

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，将采用挖除换填或采取其他合适的措施进行处理。

## 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），与一期工程共用，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、T4UXA，1、2 号机组共用，临时给 3、4 号机组使用）布置在联合泵房东侧，

上述 4 个子项在一期工程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。

另外，本工程在 1、2 号机组海水淡化设施北侧、除盐水厂房西侧新增供 3-6 号机组共用的海水淡化厂房淡化站（T5UXA）、海水淡化厂房综合楼（T6UXA）、海水淡化厂房储罐区（T7UXA）。按照总体规划，在此区域集中建设厂址共用的海水淡化厂房，一方面靠近海水淡化预处理厂房，方便水源供应，另一方面靠近除盐水厂房，方便给该子项补充供应淡水。

水处理设施区：生活污水处理站（W1UGQ）布置在 6 号机组西侧，已随一期工程的建设完成。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，主体随一期工程已完成）、恒湿库（W2USU）、中小型备件库（W3USU，主体随一期工程已完成）、大型备件库（W4USU）、油脂库（W5USU）、化学品库（W1USD）、机加工及检修厂房（W1UST）、铆焊和电仪修厂房（W2UST）。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。场地排水采用有组织的管道或明沟排水系统。

生产区各建、构筑物室外设计标高均为9.10m。

#### 7) 交通运输

##### a. 厂区道路布置

厂内道路分为重型路和轻型路，路面宽度分别为9m、7m、4m。重型路布置在主厂房四周；轻型路划分各分区，并与交通运输量较大的厂房相连。

沿控制区和保护区围栏内侧、要害区围栏外侧，设置巡逻通道。

上述各级道路除满足生产运输要求外，还兼作消防通道。

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。

##### b. 厂区出入口布置

厂区共设置三个出入口，两个控制区出入口（W1UYF、W2UYF）和一个保护区出入口（T1UYF），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）布置在控制区出入口（W2UYF）西侧，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状况。

#### 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，厂区分为绿化区和非绿化区。

——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) 土石方工程量

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。

#### 10) 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/42/UPP），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。

电厂将在厂内外设置多座环境监测站，其中厂区内设置 2 座，一个布置在厂前区西北侧，另一个布置在放射性废油暂存库西侧。

### 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，尽量选择荒山及贫脊土地，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）。

##### 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（接纳水体）。

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中水回用，多余部分通过地下管道排放至厂址西南侧排水明渠内，进而进入厂址西南部海域（受纳水体）。

#### 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，稀释后经陆域排水暗渠、排水暗涵，排放至 3、4 号机组排水口，或通过地下管道排放至厂址排水明渠进而进入受纳水体。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 响。

### 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 AES-2006 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。

徐大堡核电厂 3、4 号机组是两台电功率 1200MW 压水堆核电机组。其反应堆装置是额定热功率为 3200MWe 的 AES-2006 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。徐大堡核电厂 3、4 号机组的设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

——第一层次防御的目的是防止偏离正常运行及防止系统失效。这一层次要求按照恰当的质量水平和工程实践，例如多重性、独立性及多样性的应用，正确并保守地设计、建造、维修和运行核电厂。所有构筑物、系统和部件都要根据其安全功能及重要程度进行安全分级，针对不同级别采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同的质量保证措施。在第一层次防御中还包括了按经过实践考验的规程进行的核电站在役检查、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、新燃料和乏燃料储存厂房及其厂房内的系统设备。

### 4.2.2.1 堆芯部件

徐大堡核电厂 3、4 号机组的反应堆的组成部分有：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) 第二道屏障

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二道屏障。

## 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卧式蒸汽发生器（JEA）、一台反应堆冷却剂泵（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 2H 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、冷却及排放管线：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。

从稳压器到并包括稳压器安全阀的抗震类别为 I 类；从稳压器安全阀以后到并包括卸压箱的抗震类别为 IIa 类。

#### 4.2.2.3 主要辅助系统

AES-2006 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

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安注箱中的水位和水质。

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

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

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、燃料水池和硼水贮存箱水净化系统

燃料水池冷却系统用于完成下列功能：

- ① 排出存放在燃料水池内的乏燃料组件的余热；
- ② 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：

- ① 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；
- ② 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、机械过滤器、离子交换器、硼水冷却器等。

#### 5) 蒸发器排污系统、蒸发器排污水净化系统

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

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-电力转换系统流程示意图见图 4.2-1。

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

主蒸汽系统：在汽轮机厂房设有主蒸汽联络管，以均衡各主蒸汽管道的压力。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，主汽门和调节汽门送入

汽轮机高压缸。主蒸汽母管上还接有汽水分离再热器的二级再热蒸汽段、汽轮机的轴封系统、辅助蒸汽系统以及汽轮机旁路系统等管路。

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

**凝结水系统：**凝结水系统位于汽轮机本体和除氧器之间的系统，具有将汽轮机的排汽凝结成水；将凝结水从热阱抽出，经过凝结水泵升压，经过疏水冷却器、轴封冷却器和低压加热器后，送至除氧器；接收各疏水箱来的疏水；为电站提供必要的凝结水储存量等功能。

**主给水系统：**用于从除氧器至蒸汽发生器给水入口进行除氧、升压和加热。

**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，通过汽轮机旁路阀(BRU-K)，将蒸汽从蒸汽发生器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快速泄压装置（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；在所有给水泵切掉时（预期运行事件），给蒸汽发生器提供不超过 7%额定流量的给水。

#### 4.2.3.2 汽轮发电机组

徐大堡核电厂 3、4 号机组汽轮发电机组额定功率为 1274.385MW。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、排汽接管和热阱等组成。

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 64% 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。

在凝汽器壳体与接颈之间按抽管方向中心线平行对称布置 3 台合体低压加热器。

热阱布置在管束下方，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。热阱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

徐大堡 3、4 号机组海水取自渤海，其主要功能是向循环水系统、重要厂用水系统提供冷却水；向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；向制冷站提供冷却水。循环水系统和重要厂用水系统采用海水直流冷却方式。

上述海水系统正常运行时的用水量详见表 4.3-1。

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

##### 4.3.1.2 淡水用水

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。

徐大堡核电厂3、4号机组施工期间施工生产用水最大日用水量为 $1400\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $768\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场抑尘、道路浇洒用水量为 $400\text{m}^3/\text{d}$ ，洗车用水量为 $7\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 $2398\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 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，徐大堡核电厂3、4号机组运行期正常运行日用水量为 $5386\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量为 $9367\text{m}^3/\text{d}$ 。

本工程正常运行设计耗水指标为 $0.026\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 。

## (2) 供水水源

徐大堡核电厂3、4号机组施工期间和运行期间的淡水由海水淡化厂房提供，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 $9367\text{m}^3/\text{d}$ 。

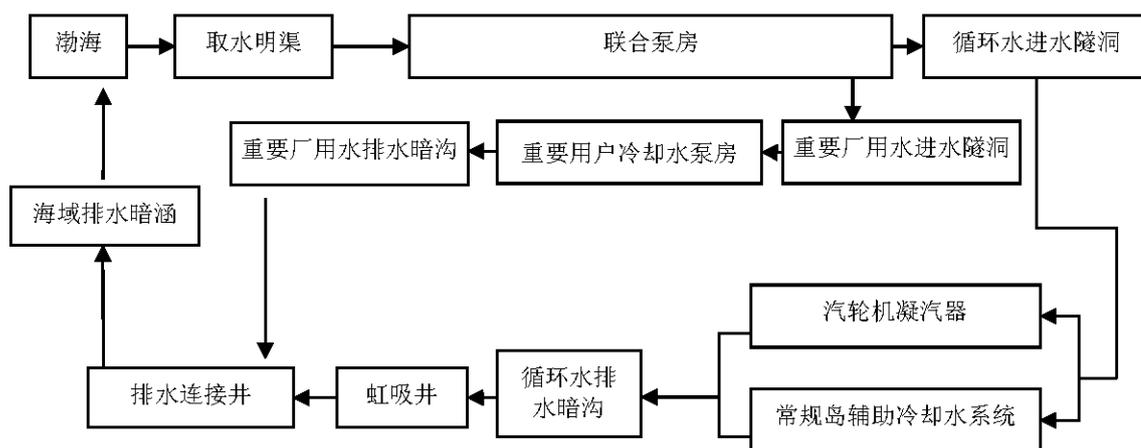
海水淡化厂房的设计规模为 $9600\text{m}^3/\text{d}$ ，可以满足本工程淡水用水要求。

运行期绿化、道路浇洒日用水量约为 $200\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 $211\text{m}^3/\text{d}$ ，再生水产生量约为 $190\text{m}^3/\text{d}$ ，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

徐大堡3、4号机组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。取排水方案总平面布置图见图4.3-1。

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（85 国家高程）的区域，取水渠底开挖至-6.5m（85 国家高程）。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引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

徐大堡核电厂 3、4 号机组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（85 国家高程）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，单孔尺度为 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

徐大堡核电厂 3、4 号机组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，徐大堡核电厂 3、4 号机组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

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程地处海边，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 高压安全注入系统（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系统（JND）的工作压力时，高压安全注入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、控制系统和保障系统，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注系统(JNG1)的管道与含硼水贮存系统(JNK)中的地坑罐连接，地坑罐贮存低浓度含硼水，其容积能满足高压安注系统(JND)、低压安注系统(JNG-1)、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，从低浓度含硼水贮存地坑罐取水。当一回路中压力达到应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG2)或低压安注系统(JNG1)的运行参数时，操作员可手动停止高压安注系统的运行，应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG2)或低压安注系统(JNG1)投入运行。在事故条件下，在要求运行的整个周期时间内系统部件连续运行冷却反应堆。

#### 4.5.2.2 低压安注系统 (JNG1)

低压安注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 JNG1 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、控制系统和保障系统，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。

在安全壳含硼水贮存地坑罐至低压安注泵的入口管线上设置电动隔离阀，防止地坑罐中的水丧失。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。低压安注系统(JNG-1)、高压安注系统(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。

低压安注系统每两个系列与含硼水贮存系统(JNK)中的地坑罐连接，地坑罐贮存低浓度含硼水，其容积能满足高压安注系统(JND)、低压安注系统(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，从低浓度含硼水贮存地坑罐取水。在事故条件下，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（JNG2）

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG2)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注系统投入（JNG1）。

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG2)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。每个安注箱上都各安装 2 个先导安全阀用于超压保护。自安注箱至反应堆的 DN300 管道上设置 2 个止回阀与 2 个快速截止阀。

在核电厂正常运行期间，两个串联的 DN300 止回阀将两个安注箱与反应堆隔开。当反应堆压力低于蓄压箱中压力时，止回阀自动开启并将蓄压箱内的含硼水注入反应堆，两个安注箱与反应堆入口腔室相连，另外两个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连接，可避免当主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(JNG2)在要求其运行的反应堆冷却剂系统的各种泄露情况下向堆芯注入足够的含硼水。

#### 4.5.3 安全壳喷淋系统（JMN）

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。每个系列由一台喷淋泵、一台热交换器和有关的阀门、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硼水贮存箱及安全壳地坑相连接，在核电厂正常运行时，硼水贮存箱内的温度保持在 70℃。

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，构成化学添加剂子系统。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水时，保证为蒸汽发生器提供给水。系统应该在蒸汽发生器中液位降低相关原始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。

系统应该在断电情况下不晚于 120s 保证向蒸汽发生器供水。系统应该在所有冷却阶段在蒸汽发生器中的压力达到 0.1MPa 时，保证向蒸汽发生器供水。系统应该在断电工况下 1 个通道和大气旁排阀运行时，保证最大必须冷却速率 15℃/h。系统应该确保蒸汽发生器保持给定水位。应急给水管道应该独立与蒸汽发生器相接。系统应该在事故情况下运行，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工艺部分、控制系统和保障系统。系列设备实行实体隔离。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。

应急给水系统每个系列的泵吸入管道都与容量各为 700m<sup>3</sup> 的除盐水贮存箱相连，箱中除盐水的温度为+20℃到+25℃。

应急给水的部分设备，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变为冷停堆状态。

## 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生活化产物。

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\*）；
- 液体放射性废物处理系统（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，放射性活度浓度相对较高的特下水进入特下水接收槽 KPF12BB001 中，放射性活度浓度相对较低的废液进入低放废液接收槽 KPF60BB001/002；

——将收集的特种下水分别输送到液体放射性废物处理系统（KPF）、含硼疏水收集系统（KTC）的贮槽；

——对核岛内由 KTT10 子系统收集的废水进行监测排放，对常规岛内由 LDL 系统收集的废水进行监测排放。

##### 2) 系统描述

——反应堆厂房特种下水收集系统（KTF）分类收集反应堆厂房内不含硼介质的设备和房间地面排水、含硼介质的设备和房间地面排水，并通过输送泵分别送往液体放射性废物处理系统（KPF）和含硼疏水收集系统（KTC）；

——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，将特下水通过输送泵送到特下水收集槽 KPF12BB001，厂房高层处中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 系统管道进入低放废液接收槽 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、安全厂房、反应堆厂房、核服务厂房房间去污、管道泄漏以及火灾后控制区内产生的放射性废液。KTH40 收集的特下水通过输送泵送到贮槽 KPF12BB001，由 KTH20、KTH21 收集的相对洁净排水送至低放废液接收槽 KPF60BB001/002；

——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。

——LD 过滤器（即除盐器）酸碱再生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 液体放射性废物处理系统（KPF）

##### 1) 系统功能

液体放射性废物处理系统（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。

##### 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。

排水地坑 KPF12BB001，溢流槽 KPF10BB003 及排水槽 KPF20BB001、KPF20BB002 房间设置钢敷面。

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  $10^5$ ，冷凝液过滤器（除盐器）的去污系数为 10~100。净化后的冷凝液作为补给水，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 20m<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放射性废物处理中心（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放射性废物处理中心（T4UKT）处理。

经旋流净化后的废液送入贮槽 KPF20BB001/002。贮槽 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 调节并将进行废液取样。用排水槽泵 KPF21AP001 或 KPF22AP001 将排水贮槽 KPF20BB001、KPF20BB002 内的废水混合。

用排水槽泵 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，然后初步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，冷凝液自流入缓冲槽 KPF30BB001，后蒸发器 KPF30AT002 的二次蒸汽在冷凝器 KPF30AC030 内冷凝，同样流入溢流槽 KPF10BB003。冷凝液泵 KPF41AP001、KPF42AP001 将 KPF10BB003 的冷凝液送至冷却器 KPF40AC001 冷却，然后经过滤器（离子交换器）KPF40AT001、KPF40AT002 过滤后进入监测槽 KPF40BB001、KPF40BB002 中的一个，冷凝液在监测槽内经混合、取样分析，合格后用泵 KPF43AP001、KPF44AP001 将冷凝液送到排放渠。当冷凝液监测不合格时，可以将其返回到排水贮槽 KPF20BB001、KPF20BB002 进行二次净化。

未冷凝的蒸汽和气体的混合物从冷凝器 KPF30AC010、KPF30AC030 送到排气冷凝器 KPF30AC020。排气冷凝器中的不凝气体进入贮槽排气处理系统（KPL3），而蒸汽的冷凝液流入缓冲槽 KPF30BB001。

KPF60BB001/002 用于接收来自各个厂房相对洁净的排水以及消防水、来自特种洗衣房系统（SRP）的超标洗衣水、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。在进行取样后将废液送至 KPF60AT001/002 进行离子交换处理。处理后的废液进入 KPF60BB003，此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放射性废物处理中心（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：含盐量为 400g/L 的蒸残液 13m<sup>3</sup>，废树脂 13.9m<sup>3</sup>。

KPK 系统设有 2 个 80m<sup>3</sup> 蒸残液贮槽、2 个 30m<sup>3</sup> 中放废树脂贮槽、一个 30m<sup>3</sup> 低放废树脂贮槽、一个 80m<sup>3</sup> 备用贮槽。

##### 3) 系统描述

###### ——浓缩液的处理

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。

含盐量为 400g/L 的蒸残液自流入蒸残液贮槽 KPK10BB001 或 KPK10BB002。当蒸残液的含盐量低于 400g/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放射性废物处理中心（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）和液体放射性废物处理系统（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放射性废物处理中心（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 200L 钢桶，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，等依据放射性水平进行处理。

#### 4.6.2.4 放射性废水槽式排放

徐大堡核电厂 3、4 号机组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：

- 液体放射性废物处理系统（KPF）的监测与排放单元；
- 核服务厂房特种下水收集系统（KTT）；
- 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；
- LD 过滤器酸碱再生液；
- 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) 液体放射性废物处理系统（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（除 H-3 和 C-14 外其他放射性核素的浓度上限值为 200Bq/L）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（KPF40CR001），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）

常规岛液态流出物排放系统（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：

——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（单台机组年排放量 62400m<sup>3</sup>）；

——机组启动初期，30%负荷以下的疏排水（包括高加疏水、低加疏水、MSR 疏水等，单台机组年排放量 13110m<sup>3</sup>）；

——常规岛厂房检修时的含油废液（除油后）和设备管道疏水（单台机组年排放量 1320m<sup>3</sup>）；

——蒸汽发生器化学清洗后的冲洗水（160m<sup>3</sup>/a，每年一次）。

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（除 H-3、C-14 外其他放射性核素的浓度上限值为 200Bq/L）时，通过虹吸井（W1UQF）稀释后有控制地向环境排放。

LDL 系统设置三个 1000m<sup>3</sup> 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、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一台流量测量仪表。

#### 4.6.2.5 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控制贮箱（KPF40BB001/2, KPF60BB001/2/3）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。

辅助厂房控制贮箱 KTT10BB001/2/3、SRP50BB001/2 存在以下排放水：

——卫生检验室淋浴间的疏水；

——专用洗衣房的有条件清洁疏水。

在设计工况下单台机组废液年排放量（除氚和 C-14 以外）为  $4.95E+00$ GBq/a，液态氚的年排放量为  $3.53E+04$  GBq/a，液态 C-14 的年排放量为  $3.38E+01$  GBq/a。

在现实工况下单台机组废液年排放量（除氚和 C-14 以外）为  $1.41E-01$ GBq/a，液态氚的年排放量为  $1.65E+04$  GBq/a，液态 C-14 的年排放量为  $3.64E+00$  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 NP-001-15，KPL10 系统中设备分级如下：

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

——根据俄罗斯标准 NP-089-15，除稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管

道以及安全壳隔离阀及其之间的管道外，其他设备的质量分组为 C 类；

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

KPL10 系统中稳压器卸压箱排气管路上的截止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。

进入本系统的气体放射性浓度为  $10^{-1}\sim 10^4\text{GBq/m}^3$ ，系统接收来自一回路补给水除气器（KBA10BB001）的排气  $130\text{kg/h}$ （ $\sim 3\text{Nm}^3/\text{h}$ ）；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）和有组织泄漏冷却器（KTA10AC001）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  $0.68\text{MPa}$ ，但系统的抗压强度按  $1.0\text{MPa}$  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  $130\text{kg/h}$  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  $234\text{Nm}^3/\text{h}$  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  $9\text{m}^3$  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  $140^\circ\text{C}$ ，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  $350^\circ\text{C}$ ，进入气体冷却器（KPL11AC002）冷却至  $50^\circ\text{C}$ ，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（ $2\text{Nm}^3/\text{h}$ ）和有组织泄漏收集槽（KTA10BB001）

排气 ( $20\text{Nm}^3/\text{h}$ ) 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 KTC 系统的含硼疏水箱 KTC10BB001。

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载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 NP-001-15，放射性气体处理系统属于非安全相关系统。KPL30 系统中所有设备分级如下：

——根据俄罗斯标准 NP-001-15，设备的核安全等级为“3H”；

——根据俄罗斯标准 NP-089-15，设备的质量分组为“C”；

——根据俄罗斯标准 NP-031-01，设备的抗震等级为“抗震 II 类”。

KPL30 系统中沸石再生循环线设备及阀门由第三组可靠供电系统供电，其他所有能动设备均由第二组可靠供电系统（柴油发电机组）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  $\sim 2\text{Nm}^3/\text{h}$  到除氧排气时的  $\sim 3.76\text{Nm}^3/\text{h}$ ；
- d) 水封槽收集的冷凝液输送到含硼疏水箱 KTC10BB001。

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  $2 \times 10^{-3} \sim 10^2 \text{GBq/m}^3$ 。

### 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  $10 \sim 5 \text{kg/m}^3$  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、氪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  $20 \text{m}^3$ 。

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  $2 \sim 62 \text{Nm}^3/\text{h}$  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  $93.6 \text{Nm}^3/\text{h}$  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  $400^\circ\text{C}$ ，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  $40^\circ\text{C}$ 。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  $220^\circ\text{C}$  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 NP-001-15，贮槽排气处理系统为非安全相关系统。KPL3 系统中的所有设备分级如下：

——根据俄罗斯标准 NP-001-15，设备安全等级为“3H”；

——根据俄罗斯标准 NP-089-15，设备质量分组为“C”；

——根据俄罗斯标准 NP-031-01，设备抗震等级为“抗震 II 类”。

KPL3 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  $5\sim 5\times 10^{-5}\text{GBq}/\text{m}^3$ 。气溶胶过滤器的效率为 99.96%，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），再送到含硼疏水收集系统的含硼水输水箱（KTC10BB001）。

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，停止排放。

### 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，减少气载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于下述厂房，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

——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

——核服务厂房

核服务厂房生活区及控制区特种洗衣机房排风系统 KLT22、KLT23。

##### 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载放射性碘。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/KLD11 系统由两台风量均为100%的机组（一备一用）、阀门和风管组成。每台通风机组由对应通道的正常供电系统和正常可靠供电系统供电。安全壳隔离阀由应急供电系统供电。KLD10系统与KLE10系统相连，KLD11系统由下述部件组成：

- 除雾器；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭截断阀；
- 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，并通过风管将风送到安全壳的上部空间以及楼梯、电梯和环形吊车的控制小室。

从蒸汽发生器间、KBE 过滤器间和 KBA 热交换器间通过风管和隔离阀排风，经 KLD11 系统过滤器组，由通风高烟囱排入大气。

送风系统 KLE10 停运时，排风系统 KLD11 继续工作，通过变频风机改变风量，保证服务房间的负压。

当过滤机组发生火灾时，布置在安装在过滤器机组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

当反应堆厂房发生火灾时，根据火灾探测器信号，KLD11 排风系统停运，送风系统 KLD10 不送风。

### 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；

——密闭截断阀；

——安全壳隔离阀

——防火阀

——风管。

KLD21 排风系统由下述部件组成：

——密闭截断阀；

——安全壳隔离阀；

——双速风机；

——过滤机组。

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 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  $24000 \pm 600 \text{ m}^3/\text{h}$ 。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，KLD20 系统周期性开启并运行一段时间以净化安全壳内空气。为提高 KLD20 系统的可靠性，KLE30 系统风机可作为备用风机使用。如果 KLE30 系统不运行，KLE30 系统风机可以投入运行。

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 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。

#### 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；

- 1) 反应堆厂房 KLD10；
- 2) 安全厂房 KLG01；
- 3) 核服务厂房 KLT10；
- 4) 贮存库厂房 KLF10、KLF11；
- 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) 固体放射性废料贮存库厂房 KLF21、KLF22；
- 4) 保证下述厂房检测通道区域房间内负压：

——与通风系统 KLC02、KLC13、KLC23、KLC33、KLC43 连接，从反应堆厂房机组之间空间排风，并保证此区域的负压。

#### 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) 安全壳环形空间负压：KLC02、KLC13、KLC23、KLC33、KLC43。

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；
- 过滤设备生产能力 25000 立方米/小时；
- 过滤器内空气净化粒径按 0.3 微米和 2.0 微米最容易渗入微粒设计：
- 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，+15℃—+40℃；
- 安全厂房，+5℃—+45℃；
- 辅助厂房，+5℃—+45℃；
- 核服务厂房，+15℃—+40℃；
- 固体放射性废料贮存库，工艺运输设备仓库，+15℃—+40℃。
- 新核燃料贮存库，+15℃—+25℃。

#### 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；
- 高效过滤器；
- 水加热器；
- 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。

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。

KLE30 系统还包括 8 套过滤机组，包括气溶胶过滤器和碘吸附器。4 台运行，4 台备用。

#### 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℃。

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。此时，KLE30 系统过滤机组全部使用。

#### 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

在设计基准事故下，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，容量 50%（2 用 2 备）、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。

当安全壳中压力升高到大于 300 帕(余压)时，自动投运 KLC11AN011、KLC21AN011、KLC31AN011、KLC41AN011 风机。

当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。

当反应堆厂房环形空间负压超过 400Pa 时，操纵员在 MCR 或 SCR 关闭 KLC11AN011、KLC21AN011、KLC31AN011、KLC41AN011 风机。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。

KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统

### 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。

### 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℃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℃时系统停运。

#### 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

### a) 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。

KLF25 用于对 KLF25 净化设备对固体放射性废料处理综合体排风的净化。

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。

### b) 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。

KLF25 排风系统由风机、过滤器、防火阀、风管组成。

### 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，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。

KLF2 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 核服务厂房

##### a) 设计目的

KLT 系统用于对核服务厂房控制区的房间进行通风换气。

其中：

KLT10 从 KLE10 系统取风，为核服务厂房控制区所有房间送风，确保房间内的通风换气；

KLT11 保证核服务厂房控制区的温度及换气要求；

KLT20 为核服务厂房控制区的排风系统；

KLT15 为运输通道排风；

KLT21 为实验室的排风；

KLT22 为核服务厂房生活区排风；

KLT23 为控制区特种洗衣机房进行通风。

##### b) 系统组成及描述

KLT10 送风系统取自 KLE10 系统，送往核服务厂房控制区；KLT20 排风系统排入 KLE20 系统。

生活房间送风系统 KLT12 由 2x100%的 2 台通风设备、配件、空气管路组成。

生活房间排风系统 KLT22 由 2x100%的 2 台通风设备、防火阀、空气管路组成

KLT23 为控制区特种洗衣机房进行通风，由两台 2x100%的通风机和阀门、风管组成，风机一用一备。

KLT15 为运输通道排风，包括一台排风机和风管。

##### 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，系统运行。

#### 4.6.3.4.3.6 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。烟囱中设有监测气载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  $3.86E+04GBq/a$ ，碘的年排放

量为  $4.96\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为  $1.29\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的年排放量为  $3.53\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的年排放量为  $3.34\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

在现实工况下单台机组排放量：惰性气体的年排放量为  $6.63\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，碘的年排放量为  $7.55\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为  $3.02\text{E}-03\text{GBq/a}$ ，气态氙的年排放量为  $3.57\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的年排放量为  $6.75\text{E}+01\text{GBq/a}$ 。

#### 4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

放射性固体废物处理系统用于收集和处理徐大堡核电厂 3、4 号机组产生的放射性固体废物，并对处理后的废物包进行暂存。放射性固体废物处理系统包括核辅助厂房(UKA) 内的核岛放射性废液转运系统(KPH)、核岛的废物暂存库(41UKT)和放射性废物处理中心(T4UKT)内的相关系统。

##### 4.6.4.1 设计基准

徐大堡核电厂 3、4 号机组放射性固体废物处理系统设计基准如下：

——本工程需要处理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（含可降解废物）。

——核岛内的放射性废物处理系统是安全相关的系统，部分设备为核安全 3 级，其他设备为非核安全级（NC）；放射性废物处理中心内的放射性废物处理系统是非核安全级系统，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、旋流器泥浆、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。

——本工程采用可降解防护用品，形成的废弃物在 T4UKT 进行降解处理，减少废物包产生量；可降解处理产生的二次废物进行水泥固定处理，形成 200L 钢桶废物包在 T4UKT 的暂存库内暂存。

——普通干废物采用分拣、初级压实、超级压实和水泥固定的处理工艺，经处理后形成的 200L 钢桶废物包在 T4UKT 的暂存库内暂存。

——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 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）内的核岛放射性废液转运系统（KPH）、核岛的废物暂存库（41UKT）和放射性废物处理中心（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）产生的旋流器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。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旋流器泥浆，KPH20 子系统用于转运蒸残液，KPH30 子系统用于转运废树脂。

##### 2) 41UKT

41UKT 用于暂存大件废物和待解控废物。主要设备是 1 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)、可降解处理系统(KPW)、固体废物运送和水泥固定系统(KPD)、混凝土 HIC 封装系统(KPR)、放射性固体废物贮存系统(KPE50)、特种洗衣房(SRP)和放射性废液收集排放系统(KTD)。

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。

干废物处理系统对干废物进行分拣、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。

可降解系统用双氧水对可降解废物进行降解处理，残渣装入 200L 钢桶进行水泥固定。

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。

混凝土 HIC 封装系统用于将装有烘干废树脂、蒸残盐和泥浆的钢桶装入混凝土 HIC，并灌浆封盖。

放射性固体废物贮存系统用于对 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、1 台电动吊车。

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、烘衣机、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、可降解废物处理系统废水、人员去污水、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核岛进行处理。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。

#### 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)内的核岛放射性废液转运系统(KPH)、核岛的废物暂存库(41UKT)和放射性废物处理中心(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，工作人员站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、蒸残液或旋流器泥浆以后，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。接收废树脂和蒸残液时，软管和快速接头都位于控制区内，软管和快速接头的结构确保输送和断开时不会发生滴漏，万一软管发生破裂或泄漏时，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。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，确保无放射性物质泄漏。

## 2) 41UKT

41UKT 内设置一台电动桥式吊车，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、可降解处理系统、固体废物运送和水泥固定系统、混凝土 HIC 封装系统、放射性固体废物贮存系统、特种洗衣房和放射性废液收集排放系统。

### a) 蒸残液处理系统运行

在 UKA 厂房通过 KPH 系统将核岛产生的蒸残液和泥浆装载到蒸残液和泥浆运输槽车并运输到 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。

蒸残液和泥浆贮存在 T4UKT 的蒸残液接收槽中，蒸残液接收槽设有循环管路和喷射器以混匀蒸残液和泥浆，蒸残液和泥浆通过软管计量泵送到各桶内干燥器，当桶内干燥器内的 200L 钢桶到达指定液位后，连锁关闭软管泵。钢桶侧面和底部的加热装置开始加热，

再分批次加入浓缩液和泥浆，当 200L 钢桶内的固态物满足装填率要求后进行封盖，再送往混凝土 HIC 封装系统进行封装。

#### 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板结，废树脂接收槽设有底部滤网，通过测量废树脂贮槽内的水位和树脂位确定树脂和水的比例。需要进行处理时，通过废树脂输送泵将废树脂接收槽中的废树脂泵送到废树脂锥形干燥器。锥形干燥器一边搅拌一边通过油加热单元加热，烘干后，废树脂装入 200L 钢桶，满足装填率要求后进行封盖，再送往混凝土 HIC 封装系统进行封装。

#### c) 干废物处理系统运行

干废物在控制区收集后，用厢式货车运往 T4UKT，卸载到废物暂存间。需要处理时，用叉车或推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 165L 桶内初级压实，经初压后的 165L 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。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) 可降解处理系统运行

##### 溶解

将用过的可降解防护用品放到处理器的溶解槽中，向溶解槽中注入加热超过 110°C 的热水，可降解防护用品开始溶解，溶解循环泵连续运转促使混合和溶解。待 PVA 材料完全溶解后加入定量的过氧化氢作为氧化剂，使溶解的 PVA 分解，溶解液转化为弱有机酸溶液。随后通过热交换器对溶液进行冷却，此时 PVA 的含量接近于零。任何不溶解的物件都留在溶解槽中，在下一次运行之前可以取出，作为固体废物进行处理。

##### 过滤

溶解后的废液经过机械过滤器过滤，过滤后的溶液送入 TPVA 暂存槽，然后送至热氧化处理单元进行处理。

##### 热氧化

首先，空气加热到 760°C 后吹入到热氧化装置中。系统压力为一个大气压。过滤后的 TPVA 溶液计量加入到热氧化装置。高温会破坏 TPVA 键，生成一氧化碳和二氧化碳。含

有一氧化碳、二氧化碳和水蒸气的空气进入到催化处理室。在高温及催化剂（镀铂金属）条件下，一氧化碳转化成二氧化碳。最后，用冷却水系统将水蒸气进行冷凝。冷凝水排至放射性废液收集系统，不凝气体通过厂房通风系统排出。

#### e) 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。

#### f) 混凝土 HIC 封装系统运行

运行过程中，用厂房吊车将空的混凝土 HIC 吊运到封装设备工位，再将装有干燥废树脂、蒸残盐和泥浆的钢桶用吊车放入混凝土 HIC 中，再盖上 HIC 容器盖。钢桶与 HIC 容器壁之间的空间及 HIC 桶体与盖板之间的环形缝隙用水泥浆填充、固定，形成具有一定强度的稳定废物包。混凝土 HIC 废物包经养护后，在废物暂存库的相应区域暂存。

#### g) 放射性固体废物贮存系统

放射性固体废物贮存系统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。放射性固体废物贮存系统包括 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。“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 4 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 3 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和 1 台电动双梁起重机，用于吊运废物包和盖板。

#### h) 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 5 台 50kg 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核服务厂房特种污水系统（KTT）。

### （3）净衣物烘干

SPR 系统设有 3 台 50kg 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压实处理。

### （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。

#### i) 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）。

KTD10 子系统洗涤废水接收槽主要用于接收来 T4UKT 厂房内产生的洗涤废水。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，泵联锁启动，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 管线送至废液处理系统（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限值时，联锁关闭排放管线上

的电动隔离阀，以实现对流物受控排放。

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进行循环取样分析和待排放。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。特下水槽主要用于接收来自 KPM、KPN、KPG 系统的冷凝液以及特下水槽间地坑收集的废水。每台贮槽配有一台特下水泵，贮槽达到高液位时，泵联锁启动，循环搅拌贮槽内的废液，经取样分析合格输送给洗涤废水接收槽的排放管路监测排放，否则送往废液处理系统（KPF）进行处理。

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进行循环取样分析和待排放。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，贮槽达到高液位时，泵联锁启动，循环搅拌贮槽内的废液，经取样分析合格输送给洗涤废水接收槽的排放管路监测排放，否则送往废液处理系统（KPF）进行处理。

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 KTD10 子系统和 KTD20 子系统的地坑。

#### 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。

——徐大堡核电厂 3、4 号机组采用可降解工作服和防护用品替代传统的棉质防护用品。可压实杂项干废物的量将减少至替代前的 40%。

##### 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，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，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，将其放在废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行清洁解控。

——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。

——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，对废树脂采用热态超级压实的方法处理，对蒸残液和泥浆采用蒸发、桶内干燥、超级压实和水泥固定的方法处理，相对于传统的水泥固化工艺可以更有效减容。

——将干废物分为可压实杂项干废物、浸湿的可压实杂项干废物和不可压实废物以及可降解废物分别进行处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物进行初级压实、超级压实和水泥固定处理；不可压实废物进行水泥固定处理。

——可降解废物采用降解工艺处理，可降解处理的减容系数可达 120，显著减少最终固体废物包产生量。

#### 在运行方面：

——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。

——对符合豁免或清洁解控条件的废物及时申请豁免或解控。

根据本工程放射性废物处理方案，在满足标准规范要求的同时，每年每台机组放射性废物包体积预期值约为 47.9m<sup>3</sup>。

#### **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，运往规划的放射性废物处置场。计划每两年向规划中的放射性废物处置场运输一次（多批）废物包。

放射性固体废物包（200L 钢桶废物包）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》。

#### **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（含可降解废物）。

#### 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）产生的废树脂送入废树脂贮槽；

——液体废物处理系统（KPF）产生的废树脂送入废树脂贮槽；

——重要厂用水中间冷却回路（KAA）和蒸汽发生器排污水净化系统（LCQ-2）系统的废树脂进行贮存衰变。

#### b) 蒸残液和旋流器泥浆

蒸残液来自液体废物处理系统（KPF）的蒸发器，是主要含硼酸钠、硼酸或其它化合物的水溶液。

旋流器泥浆来自液体废物处理系统（KPF）的旋流器，是主要含不溶固态物质的泥浆。

#### 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放射性废物处理中心（T4UKT）进行分拣（如需要）、干燥（如需要）、超级压实（如需要）和水泥固定处理。可降解废物经降解处理后产生的二次废物在 T4UKT 进行水泥固定处理。

### 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，达到可以用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) 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；
- (2) 反应堆堆芯装载量为 163 组燃料组件，前两个循环按照年换料设计，后续循环按照 18 个月换料设计。年换料时，每次更换堆芯中的 48 组燃料组件，进入 18 个月长换料周期时，每次更换 72 或 73 组燃料组；
- (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可贮存 10 年间反应堆正常换料卸出的乏燃料组件，以及在反应堆压力容器、堆内构件检查、维修和在事故情况下需卸出的整个堆芯的燃料组件；
- (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。池水中的含硼浓度为 16~20 克/立方分米。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；
- (9) 在反应堆大厅内用环吊进行工艺运输设备的所有操作。

#### 4.6.5.2 乏燃料贮存系统描述

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靠近反应堆的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的衰减可达到运输要求的允许值，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。根据设计准则，贮存水池中的乏燃料贮存格架有 732 个贮存空位，24 个破损组件密封容器贮存空位，这可满足在 10 年间反应堆正常换料卸出的乏燃料组件和反应堆在事故情况下或压力容器、堆内构件检修时需同时卸出整个堆芯燃料组件的贮存需求。乏燃料组件在冷却水池中采用强迫循环冷却。乏燃料贮存的次临界度不小于 0.05。

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) 乏燃料贮存系统的布置、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

为满足徐大堡核电厂 3、4 号机组的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理，用于生产淡水的海水淡化系统所需的原料海水也需要进行一定的预处理。

化学处理的主要方法是在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证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、调节反应堆的反应性、水处理用树脂的再生、达到水处理工艺效果、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

徐大堡核电厂 3、4 号机组释放到环境中的化学物质主要产生于循环水系统、生产生活用水的海水淡化系统和除盐系统、凝结水精处理系统等环节。

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

徐大堡核电厂 3、4 号机组采用电解海水的工艺来获取次氯酸钠，海水经过滤网过滤后进入电解系统。从次氯酸钠发生器中出来的次氯酸钠溶液进入次氯酸钠贮箱中，氢气在其中被分离出去，稀释后排入大气。次氯酸钠溶液从贮存箱中通过加药泵进入加药点。

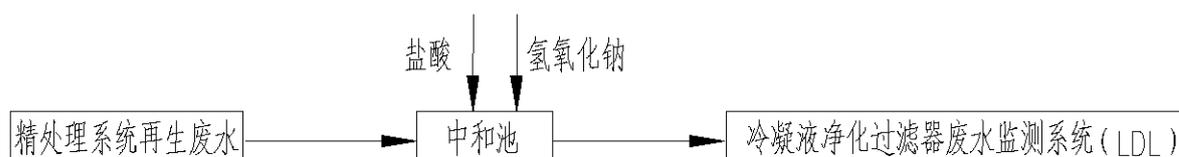
生产生活用水系统的原水取自海水，海水淡化系统采用膜法反渗透工艺。海水淡化反渗透装置每天排出总量约 13520 m<sup>3</sup> 的浓盐水。

海水淡化系统加入的化学物质主要为次氯酸钠、聚合氯化铁、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 NaHSO<sub>3</sub>。

经过海水膜反渗透装置处理的一级产水再经二级反渗透处理后分别供向除盐水生产系统和饮用水系统。除盐水生产系统再经过离子交换工艺供向厂区。

除盐水生产系统从二级淡水箱获取原水，原水经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。除盐水生产系统的树脂再生产生的酸碱废液经中和处理（使 pH 值达到 6~9）后会含有少量化学物质。再生废液中含有 NaCl、以及少量的 HCl 和 NaOH。

凝结水精处理酸碱废水处理简易流程图如下：



#### 4.7.1.2 废水来源及排放

徐大堡核电厂 3、4 号机组排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 循环水处理系统（海水加氯系统）；
- 海水淡化浓盐水的排放；
- 生产用水系统的除盐处理；
- 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。

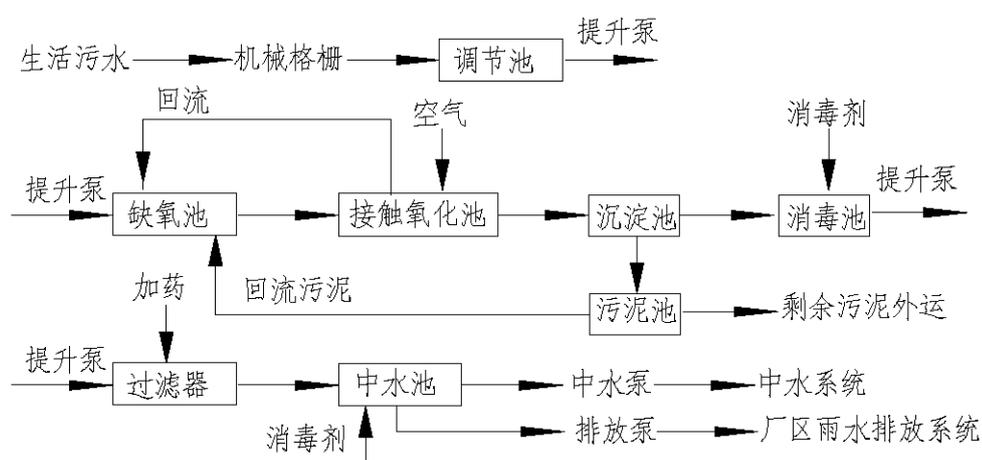
#### 4.7.2 生活废物

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。本工程生活污水由生活污水排水系统收集送至生活污水处理站集中处理。生活污水经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）要求后，出水用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海。徐大堡核电厂全厂设置一座生活污水处理站，设计规模 1500m<sup>3</sup>/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 211m<sup>3</sup>/d，大修期增加 173m<sup>3</sup>/d。生活污水处理站处理能力可满足本工程需要。

生活污水处理站主要工艺流程图如下：

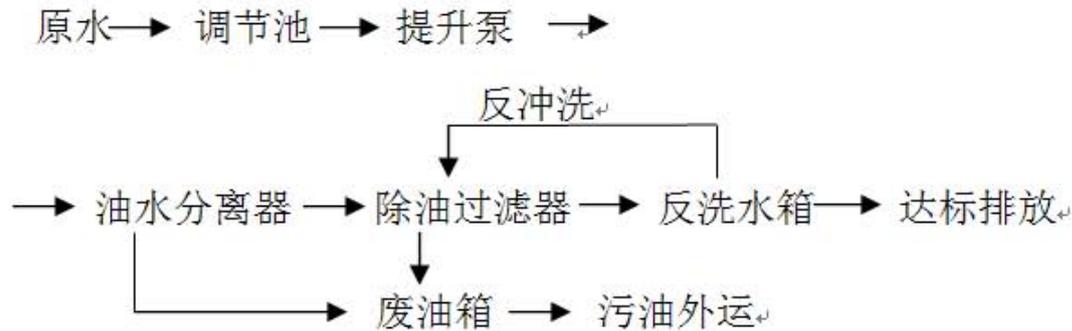


### 4.7.3 其它废物

#### 4.7.3.1 非放射性含油废水、废油

本工程运行期产生的其他废物主要为非放射性含油废水、废油、固体废物等。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 2×5m<sup>3</sup>/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（含油类<3mg/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：



#### 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危险废物和一般工业废物。

一般工业废物主要为水处理过程中产生的污泥和膜组件。海水淡化处理和生活污水处理过程中产生的污泥，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。本工程海水淡化厂房设置污泥池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

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

危险废物包括除盐水处理过程中废弃的离子交换树脂等，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。本工程由具有收集、贮存、处置危险废物资质的指定单位对废树脂等进行收集、贮存和处置。

### 4.8 放射性物质厂内运输

#### 4.8.1 新燃料运输

徐大堡核电厂 3、4 号机组采用 AES-2006 堆型。新燃料组件运输拟采用俄罗斯的新燃料运输容器，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《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

本项目的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。徐大堡核电厂 3、4 号机组首炉新燃料组件由俄方提供，运输容器由生产厂运至徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的新燃料贮存库。

### 4.8.2 乏燃料运输

从核电站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徐大堡核电站 3、4 号机组工程，运输终点为规划中的乏燃料后处理厂。

### 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放射性废物处理中心（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厂内专用路线工作，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 700L 混凝土 HIC 废物包。200L 钢桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求，混凝土 HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器》的要求；废物包性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》和 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》的相关要求。

放射性固体废物经处理后形成的 200L 钢桶废物包和 700L 混凝土 HIC 废物包在暂存库暂存一定年限后运往处置场进行最终处置。放射性固体废物包外运拟采用公路运输，在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。

表 4.3-1 海水冷却水量 (m<sup>3</sup>/h)

机组 编号	单机容量 (MW)	夏季凝汽器 冷却水	冬季凝汽器 冷却水	辅机热交换 器开式水	重要厂 用水	海水制 氯用水	鼓网反冲 洗水	海水淡化 用水	制冷站 用水	总水量	
										夏季	冬季
3	1200	235440	141264	4640	3600	270	600	840	1820	247210	153034
4	1200	235440	141264	4640	3600	270	600	840	1820	247210	153034
合计	2400	470880	282528	9360	7200	540	1200	1680	3640	494420	306068

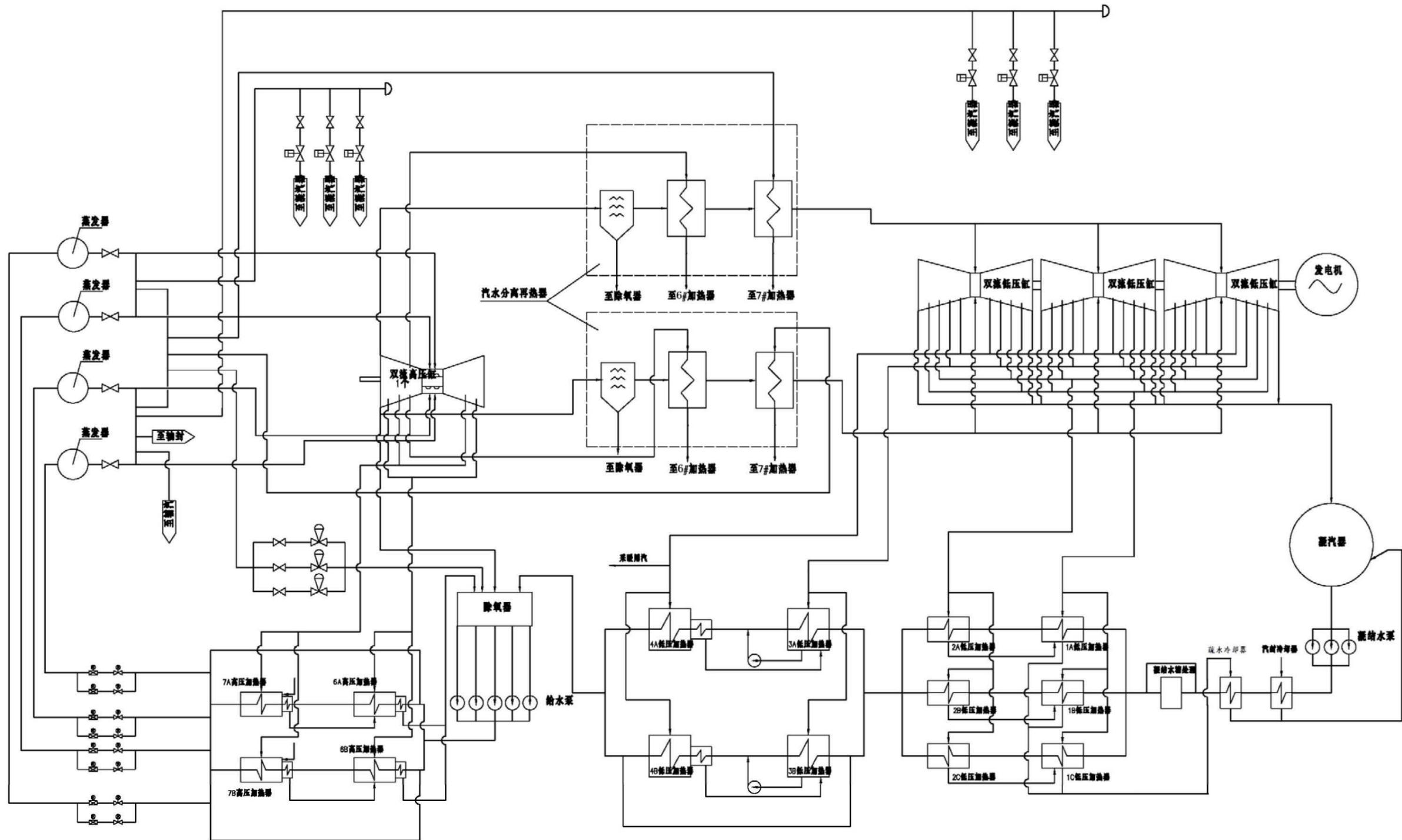


图 4.2-1 蒸汽-电力转换系统流程示意图

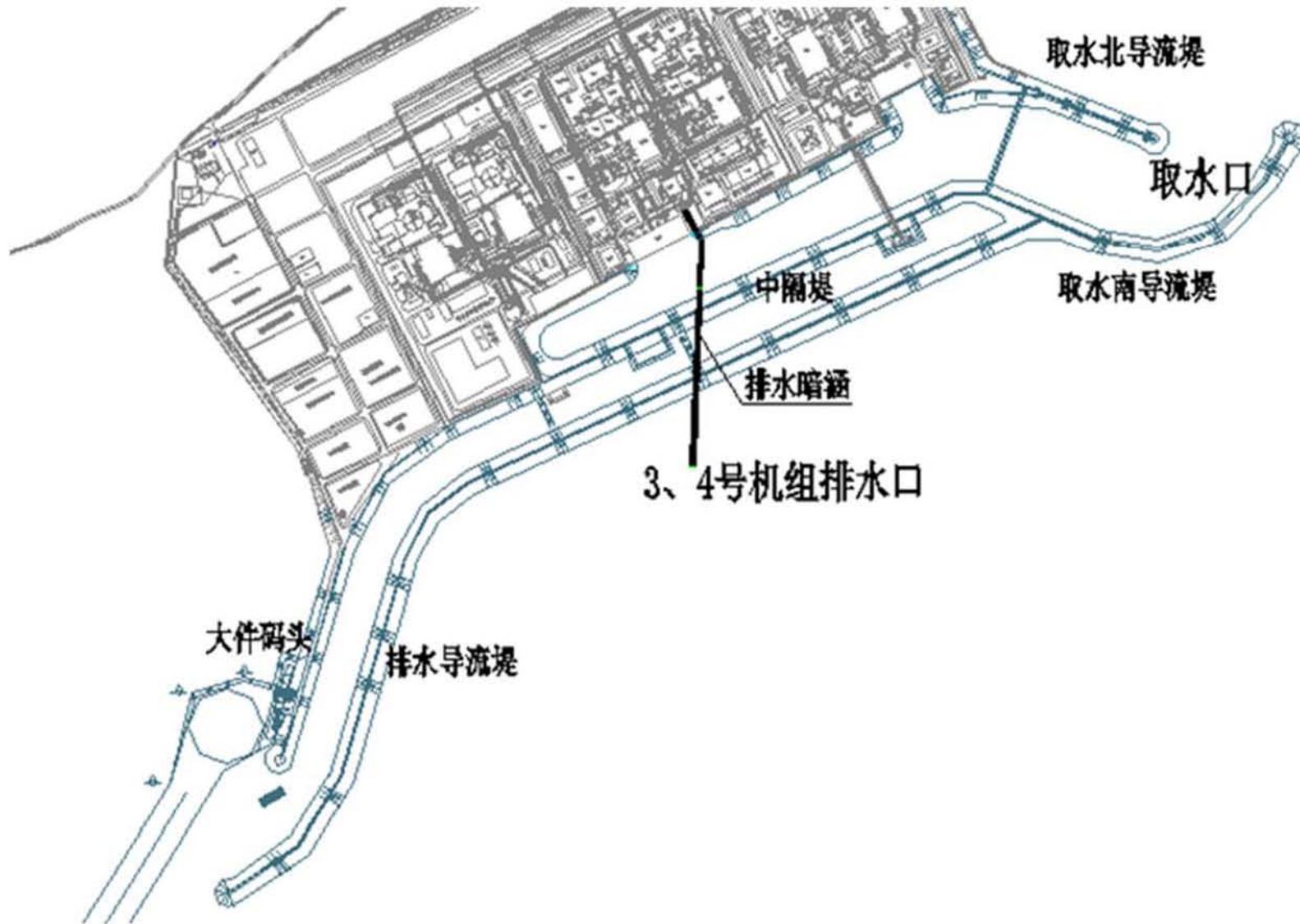


图 4.3-1 各期取水口的相对关系示意图

## 第五章 核电厂施工过程的环境影响

### 5.1 土地利用

- 5.1.1 施工建设对土地利用的影响
- 5.1.2 施工建设占用土地情况
- 5.1.3 施工活动对自然环境的影响
- 5.1.4 施工活动对社会环境的影响

### 5.2 水的利用

- 5.2.1 施工活动对水资源利用的影响
- 5.2.2 海域施工对水体环境的影响
- 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 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）厂区用地已在一期工程完成场地平整，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) 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）考虑设置在电厂施工场地内，且尽量借用后期工程预留用地，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。

### 5.1.2 施工建设占用土地情况

#### 5.1.2.1 土地使用情况

本工程为扩建工程，工程总用地面积为  $157.77\text{hm}^2$ （不含厂外设施用地），其中永久用地  $79.38\text{hm}^2$ ，临时用地  $78.39\text{hm}^2$ 。

#### 5.1.2.2 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。

### 5.1.3 施工活动对自然环境的影响

#### 5.1.3.1 对地形地貌的影响

徐大堡核电厂厂址已在一期工程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。

因此对因工程建设而引发水土流失的区域，采取如下行之有效的水土保持措施：临时堆场以临时防护措施为主，厂区的开挖裸露面以绿化措施为主，其它区域根据项目区的环境状况及可能造成水土流失的特点，采取相应的水土流失防治措施，对重点水土流失区域在工程建设期及植被恢复期还需进行水土保持监测，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

工程施工期需要对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作也将破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，将根据现场施工情况采取相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也将采取相应的恢复措施，预计本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

#### 5.1.3.4 对大气环境的影响

施工过程中，由于土石方施工的爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

#### 5.1.3.5 对声环境的影响

施工期间，土石方开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环

境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

#### 5.1.3.6 对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。

施工期生活污水输送到生活污水处理站集中处理，经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）标准后尽可能回用于施工场地降尘、道路浇洒绿化等，回用剩余再生水暂存在生活污水处理站的回用水池中，当水池液位超高时溢流排放。生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准。

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。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准的污水允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。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。

施工期间危险废物主要包括：1、土建工程废物：废油漆桶；使用酸进行清洗产生的废酸液；显（定影液）；废弃机油、润滑油；失效油漆；废油漆桶。2、安装工程废物：丁醇、丙酮；废弃柴油、汽油；废弃机油、润滑油等；废显（定）影剂、胶片及废像纸；废腐蚀液、废洗涤液等；油漆桶；废弃的铅蓄电池；废电路板；废油漆；废酸。土建、安装施工产生的各类危险废物，先暂存在库房，然后由专业单位处理。

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

#### 5.1.4.1 对厂区周围历史古迹的影响

厂址半径 15km 范围有市级以上文物遗迹 5 处，其中省级 2 处、市级 3 处，距离厂址最近的文物古迹为大窑坑遗址，位于厂址 WSW 方位 8.6km。由于距厂址较远，可不考虑施工活动的影响。

### 5.1.4.2 对风景名胜区的影晌

厂址半径 15km 范围内无风景名胜区。

### 5.1.4.3 对居民生产生活的影响

本工程在建设期间需要大量的工程施工人员，这些外来施工人员进驻施工现场，并在该地区居住和生活，这将增加该地区的消费能力，增加当地居民的就业机会，一定程度上将促进该地区经济的发展，同时对当地居民的物价指数可能会带来一定影响。

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

#### （1）施工期用水

核电厂施工期用水主要为淡水，主要包括施工生产用水、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》（GB 5749-2006）。

#### （2）施工期用水量

徐大堡核电厂 3、4 号机组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 号机组施工期间所需的淡水主要来自海水淡化厂房。海水淡化厂房的原水取自渤海。本工程海水淡化厂房处理能力 9600m<sup>3</sup>/d，施工期供水能力 3500m<sup>3</sup>/d。海水淡化厂房处理能力和供水能力可以满足本工程施工期淡水用水需求。

#### （4）施工期用水对周围水用户的影响

本工程施工期用水主要来自海水淡化，不会对周围水用水产生影响。

### 5.2.2 海域施工对水体环境的影响

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、取水南北导流堤等剩余海工工程的施工，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。

#### （1）取排水工程施工对环境的影响

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以下沉为主，在施工停止3~4小时后，绝大部分泥砂将沉降于海底，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。

### （2）海上施工船舶含油废水排放对环境的影响

海上施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。船舶一般自带油水分离器，含油废水自行处理达标后排放；未配置油水分离器的船舶废水，将含油废水带至岸上厂区油水分离设施处理。

### 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影响的措施

- 1) 避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
- 2) 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

1) 施工过程中合理安排施工进度和选用施工器具，如在不影响施工进度情况下尽可能选用较小的抓斗，设置拦污屏等防护措施，尽量采用封闭式抓斗挖泥船，以减少悬浮泥沙入海量。

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

#### （3）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

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

2) 施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严

重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。

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

4) 根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达 GB3552《船舶污染物排放标准》要求后到港外排放，禁止在港内排放。

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

### 5.3 施工影响控制

#### 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

- 土石方爆破应严格遵守《爆破安全规程》的相关规定；
- 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- 对各种临时弃土、弃渣按照“先挡后弃”的原则处理。

#### 5.3.2 施工扬尘的控制措施

- (1) 施工现场进出口、主要道路和砂、石堆场，各种加工场地进行硬化处理。
- (2) 施工期生产废水经二次沉淀后循环使用或用于洒水降尘。
- (3) 施工区域内的临时道路专人清扫，洒水，各种加工场地及材料堆场划分责任区，由相关施工班组每日清扫。
- (4) 水泥、砂、土等材料运输时封闭或严密覆盖。
- (5) 现场水泥、珍珠岩粉、高效石膏粉、干粉砂浆、界面粘洁剂等入库或严密覆盖。
- (6) 砣、砂浆搅拌机封闭，气候干燥室砂等粒径小的材料洒水润湿。
- (7) 禁止在道路和人行道上堆放或转运易扬尘的建筑材料。
- (8) 严禁在施工现场排放有毒烟尘和气体，不得在施工现场洗石灰、煎熬沥青，工地生活燃料应符合环保有关要求。
- (9) 建筑工程完工后必须及时清理现场和平整场地，消除各种尘源。
- (10) 有扬尘产生的施工切割、打磨等尽量集中进行，密闭施工或带水作业，不能集中进行的尽量密闭作业。
- (11) 为在粉尘工作环境中的施工人员配备口罩等防尘措施，并随时注意检查、救护。
- (12) 遇有四级风以上天气不得进行土方回填、转运以及其他可能产生扬尘污染的施

工。

（13）施工现场严禁焚烧垃圾，职工食堂不得烧材或煤，必须使用清洁能源。

（14）临时办公点、职工宿舍、食堂打扫卫生及施工现场和楼地面要及时清理，清理前要洒水。

（15）驶入建筑工地的运输车辆，必须车身整洁，转载车箱完好，转载货物必须堆码整齐，不得污染道路环境。否则，不允许其驶入工地。

（16）运送各种建筑材料、施工垃圾、渣土的车辆必须应有遮盖和防护措施，防止建筑材料、建筑垃圾和尘土飞扬、洒落和流溢。否则，不允许其驶入工地。

### 5.3.3 施工噪声的控制措施

（1）施工现场倡导文明施工，尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。

（2）所有施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。

（3）施工过程中，严格控制推土机一次推土量、装载机装载量，严格超负荷运转。

（4）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。

（5）尽量选择低噪声设备，最大限度降低噪声。要为操作工人配备相应的劳动保护用品。

（6）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。

（7）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。

（8）加强对混凝土泵、混凝土罐车操作人员的培训及责任心教育，保证混凝土罐车平稳运行。

（9）从声源上降低噪声。尽量选用低噪声设备和工艺，尽量选用环保型机械设备。

（10）从传播途径上控制噪声。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。

（11）施工现场应切实采取措施，控制噪声的产生。如进场使用的机械设备要定期维护保养；施工过程中严禁机械设备超负荷运转；禁止夜间使用噪声比较大的机械；模板、脚手架等支拆、搬运、修理应轻拿轻放，维修时禁止使用大锤敲打，尽量降低人为产生的噪声等。

（12）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。

### 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管道打压冲洗、混凝土养护用水、冲洗车辆机具用水等作业产生的废水。预计产生量约为 50m<sup>3</sup>/d。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生活污水处理站处理，经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准后，尽可能回用于施工场地降尘、道路浇洒绿化等，回用剩余再生水暂存在生活污水处理站的回用水池中，当水池液位超高时溢流排放。生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 排放标准。施工期生活污水最大日排放量为 192m<sup>3</sup>/d。生活污水处理站主要工艺详见 4.7.2 节。生活污水的监测包括日常监测和定期监测，定期监测每季度一次。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 排放标准的污水允许排入《海水水质标准》(GB3097-1997)中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。

本工程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，先暂存在库房，然后由专业单位处理。

### 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，不得上岗；

— 施工期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时要准确、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，不得挪作他用；

— 调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查；

— 根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收；

— 探伤作业前发布探伤通知，将探伤信息（包括探伤作业地点、警戒范围、时间等）告知各参建单位，避免发生误照射。在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查；

— 佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；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

— 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，雨季施工应做好防护措施，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，对工程开挖区要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要及时护坡，避免长时间裸露；

- 基础开挖的土、石方要集中堆放，并及时回填于需要填方的地点或指定场地，避免水土流失；

- 厂区施工中场地平整应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，施工时要合理安排施工顺序，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，同时应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、设备清洗水要集中处理，尽量重复利用，对施工场所进行喷洒，减少地面起尘；

- 施工结束后，在全部厂址范围内，凡裸露地面全部进行硬化或绿化，可进行绿化的用地均充分绿化。

## 5.3.9 水土保持措施

### 5.3.9.1 水土流失预测

本工程水土流失预测总量共计 24266t，与背景值比增加了 19482t。本工程厂区和施工生产区所产生的新增水土流失量所占比例均较大。因此，上述 2 个区域均为重点防治区域。本工程水土流失重点时段是施工期，对建设中产生的临时堆土，要进行事先拦挡。

### 5.3.9.2 水土流失防治责任范围

本工程水土流失防治责任范围 124.15hm<sup>2</sup>，其中厂区 50.26hm<sup>2</sup>，施工生产区 73.89hm<sup>2</sup>。

### 5.3.9.3 水土保持防治措施

#### 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、施工生产区。

#### 2) 措施总体布局

根据本工程各水土保持区域特点，以及各防治分区的具体情况，采取不同的、行之有效的防治措施、方法和手段，对可能产生水土流失的区域进行防治。在本工程水土保持措施在布局上，突出工程措施与植物措施结合，重点时段、重点区域集中治理的特点。

##### 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。

#### 3) 分区措施布设

##### ① 厂区

###### • 工程措施：

##### 1) 雨水管线

主体工程设计本工程厂区设置独立的雨水管网，场地内雨水通过雨水管道排放，雨水管道将收集到的雨水排至厂区西部现有边沟内。

##### 2) 碎石覆盖

在厂区保护区围栏内，场地采用混凝土硬化或铺设碎石。碎石铺设面积 19.24hm<sup>2</sup>，覆盖厚度 10cm，碎石量 19240m<sup>3</sup>。

##### 3) 表土回覆

施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆，主要为保护区围栏外的空闲场地，表土回覆面积 3.71hm<sup>2</sup>，采用 74kW 推土机推土回填，回覆表土厚度 30cm，覆土量 1.11 万 m<sup>3</sup>，

表土来源于一期（1、2号机组）工程剥离的表土，现临时堆存在规划的5、6号机组厂区内，运距为500m。

#### 4) 全面整地

在实施绿化前，对保护区围栏外的可绿化区域，采取37kW拖拉机进行全面整地，改善施工迹地的理化性质，以满足后期植被生长环境要求。整地面积3.71hm<sup>2</sup>，耕深30cm。

##### •植物措施：

本工程厂区按功能区进行绿化规划，厂前建筑区采取景观绿化，以种植乔、灌、草、花为主；对控制区内、保护区外的场地，以种植灌草为主。

##### ——厂前建筑区绿化

厂前建筑区道路两侧种植乔木、灌木组成的绿化带。考虑在道路内层种植一行绿篱，外层为乔木，乔木间空地为草坪。乔木选择油松、合欢、龙爪槐，绿篱选择大叶黄杨，草坪以草熟禾与野牛草为主。

应急指挥中心、综合服务楼、综合办公楼、培训中心、检修宿舍等区域周围空地采取混合式绿化，植物配置采取丛植、群植、孤植，达到美观目的。树种选择大叶黄杨、丁香、腊梅、和黄刺梅；草坪以草熟禾与野牛草为主。

##### ——控制区内、保护区外场地绿化

控制区内、保护区外场地绿化主要范围为空气压缩机房、去污和热检修车间、放射性废油暂存库、预留空地和保卫控制中心周围场地的绿化。靠近路边两侧种植灌木，其余场地为草坪。灌木选择大叶黄杨，草坪以草熟禾与野牛草为主。

厂区内乔木种植株距为5m；灌木种植株距为3m；绿篱种植宽度为0.5m，密植。草坪播种方法采用种子直播建坪，选择草熟禾和野牛草，按1:1混播，播种量40kg/hm<sup>2</sup>。

##### •临时措施：

主体工程设计在3号机组常规岛的东侧和南侧沿道路一侧设置临时排水沟，该临时排水沟向西延伸至核电厂厂址西侧自然边沟。厂区临时排水沟长1210m，其断面为矩形，具体尺寸为：底宽×沟深=0.6m×0.5m，浆砌片石厚度0.30m，砂石垫层厚度0.10m，浆砌片石工程量1020m<sup>3</sup>，砂石垫层量340m<sup>3</sup>。

#### ② 施工生产区

##### •工程措施：

##### 1) 表土回覆

根据徐大堡核电厂统一规划，3、4号机组的施工生产生活区拟在5、6号机组工程中

作为土建生活临建区、安装生活临建区、混凝土搅拌站及施工道路等设施保留继续使用。施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆，表土回覆厚度为 30cm，以满足绿化需要，本工程绿化面积 34.67hm<sup>2</sup>，其中前期工程表土堆放场地 1.90hm<sup>2</sup>不需进行表土回覆，因此回覆表土面积为 32.77hm<sup>2</sup>，采用 74kW 推土机推土回填，表土回覆 9.83 万 m<sup>3</sup>。现临时堆存在规划的 5、6 号机组厂区内，运距为 500m。

## 2) 全面整地

在实施绿化前，对本工程绿化面积 34.67hm<sup>2</sup>，进行全面整地，其中前期工程表土堆放场地 1.90hm<sup>2</sup>不需进行全面整地，因此本工程整地面积 32.77hm<sup>2</sup>，耕深 30cm。

### •植物措施：

前期工程表土堆放场地 1.90hm<sup>2</sup> 采取撒播草籽的方式进行植被恢复，其余 32.77hm<sup>2</sup> 采用灌草结合的方式进行恢复植被。

### •临时措施：

#### 1) 临时排水沟

本期主体工程设计在规划的 5、6 号机组北侧及东侧沿施工道路一侧设置临时排水沟，与厂区南侧现有排水沟连接，向南排入大海。施工生产区临时排水沟长 670m，其断面为矩形，具体尺寸为：底宽×沟深=0.6m×0.5m，浆砌片石厚度 0.30m，砂石垫层厚度 0.10m，浆砌片石工程量 560m<sup>3</sup>，砂石垫层量 200m<sup>3</sup>。

#### 2) 临时干砌块石挡墙、土质排水沟及密目网覆盖

由于施工时序的安排，为了避免回填土石方临时堆存过程中造成水土流失，本方案采取干砌块石挡墙、土质排水沟和密目网覆盖措施。

干砌块石挡墙采用梯形断面，断面尺寸采用 1.5m（下宽）×0.5m（上底）×1.0m（高）。

在临时堆土（石）料场与厂址西侧自然边沟设临时性排水沟，排水沟采取简易的土质排水沟，梯形断面，底宽 0.3m，边坡 1:0.5，沟深 0.5m。同时为防止施工生产区的一些砂石通过排水沟进入大海，在排水沟的下游建造沉砂池，共建沉砂池 2 座，沉砂池采用简易沉砂池，顶面 3.5m×3.5m（长×宽）、底面 2.0m×2.0m（长×宽）、深 1.5m 的池子，开挖的沉砂池底部及池壁夯实。

对临时堆土（石）料场的堆顶及堆面采用密目网遮盖，经估算，共需密目防尘网覆盖 14.44 万 m<sup>2</sup>。

## 5.3.9.4 水土保持监测措施

### 1) 监测范围与时段

监测范围为本方案确定的水土流失防治责任范围，监测分区与水土流失防治分区一致。水土保持监测时段从施工准备期开始，至设计水平年结束，并考虑施工准备期前进行本底值监测。本工程监测时段从 2019 年 11 月开始，止于设计水平年 2028 年。

## 2) 监测内容

本工程监测内容主要包括水土流失影响因素监测、水土流失状况监测、水土流失危害监测、水土保持措施监测等。

## 3) 监测方法

本工程采用地面观测、实地量测、遥感监测、调查监测及资料分析、巡查监测相结合的方式

## 4) 监测频次

### •水土流失影响因素情况

降雨和风力等气象资料可通过收集资料，或设置监测设备观测。降雨量、平均风速和风向每月统计。日降水量超过 25mm 或 1 小时降水量超过 8mm 的降水统计降水量和历时，风速大于 5m/s 时统计风速、风向、出现的次数或频率；地形地貌状况监测频次监测期不少于 1 次；地表组成物质监测频次施工准备期和试运行期各监测 1 次；植被状况监测频次施工准备期前测定 1 次；地表扰动情况和水土流失防治责任范围实地量测监测频次应不少于每季度 1 次，典型地段监测每月 1 次。遥感监测应在施工前开展 1 次，施工期每年不少于 1 次，试运行期 1 次。

•水土流失状况监测水土流失类型及形式监测每年不少于 1 次；水土流失面积监测每季度不少于 1 次；土壤侵蚀强度施工准备期前和监测期末各 1 次，施工期每年不少于 1 次；土壤流失量、弃土（石、渣）潜在土壤流失量应不少于每月 1 次，遇暴雨、大风等应加测。土壤流失面积、土壤流失量和弃土（石、渣）潜在土壤流失量监测精度不小于 90%。

### •水土流失危害监测

水土流失危害事件发生后 1 周内完成监测工作。

### •水土保持措施监测

工程措施重点区域每月监测记录不少于 1 次，整体状况每季度不少于 1 次；植物措施类型及面积每季度监测不少于 1 次；栽植 6 个月后调查成活率，保存率及生长状况每年不少于 1 次；郁闭度与盖度每年在植被生长最茂盛的季节监测 1 次；临时措施不少于每月监测记录 1 次；措施实施情况每季度统计 1 次；水土保持措施对主体工程安全建设和运行、对周边水土保持生态环境发挥的作用监测每年汛期前后及大风、暴雨后进行调查。

### 5) 监测点位布设

施工前，设置1处定位监测点位，对原地貌进行监测。

从本工程水土流失预测结果看，水土流失主要发生在厂区和施工生产区。因此，在可能造成严重水土流失的区域，布设水土保持监测点位进行定位监测；对于工程建设每个分区，设置临时监测点位，以现场调查、巡视为主。

监测时可以根据工程具体施工进度，调整各监测点位的监测项目；监测主要针对动土区域，进行水蚀监测。

#### 5.3.9.5 实施条件和成果

##### 1) 监测设施设备及人员配置

为准确获取各项地面观测及调查数据，水土保持监测必须采用现代技术与传统手段相结合的方法，借助一定的先进仪器设备，使监测方法更科学，监测结论更合理。本期工程水土保持监测由建设单位委托具备完成本项目监测任务的单位开展水土保持监测工作。水土保持监测按3人考虑，要求1名监测工程师参加。

##### 2) 监测成果

监测成果包括监测实施方案、监测记录表、监测意见、监测季度报告、监测年度报告、水土保持监测总结报告、相关监测图件、影像资料。

#### 5.3.9.6 结论

本工程根据《中华人民共和国水土保持法》和《开发建设项目水土保持方案编报审批管理规定》等相关法律、法规的要求，编制了水土保持方案报告并已获批复（水许可决[2019]82号）。

本工程所在位置不涉及泥石流易发区、崩塌滑坡危险区和易引起严重水土流失和生态恶化区，不处于重要河流、湖泊以及跨省（自治区、直辖市）的其他江河、湖泊的水功能一级区和保留区，也不涉及全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点和水土保持长期定位观测站。符合水土保持法律法规、技术标准的规定。项目区属于辽西低山丘陵水土流失重点治理区，本工程建设存在一定的水土保持制约性因素，但通过严格控制扰动地表和植被损害范围、提高防治标准、减少工程占地、加强工程管理、优化施工工艺，采取临时排水、拦挡、苫盖等措施，施工结束后及时进行绿化，可有效控制项目建设造成的新增水土流失，减少对周围环境的影响。从水土保持角度，项目建设是可行的。

#### 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

根据中国核电工程有限公司 2019 年 8 月完成的《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组施工期大气环境监测与评价工作大纲》，综合考虑监测期所处季节的主导风向、施工活动引起的污染物浓度分布特征，设置监测点 5 个，无组织排放监测点 2 个，厂区外敏感区监测点 3 个，监测时间共 7 天。按照一年四个季度代表月份分为四期，每期开展一次监测。后续待现场施工活动开始后，适时开展施工期大气环境监测。

厂址位置处两个无组织排放监测点按照国家标准《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的规定，SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>和颗粒物取其小时浓度值，每天在其正常施工时间内采样 4 次（暂定为 08:00 时、11:00 时、14:00 时、17:00 时），每次连续采样 1h。其他居民点等敏感点根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）要求，所有监测项目均连续监测 7 天。其中 TSP、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>2.5</sub> 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h；SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 小时均值每天采样 4 次（02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时），每次连续采样 1h。

#### 5.3.11.2 声环境

根据中国核电工程有限公司 2019 年 8 月完成的《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组施工期噪声监测与评价工作大纲》，在评价区域内，重点布设在监测的噪声源对敏感区有影响的位置，包括施工场界、厂址最近的集中居民点和最大噪声源处等，共设置 18 个监测点。厂界监测点 8 个，厂址内监测点 10 个，厂区外监测点 11 个。按照一年四个季度代表月份分为四期，每期开展一次监测。后续待现场施工活动开始后，适时开展施工期声环境监测。

厂区内噪声监测分昼间和夜间两部分，监测参数为等效连续 A 声级 Leq；施工场界内的 5 个点位监测分昼间和夜间两部分，施工期间，测量连续 20min 等效声级 Leq 和最大声级 Lmax，连续监测两天。其余点位昼间每个测点每次监测 10min 等效连续 A 声级，连续监测两天，夜间每个测点每次监测 10min 等效连续 A 声级，连续监测两天。

#### 5.3.11.3 水环境

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。海水水质暂定在施工期间每季度大、小潮各监测一次；沉积物质量在施工期的典型季节进行监测；水生生物（包括仔鱼、鱼卵）及生物质量在施工期内典型季节进行监测。在工程附近区域布设 1~2 个潮间带生态监测断面，同时设 1 个对照断面。

站点的数量暂定 12 个。在本项目取水口和 3、4 号机组排水口附近布设 2 个定点连续观测站（可兼做大面站观测）进行 25 小时昼夜观测。

海水水质监测的项目包括透明度、盐度、水温、水色、浊度、pH 值、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、挥发性酚、无机氮（包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、活性硅酸盐、总磷、总氮、硫化物、悬浮物、石油类、汞、镉、铅、铜、锌、砷、总铬、硼、阴离子表面活性剂等。

沉积物质量监测的项目包括 pH 值、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、有机碳、硫化物、含水率、氧化还原电位、沉积物类型等。

在调查水域内，水生生物资源调查种类应包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵、仔鱼）、底栖生物、微生物（大肠菌群、粪大肠菌群）、潮间带生物等，说明这些生物的种类、密度、数量、多样性指数以及分布随时空的变化。

对潮间带质量开展潮间带底质调查和潮间带生物质量调查，潮间带底质调查项目包括：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、有机质、硫化物、含水率和氧化还原电位等 12 项。潮间带生物质量调查，调查生物选取贝类、藻类和甲壳类等 3 种代表生物，监测项目包括：铜、铅、锌、铬、镉、汞、砷、石油类等 8 个项目。

## 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 其它环境影响

- 6.3.1 化学污染物的环境影响
- 6.3.2 其它污染物的环境影响

### 6.4 初步退役计划

- 6.4.1 概述
- 6.4.2 退役策略
- 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 6.1-1 徐大堡核电厂温排水计算工况

表 6.1-2 徐大堡核电夏季工况全潮最大温升包络面积

表 6.1-3 徐大堡核电冬季工况全潮最大温升包络面积

表 6.2-1 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气、液态流出物排放对公众个人所致有效剂量

**图**

图 6.1-1 取排水工程布置图

图 6.1-2 涨落急流场图（现状）

图 6.1-3 涨落急流场图（工程实施后）

图 6.1-4 大范围滩面冲淤分布（3、4 号机组实施后）

图 6.1-5 数学模型计算范围示意图

## 6.1 散热系统的环境影响

### 6.1.1 散热系统方案

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程厂址濒临辽东湾，海域水深条件较好，冷却水系统采用海水直流供水冷却方式，取自辽东湾的海水，取水量为  $140\text{m}^3/\text{s}$ 。直流冷却方案取排水工程平面布置图见图 6.1-1。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（85 国家高程）的区域，取水渠底开挖至-6.5m（85 国家高程）。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 3、4 号机组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（85 国家高程）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，单孔尺度为  $5.3\text{m}\times 5.3\text{m}$ 。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  $5.3\text{m}\times 5.3\text{m}$ ，每个竖井设置 3 个  $4.5\text{m}\times 2.5\text{m}$  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，对徐大堡核电工程海域水动力变化、大范围滩面冲淤等进行了模拟研究。

图 6.1-2 和图 6.1-3 分别给出了现状和工程实施后，工程大范围海域大潮潮流涨落急时刻流场图。由图可见：徐大堡核电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。

图 6.1-4 为 3、4 号机组暗排方案实施后，达到基本平衡状态时，工程海域滩面冲淤分布（正为淤积，负为冲刷）。可见：徐大堡核电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  $-1.6\sim 0.8\text{m}$ ，不会对影响核电取水安全。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  $0.2\sim 0.9\text{m}$  之间。

### 6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排放对取水口温升及厂址附近海域的影响，进行温排水模拟研究。物理模型研究尚在开展中。已完成的数模研究成果如下：

#### (1) 数值模拟基本方程

徐大堡核电工程位于渤海海域的辽东湾，水流状况较为复杂。针对工程所在海域的地形、边界及水流特性，选用沿水深平均的平面二维水流数学模型，其基本方程为：

连续方程：

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial uH}{\partial x} + \frac{\partial vH}{\partial y} = q \quad (6.1)$$

动量方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial uH}{\partial t} + \frac{\partial uuH}{\partial x} + \frac{\partial uvH}{\partial y} = & -gH \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \nu_t H \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \nu_t H \frac{\partial u}{\partial y} \right) \\ & + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - g \frac{u\sqrt{u^2 + v^2}}{c^2} + fvH \end{aligned} \quad (6.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial vH}{\partial t} + \frac{\partial uvH}{\partial x} + \frac{\partial vvH}{\partial y} = & -gH \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \nu_t H \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \nu_t H \frac{\partial v}{\partial y} \right) \\ & + \frac{\tau_{sy}}{\rho} - g \frac{v\sqrt{u^2 + v^2}}{c^2} - fuH \end{aligned} \quad (6.3)$$

式中： $H$ 、 $Z$ 分别为水深和水位（m）；

$u$ 、 $v$ 分别为 $x$ 、 $y$ 向的流速（m/s）；

$q$ 为源（汇）单位面积流量（m/s）；

$\rho$ 为水体密度（kg/m<sup>3</sup>）；

$\nu_t$ 为紊动粘性系数（m<sup>2</sup>/s）；

$c$ 为谢才系数， $c = \frac{1}{n} R^{1/6}$ ， $R$ 为水力半径（m）， $n$ 为河床糙率；

$f = 2\omega \sin \varphi$ 为柯氏力系数， $\omega$ 为地球自转角速度， $\varphi$ 为计算水域所在地理纬度。

$\tau_{sx}$ 、 $\tau_{sy}$ 分别为自由表面风切应力，可采用下列经验公式计算：

$$\begin{cases} \tau_{sx} = C_d \rho_a W^2 \cos \alpha \\ \tau_{sy} = C_d \rho_a W^2 \sin \alpha \end{cases} \quad (6.4)$$

这里， $C_d$  为无因次切应力系数，对于风速  $W < 10\text{m/s}$ ,  $C_d = 0.9 \times 10^{-3}$ ； $\rho_a$  为空气密度， $\alpha$  为风向与  $x$  方向的夹角。

热输运方程：

$$\frac{\partial H\Delta T}{\partial t} + \frac{\partial uH\Delta T}{\partial x} + \frac{\partial vH\Delta T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x H \frac{\partial \Delta T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( E_y H \frac{\partial \Delta T}{\partial y} \right) - \frac{K_s \Delta T}{\rho C_p} + q\Delta T^* \quad (6.5)$$

## (2) 定解条件

——流场定解条件

$$\begin{cases} Z(x, y, 0) = Z_0(x, y) \\ u(x, y, 0) = u_0(x, y) \\ v(x, y, 0) = v_0(x, y) \end{cases} \quad (6.6)$$

初始条件：

边界条件：水流数学模型的计算边界为开边界，计算时给以潮位边界条件；固定边界采用可滑动边界条件，即  $\partial U / \partial n = 0$  ( $U$  为边界水流合速度， $n$  为固定边界法向单位向量)；对于两岸边滩，则采用动边界方法处理。电厂取、排水口均给以恒定流量边界条件，其进、出口流速随潮位涨落而变化，由程序自动计算得到。

——温度场定解条件

$$\text{初始条件： } \Delta T(x, y, 0) = \Delta T_0(x, y)$$

边界条件：入流边界为  $\Delta T = \Delta T(t)$ 。

出流边界为  $\partial \Delta T / \partial n = 0$  ( $n$  为出流边界法向单位矢量)。

## (3) 模拟范围

数值模拟范围包括整个渤海海域，其外边界选取在烟台～大连一线。整个计算区域南北长约为 440km，东西宽约为 400km，计算范围示意图见图 6.1-5。

## (4) 模型验证

结合 2019 年水文观测资料对数值模型进行验证：

1) 潮位验证结果良好：高、低平潮的潮位误差基本小于 5cm，潮时误差基本小于 10min；表明计算得到的潮波运动与实际潮波吻合良好，本数学模型较好地反映了工程所在海域的实际潮波运动情况。

2) 流速（向）验证结果较好：实测潮型下各点流速误差基本小于 0.05m/s，流向误差基本小于 15°，涨、落潮发生时刻误差基本小于 10min；表明模型较好地反映了厂址附近海域潮流主要为往复流、流向基本与岸线平行的水流特性。

综上，所建立的平面二维水流数学模型较好地模拟了核电工程附近河段的潮流变化情况，可以满足《海岸与河口潮流泥沙模拟技术规程》（JTS/231-2010）的要求，其计算结果是可信的，水流计算参数是合理的，可以利用该数学模型进行徐大堡核电厂温排水排放的计算分析研究。

#### （5）计算工况

具体组合的计算工况见下表 6.1-1。

#### （6）计算结果

徐大堡核电厂 3、4 台机组正常运行和 1~4 号机组（1、2 号明排+3、4 号暗排）运行时，冬季与夏季气象条件下不同潮型的温排水影响范围见表 6.1-2 和表 6.1-3。

分析上述图表可知：

1) 徐大堡核电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>。

4) 1~4 号机组（1、2 号明排+3、4 号暗排）共同运行时，夏季工况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 26.12km<sup>2</sup>，1.0℃等温升全潮最大包络面积 15.92km<sup>2</sup>，2.0℃等温升全潮最大包络面积 9.04km<sup>2</sup>，3.0℃等温升全潮最大包络面积 5.30km<sup>2</sup>，4.0℃等温升全潮最大包络面积 3.0km<sup>2</sup>。

1~4 号机组（1、2 号明排+3、4 号暗排）共同运行时，冬季工况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 37.70km<sup>2</sup>，1.0℃等温升全潮最大包络面积 24.26km<sup>2</sup>，2.0℃等温升全潮最大包络面积 14.85km<sup>2</sup>，3.0℃等温升全潮最大包络面积 10.04km<sup>2</sup>，4.0℃等温升全潮最大包络面积 7.06km<sup>2</sup>。

### 6.1.3 取排水系统对水体水生物的影响

#### 6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

大量的循环冷却水取水将对取水口周围的较小海洋生物产生卷吸效应，如鱼卵、仔稚鱼、仔虾、浮游生物及其游动的生物幼体可能被卷吸，并通过旋转滤网进入冷却水循环系统。在通过冷凝器时经受激剧温度变化的热冲击致使活力下降、肌体受损伤乃至死亡，即“卷载”现象；个别较大的生物可能被取水设施的旋转滤网阻截时受到机械撞击、擦伤、切断和死亡，即“卷塞”。由于机械损伤和热冲击等产生的“卷塞”和“卷载”生物效应因生物种群耐受力不同而存在差异。

本期工程冷却系统采用海水直流冷却方式。关于海水用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。

现已启动本项目冷源堵塞物的调查工作，通过调查可以得到海洋堵塞物的种类组成和数量分布特点，梳理出潜在的海洋堵塞物名录、风险等级目录以及风险月历，从而为核电厂取水口的海工设计及冷却水系统设计提供科学依据，设置相应的冷源堵塞物拦截措施及监测预警措施，减小海生物被带入核电厂海水取水系统的概率。根据《核动力厂取排水环境影响评价指南》（HJ1037-2019），初步判定本工程厂址归于生物价值低-冷却水流量高的组合，难以直接判定最佳实践技术。在这种情况下，在开展文献调研、现场调查和实验研究的基础上，进行估算或模型模拟，从而对取水设施环境影响进行分析和评价。目前，已开展本工程取水设施对环境影响的分析和评价专题研究工作，待取得成果后补充相关内容。

#### 6.1.3.2 温排水影响分析

在核电厂的运行过程中，大量的冷却水经过冷凝器后一般温升 10℃左右，其后排入环境水体将导致排放口附近有限的海域海水温度升高。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，就有可能导致海洋生物生长受到抑制甚至死亡；如果在适温范围内，也

有可能因为环境水体温度的升高，反而促进海洋生物的生长和繁殖。

根据国外有关研究资料，当夏季水温升高 6~8℃时，会引起浮游植物光合作用的活性减弱，这种现象并未破坏藻类的细胞，经过几个小时后（不超过一昼夜），浮游植物的光合作用就会恢复。对浮游动物而言，水体增温≤3℃时，多数情况下不会对其种群有不利影响，有时还会促进其种类、数量及生物量的增加，从而提高海域的生产力和物种的多样性。研究表明，热排放对邻近水域鱼类的产卵活动产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。鱼类一般避开温升 1.0℃以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0℃）产卵。

综上，在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃的范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，排放口温升 4℃以外海域，由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

根据《核动力厂取排水环境影响评价指南》（HJ1037-2019），由 6.1.2.2 节所述温排水物理影响预测结果，可初步判断本厂址现有排水方案不满足温排水潜在影响小的条件。在这种情况下，本阶段需采用分析论证类型 II 进行温排水环境影响分析论证：在开展文献调研、现场调查和实验研究的基础上，针对选择的温排水 RIS 进行评价，明确温排水对受纳水体中关键物种和经济物种生长和繁育的影响。若核动力厂温排水对关键物种和经济物种造成明显影响，则应给出减小温排水影响的建议和方案，重新进行替代厂址分析、冷却方式或排放方式的优化和比选、冷却系统设计以及运行的优化和比选等。给出优化后的温排水限值，并重新进行温排水论证工作。最终证明给出的温排水限值能够满足水体质量标准，对受纳水体中关键物种和经济物种的生长和繁育影响小。

目前，已开展本工程温排水对环境影响的分析和评价专题研究工作，待取得成果后补充相关内容。

## 6.2 正常运行的辐射影响

### 6.2.1 流出物排放源项

#### （1）气载流出物排放源项

徐大堡核电厂 1、2 号机组为 AP1000 机型，本工程为 3、4 号机组，机型为俄罗斯引进的 VVER1200。本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 100m、直径 2m 的烟囱排入大气。

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

核素类别	本工程单台机组排放量 设计值 Bq/a	单台排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	3.86E+13	6.00E+14	6.43%
碘	4.96E+08	2.00E+10	2.48%
粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	1.29E+07	5.00E+10	0.03%
氚	3.53E+12	1.50E+13	23.53%
碳-14	3.34E+11	7.00E+11	47.64%

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

厂址 4 台机组运行状态下，气载流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011) 规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组 排放量 Bq/a	本工程排放量 设计值 Bq/a	1-4 号机组总 排放量 Bq/a	厂址排放量 控制值 Bq/a	1-4 号与厂址 控制值比值 Bq/a
惰性气体	8.19E+14	7.72E+13	8.96E+14	2.40E+15	37.33%
碘	3.84E+10	9.92E+08	3.94E+10	8.00E+10	49.24%
粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	3.50E+09	2.58E+07	3.53E+09	2.00E+11	1.76%
氚	2.60E+13	7.06E+12	3.31E+13	6.00E+13	55.10%
碳-14	1.21E+12	6.67E+11	1.88E+12	2.80E+12	67.11%

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

## (2) 液态流出物排放源项

本工程单台机组液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011) 规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程单台机组排放量 设计值 Bq/a	单台排放量控制值 Bq/a	比值
氚	3.53E+13	7.50E+13	47.07%
碳-14	3.38E+10	1.50E+11	22.53%
其余核素	4.95E+09	5.00E+10	9.89%

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

厂址 4 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011) 规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组排 放量 Bq/a	本工程排放量 设计 值 Bq/a	1-4 号机组总 排 放 量 Bq/a	厂址排放量 控 制 值 Bq/a	1-4 号与厂址 控 制 值 比 值 Bq/a
氚	7.48E+13	7.06E+13	1.45E+14	3.00E+14	48.47%
碳-14	6.60E+09	6.76E+10	7.42E+10	6.00E+11	12.37%
其余核素	1.90E+10	9.89E+09	2.89E+10	2.00E+11	14.43%

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

本工程为滨海厂址，对于核岛部分，放射性流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素在保守工况下为 5.0Bq/L，在现实工况下为 4.3Bq/L；对于常规岛部分，放射性流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素在保守工况下为 31.7Bq/L，在现实工况下为 0.5Bq/L。均满足 GB6249-2011 规定的排放控制值要求。

## 6.2.2 照射途径

### 6.2.2.1 气载途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

### 6.2.2.2 液态途径

本工程运行状态下，液态放射性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。

本工程为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌溉的照射途径不予考虑。

## 6.2.3 计算模式与参数

### （1）气态途径

根据气态途径排放的源项数据和国标、国际标准推荐的计算模式和参数以及厂址参数，计算了气载流出物对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。

在计算气载流出物在大气中迁移和弥散时，使用了 100m 高度风向、风速、稳定性、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载流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告；居民食谱、生活习性数据以、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

根据国标、国际标准推荐的计算模式和参数，计算了液态途径放射性流出物对厂址半径 80km 范围内公众造成的最大个人有效剂量。

在计算运行状态下液态流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：食入有效剂量转换因子采用 GB 18871-2002 中的数据；地表沉积和水中浸没剂量转化因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993）；核素的  $K_d$  系数采用 IAEA 安全丛书 19 号报告的数据。

在剂量评价中，使用厂址半径 5km 范围内居民最大食谱（其中方安堡采用单独调查的食谱）计算厂址半径 5km 范围内公众所受到的最大个人剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受到的最大个人剂量。

#### 6.2.4 大气弥散和水体弥散

##### （1）大气弥散

厂址濒临渤海，场地相对比较开阔，对气载放射性流出物在大气中迁移和扩散有利。

厂址半径 80km 范围内 Cs-137 的年均大气弥散因子范围为  $4.08E-10$  s/m<sup>3</sup> ~ $1.95E-06$  s/m<sup>3</sup>，I-131 的年均大气弥散因子范围为  $3.89E-10$  s/m<sup>3</sup> ~ $1.95E-06$  s/m<sup>3</sup>，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为  $4.08E-10$  s/m<sup>3</sup> ~ $1.95E-06$  s/m<sup>3</sup>。大气弥散因子最大值均出现在厂址 NE 方位 0-1km 处。

厂址半径 80km 范围内 Cs-137 的相对干沉积因子范围为  $6.12E-13$  m<sup>-2</sup>~ $2.92E-09$  m<sup>-2</sup>，I-131 的相对干沉积因子范围为  $3.89E-12$  m<sup>-2</sup>~ $1.95E-08$  m<sup>-2</sup>。相对干沉积因子最大值均出现在厂址 NE 方位 0-1km 处。

厂址半径 80km 范围内 Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围均为  $9.71E-15$  m<sup>-2</sup>~ $7.10E-11$  m<sup>-2</sup>。相对湿沉积因子最大值均出现在厂址 NE 方位 0-1km 处。

##### （2）水体弥散

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 范围外公众的辐射影响评价计算稀释因子取各评价范围内的均值。

#### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程在运行状态下气载流出物主要通过高 100m 烟囱排入大气。采用设计源项计算得到气载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  $9.60E-07$  Bq/m<sup>3</sup>、 $8.84E-06$  Bq/m<sup>3</sup> 和  $3.89E-02$  Bq/m<sup>3</sup>。

本厂址 4 台机组运行状态下，采用设计源项计算得到代表性放射性核素 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 ENE 方位 0~1km 处，分别为  $7.53E-05$

Bq/m<sup>3</sup> 和 2.50E-03 Bq/m<sup>3</sup>，和 8.54E+01 Bq/m<sup>3</sup>。

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，处理后符合排放要求的液态流出物采用槽式排放，保守地按照核电站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 GB 3097-1997 进行比较，可知徐大堡 3、4 号机组运行状态下排放海域的海水水质满足 GB 3097-1997 中相应的放射性指标要求。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

本工程运行状态下，气、液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 2.93E-06 Sv/a、3.20E-06 Sv/a、1.92E-06 Sv/a、1.08E-06 Sv/a。

各年龄组中青少年组的剂量最大，为 3.20E-06 Sv/a，约占本工程剂量约束值（0.08mSv/a）的 4.0%，其中气态途径剂量为 1.77E-07 Sv/a，液态途径剂量为 3.02E-06 Sv/a。

厂址 1~4 号四台机组运行状态下，气、液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 4.40E-06 Sv/a、5.05E-06 Sv/a、3.10E-06 Sv/a、2.28E-06 Sv/a。各年龄组中青少年组的剂量最大，为 5.05E-06 Sv/a，约占厂址个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 2.02%，其中气态途径剂量为 3.81E-07 Sv/a，液态途径剂量为 4.67E-06 Sv/a。

### 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、液态放射性流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平，同时还计算了徐大堡核电厂 1-4 号四台机组正常运行时对生物的辐射影响。

#### 6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

#### 6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

### 6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类物种”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

### 6.2.7.4 参数选取

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

### 6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

#### （1）徐大堡核电厂 3、4 号两台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 3、4 号两台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，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。

#### （2）徐大堡核电厂 1-4 号四台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 1-4 号四台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 1 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 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

### 6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

#### （1）徐大堡核电厂 3、4 号机组两台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，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媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，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。

#### （2）徐大堡核电厂 1-4 号四台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-2}$  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 1-4 号四台机组正常运行时，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。厂址半径 80km 范围内气、液态流出物排放对公众个人所致有效剂量见表 6.2-1，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  $5.74\text{E-}03$  人 $\cdot\text{Sv/a}$ 。

根据现实源项的评价结果，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，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $3.51\text{E-}07$  Sv/a。

气态途径的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 64.33%；其次为空气浸没外照射途径，约占气态途径总剂量的 34.04%。气态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占气态剂量的 61.17%；其它贡献较大的核素为 Kr-88 和 Ar-41，分别占气态途径总剂量的 18.47%和 8.26%。

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 99.93%。液态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 96.11%。

气、液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $3.15\text{E-}07$  Sv/a，约占气、液态总剂量的 89.69%；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 6.59%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $3.25\text{E-}07$  Sv/a，约占气、液态总剂量的 92.53%；另外，H-3 的剂量贡献也较大，占气、液态总剂量的 1.46%。

1~4 号四台机组运行状态下，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的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $2.21\text{E-}06$  Sv/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  $1.92\text{E-}06$  Sv/a，约占气、液态总剂量的 86.55%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $9.45\text{E-}07$  Sv/a，约占气、液态总剂量的 42.69%。

### 6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程 2 台机组、厂址 4 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 4 台机组运行状态下，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（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

## 6.3 其它环境影响

### 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；
- 循环水处理系统。

#### 6.3.1.1 海水淡化系统

海水淡化系统产生的废水其主要化学物质是海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、海水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，滤出液经循环冷却水稀释后 Fe 的浓度已是很低，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渤海湾的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

海水膜反渗透装置排出的浓盐水总量约 13520m<sup>3</sup>/d，循环水流量约 240000 m<sup>3</sup>/h，浓盐水的排出量约为循环水量的 1/426，浓盐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，不会影响辽东湾的海水质量。

#### 6.3.1.2 除盐水生产系统

除盐水生产系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于 2 g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的。辽宁省地方标准 DB21/1627-2008《污水综合排放标准》、《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冷凝液净化过滤器废水监测系统（LDL）。再生废水中的主

要物质是  $\text{NH}_4\text{Cl}$  和  $\text{NaCl}$ 。其中对环境产生影响的是  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ，排放浓度小于  $5 \text{ mg/L}$ 。氨氮排放满足《污水综合排放标准》中一级标准，允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。因此，不会影响附近海域的海水质量。

#### 6.3.1.4 循环水处理系统

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，在重要厂用水系统取水头部、循环水泵房进行连续加氯使循环水系统及重要厂用水的海水中的次氯酸钠的浓度达到  $1 \text{ ppm}$ ，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（ $\text{NH}_2\text{Cl}$ ）、二氯胺（ $\text{NHCl}_2$ ）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要的因素是残余氯在海区中的稀释与扩散，冷却水排入海域后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯亦得到稀释，不断扩散到海区中去，并进一步得到消耗。循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度降至很低。

根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为  $0.1 \text{ mg/L}$  时，鱼的种类多样性指数下降 50%。根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为  $0.05 \text{ mg/L}$  时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于  $0.3 \text{ mg/L}$  时初生组织将完全受到抑制。浮游动物对氯化作用敏感性则较差，余氯浓度为  $0.3 \text{ mg/L}$  左右时，幼鲈的不孵化率为 36%，浓度为  $0.05 \text{ mg/L}$  时仅为 1%。可见，余氯浓度大于  $0.05 \text{ mg/L}$  时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。由于相关报告尚未完成，余氯的影响具体范围尚未确定。辽东湾水量丰富，扩散稀释能力较好，根据经验初步判断余氯不会对受纳水体产生明显影响。

### 6.3.2 其它污染物的环境影响

#### 6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程运行期产生的其他废物主要为非放射性含油废水、废油、固体废物等。

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 (含油类 <3mg/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。

本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至生活污水处理站集中处理。徐大堡核电厂全厂设置一座生活污水处理站，设计规模 1500m<sup>3</sup>/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 211m<sup>3</sup>/d，大修期增加 173m<sup>3</sup>/d。生活污水处理站处理能力可满足本工程需要。生活污水处理经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002) 标准和执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 排放标准后，用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 排放标准的生活污水和满足《辽宁省污水综合排放标准》(DB 21/1627-2008) 的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，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

### 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》(HJ2.4-2009) 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，评价范围为拟征地边界外 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  $t_i$ ，则拟建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：

$$L_{eqg} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} \right)$$

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；田湾 7、8 号机组选址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西厂界，最近距离约 130m，预测结果表明，工程运行对北厂界的噪声贡献值为 40.2dB(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 AES-2006 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北厂界，最近距离约 175m，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、田湾 7、8 号机组汽轮机厂房和变压器构筑物与西厂界的间距，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。

距离厂址最近的自然村是台里村的李宝沟，位于厂址的NNE方位约1.25km，距离厂址边界较远，预计工程正常运行对李宝沟的影响较小，可忽略不计。

### 6.3.2.3 电磁辐射的影响

本工程500kV开关站与秦山二期/秦山二期扩建、秦山三期共用的500kV开关站相比：

- \* 开关站电压等级都为500kV；
- \* 开关站都布置在厂区内，且都为露天型、敞开式布置；
- \* 设备的环保要求都符合产品出厂标准。

根据《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）标准中8.1.1节的规定可利用已运行的秦山二期/秦山二期扩建、秦山三期共用的500kV开关站电磁辐射强度和分布的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。根据《秦山核电厂扩建项目（方家山核电工程）厂址区域电磁辐射本底调查和现状评价报告》（2011年12月）可知，运行后的秦山二期/二期扩建/三期工程500kV开关站及500kV送电线路工频电磁、工频磁场强度及无线电水平均满足国家相关标准的要求。

《秦山核电厂扩建项目（方家山核电工程）厂址区域电磁辐射本底调查和现状评价报告》的编制背景为：秦山核电基地中秦山核电一期工程1×300MW机组、二期工程2×650MWe机组和三期工程2×700MWe机组正在运行，秦山二期扩建工程2×650MWe机组中3#机组已经运行，4#机组正在调试，秦山核电厂扩建项目2×1000MWe核电机组正在建设。即秦山核电基地厂址区域现有电磁辐射源有已运行各核电工程各自所辖的主变压器、开关站、输变电路及三座移动通讯基站，该报告的主要评价结论如下：

——工频电磁/工频磁场：秦山核电基地内厂区工频电场强度监测值在0.082V/m~1820V/m之间，工频磁场强度在0.02 $\mu$ T~52.4 $\mu$ T之间；核电基地外环境敏感区工频电场强度监测值在0.268V/m~843.9V/m之间，工频磁场强度在0.018 $\mu$ T~2.296 $\mu$ T之间。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。

——射频综合场强：秦山核电基地内厂区射频电场强度监测值在0.12V/m~0.96V/m之间，核电基地外环境敏感区射频电场强度监测值在0.12V/m~0.98V/m之间。所有监测点监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的12V/m标准限值，符合标准要求。

此外，根据《徐大堡核电厂3、4号机组厂址区域电磁辐射本底补充测量及现状评价报

告》，徐大堡核电厂厂址区域附近电磁辐射污染源要少于秦山核电基地。可以预见，徐大堡核电厂3、4号机组建成投运后500kV开关站对周围环境的电磁辐射影响能够满足国家相关标准的要求。

## 6.4 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、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对徐大堡核电厂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、延迟拆除。

——立即拆除：是指在核设施最终停闭后，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，是指核设施最终停闭后，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。

#### 6.4.2.1 延迟拆除

- 延迟拆除的优势如下：

显著降低人员的集体剂量，减少长期贮存过程中的活度以及的放射性衰变产生的放射性废物量，以及降低加工和处理废物的费用，无须为放射性废物提供大量的贮存设施，未来可能应用新技术和新型远程机器人进行放射性系统、结构和设备的退役。

- 延迟拆除的劣势如下：

安全封存的核电站机组是一个拥有独立具体运行时间表的单元，需要相当数量的维护人员来维持生命保障系统的运行、监督、控制、维修、预防性维护、现场和实验室测试。为了确保公众和环境的安全，必须采取成本较高的措施，例如，反应堆厂房上方，在较低的内部压力下建造和运行安全壳，防止放射性物质释放到环境中。此外，还应采取措施，确保在各种静电、温度、化学、辐射、气候等因素作用下，核电站厂房钢筋混凝土和金属结构的稳定性、耐久性和承载能力。现有的核电站厂房的设计，并不能达到 100 年甚至更长时间的贮存间隔。还要考虑自然和人为灾难、恐怖主义行为等威胁，必须保证公众和环境的安全。从以上因素可以看出，核电站安全封存将会产生高额的经济费用。此外，这种方案无意中会产生一个需要下一代人来解决的问题。

#### 6.4.2.2 立即拆除

- 立即拆除的优点如下：

能在较短的时间内，将土地复原使用。治理工程完成后，可将这片土地划入“未开发区”，以供自由使用或用于建设新的核电站机组。退役时，选用熟悉已建立的基础设施特点的高级合格人员。无需对核电站机组和现场状态进行长时间的观测、技术监督和辐射监测。

- 立即拆除的缺点如下：

拆卸人员将受到高辐射影响；产生大量的放射性废物，需要高额的处理、打包和运输到处置库的费用；必须建立新的放射性废物贮存库。

#### 6.4.2.3 退役策略的选择

针对特定的核电站单位，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、工作成本、对核电站所在区域的社会经济和环境影响、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。

影响核电站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、使用期特性的恢复、过期部件的更换、辐射保障和技术安全）。因此，选择“延迟拆除”的退役策略，核电站机组的安全封存费用与退役工程的费用相当。

影响核电站机组退役策略选择的其他重要条件，对今后阐述关键技术和借鉴经验是必要的，为进一步进入世界核电站退役市场，应保证合格运行人员参与退役。

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

本核电站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。

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。

根据监管机构标准文件的要求，为退役而停堆的核电站机组在乏燃料从机组中去除之前视为仍在运行。在此期间对员工、文件的所有要求与对待运行机组的要求一致。

在多机组核电站场地退役项目方案框架内，具体方案的选择和方案的结构应取决于工程、经济、生态和其它因素的最佳组合，应使用上述因素的最佳组合对方案的选择和方案结构进行论证。

因退役工作非常复杂，其过程可以分为数个阶段并包含被监测核电站机组长时间安全封存的阶段，其目的是使安全实体屏蔽状态维持在应有水平的情况下，通过放射性物质的衰变来降低设施的放射性危险水平。

通过阶段工程完工时达到的设施终态来描述和确定退役各阶段。

“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）放射性气载废物

退役过程中，放射性气载废物产生于使用热切割工具的拆除过程和对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房屋原有的通风系统。

## 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、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。

徐大堡核电厂 3、4 号机组的设计中采取了一些措施，以降低成本和辐射照射率，以及核电机组退役过程中产生的废物体积和放射性水平。

核电站设计使用以下材料用于控制区的完工房间，以保护厂房构筑物免受放射性污染：

- 可去污的环氧磁漆基聚合物涂料；
- 在核设施和其他需要提高消防安全性、易于净化和防止液体腐蚀性介质的设施中，在不可燃的基础上采用聚合物涂层，以实现在混凝土、水泥砂浆层、马赛克地板表面等上施用地板涂层；
- 专门为保护金属、混凝土和钢-混结构、核电站设备和房间、放射性废物处置库表面、乏核燃料运输容器而制造的耐腐蚀涂层、抗辐射、可去污、耐热涂层。

与一回路冷却剂接触的材料中的钴含量最低值根据不同部位分别为：

- RPV、反应堆内部件和堆芯元件的表面覆层-最大 0.05%；
- 蒸汽发生器管道最大 0.015%；
- 反应堆容器区与堆芯相对的铁氧体材料-0.03%；
- 一回路系统的其他部件最大 0.05%。

反应堆容器和与一回路冷却剂接触的堆内构件的光洁度等级和流道几何结构用于防止腐蚀产物沉积，并对设备进行去污处理。

容器和反应堆顶部表面覆盖有几层钴含量有限的耐腐蚀覆层。

反应堆容器外壳中镍（以及硫、磷、铜、铈、锡、铅）的含量有限。

在运行条件下，与一回路冷却剂和二回路水接触的材料具有低腐蚀速率和耐局部腐蚀的特点。

通过材料的选择、防腐涂料的应用和水化学条件的维持，达到了防止运行中腐蚀损坏的目的。

蒸汽发生器一回路联箱采用耐腐蚀覆层，换热管采用不锈钢 08Cr18Ni10Ti-U 制造，钴含量最高 0.015%。

稳压器本体由 10MnNi2MoVA 钢制成，稳压器与一回路介质接触的内表面涂有至少 5mm 厚的耐腐蚀材料包层，表面光滑，以减少腐蚀产物的沉积。

在徐大堡核电厂 3、4 号机组反应堆厂房的设计中，与水化学有关的要求包括一回路

和二回路冷却剂净化系统的要求，以及一回路和二回路冷却剂质量控制系统的要求。

#### 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。

反应堆布局 and 反应堆厂房设计使核电站运行过程中可进行反应堆大型设备（反应堆压力容器除外）的更换。可通过使用设备隔间的孔洞，远程拆卸设施和反应堆厂房外运的设施（行车、吊装机构、运输小车、设备闸门）完成此操作。

#### 6.4.5.3 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。相对应的措施包括：

- 从设计和竣工文件中转化的机组基准文件应该随时更新；
- 应确保在核电厂寿期内这些文件的可用性。必须采取措施防止数据丢失（例如，保存副本）；
- 应记录可能对未来有影响的非常规事件（如，有关污染物溢出或泄漏的信息）。

需要采取措施来确保可以储存和查阅的退役所需的文件，主要包括：

- 与运行相关的图纸和图表，包括：机械和电气图、电缆敷设图、管道等轴图、布置图、贯穿件图、部件详细资料、钢筋图、组装专用工具图和所有设备以及反应堆装置的图纸；

- 对于选择性操作，允许使用和修改设备和建（构）筑物的其他文件（例如吊装机械的设计，专用工具，地板，承载结构，制造和设备规格书，土工技术试验结果）；
- 照片和录像（有字幕、日期和注释），有利于说明设备的组装和安装，土方工程和埋入地下的部分结构的施工，部件吊装方法，道路规划，同时关注那些将承受高放射性和污染的部件；
- 数量清单：混凝土量、钢筋吨数、电缆长度等验收文件，施工中使用的材料样本，这些样本可用来检查杂质，受辐照材料的强度数据、耐腐蚀能力等，同时也能够用来区分初始放射性和由于反应堆运行导致增加的放射性，特别是对于施工中采用的有初始人工放射性的材料；
- 保留反应堆施工材料（钢材，混凝土等）的样本和标本；
- 所有运行事件的记录及其评价，以及对原设备所做的所有改造的记录；
- 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件（方位图、涂片检测、各种取样等等）。
- 厂址放射性生态参考调查（陆地和海洋环境）也有益于形成最终退役报告。

#### 6.4.7 退役费用的考虑

根据《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 NT/B20048-2011《核电厂建设项目经济评价方法》，本工程退役基金按固定资产原值的 10%计提，从投产后第一年开始平均提取。

#### 6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应有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，建议将来采用立即拆除策略。
- 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，将来建造阶段也应继续对退役工作进行充分考虑。
- 3) 在核电厂安全关闭期，建议指定有关责任部门负责考虑、实施退役的前期工作。

核电厂退役将涉及国家政策、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 6.1-1 徐大堡核电厂温排水计算工况

工况	季节	排水量 (m <sup>3</sup> /s)	温升 (°C)
两台机组运行	夏季	69×2	8
	冬季	42.02×2	13.33
四台机组运行	夏季	69×4	8
	冬季	42.02×4	13.33

表 6.1-2 徐大堡核电夏季工况全潮最大温升包络面积 (km<sup>2</sup>)

工 况	典型潮型	温 升 (°C)				
		0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
3、4号机组 运行	典型大潮	13.00	6.76	2.72	1.45	0.76
	典型中潮	13.06	7.02	2.97	1.53	0.82
	典型小潮	13.47	7.66	3.43	1.70	0.93
1~4号机组 运行	典型大潮	24.13	15.38	8.40	4.90	2.56
	典型中潮	23.90	14.92	8.30	5.05	2.62
	典型小潮	26.12	15.92	9.04	5.30	3.00

表 6.1-3 徐大堡核电冬季工况全潮最大温升包络面积 (km<sup>2</sup>)

工 况	典型潮型	温 升 (°C)				
		0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
3、4号机组 运行	典型大潮	19.07	8.82	3.60	1.74	1.13
	典型中潮	18.60	10.34	5.27	2.87	1.73
	典型小潮	18.66	10.72	5.65	3.16	1.82
1~4号机组 运行	典型大潮	37.32	20.17	11.58	7.76	5.33
	典型中潮	36.23	22.77	14.00	9.57	7.02
	典型小潮	37.70	24.26	14.85	10.04	7.06

表 6.2-1 (1/4) 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

单位：Sv/a

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		9.21E-08			1.51E-08	4.35E-09	1.07E-09	8.48E-10	7.18E-10	6.36E-10	5.77E-10	5.39E-10
NNE		1.32E-07			1.73E-08	5.40E-09	1.68E-09	1.26E-09	1.01E-09	8.60E-10	7.51E-10	6.77E-10
NE		1.96E-07		9.10E-08			2.49E-09	1.79E-09	1.39E-09	1.14E-09	9.69E-10	8.50E-10
ENE				8.93E-08			2.20E-09					
E												
ESE												
SE												
SSE												
S												
SSW						5.79E-09						
SW					1.84E-08	5.82E-09	1.91E-09	1.39E-09	1.10E-09	9.15E-10	7.82E-10	6.93E-10
WSW		3.29E-07	2.26E-07	2.19E-07	1.57E-08	4.67E-09	1.28E-09	9.90E-10	8.19E-10	7.11E-10	6.32E-10	5.80E-10
W		3.00E-07	2.19E-07	1.44E-07	1.45E-08	4.18E-09	1.01E-09	8.15E-10	6.95E-10	6.19E-10	5.62E-10	5.25E-10
WNW		2.25E-07	2.17E-07	1.44E-07	1.43E-08	3.98E-09	8.65E-10	7.17E-10	6.25E-10	5.67E-10	5.24E-10	4.96E-10
NW		8.18E-08	7.61E-08	7.36E-08	1.43E-08	3.98E-09	8.53E-10	7.05E-10	6.16E-10	5.60E-10	5.18E-10	4.92E-10
NNW		8.21E-08		7.36E-08	1.44E-08	3.96E-09	8.16E-10	6.79E-10	5.99E-10	5.49E-10	5.14E-10	4.90E-10

表 6.2-1 (2/4) 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

单位：Sv/a

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		7.54E-08			1.29E-08	3.83E-09	1.02E-09	7.96E-10	6.62E-10	5.77E-10	5.16E-10	4.76E-10
NNE		1.17E-07			1.52E-08	4.92E-09	1.66E-09	1.22E-09	9.67E-10	8.08E-10	6.96E-10	6.20E-10
NE		2.04E-07		7.43E-08			2.49E-09	1.76E-09	1.35E-09	1.10E-09	9.22E-10	7.98E-10
ENE			8.77E-08	7.26E-08			2.19E-09					
E												
ESE												
SE												
SSE												
S												
SSW						5.32E-09						
SW					1.64E-08	5.35E-09	1.89E-09	1.36E-09	1.05E-09	8.65E-10	7.28E-10	6.36E-10
WSW		3.51E-07	1.75E-07	1.67E-07	1.36E-08	4.17E-09	1.24E-09	9.43E-10	7.66E-10	6.55E-10	5.73E-10	5.19E-10
W		2.31E-07	1.68E-07	1.09E-07	1.24E-08	3.66E-09	9.62E-10	7.63E-10	6.39E-10	5.60E-10	5.00E-10	4.62E-10
WNW		1.73E-07	1.66E-07	1.09E-07	1.21E-08	3.46E-09	8.14E-10	6.61E-10	5.66E-10	5.05E-10	4.61E-10	4.32E-10
NW		6.48E-08	5.88E-08	5.62E-08	1.22E-08	3.46E-09	8.01E-10	6.49E-10	5.57E-10	4.98E-10	4.55E-10	4.28E-10
NNW		6.51E-08		5.62E-08	1.22E-08	3.43E-09	7.63E-10	6.21E-10	5.39E-10	4.87E-10	4.50E-10	4.25E-10

表 6.2-1（3/4） 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

单位：Sv/a

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		4.80E-08			6.16E-09	1.92E-09	5.79E-10	4.28E-10	3.42E-10	2.89E-10	2.52E-10	2.27E-10
NNE		7.78E-08			7.72E-09	2.66E-09	1.00E-09	7.05E-10	5.38E-10	4.36E-10	3.64E-10	3.17E-10
NE		1.32E-07		4.72E-08			1.57E-09	1.07E-09	7.94E-10	6.26E-10	5.09E-10	4.29E-10
ENE				4.59E-08			1.36E-09					
E												
ESE												
SE												
SSE												
S												
SSW						2.95E-09						
SW					8.56E-09	2.96E-09	1.16E-09	7.96E-10	5.94E-10	4.72E-10	3.84E-10	3.26E-10
WSW		2.08E-07	1.07E-07	1.01E-07	6.62E-09	2.15E-09	7.21E-10	5.21E-10	4.07E-10	3.36E-10	2.86E-10	2.53E-10
W		1.41E-07	1.01E-07	6.64E-08	5.76E-09	1.80E-09	5.34E-10	4.02E-10	3.24E-10	2.75E-10	2.40E-10	2.17E-10
WNW		1.05E-07	9.99E-08	6.59E-08	5.59E-09	1.67E-09	4.41E-10	3.40E-10	2.81E-10	2.44E-10	2.17E-10	2.00E-10
NW		4.03E-08	3.60E-08	3.41E-08	5.62E-09	1.66E-09	4.29E-10	3.31E-10	2.74E-10	2.38E-10	2.13E-10	1.98E-10
NNW		4.05E-08		3.42E-08	5.67E-09	1.65E-09	4.12E-10	3.18E-10	2.66E-10	2.34E-10	2.12E-10	1.97E-10

表 6.2-1（4/4） 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

单位：Sv/a

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		2.52E-08			1.81E-09	6.85E-10	2.89E-10	1.89E-10	1.34E-10	1.02E-10	8.06E-11	6.69E-11
NNE		4.39E-08			2.92E-09	1.20E-09	5.71E-10	3.68E-10	2.58E-10	1.93E-10	1.49E-10	1.20E-10
NE		7.99E-08		2.46E-08			9.67E-10	6.16E-10	4.27E-10	3.15E-10	2.39E-10	1.88E-10
ENE				2.38E-08			8.10E-10					
E												
ESE												
SE												
SSE												
S												
SSW						1.40E-09						
SW					3.52E-09	1.41E-09	6.80E-10	4.28E-10	2.93E-10	2.15E-10	1.60E-10	1.25E-10
WSW		1.02E-07	5.22E-08	4.87E-08	2.14E-09	8.40E-10	3.81E-10	2.46E-10	1.72E-10	1.29E-10	9.94E-11	8.05E-11
W		6.88E-08	4.89E-08	3.19E-08	1.52E-09	5.98E-10	2.54E-10	1.68E-10	1.20E-10	9.16E-11	7.20E-11	5.99E-11
WNW		5.14E-08	4.81E-08	3.16E-08	1.40E-09	5.09E-10	1.97E-10	1.32E-10	9.61E-11	7.49E-11	6.04E-11	5.14E-11
NW		2.04E-08	1.77E-08	1.65E-08	1.41E-09	5.01E-10	1.87E-10	1.24E-10	9.06E-11	7.09E-11	5.77E-11	4.95E-11
NNW		2.05E-08		1.65E-08	1.45E-09	5.05E-10	1.84E-10	1.22E-10	8.94E-11	7.05E-11	5.79E-11	5.00E-11

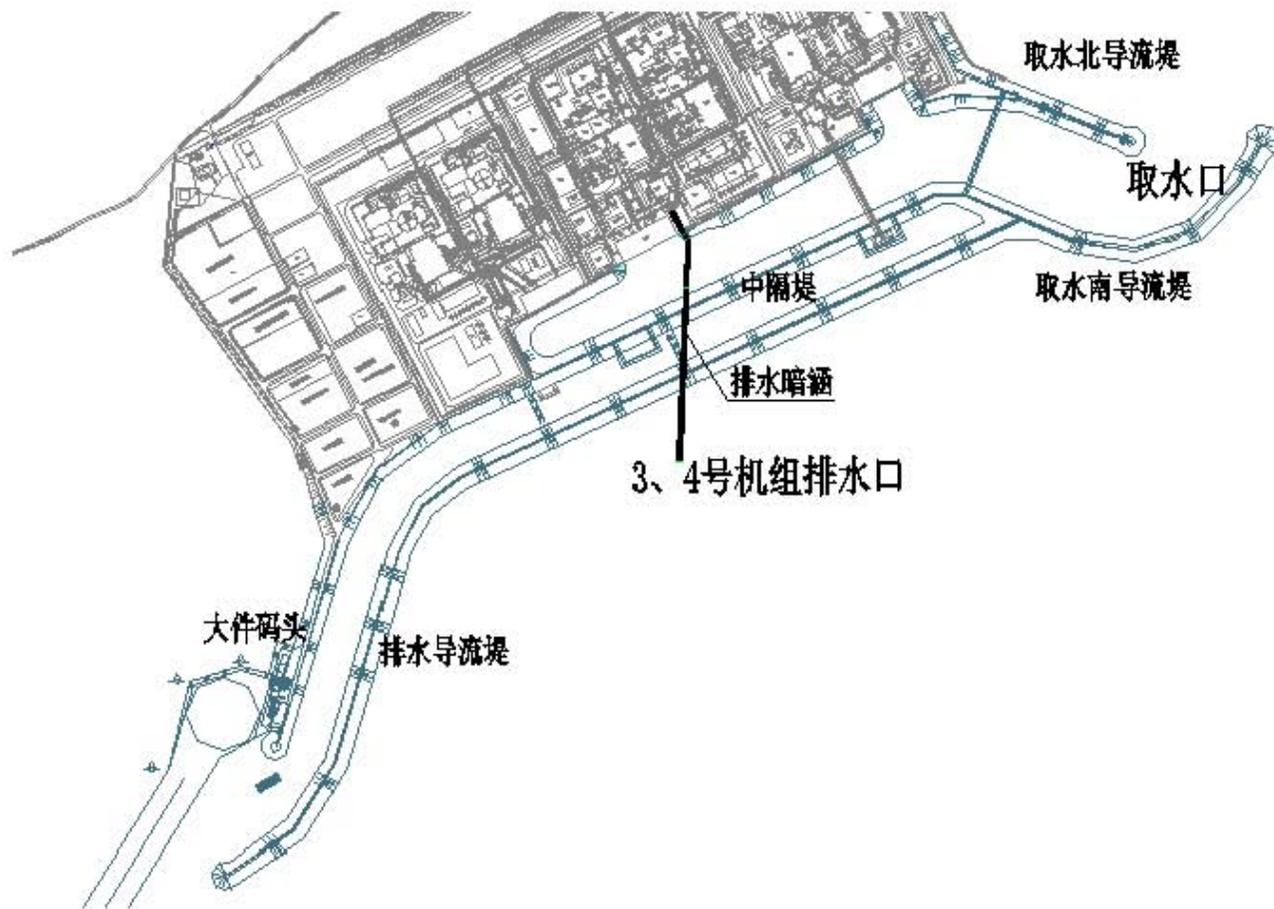


图 6.1-1 取排水工程布置图

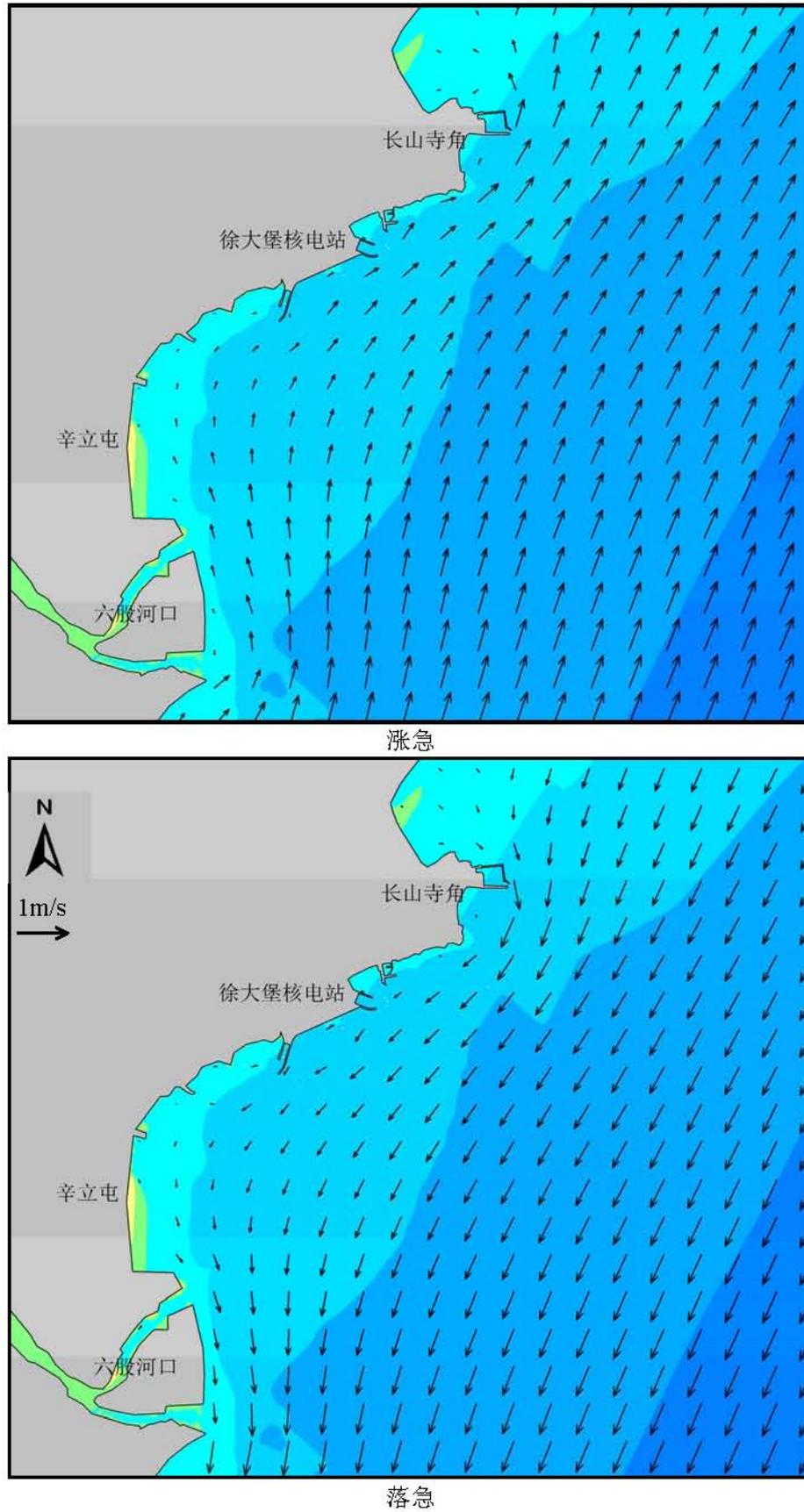
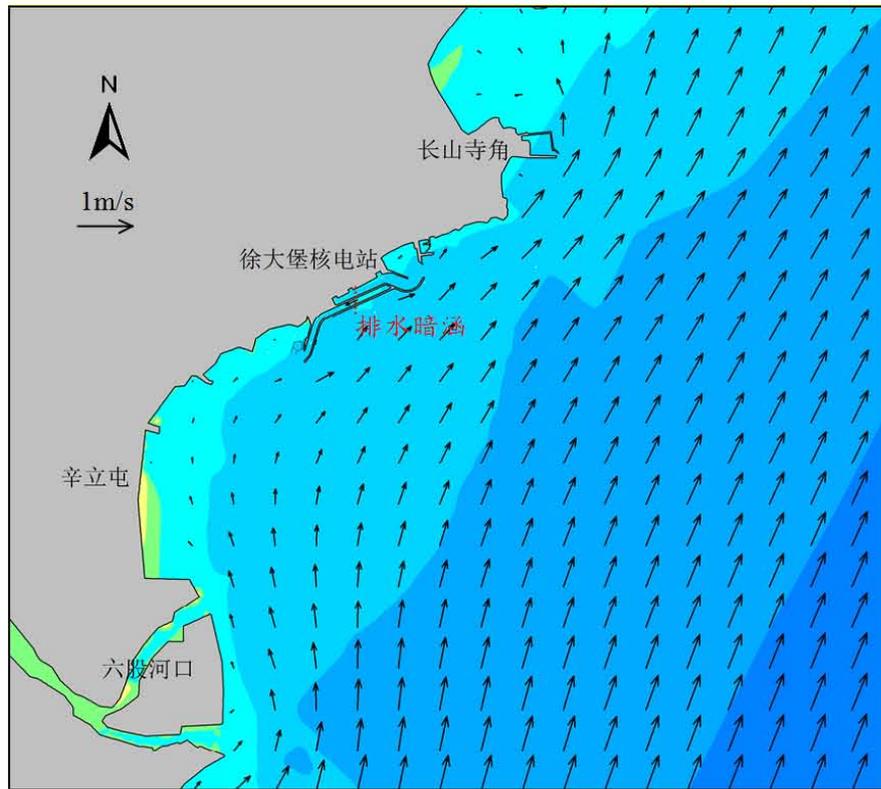
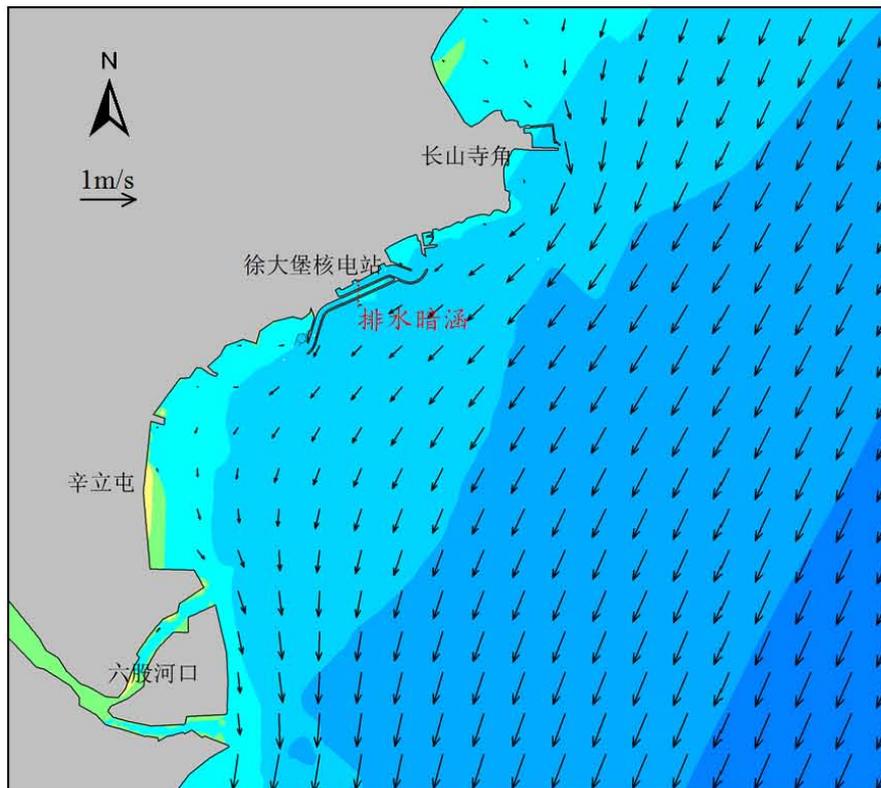


图 6.1-2 涨落急流场图（现状）



涨急



落急

图 6.1-3 涨落急流场图（工程实施后）



## 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

7.5.3 应急状态分级

7.5.4 应急设施

7.5.5 应急响应能力的维持

7.5.6 5km 范围内重要居民点分布与道路条件分析

7.5.7 应急计划区的划分

## 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》GB 6249-2011 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 AES-2006 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 AES-2006 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 6249-2011 的要求。

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，导致冷却剂有少量泄漏；
- 当量直径超过 100mm 的一回路管道破裂导致冷却剂大量泄漏，包括反应堆冷却剂管道断裂；
- 蒸汽发生器换热交换管破裂，然后以 60℃/h 的速度冷却；
- 蒸汽发生器顶盖抬起情况下的一回路至二回路泄漏。

上述 4 个设计基准事故中，当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂，导致冷却剂有少量泄漏事故，以及蒸汽发生器换热交换管破裂，然后以 60℃/h 的速度冷却事故为第 3 类设计基准工况，属于 GB 6249-2011 中规定的稀有事故；当量直径超过 100mm 的一回路管道破裂导致冷却剂大量泄漏，包括反应堆冷却剂管道断裂事故，以及蒸汽发生器顶盖抬起情况下的一回路至二回路泄漏事故为第 4 类设计基准工况，属于 GB 6249-2011 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，导致冷却剂有少量泄漏

当量直径小于 100 mm 的一回路管线破裂导致一回路冷却剂减少事故所考虑的始发事件为 3 类工况，对该事故工况下徐大堡核电厂 3、4 号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 MCP（主管道）冷段上当量直径为 25mm 的断裂谱。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深的脱水。

#### 7.1.1.2 当量直径超过 100mm 的一回路管道破裂导致冷却剂大量泄漏，包括反应堆冷却剂管道断裂

该事故是由于当量直径超过 100 mm 的一回路管线破裂造成的，包括 MCP（主管道）

的断裂，考虑的始发事件属于 4 类工况。

根据对反应堆装置和核电厂的功能影响，所考虑的始发事件属于一回路冷却剂存量减少类。

一回路管线破裂引起的 LB LOCA 可通过以下征兆识别：

- 回路压力下降；
- 稳压器液位下降；
- 安全壳内的压力上升。

事故分析中考虑了具有最大功率燃料棒的最高包壳温度方案。

#### **7.1.1.3 蒸汽发生器换热交换管破裂，然后以 60℃/h 的速度冷却**

蒸汽发生器换热管破裂随后以 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。换热管破裂导致一回路冷却剂双侧泄入蒸汽发生器，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，PRZ 排空）；
- 故障蒸汽发生器中锅炉水位增加。

采用的分析方案中分析了用于确定从故障蒸汽发生器排放到环境中的介质量，假设在事故发生时厂用电丧失。

#### **7.1.1.4 蒸汽发生器顶盖抬起情况下的一回路至二回路泄漏**

该事故为 4 类工况。

根据对反应堆装置和核电厂的功能影响，所考虑的始发事件属于一回路冷却剂存量减少类。本事故一般可以根据以下征兆进行识别：

- 损坏的蒸汽发生器蒸汽管线活度增加；
- 一回路冷却剂压力降低；
- 故障 SG 中的液位增长；
- 稳压器液位下降。

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 2019 年 1 月-2019 年 12 月的 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。

考虑上述三种照射途径，分别计算非居住区边界处公众在各设计基准事故后 2h 内，以及规划限制区边界处公众在各设计基准事故持续期间受到的有效剂量以及甲状腺当量剂量。

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剂量转换因子，则取用美国联邦导则 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 6249-2011）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 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。

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

分别计算 4 种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，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 GB6249-2011 的要求。

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

选取本工程 DEC-B 严重事故开展环境风险评价。该事故为稳压器波动管破裂叠加堆芯应急冷却系统能动部分失效，实际上属于一回路大破口事故情景，在研究的所有严重事故场景中，反应堆装置功率运行时一回路发生大破口事故的事故发展速度最快，反应堆释放裂变产物最多，放射性物质向环境释放达到最大值。

### 7.2.2 事故后果

采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模式计算严重事故造成的放射性后果。NUREG/CR-4691 模拟了放射性物质释放入大气的严重事故的场外后果。NUREG/CR-4691 提出的评价模式可以估算公众剂量，健康效应以及环境污染的经济代价和损失。

计算严重事故分别在事故后的 2 天、7 天、1 个月和 1 年内不同距离超越指定有效剂量的概率。计算结果显示，严重事故条件下，场外公众所受有效剂量满足国标 GB 18871-2002 规定的通用优化干预水平。

### 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 DEC 工况下的事故管理措施。

#### 7.2.3.1 预防措施

事故初始阶段主要目的之一是在始发事件-冷却剂泄漏至安全壳后，保证安全壳的隔离。隔离阀分成数组，根据一回路泄漏参数的信号自动关闭。隔离阀从一级可靠事故供电系统获得可靠供电。分配要遵守一个原则：位于一条管道的两台隔离阀从供电系统的不同通道获得供电。

事故严重阶段开始之前管理的主要目的是恢复一回路供水系统的设备，该措施持续到诊断出事故严重阶段已开始。

恢复堆芯余热导出需要：

- 一回路冷却剂的数量保持在必要水平
- 将余热导出至最终热阱

事故叠加一回路泄漏时故必须完成如下工作：

- 向一回路供水

- 终端吸收棒导热

或者通过非能动余热导出系统经蒸汽发生器导出热量。

事故不伴随有一回路泄漏的情况下，用上一条提到的措施恢复余热导出到最终热阱。

严重事故氢状态的管理需要保证安全壳内有足够数量的蒸汽。事故过渡到严重阶段的条件是多个一回路供水系统失效，最有可能失效的原因是供水系统由于相同原因失灵（全厂断电）。由于喷淋系统拥有同样的向一回路喷水的保障体系，故对其在事故初始阶段的功能不做计算分析。对喷淋系统功能在事故发展的后期阶段进行研究，目的是降低保障系统恢复后安全壳内的压力。

### 7.2.3.2 缓解措施

#### （1）安全壳内氢状态的管理

大破口事故时安全壳内氢状态的管理：措施的主要目的为预防安全壳隔室内产生有爆炸危险的氢浓缩物。安全壳内氢状态管理的策略基于一回路泄漏的尺寸各有不同。大破口不要求操纵员采取任何措施管理安全壳内的氢状态，该项安全措施通过分布在安全壳所有空间内的氢复合器催化部件的氧化，将氢从密闭空间大气中移除。

安全壳除氢系统具有非能动工作原理（不要求保障系统）。氢复合器的布置和总数量依据计算分析的结果选择。氢复合器在安全壳内的布置根据参考电站的设计经验进行初步选定。

小破口时安全壳内氢状态的管理：为保严重事故叠加一回路小破口时的氢气安全，需要补充使用积极的管理措施，将反应堆装置一回路排出的氢气再分配至远离泄漏点的安全壳的隔室。氢的重新分布通过将一回路介质经 JNA 系统管道排放至地坑实现。距离泄漏点较远的大量水箱加强预防了氢混合物爆炸危险。

#### （2）预防高压熔堆

徐大堡 3、4 号机组设计中使用如下技术措施可避免压力容器在高压下损坏：

- 使用蒸汽发生器非能动余热导出系统将二回路热量排出，降低压力。
- 打开稳压器脉冲阀和事故除气系统。该动作由操纵员从机组主控室的后备盘上完成。

#### （3）堆芯捕集器内熔融物的冷却

达到 DEC-B 发生的条件后（堆芯上方温度达到 400°C），堆芯捕集器各隔室注满冷却水，转入到热备用状态。

#### （4） 保证事故压力容器内外阶段的次临界状态

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实现。该项措施通过对严重事故压力容器内外阶段燃料各种状态的中子物理计算得到验证。

#### （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

徐大堡 3、4 号机组设计考虑了安全壳非能动余热导出系统。安全壳穹顶的四周安装了 16 个热交换器-冷凝器，一回路泄漏时形成的蒸汽在其内凝结。非能动余热导出系统水箱内的水和热交换器-冷凝器中的蒸汽介质进行自然循环从而将热量排出。非能动余热导出系统水箱内的水加热到饱和温度时，蒸汽通过通气阀向大气排放。

#### （7） 预防乏燃料水池损坏

为冷却乏燃料水池设计了常设系统 FAK。当系统有能力工作时，更倾向于使用该系统来冷却乏燃料水池。外部供电系统恢复后使用乏燃料水池水净化系统 FAL 给乏燃料池供水。

### 7.2.3.3 DEC 管理的供电系统

DEC 下用户供电系统旨在所有电源包括常设机组柴油发电机失灵后，给用户供电以便在 24 小时内甚至更长时间（达 72 小时）监督和管理 DEC（包括严重事故）。

### 7.2.3.4 采取措施降低严重事故后期阶段安全壳内压力

完成严重事故管理的一系列初期动作后，必须要降低安全壳内的压力。主要释热源和压力升高的原因是安全壳内有一回路冷却剂，事故过程中形成的不凝结的气体、堆芯捕集器内的熔融物和乏燃料水池内的燃料、以及事故进程中释放的部分热量在安全壳内建筑构件上聚集。综上，为可靠降低安全壳内压力必须将所有蒸汽凝结，抑制所有蒸汽源（堆芯捕集器和乏燃料水池）。

## 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拟采用俄罗斯制造的新燃料运输容器，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。本项目的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。

除了乏燃料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核电站乏燃料组件的运输工作，将乏燃料组件安全地运至中核 404 有限公司贮存水池贮存。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，由专用的屏蔽运输槽车从核岛送往放射性废物处理中心（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 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，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。

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。

放射性固体废物经处理后最终外运的废物包形式为 200L 钢桶和 700L 混凝土 HIC，外运前进行表面剂量率检测，如果表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，可直接通过专用车辆运输；如果表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ ，则在外加屏蔽体后通过专用车辆运输。

放射性固体废物包外运拟采用公路运输，在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。200L 钢桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、

中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求，混凝土 HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器》的要求；废物包性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》和 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》的相关要求。运输过程中如果废物包从运输车辆上掉落，仅会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小；即便散落少量废物，也可以采取措施收集，防止对环境造成污染。

## 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。氢气和氮气是一起作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧。清除覆盖气体时，是将这些气体排入放射性废气处理系统的衰变箱内。废气处理系统中配备有氢氧监测器，氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量，因而不会发生氢气爆炸事故。

### 7.4.2 火灾

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

厂区贮存的可能发生泄漏危险的化学物品有：氢气、氮气、硫酸、氢氧化钠、联氨、硼酸、碳酸氢钠、柴油、燃料油和润滑油等。

氢气和氮气是无害气体，主要作为覆盖气体用于一回路系统中，即使发生泄漏，经电厂排风系统排入环境中，也不会产生有害影响。

液体状态的酸碱溶液，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。因此酸碱溶液在运输、装卸和贮存期间，预期不会导致环境风险。

厂区内不会有危险数量的汽油贮存。应急柴油机房贮存有一定量的柴油，对此设计了安全防火系统，确保不会发生危及环境安全的火灾。

危险品仓库内仅贮有少量化学试剂，不贮存危险数量的酸碱溶液，不存在危及环境安全的化学物品泄漏事故的可能性。

## 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，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急预案审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急预案提出了相应的要求。

核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

按照国家核事故应急条例、核应急法规要求，电厂应急预案应该在首次装料前六个月完成。徐大堡核电厂3、4号机组将根据要求适时完成场内应急预案编写并上报评审。

### 7.5.2 应急组织

为适应应急状态需要，辽宁徐大堡核电厂将建立应急组织体系，确定厂内外应急联系渠道。现阶段，根据工程进展情况，初步考虑辽宁徐大堡核电厂应急响应组织由应急指挥部及其领导下的应急专业组组成，其中应急专业组主要包括运行控制组、技术支持组、运行支持组、辐射防护组、后勤保障组、保卫消防组和公众信息组，后续随着工程进度的推进，在装料前的场内应急预案中，将给出最终的场内应急组织划分及其职责。

### 7.5.3 应急状态分级

应急等级是指按照国家有关安全法规，根据核电厂出现紧急情况特征、性质、规模、后果及严重程度，特别是其可能造成放射性后果的严重性及影响范围对核设施的应急级别进行划分，以更好地实施应急响应行动。根据我国有关法规，参照国外核事故分级的技术标准，按照核电厂可能发生的事故和可能导致事故之事件的性质、特征、后果或可能的后

果及其严重程度，将徐大堡核电厂 3、4 号机组的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个级别。各应急状态的启动条件、应急处置、响应终止将在场内预案中详细给出。

（1） 应急待命：出现可能危及核电厂安全的某些特定工况或事件，表明核电厂安全水平处于不确定或可能有明显降低。

（2） 厂房应急：核电厂的安全水平有实际的或潜在的大的降低，但事件的后果仅限于厂房或场区的局部区域，不会对场外产生威胁。

（3） 场区应急：核电厂的工程安全设施可能严重失效，安全水平发生重大降低，事故后果扩大到整个场区，除了场区边界附近，场外放射性照射水平不会超过紧急防护行动干预水平，早期的信息和评价表明场外尚不必采取防护措施。

（4） 场外应急：发生或可能发生放射性物质的大量释放，事故后果超越场区边界，导致场外的放射性照射水平超过紧急防护行动干预水平，以至于有必要采取场外防护措施。

#### 7.5.4 应急设施

徐大堡核电厂考虑配备的应急设施应主要包括：主控制室、备用控制室、运行支持中心、技术支持中心、应急指挥中心、公众信息中心、监测评价系统、应急通信系统、职业医疗设施、保卫消防设施等，其中应急指挥中心为 6 台机组共用的应急设施。

#### 7.5.5 应急响应能力的维持

尽管需要启动应急预案的事故很少，但核电厂的应急准备却必须常备不懈，为了能在需要时顺利实施应急预案，则应维持必要的应急响应能力，主要包括：

##### （1） 应急预案的修订和完善

根据应急演习及运行中实际出现过的应急状态，认真总结经验及教训，对应急预案及相关执行程序加以完善，核电厂的场内应急预案至少每两年要进行一次必要的修订并报国家核安全局审评。

##### （2） 建立并坚持应急工作人员培训制度

对所有应急工作人员进行定期培训，包括新人的岗前培训及原有应急工作人员的定期轮训。

##### （3） 应急设施、设备及通讯等系统的维护

所有应急设施、设备及通讯、监测、评价等系统都必须妥善维护，并有严格的保养及

试验制度，以保证其处于随时可用状态。

#### （4）按法规要求定期进行各种类型及规模的应急演习

应急演习是检验应急准备状况的主要手段之一。核电厂应急响应的过程十分复杂，因此应急演习也多种多样，一般按演习涉及的范围可分为：

- 单项演习：为检验某些应急响应基本技巧或分系统检验应急组织响应能力、应急设施核设备状况而进行的较小范围的演习，分练习和部分练习；要求每年至少一次，通讯及数据传输系统的练习则应更多。

- 综合演习：核电厂应急组织全面启动的应急演习，应急响应过程中会涉及核电厂的绝大部分甚至全部应急组织、应急设施及设备；要求每两年一次。

- 联合演习：场内、外应急组织全面启动的应急演习，要求在首次装料前进行，并在运行期间每五年一次。

### 7.5.6 5km 范围内重要居民点分布与道路条件分析

厂址半径 5km 范围内主要涉及徐大堡镇和刘台子乡 2 个乡镇的 7 个行政村，共计 20 个居民点。其中，徐大堡镇涉及的行政村包括：大刘屯村、苏屯村、方安村、双堆子屯、台里村；刘台子乡涉及的行政村包括：潘山村、盐锅村。其中距离厂址最近的自然村为李宝沟，位于厂址 NNE 方位约 1.3km。厂址半径 5km 范围共有 1 所学校和 1 所幼儿园，1 家规模以上的工矿企业。

厂址半径 5km 范围西北方向有滨海公路，另有乡道、村道 3 条，路面全部水泥化，交通情况良好。厂址半径 5km 范围内居民点通过乡道连接滨海公路，分别往东北方向去兴城，往西南方向去绥中，也可通过滨海公路上 102 国道和 G1 京哈高速。对外连接通道主要是乡道和滨海公路。厂址周围交通便利，对制定和实施应急预案有利；交通规划有利于应急预案的实施。

徐大堡核电厂与外部交通规划两条主要厂外道路，分别是主要进厂道路和次要进厂道路，另外还有一座重件码头，满足核电厂施工期间（设备及建筑材料）及生产运行期间（核燃料运输、乏燃料运输、放射性废物运输等）的运输要求及应急预案的要求。

### 7.5.7 应急计划区的划分

核电厂应急计划区范围的测算需要满足《核电厂应急计划与准备准则 第1部分：应急计划区的划分》GB/T 17680.1-2008的相关要求：

#### （1）既应考虑设计基准事故，也应考虑严重事故，以使在所确定的应急计划区内所

做的应急准备能应对严重程度不同的事故后果。

(2) 对于发生概率极小的事故，在确定核电厂应急计划时可以不予考虑，以免使所确定的应急计划区的范围过大而带来不合理的经济负担。

(3) 在确定应急计划区范围时，根据核电厂的设计，所考虑的最严重的事故的放射性后果不超过发生确定性健康效应剂量阈值；并考虑选用能代表各种设计基准事故和大多数严重事故序列的事故，计算其后果并与通用干预水平的数值相比较。

依据国标 GB/T 17680.1-2008，徐大堡核电厂 3、4 号机组烟羽应急计划区的划分准则为：

(1) 在烟羽应急计划区之外，对于各种设计基准事故的预期剂量不超过 GB18871 所规定的通用优化干预水平。其中，烟羽应急计划区内区预期剂量应小于撤离的通用优化干预水平，外区预期剂量应小于隐蔽和碘防护的通用优化干预水平。

(2) 在烟羽应急计划区之外，所考虑的大多数严重事故序列的预期剂量不超过 GB18871 所规定的通用优化干预水平。即内区预期剂量应小于撤离的通用优化干预水平，外区预期剂量应小于隐蔽和碘防护的通用优化干预水平。

(3) 在烟羽应急计划区之外，所考虑的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 GB18871 所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平。

徐大堡核电厂 3、4 号机组食入应急计划区的划分准则为：

在食入应急计划区之外，所考虑的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 GB18871 所规定的食品和饮用水的通用行动水平。

依据目前所获取的事故源项资料，计算设计基准事故和严重事故条件下场外公众所受的预期剂量，在此基础上，结合我国法规标准要求，并参考国内同类核电站应急计划区的划分经验，测算后初步推荐将 5km 作为徐大堡核电厂 3、4 号机组烟羽应急计划区的内区边界，将 10km 作为烟羽应急计划区的外区边界；初步推荐食入应急计划区半径为 50km。

## 第八章 流出物监测与环境监测

### 8.1 辐射监测

#### 8.1.1 流出物监测

#### 8.1.2 辐射环境监测

#### 8.1.3 应急监测

### 8.2 其它监测

#### 8.2.1 热影响监测

#### 8.2.2 化学污染物和生活污水监测

#### 8.2.3 气象观测

#### 8.2.4 水文观测

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

#### 8.3.2 环境监测设施

### 8.4 质量保证

#### 8.4.1 质量控制

#### 8.4.2 质量管理

#### 表：

表 8.1-1 徐大堡核电站运行期间环境辐射监测方案

表 8.2-1 非放射性化学污染物和生活污水监测初步方案

表 8.3-1 流出物实验室和辐射剂量监测实验室的房间面积和房间功能

表 8.3-2 流出物实验室的仪器设备配置

## 8.1 辐射监测

### 8.1.1 流出物监测

徐大堡核电站 3、4 号机组的运行期间流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。

本工程放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规和核电站的实际情况制定。

#### 8.1.1.1 监测依据

流出物监测系统及监测设施由俄方设计、供货。该系统的设计方案除满足俄罗斯的相关法规标准外，还满足下列中方的流出物监测相关法规标准：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
GB 11217-89	《核设施流出物监测的一般规定》
GB 11216-89	《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》
GB/T 7165.1-2005	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》
GB/T 7165.2-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.3-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.4-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.5-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》
GB/T 12726.1-2013	《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 1 部分：一般要求》
GB/T 12726.2-2013	《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》
GB 3097-1997	《海水水质标准》
环发〔2012〕16 号	《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》
ANSI N13.1-2011	《Sampling and Monitoring Releases of Airborne Radioactive Substances from the Stacks and Ducts of Nuclear Facilities》

### 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载和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值和核电站本身规定的排放管理目标值；
- 为判明核电站的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- 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，可为核电站在事故期间的应急响应提供信息。

### 8.1.1.3 监测原则

徐大堡核电站 3、4 号机组运行期间流出物监测方案的制定和监测系统的设计遵循的主要原则有：

- 满足国家标准法规及国家生态环境部在多堆厂址统一管理规定上的要求；
- 对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- 对于定期排放，进行取样分析；对于存在计划外释放可能性的排放途径，应进行连续监测且仪表有足够宽的量程；对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- 为便于评价监测结果，除对放射性水平监测外，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；
- 根据国家规定标准的年排放控制值和浓度限值，制定合理的排放控制值和仪表的报警阈值；
- 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

### 8.1.1.4 气载放射性流出物监测

徐大堡核电站 3、4 号机组的气载流出物中放射性主要来自于放射性气体的衰变处理系统、核岛厂房的通风、停堆期间安全壳换气及常规岛的废气排放系统等。

气载放射性流出物除了二回路蒸汽安全阀、卸压排放和烟囱排放到环境中外，还包括常规岛废气排放。因此在设计中应考虑对烟囱（UKH）排放、常规岛废气排放、T4UKT 厂房烟囱流出物的监测(MAJ)。

#### (1) 烟囱（UKH）放射性气态流出物监测

徐大堡核电站 3、4 号机组的气载流出物向环境排放的主要出口是烟囱（UKH），徐大堡核电站 3、4 号机组的每个机组都设有一个烟囱。需排放的气载流出物在排风中心充分混合后，通过金属排放道进入烟囱排至大气。在金属排风道内设有气载流出物取样装置、高量程惰性气体探测器（电离室）及空气流量、温湿度传感器。

每个烟囱的气载流出物监测系统由结构相同的 3 组取样监测回路组成，其中 1 组为正常运行取样监测系统，另 2 组取样监测回路互为冗余的事故取样监测系统。每组取样监测回路由厂房辐射监测系统（ARMS）的烟囱取样管路、1 个气溶胶监测道（P）、一个碘监测道（I）、1 个低量程惰性气体监测道（GL）、1 个高量程惰性气体监测道（GH）和 1 个流量、温湿度监测道组成。

在气溶胶监测道（P）和碘监测道（I）上同时设有取样回路，用于气溶胶和碘的连续取样。样品定期送至实验室进行分析。除气溶胶和碘的连续取样外，在烟囱上还设有 1 个 H-3 和 C-14 的连续取样点及 1 个惰性气体的定期取样点，样品送至实验室进行分析。

当被测流出物中浓度水平超过预定阈值时，相应监测道仪表给出信号，并启动相应控制设施。流量、温湿度传感器用于测量排出空气流量、温湿度等参数，使用该参数及所测排放浓度来估算排出的总活度。

### （2）常规岛放射性气态流出物监测（MAJ）

徐大堡核电站 3、4 号机组还对常规岛的惰性气体排放进行连续监测。徐大堡核电站 3、4 号机组的主凝汽器真空系统尾气是直接通过常规岛厂房的屋顶向环境排放，为了监测其排放活度，在主凝汽器真空系统尾气排放母管上设置了惰性气体连续监测道连续监测向环境排放的惰性气体活度。必要时在 MAJ 系统对气溶胶进行取样监测，样品送至实验室进行分析。

### （3）厂址废物处理设施（T4UKT）

为了对 T4UKT 的烟囱排出物进行监测，设置一套分体式气溶胶和碘连续监测仪，测量烟囱排出流中的气溶胶和碘的放射性水平。采样采用护套式单嘴取样器，并通过取样管道输送到监测仪。一旦放射性水平超出报警阈值，仪表将发出报警信号，提醒操作人员采取相应措施。在监测道同时设有气溶胶、碘、氡、C-14 取样回路，样品定期送至实验室进行分析。

## 8.1.1.5 液态放射性流出物监测

### （1）放射性废液分批排放监测总体描述

徐大堡核电站 3、4 号机组放射性废液均采用槽式排放。来自不同系统排放的废液，

先进入各自的罐（槽）中，罐（槽）中废液在排放前必须先取样，在流出物实验室进行定量分析测量。排放的放射性废液分别与核岛及常规岛的循环冷却水混合，一起通过总排放水渠排入大海。

### （2）核岛放射性废液排放监测

核岛放射性废液排放主要来自放射性废液处理系统（KPF）和核服务厂房特种下水系统（KTT）。当被测罐（槽）废液样品的测量结果低于排放管理目标值时，则可进行排放，否则不准排放重新返回 KPF、KTT 系统进行处理。在 KPF40BB001~002、KPF60BB003 罐内各设置了一个连续监测道 KPF40CR001~002、KPF60CR001 来监测排放废液的放射性浓度。当 KPF40CR001~002、KPF60CR001 监测道的测量值超过规定的阈值时，仪表给出报警并触发隔离阀动作终止排放。排放时为了核实实验室的测量结果以及核实被排罐（槽）完全排空，在常规岛废液排放总管设置了连续监测道 LDL50CR001 进行监测。

此外，对总排放渠中混合后的液态流出物进行定期取样，对样品处理后进行实验室分析。样品分析测量项目是：总  $\beta$ 、 $\gamma$  谱分析、氡测量、 $^{14}\text{C}$ 。

### （3）常规岛废液（LDL）排放厂房

常规岛废液排放也采用槽式排放，在排放前必须先取样，在流出物实验室进行定量分析测量，在废液储存罐（槽）废液样品的测量结果低于排放管理目标值时，则可进行排放。常规岛放射性废水在排入环境之前先在 T3UKT 子项厂房贮存罐存放，废液通过排放管上的取样管进入探测装置的取样测量容器，经离线低放液体活度监测仪测量后由取样泵再排至废液排放管。排放时为了核实实验室的测量结果以及核实被排罐（槽）完全排空，在常规岛废液排放总管设置了连续监测道 LDL50CR001 进行监测。当排放液体放射性水平达到或超过报警值时，产生报警信号，该报警信号触发设在排放管下游位置的排放阀，使其关闭，废液停止排放并返回至废液处理系统再处理，直到经监测满足排放要求后才能排放。

#### A. 主要功能

- 连续监测废液的排放，并就地及远程显示测量结果；
- 设置报警阈值，超过阈值时在就地及远程发出报警，并连锁关闭排放阀。

#### B. 仪器设备

在厂房设置了 1 台离线低放液体活度监测仪进行放射性连续测量。

### 8.1.1.6 地方环保局监督性监测

为了满足地方环保部门进行监督性监测，徐大堡核电站 3、4 号机组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预计有：

- 徐大堡 3、4 号机组的气载、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  $^{14}\text{C}$  和  $^3\text{H}$  样品给地方环保部门进行测量；从废液罐中提取废液样品时，可同时为地方环保部门提取平行样品；
- 根据有关规范要求配合辽宁省环保部门建设监督性监测流出物实验室；
- 向辽宁省环保部门及时提供流出物监测月报表；地方环保部门以季报、年报的形式反馈给核电站相关环境监测数据；核电站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；
- 定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

### 8.1.2 辐射环境监测

本工程运行期间的监测方案见表 8.1-1。

#### 8.1.2.1 监测依据

运行期间环境监测依据的主要标准有：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
HJ/T 61-2001	《辐射环境监测技术规范》
GB 12379-1990	《环境核辐射监测规定》
GB 11216-89	《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》
GB/T 14583-1993	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》
GB8999-88	《电离辐射监测质量保证一般规定》
国核安发 [2012]98 号文	《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》

#### 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，以评估徐大堡核电站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徐大堡核电站所在厂址的具体情况，监测范围如下：

- 陆地环境：监测项目一般取10~20km，重点监测核电站周围10km范围；
- 海洋环境：海洋环境监测范围为10km，重点监测废液排放口3km范围内的海域和4km范围内滩涂。

### 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，在进行徐大堡核电基地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：

- 依据相关标准及技术规范；
- 陆地监测点以反应堆厂房为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- 环境 $\gamma$ 辐射监测点及气载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，周围没有高大的树木、建筑物；
- 废液排放方式及特点、潮汐规律；
- 海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- 土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- 考虑徐大堡核电站厂址区域附近地区的地形等条件；
- 陆生和海生生物生长周期、采样品种的代表性；
- 测量或取样点尽量与运行前本底调查布点一致，或至少有一部分与运行前本底调查时一致，并根据运行期间的环境监测情况进行调整；
- 气象塔的位置应适当地远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况；站位设置尽量能与大气扩散试验站址一致，保持数据的可延续性；
- 充分利用运行前本底调查所获得的资料，并在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。

### 8.1.2.5 监测项目

#### (1) 气象要素的监测

风速、风向，空气温度，相对湿度，降雨量，大气压，天空总辐射及净辐射。

#### (2) 环境 $\gamma$ 辐射水平监测

主要测量项目有：

- 大气中环境  $\gamma$  辐射水平的连续监测（自动连续监测装置）；
- 累积剂量监测（使用 TLD 热释光剂量计）；
- 非连续监测（使用便携式仪表），得到瞬时剂量率。

### （3）环境介质放射性核素浓度监测

- 大气及沉降物
  - 气溶胶：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{137}\text{Cs}$  及  $\gamma$  谱分析；
  - 大气沉降物：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  核素分析；
  - $^{131}\text{I}$ ；
  - $^3\text{H}$ ；
  - $^{14}\text{C}$ 。
- 水
  - 降水： $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析；
  - 饮用水：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析；
  - 地表水（水库、河流等）： $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析；
  - 海水：总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  谱分析；
  - 地下水： $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析。
- 陆地生物
  - 农作物、动物及产品：进行  $\gamma$  核素分析；
  - 牛奶（如果有）： $^{131}\text{I}$  放化分析；
- 海洋生物
  - 鱼类、甲壳类、软体类和藻类等：进行  $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  核素分析。
- 土壤与沉积物
  - 土壤及岸边沉积物：进行  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素分析；
  - 水库沉积物：进行  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素分析；
  - 潮间带样品：进行  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素分析；
  - 潮下带样品：进行  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素分析。
- 指示生物：进行  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素分析；

#### 8.1.2.6 测量方法

环境辐射监测过程中将根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法：

- （1）实验室分析测量（对环境介质样品）

- 物理测量和分析：使用低本底  $\alpha/\beta$  测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底  $\gamma$  谱仪等仪表进行  $\alpha/\beta$  放射性活度测量、 $\gamma$  能谱核素分析、 $^3\text{H}$  放射性活度测量；
- 放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  等核素进行测量分析。

#### (2) 固定式环境 $\gamma$ 辐射监测和流动辐射监测

- 设置环境  $\gamma$  辐射监测站，进行连续监测；
- 在环境中定点布设 TLD 元件，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；
- 设置环境监测车，对核电站周边环境  $\gamma$  辐射监测，车上设有便携式  $\gamma$  谱仪、便携式  $\gamma$  剂量率监测仪等设备。

#### (3) 气象观测

- 在气象铁塔及地面设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测基地的气象状况。

### 8.1.3 应急监测

#### 8.1.3.1 监测目的

徐大堡核电厂环境辐射应急监测目的是，在核电站事故应急状态下，及时了解和掌握环境辐射水平和放射性污染情况。在徐大堡核电厂发生事故时，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、地面水、陆地生物以及电厂排放口及周围海域海水等环境介质取样，并根据事故发展情况调整取样频度，送至环境监测楼中进行测量分析，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数据支持。

#### 8.1.3.2 监测范围

徐大堡核电厂应急监测范围分为厂区内监测和外环境监测。厂区内监测主要以反应堆为中心，划分不同等级的监测区域，制定厂区巡测路线，在厂房应急状态时实施厂区巡测。外环境监测范围重点为厂址周围半径 5km 内的地域，视情况适当扩大范围，但一般不超过半径 10km，制定相应的厂外巡测路线以及巡测点，在应急状态时开展巡测。

#### 8.1.3.3 监测内容

(1) 厂区内监测的主要内容为：

- 近地表上部  $\gamma$  剂量率（连续测量和即时测量）：厂内 2 个固定监测站的连续监测、环境监测车便携式仪表即时测量；

- 地表  $\alpha$ 、 $\beta$  污染水平测量；
- 空气中放射性污染浓度测量：主要为测量放射性气溶胶和碘。

(2) 场区外环境监测内容为：

- 近地表上部  $\gamma$  剂量率：厂外 4 个固定监测站的连续监测、环境监测车便携式仪表即时测量；
- 地表  $\alpha$ 、 $\beta$  污染水平测量；
- 空气中放射性污染浓度测量：主要为测量放射性气溶胶和碘；
- 热释光剂量计测量累积剂量；
- 车载移动  $\gamma$  谱仪分析测量核素。

#### 8.1.3.4 监测设备

参与环境应急监测的监测设施和设备主要包括：

- 固定式环境  $\gamma$  辐射监测站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 72 小时的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。
- 环境监测车和环境采样车：车内配备便携式放射性测量和取样设备以及气象设备，可以快速给出环境  $\gamma$  辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等。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。
- 气象站：气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及设置在厂外固定式环境  $\gamma$  辐射监测站的风速/风向传感器。
- 环境监测楼：环境监测楼在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

## 8.2 其它监测

### 8.2.1 热影响监测

在机组运行前，核电厂将委托编制温排水监测方案，并将遵守生态环境相关的核电厂法规、规范的要求，在运行期间按照计划进行徐大堡厂址的温排水监测。

### 8.2.2 化学污染物和生活污水监测

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物和生活污水对水环境的影响，计划在废水处理工艺末端排放口进行非放射性污染物的监测，初步方案见表 8.2-1。

### 8.2.3 气象观测

气象观测系统已于 2010 年建成，位于核电现场西侧。用于对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录。主要的设施有气象观测塔和地面自动气象站。所配置的主要设备有气象塔、气象传感器、数据采集器、数据传输装置等。

气象观测站包括地面气象观测场与 102m 气象观测铁塔。地面气象观测场设置有 10m 风杆（其上设置有风速、风向）、温度计、湿度计、雨雪量传感器、总辐射表、净辐射表、大气压传感器。气象铁塔为主体高为 102m、三角形钢结构拉线铁塔，在塔身距离地面 10m、30m、50m、70m、100m 五个高度设置有活动支臂，在其上安装有风向、风速、温度传感器。

气象数据在应急指挥中心相应服务器处理、贮存，并与实时收集的核电厂地区  $\gamma$  辐射监测数据一起传至环境监测实时数据网，进行集中管理、贮存、显示、传输、查询和发布。

### 8.2.4 水文观测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。根据电站的实际运行情况，在运行期间计划根据实际需求适时开展水文观测。

## 8.3 监测设施

### 8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于监测核电厂气载和液态流出物的样品，以确定被排放气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。本工程流出物实验室设置在两处，其中兼有液态放射性流出物（KPF、KTT、LDL）和部分气态（烟囱 H-3、C-14）排放测量功能的实验室位于核服务厂房放化实验室（30/40SRG50），用于流出物测量的房间主要包括流出物制样室和放化测量室及源储存间。除 H-3、C-14 外的气载流出物样品核素测量地点为核服务厂房辐射剂量监测实验室，用于取样分析放射性惰性气体、碘和气溶胶的体积比活度。

流出物实验室和辐射剂量监测实验室的面积和房间功能见表 8.3-1。

流出物制样室、放化测量室和辐射剂量监测实验室主要仪器设备的配置，能够满足流出物监测的需求，详见表 8.3-2。

### 8.3.2 环境监测设施

#### 8.3.2.1 环境辐射和气象监测系统

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。系统主要包括：

- 气象观测：对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录。主要的设施有气象观测塔和地面自动气象站。所配置的主要设备有气象塔、气象传感器、数据采集器、数据传输装置等。测量参数包括：风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、天空净辐射。
- 固定式环境  $\gamma$  辐射监测站：用于正常运行期间及应急期间的环境  $\gamma$  辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。在厂区内设置 2 个监测站，在厂外环境周围 10km 范围内设置 4 个监测站。在监测站位置选择时，主要与结合监督性监测子站互补基本覆盖核电厂周围陆域各方位，在主导风下风向、海域方向布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。
- 移动监测车：分为环境监测车/应急监测车和环境采样车。环境监测车/应急监测车定期对电厂周围环境  $\gamma$  辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。在环境监测车/应急监测车配置有便携式  $\gamma$  剂量率仪、便携式高气压电离室，激光测距仪、便携式  $\beta$  表面污染仪、便携式气溶胶和碘取样装置、便携式气象观测设备、车载卫星全球定位系统（GPS）等若干便携式仪表及设备。环境采样车：按照程序定期从核电厂周围环境进行各类环境介质的采集、运输。采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

### 8.3.2.2 环境实验室

#### （1）概述

徐大堡核电厂环境实验室用于对从电厂周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。实验室测量的项目包括  $\gamma$  谱分析、总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、H-3、C-14、Sr-90、累积剂量测量分析等。

#### （2）位置和规模

徐大堡核电厂环境实验室设置于辽宁省兴城市滨海经济区，位于辽宁徐大堡核电厂 NNE 方向，距辽宁徐大堡核电厂的直线距离约 21.16km，在烟羽应急计划区以外，与周围环境互不构成影响，场址周围交通便利，配套设施齐全，满足建设需求。

环境实验室占地约为 768m<sup>2</sup>，建筑面积 2436m<sup>2</sup>。根据实验室功能需求，其按三层分区布置房间，分区主要包括样品接收区、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 环境监测车辆

徐大堡核电厂将配置 1 辆环境采样车和 1 辆环境监测车（兼应急监测），正常运行时用于厂区及周围环境  $\gamma$  辐射水平进行巡测、环境介质的快速测量、环境介质样品的采样和传送及环境辐射与气象监测系统的日常维护，事故条件下进行应急监测及采样。

### 8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测机组运行对厂区地下水的影响情况，在厂区将设置地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。徐大堡核电厂 3、4 号机组厂区内计划布设 3 口监测井，监测井位置将根据厂区地下水径流等情况进行确定，布设原则如下：

- 考虑厂区填海造地情况，避免将监测井布设于填海造地区域；
- 考虑厂址附近水文地质情况，1#井位于地下水流向上游，作为对比井；2#、3#井布置在核岛厂房周围和重要废液排放管线周围，用于监测可能的泄漏；
- 地下水监测井监测对象为核岛和主要废液排放厂房，尽可能靠近监测对象；
- 应考虑监测井与室外管线之间的相互影响，应布置于不受今后施工影响地段，以免监测井被破坏。

### 8.3.2.4 监督性系统前沿站和子站

监督性系统前沿站，占地面积 672.07m<sup>2</sup>，总建筑面积 2304.22m<sup>2</sup>。监督性监测系统子站共有 12 个，其中有 2 个监督性监测子站和核电厂环境监测子站共址建设。环境监测站和监督性环境监测站互补覆盖陆域各方位。

## 8.4 质量保证

### 8.4.1 质量管理

#### 8.4.1.1 组织机构

- 编制组织管理程序，明文规定管理和实施质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责、权限等级；
- 统一的环境监测组织机构，对环境监测进行统一管理。

#### 8.4.1.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，拟采取以下措施：

- 从事环境监测的人员必须具有一定的文化程度以及核电站环境监测专业知识和工作能力；
- 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训，要求熟悉有关采样、样品处理、分

析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。

- 为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

## 8.4.2 质量控制

### 8.4.2.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品，并保持放射性核素在样品处理之前的原始浓度。为达到此目的，采取了以下质量控制措施：

- 制定各类环境介质的采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式，以保证采集到具有代表性的样品。
- 根据各类环境介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录。各种记录均有责任者签名。
- 准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 10%以内。
- 操作样品时具有防止交叉污染的措施。
- 采样时的样品数量包括分析样品总数 5%的质量控制样品及分析样品总数的 20%的保留样品。
- 可保存的各类常规样品（包括分析剩余样品、非破坏性分析样品和备检样品）部分保存十年，并附有可靠的标签和专门的记录。强沾污样品及有特殊情况的样品将保存到作出结论后再处理。

### 8.4.2.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中的质量控制措施包括：

- 样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注意检查载体和标准溶液的质量。严格制备供放射性测量的样品；
- 在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；
- 为了确定分析测量过程中的不确定度，采取相应的校正措施。包括：
  - 为了确定分析测量的精密度，采用平行样品分析测量；
  - 分析测量掺标样品或标准参考物质，以确定分析测量的准确度。分析测量时，采用

与相应的待测样品相同的操作程序和修正已定的系统误差；

-分析测量空白样品。以发现和量度样品在预处理、分析测量过程中的沾污，并提供适当扣除本底的资料。空白样品与待测样品同时进行预处理和化学分析。

- 比对：对整个环境监测环节进行检验，包括监测设备、操作人员、操作方法等，参加国家和环境监测系统主管部门组织的实验室之间分析测量的比对和国际比对；
- 仪器的刻度和检验：对环境监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准，同时还采取如下的检验措施以确保仪器在测量时仍然处于刻度时的良好状态：

-标准（参考）样品分析。

-放射性测量仪器每月至少进行一次本底、效率检验，并制作仪器本底、效率的控制图。

-对放射性测量仪器均每月进行一次稳定性检验以表明仪器计数是否满足泊松分布的 $\chi^2$ 检验。

-每月进行能量分辨率和能量刻度检验。

-所有放射性测量仪器，每年刻度一次，刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。

-对流量、压力、温度、重量等常规非放射性监测的仪表设备定期进行标定。

#### 8.4.2.3 数据处理中的质量控制

数据处理中的质量控制包括：

- 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并有责任者签字。原始记录和环境监测结果将长期保存；
- 详细、准确的质量控制记录。包括所有采样和分析测量仪器性能的检定、校准、检验和维修情况；质量控制样品分析和实验室间的比对情况；标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和掺标样品、载体和标准溶液的配制情况；计算机程序验证情况等。将有关质量控制文件长期保存；
- 进行数据统计学处理。包括数据可靠性分析；数据分布检验；中心值和分散度估计等。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对数据处理、计算结果进行严格审核。审核人在审核报告上签字；对于异常结果，计算者和审

核者应及时查明原因，若属于分析测量差错或其它过失应该及时采取纠正或补救措施。

- 对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查；
- 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准。
- 对不符合质量保证要求的监测结果，必须进行审查、评价，并确定是否使用，还是废弃或采取补救办法。

表 8.1-1 徐大堡核电站运行期间环境辐射监测方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	
1	陆地环境 γ 辐射	剂量率	空气吸收剂量率	1 次/季	20km	
		累积剂量	γ 辐射累积剂量	1 次/季	20km	
2	陆地介质	空气	气溶胶	总 α、总 β、γ 谱分析	1 次/季	10km
			沉降物	总 β、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/季	10km
			<sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C 和 <sup>131</sup> I	<sup>14</sup> C、HTO、 <sup>131</sup> I	1 次/季	10km
		水	降水	总 α、总 β、 <sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/季	10km
			饮用水	总 α、总 β、 <sup>3</sup> H、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			地下水	总 α、总 β、 <sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			地表水		1 次/半年	10km
		土壤	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/半年	10km	
		底泥		1 次/半年	10km	
		陆生生物	粮食类	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	收获期	10km
			蔬菜	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	收获期	10km
			肉类	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	10km
			牛奶	<sup>131</sup> I	1 次/年	10km
			淡水鱼	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	10km
水果类	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析		1 次/年	10km		
指示生物	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	10km			
3	海洋介质	海水	总 β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、γ 谱分析	1 次/半年	10km	
		沉积物	潮间带	<sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			潮下带			
		海洋生物	藻类	<sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			贝类	<sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			甲壳类	<sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			鱼类	<sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km
指示生物	<sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km			

注：1) γ 谱分析的核素主要包括 Mn-54、Co-58、Co-60、Cs-134、Cs-137、I-131 以及在 γ 谱仪上有明显特征峰的其他核素。

2) 在部分环境水体及生物中将适当增加对 C-14 的测量。

表 8.2-1 非放射性化学污染物和生活污水监测初步方案

监测对象	监测类型	监测指标	监测频次	监测点位	备注
生活污水	日常监测	pH、色度、浊度、嗅、溶解氧、总余氯	每日一次	生活污水处理站处理工艺末端排放口	日常监测由运行主管部门负责。
		BOD <sub>5</sub> 、阴离子表面活性剂、氨氮、铁、锰、溶解性总固体、总大肠菌群	每周一次		
	定期监测	pH、水温、COD、BOD <sub>5</sub> 、SS、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、总氮、氨氮、总磷、色度、浊度、嗅、溶解氧、铁、锰、溶解性总固体、总余氯、总大肠菌群	暂定每月一次，以地方环境保护行政主管部门要求为准。	生活污水处理站处理工艺末端排放口	定期监测由地方环境保护行政主管部门或专业检测机构执行。
酸碱废水	日常监测	pH	在线监测	海水淡化厂房、除盐水生产厂房、制氯站的中和池排放管	

表 8.3-1 流出物实验室和辐射剂量监测实验室的房间面积和房间功能

房间	功能	使用面积 m <sup>2</sup>
流出物制样室	核岛气液态流出物样品制样	22.25
放化测量间	分析流出物核素放射性活度	39.4
源存放间	存放校准用放射源	7
辐射剂量监测实验室	气载流出物样品 $\gamma$ 核素测量	40

表 8.3-2 流出物实验室的仪器设备配置

序号	设备名称	数量	仪器设备规格参数
流出物制样室			
1	分析天平（220g）	1	220g，精度 0.1mg。
2	红外线烘干机	1	工作温度范围：室温至 190℃，灯泡样式。
3	便携式 pH 计	1	便携式 pH 计 pH 测量范围：-2.000 到 19.999，分辨率 0.001，相对精度±0.005，自动校准。
4	总有机碳分析仪	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 用于将液态流出物样品中的碳转化为 CO<sup>2</sup> 并收集；</li> <li>• 100℃+湿法氧化法标准测量</li> <li>• 吸收瓶 2 套。</li> </ul>
5	马弗炉	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 温度范围 100-500℃；温控精度：±2℃；</li> <li>• 使用容积：4L。</li> </ul>
6	4 孔恒温水浴锅	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 工作温度范围：室温+5~99℃，温控精度±0.5℃；</li> <li>• 容积约 9L。</li> </ul>
7	电炉	1	功率 1500w。
8	手动真空泵抽滤瓶成套（泵+抽滤瓶）	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 配 5μ 微孔滤膜和 47MM, 500ML 过滤器；</li> <li>• 手动真空泵制造材料（主体）：PVC,最大真空度：58—64cmHg；</li> <li>• 抽滤瓶制造材料：玻璃，容量：1L。</li> </ul>
放化测量室			
9	高纯锗 γ 谱仪	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 晶体类型：P 型高纯锗，同轴型，相对探测效率：≥30%；</li> <li>• 能谱范围：50 keV~10 MeV；</li> <li>• 分辨率：1332.5keV 半峰宽 2.1keV；</li> <li>• 数字化谱仪≥8192 道。</li> </ul>
10	液闪计数器	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 能谱：0-2000keV；</li> <li>• 计数效率：H-3 的效率大于 60%，C-14 的效率大于 94%。</li> </ul>
11	低本底 αβ 测定仪	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 适合于 α/β 核素的放射性</li> <li>• 探测器：4 路以上流气式正比计数器，薄窗</li> <li>• 铅屏蔽：采用 4π 屏蔽结构，厚度≤10cm</li> <li>• 超低本底：&lt;1cpm (β)、&lt;0.1cpm (α)</li> <li>• β 效率≥50% (Sr-90)</li> </ul>
辐射剂量监测实验室			
12	高纯锗 γ 谱仪	1	相对效率 40%

## 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

**表：**

表 9.2-1 乏燃料后处理费及退役基金提取表

## 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 号机组工程项目规划建设两台百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划建设。电厂设计寿命期均为 60 年，财务评价经营期为 30 年。工程投产后，年供电量为 165.87 亿度。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目的建设，可发挥堆群优势，降低建设造价和营运费用，降低上网电价，增强核电的竞争性，做到以核养核，滚动发展。

### 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，将有效地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，推动当地的经济的发展，提高人民的生活水平。

核电站项目投资大，建设周期长，可以有效促进当地金融等服务产业发展。建设期间，可提供约 6 万人年的各种建设人才的就业机会；运行期间，核电站各岗位的就业人数总计约为 800 人，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。同时，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，对于项目当地经济的提升、核电上下游产业的发展将起到积极的作用。

同时，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 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。

#### （2）环境效益

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目正常运行状态下，放射性流出物对周围居民的辐射影响小于天然本底辐射的波动范围，对生态环境的影响也很小。通过对选址假想事故后果的分析，周围居民可能受到的最大个人有效剂量和 80km 评价范围的集体有效剂量明显小于规定的限值。

同释放大量飘尘二氧化硫造成酸雨、释放二氧化碳造成温室效应和需要庞大排灰场地的燃煤电厂相比，核电是一种安全、清洁、高效的能源，对环境影响很小。以正常年份发电量 1658.75 万兆瓦时、减排因子 1.05 计算，每年可减排 CO<sub>2</sub> 为 1742 万吨，按 9.0 欧元/吨的单价计算，可产生环境效益 121012 万元。

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 直接代价

#### （1）建设期环保设施投资

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目工程计划总资金包括建筑工程费、设备购置费、安装工程费、2/3 首炉燃料费等工程费用和建设单位管理费、勘察设计费、生产准备费等工程其他费用以及预备费、建设期贷款利息、铺底流动资金等。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目直接和间接用于环境保护的费用约占项目计划总投资的 2.31%。

#### （2）运行期环保费用

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目在运行期间，平均每年需要投入一定的资金，用来支付核燃料、运行维护、大修和设备更换、燃料后处理、退役基金、放射性废物处置基金等费用。其中环保费用包括退役基金，乏燃料处理处置基金和中低放废物处理处置费。

##### ① 退役基金

根据国家能源局 2011 年颁发的《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T 20048-2011）的有关规定，核电站的退役费用应以退役基金的形式计入商业运行后企业的总成本费用，一般规定的退役基金的提取方法是以固定资产原值为基数，总额一般控制在固定资产原值的 10%。徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目的退役基金以发电工程固定资产原值为基数，提取比例为 10%。从计算期第一年开始提取，在计算期内，平均每年提取退役基金 13720 万元。

##### ② 乏燃料处理处置基金

对于乏燃料后处理和放射性废物处置基金的提取数额，依据《核电站乏燃料处理处置基金征收使用管理暂行办法》财综[2010]58 号文，徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目的乏燃料后处理处置费，从投产后第六年开始提取，按 0.026 元/kWh 计提。在计算期内，平均每年提取约 35940 万元。

##### ③ 中低放废物处理处置费

根据《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T 20048-2011）的相关规定，中低放废物处理处置费从投产后第一年开始提取，按 0.5 元/kWh 计提。在计算期内，平均每年提取约 874 万元。

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目经济寿期内乏燃料后处理处置费、退役基金及中低放废物处理处置费提取情况详见表 9.2-1。

## 9.2.2 间接代价

### （1）社会影响

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目厂区、生活区需要长期征用大量的土地。按规定，在核电站外边界半径 5km 范围内为限制区，即在该地区内要限制人口机械增长、集中居民点建设和工矿企业及其它事业的发展。

在核电站建设初期，电厂建设所需的施工设备、器材和人员的运输会增加当地交通网的负担，亦可能增加交通事故的频率。建设期间的大型设备的运输会给所经线路的交通（包括陆路和海运）带来一定的影响。

核电站运行期间，电厂工作人员加上家属可达数千人，居住在当地，对该地方的文教、卫生、商业、交通等市政设施造成一定的压力，加重了地方市政负担。

### （2）环境影响

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘、少量有毒化学品和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。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局限的。另外，由于厂址半径 500m 范围内无居民居住，核电站施工对公众的影响程度很小。由于核电站的建设，使当地的地形地貌发生了变化，但是在电厂投入运行后，在厂区附近将尽可能绿化，改善和美化环境。

核电站运行期间非放射性因素对环境的影响主要表现在机械损伤和卷吸效应、温排水、化学物质的排放以及生活污水等方面。徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目采用直流循环海水冷却方式，在电厂运行期间对整个当地的渔业资源和水生生物产生的影响很小，不会因冷却水取水导致大批成鱼机械损伤，对浮游生物造成的卷吸效应也不会很明显；由于海湾所具有的优良自然条件，核电站排出的温排水可以得到充分的掺混、稀释，并逐渐向外海迁移，因而造成的影响范围很小；核电站运行期间排出的各种废水所含化学物质数量较少，而且在标准规定的控制浓度以下，并且是经循环冷却水稀释后再排放海域，所以，化学物质排放不会对核电站所在海域产生明显的不利影响；生活污水收集后送到厂区生活污水处理站集中处理，经处理达标后排放，不会对附近海域的海水质量造成明显影响。

徐大堡核电厂 3、4 号机组正常运行期间对环境产生的辐射影响是很小的，对周围环境和公众的辐射影响在可接受的范围内；在事故工况下，亦能够满足 GB6249—2011 规定的剂量控制值。

从以上分析可以得出：徐大堡核电厂 3、4 号机组是经济的、环保的。对于电力需求紧张，资源相对匮乏，经济发展迅速的地区，发展核电是解决能源问题的有效手段，是调整能源结构、实现区域经济可持续发展的重要保证。徐大堡核电厂 3、4 号机组的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来一定的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

表 9.2-1 乏燃料后处理费及退役基金提取表

序号	项目名称	提取开始时间	经济寿期内提取年数	每年提取金额（万元）	寿期内总计提取金额（万元）
1	乏燃料后处理处置费	投产期第六年提取	25	43127	1078186
2	退役基金	投产期第一年提取	30	13720	411610
3	中低放废物处理处置费	投产期第一年提取	30	874	26234

## 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，东临辽东湾。厂址北北东距徐大堡镇约 7.8km、距兴城市约 32km、距葫芦岛市约 46km、距沈阳市约 292km，东北东距营口市约 146km，西距绥中县城约 18km，距东辛庄镇约 8km，距刘台子乡约 5km，西南西距秦皇岛市约 94km。

厂址规划容量为 6 台百万千瓦级核电机组，一次规划，分期实施。一期工程拟建设两台 AP1000 压水堆核电机组。3、4 号机组拟建 AES-2006（VVER-1200）型压水堆核电机组，计划于 2021 年 5 月浇灌第一罐混凝土，两台机组开工间隔为 10 个月，3、4 号机组分别计划于 2026 年 10 月和 2027 年 8 月投入商业运行。

本项目资金筹措渠道主要包括资本金和国内金融机构贷款两个部分。项目资本金由徐大堡核电厂 3、4 号机组项目各股东方自行筹措。除资本金投入外，本项目人民币和外币资金需求由国内政策性银行和（或）商业银行提供贷款支持。直接和间接用于环境保护的费用约占总投资的 2.31%。

本工程拟采用俄罗斯 AES-2006 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业主，负责核电厂的建设和运营管理。中国核电工程有限公司负责核岛技术后援工作、工程设计、采购、建安、调试等工程总承包工作。

## 10.2 环境保护设施

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小于 50m<sup>3</sup>，可以满足放射性废物最小化要求。

徐大堡核电厂全厂设置一座生活污水处理站。本工程主厂区各子项和施工区的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，经处理达标后，用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海。本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器、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，经过油水分离设施处理达标后排入大海；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。

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，辽宁徐大堡核电厂将设置完整而全面的流出物监测系统和能够覆盖整个厂址区域的环境辐射与气象监

测系统，并且制订运行期间流出物和环境监测方案以及应急监测方案。

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。

徐大堡核电厂 3、4 号机组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。

### 10.3 放射性排放

徐大堡核电厂 3、4 号机组和厂址 1-4 号机组的排放量均满足 GB 6249-2011 中所规定的厂址年排放量控制值要求。本工程液态流出物槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度低于 1000Bq/l，满足 GB 6249-2011 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排放量设计值。本工程 2 台机组运行状态下，各年龄组中青少年组的剂量最大，为  $3.20E-06Sv/a$ ，约占厂址剂量约束值（ $0.25mSv/a$ ）的 1.28%。1~4 号四台机组运行状态下，各年龄组中青少年组的剂量最大，为  $5.05E-06Sv/a$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.25mSv/a$ ）的 2.02%。

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，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $3.51E-07Sv/a$ ；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  $3.15E-07 Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 89.69%；各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $3.25E-07Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 92.53%。1~4 号四台机组运行状态下，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的村民，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $2.21E-06Sv/a$ ；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  $1.92E-06Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 86.55%；各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $9.45E-07 Sv/a$ ，约占气、液态总剂量的 42.69%。

本工程 2 台机组、厂址 1-4 号机组运行状态下，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。

#### （2）运行状态下对生物的辐射影响

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

围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，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。

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 1-4 号四台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 1 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 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

从影响率的结果来看，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媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，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。

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-2}$  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 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

### （3）事故工况下的辐射环境环境影响

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）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 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  $5\text{mSv}$  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 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  $0.1\text{Sv}$  以下，甲状腺当量剂量应控制在  $1\text{Sv}$  以下。分别计算 4 种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，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 GB6249-2011 的要求。

采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模式计算严重事故造成的放射性后果。NUREG/CR-4691 模拟了放射性物质释放入大气的严重事故的场外后果。NUREG/CR-4691 提出的评价模式可以估算公众剂量，健康效应以及环境污染的经济代价和损失。计算严重事故分别在事故后的 2 天、7 天、1 个月和 1 年内不同距离超越指定有效剂量的概率。计算结果显示，严重事故条件下，场外公众所受有效剂量满足国标 GB 18871-2002 规定的通

用优化干预水平。

## 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）社会环境影响

核电厂工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，对附近居民的日常生活产生轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加当地居民的就业机会和商机，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

#### （2）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，施工期间采用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，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。爆破等施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失，对环境的影响是暂时的。

#### （3）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可减少扬尘的释放。在施工建设期间，安排进行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。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

#### （4）海域施工的影响

本期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、拦冰装置的施工，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。施工过程中合理安排施工进度和选用施工器具等，减轻施工过程对海域环境影响。

#### （5）对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。

施工期生活污水输送到生活污水处理站集中处理，经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）标准后尽可能回用于施工场地降尘、道路浇洒绿化等，回用剩余再生水暂存在生活污水处理站的回用水池中，当水池液位超高时溢流排放。生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准。

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。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准的污水允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。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。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

工程施工期需要对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作也将破坏原有生境条件，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，将根据现场施工情况采取相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也将采取相应的恢复措施，预计本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

### 10.5.2 运行期间的环境影响

#### （1）温排水的影响

厂址东临辽东湾海域，工程附近海域潮流基本呈往复流，近岸水深坡陡，良好的水域条件为电厂的温排水提供了较好的稀释扩散条件。温排水影响范围有限，不会造成大范围的海洋生态环境变化。

#### （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。明渠内水流流速与天然潮流流速接近，预计运行期间对浮游生物、鱼卵仔鱼等能进入取水系统的生物造成的损失有限，不会造成整个区域海洋生态的变化。

#### （3）化学污染物的环境影响

核电厂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，而且在标准规定的控制浓度以下，并且是经循环冷却水

稀释排放海域。所以，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地消耗，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（含油类 $<3\text{mg/L}$ ），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。

本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至生活污水处理站集中处理。生活污水处理经处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）标准和执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准后，用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准的生活污水和满足《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）的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，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

#### （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 3 类标准限值。因此，本工程正常运行的噪声排放满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

#### （6）电磁辐射的影响

根据《徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址区域电磁辐射本底补充测量及现状评价报告》，通过类比分析，本工程建成投运后 500kV 开关站对周围环境的电磁辐射影响能够满足国家

相关标准的要求。

综上所述，从徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址的自然条件和社会条件分析，能满足 3、4 号机组建设的要求。本工程施工建设对环境的影响以及电厂正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。因此，从核电厂建设和运行对环境的影响角度看，建设徐大堡核电厂 3、4 号机组是可行的。

### 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，在项目建设及营运过程中落实相应的措施。

### 10.7 承诺

本报告书给出的对本工程建造和运营管理单位环境保护方面的承诺包括：

— 严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。

— 工程建造过程中，应严格制定施工期间的环境保护管理制度，并加强监测和检查，有效防止水、气、声、渣等非放污染物的环境影响。