

徐大堡核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

(选址阶段)

中核辽宁核电有限公司
二〇二〇年三月

密级：

图册(文件)编号	
1817-J00HYK01	
共 1 册	第 1 册
版次：B	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	可行性研究
工 种	综 合
图册(文件)名称	环境影响报告书 (选址阶段)
图册(文件)序号	-
批 准	

XDP	Y	B000	01	11100000	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。

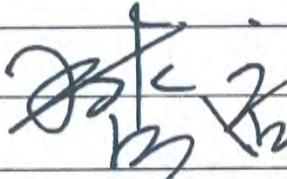
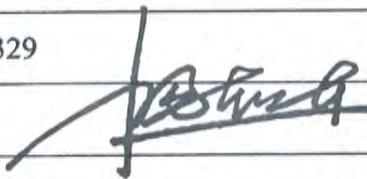
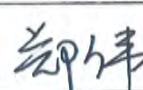
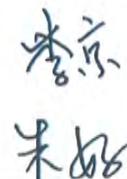
中国核电工程有限公司

工程设计综合甲级资质证书：A111003049

二〇二〇年三月



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（选址阶段）		
一、建设单位情况			
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		
二、编制单位情况			
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）	杨朝东 		
三、编制人员情况			
编制主持人及联系电话	郑伟 010-88023627		
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书编号	签字	
郑 伟	0001050（环评资格证编号）， A105303111（登记证编号）		
	0000547（核安全资格证编号）， ZNPPC45-1903（登记证编号）		
2.主要编制人员			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
郑 伟	0001050（环评资格证编号）， A105303111（登记证编号）	第一章和第十章	
李 京 朱 好	0006864（环评资格证编号）， A105304811（登记证编号）； 2017035110352013110715000928 （环评资格证编号），A105304711 （登记证编号）	第二章	
王 欣	0006857（环评资格证编号）， A105305011（登记证编号）	第三章和第八章	

韩蕊	2017035110352016110714000413 (环评资格证编号), A105304611 (登记证编号)	第四章	韩蕊
高桂玲	0004412 (环评资格证编号), A105302911 (登记证编号)	第五章	高桂玲
毛亚蔚	0004411 (环评资格证编号), A105303011 (登记证编号);	第六章	毛亚蔚
薛娜	00019558 (环评资格证编号), A105303311 (登记证编号)	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	2019.9	-	-	首次出版
B	2020.3	-	-	升版

总 目 录

第一章 概述

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

第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 人口分布与饮食习惯
- 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 场内运输事故

7.3 其他事故

7.4 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其他监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 电厂建设和运行的效益分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

10.1 结论

10.2 承诺

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

1.1.2 建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

1.6.2 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

表：

表 1.7-1 厂址 6 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 范围评价子区划分示意图

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

核电厂名称：徐大堡核电厂 3、4 号机组

项目建设和运营管理单位：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 号机组为续建项目，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、江苏省国信资产管理集团有限公司、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 号机组规划暂按华龙一号考虑。

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。

徐大堡核电厂 3、4 号机组项目计划总资金约为 500 亿元，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 2.24%。

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。

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，需有效地采取减排措施。辽宁省以火电为主的能源结构对社会环保造成较大压力，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 1606.7 万兆瓦时、减排因子 1.05 计算，每年可减排 CO₂ 约 1687 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重大意义。

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 10 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 2027 年 7 月和 2028 年 5 月投入商业运行。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

本工程专题报告充分利用了徐大堡核电厂一期工程已有的最新成果，并补充了针对 3、4 号机组的外委成果，同时为满足外委成果的时效性等要求，本工程已委托开展了相关专题。

1.6.2 主要法规、标准和导则

1.6.2.1 主要法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- (4) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017 年 11 月 5 日）；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2016 年 1 月 1 日）；
- (6) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016 年 11 月 7 日）；
- (9) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月）；
- (10) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- (11) 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (12) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年）中华人民共和国国务院令 682 号；
- (13) 《放射性物品运输安全管理条例》（2017）中华人民共和国国务院令 682 号；
- (14) 《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）中华人民共和国国务院令 698 号；
- (15) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；
- (16) 《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）；
- (17) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；

- (18) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2017年6月环境保护部令第44号)；
- (19) 《核电厂厂址选择安全规定》(HAF101)；
- (20) 《放射性废物安全监督规定》(HAF401)。

1.6.2.2 技术导则、标准

- (1) 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》(HJ808-2016)；
- (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；
- (3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ2.3-2018)；
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2011)；
- (7) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)；
- (8) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02)；
- (9) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》(HAD101/03)；
- (10) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》(HAD101/04)；
- (11) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》(HAD101/05)；
- (12) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》(HAD101/06)；
- (13) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》(HAD101/10)；
- (14) 《核电厂设计基准热带气旋》(HAD101/11)；
- (15) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01)；
- (16) 《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)；
- (17) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)；
- (18) 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》(HJ969-2018)；
- (19) 《海洋监测规范》(GB17378.1~7-2007)；
- (20) 《海洋调查规范》(GB12763.1~7-2007)；
- (21) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；
- (22) 《核设施流出物监测的一般规定》(GB11217-89)；
- (23) 《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)；
- (24) 《环境核辐射监测规定》(GB12379-90)；
- (25) 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB11215-89)；

- (26) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)
- (27) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019);
- (28) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》(GB/T17230-1998);
- (29) 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB8999-1988);
- (30) 《海水水质标准》(GB3097-1997);
- (31) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- (32) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002);
- (33) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002);
- (34) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (35) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- (36) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (37) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- (38) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- (39) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);
- (40) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001);
- (41) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001);
- (42) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ1186-2005);
- (43) 《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》(GB14569.1-2011);
- (44) 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》(GB12711-2018);
- (45) 《交流输变电工程电磁环境监测方法》(HJ681-2013);
- (46) 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014);
- (47) 《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);
- (48) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T10.3-1996);
- (49) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》(HJ 1037-2019)。

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： 6×10^{14} Bq/a；
- 碘： 2×10^{10} Bq/a；
- 粒子（半衰期 ≥ 8 d）： 5×10^{10} Bq/a；
- 碳 14： 7×10^{11} Bq/a；
- 氡： 1.5×10^{13} Bq/a。

液态流出物：

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

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）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 号机组和厂址 1-6 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

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011），在发生选址假想事故时，虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

（3）海水中的放射性核素浓度标准

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

Co-60：0.03 Bq/L；

Sr-90：4 Bq/L；

Ru-106：0.2 Bq/L；

Cs-134：0.6 Bq/L；

Cs-137：0.7 Bq/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）中的标准。

（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

生活污水和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）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1）。

（4）噪声标准

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(100μT)

射频综合场强功率密度(任意连续 6 分钟平均值) $<0.4\text{W}/\text{m}^2$ 。

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）

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。

1.9.1.3 液体废物贮存系统（KPK）

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（除 H-3、C-14 外其他放射性核素的浓度上限值为 $200\text{Bq}/\text{L}$ ）

时，通过虹吸井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（KPL1）、放射性气体处理系统（KPL2）和贮槽排气处理系统（KPL3）。

氢燃烧系统（KPL1）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 KPL2 系统。

放射性气体处理系统（KPL2）处理氢燃烧系统（KPL1）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（KPL3）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 KPL2 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）位于徐大堡 3、4 号机组辅助厂房（UKA）内，KPH 系统的设备在 3 号机组和 4 号机组的核辅助厂房（UKA）内各设一套。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、蒸残液和地漏水处理系统（KPF）产生的旋流器泥浆转运到 KPM 和 KPN 系统的运输槽车。

1.9.1.8 放射性废物处理中心（T4UKT）

徐大堡核电基地废物处理中心的主要工艺系统包括废树脂处理系统（KPM）、蒸残液和泥浆处理系统（KPN）、干废物处理系统（KPG）、设备排气处理系统（KPQ）、放射性废水收集和排放系统（KTP）及废物暂存库。

（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 KPM 废树脂运输槽车并运输到 T4UKT 的湿废物运输间。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）蒸残液和泥浆处理系统（KPN）

蒸残液采用桶内干燥处理工艺。在 UKA 厂房通过 KPH 系统将核岛产生的蒸残液装载到 KPN 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。

旋流器泥浆采用烘干、超级压实、水泥固定的处理工艺。在 UKA 厂房通过 KPH 系统将核岛产生的旋流器泥浆使用运输槽车运输到 T4UKT 的湿废物运输间的泥浆接收槽中。经过烘干装入 160L 钢桶进行超级压实，压实后的桶饼装入 200L 钢桶中进行水泥固定处理形成废物包。

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 KTP 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）

干废物处理系统（KPG）采用分拣、烘干、初压、超级压实、水泥固定的处理工艺。

（4）KPQ 系统工艺描述

设备排气处理系统（KPQ）采用高效过滤处理工艺。

（5）放射性废水收集和排放系统（KTP）

放射性废水收集和排放系统（KTP）的有 KTP10、KTP20 和 KTP30 三个子系统。

KTP10 子系统主要用于接收来自卫生出入口、符合排放要求的特下水以及监测槽间地坑收集的废水。废水取样分析合格则在线监测排放，不合格则经 KTP20 管线送至废液处理系统（KPF）处理。

特下水收集子系统（KTP20）主要接收来自 KPM、KPN、KPG 系统的冷凝液以及特下水槽间地坑收集的废水。废水经取样分析合格输送给监测槽监测排放，否则送往 3 号机组的废液处理系统（KPF）进行处理。

地漏水收集子系统（KTP30）收集 T4UKT 正常运行期间产生的地面排水，并通过地漏和管道输送至 KTP10 子系统和 KTP20 子系统的地坑。

（6）废物暂存库

T4UKT 废物包暂存及二次包装区主要功能为：

- 接收和暂存 T4UKT 内处理形成的 700L HIC 废物包；
- 废物包（200L 钢桶废物包、HIC 废物包）的转运。

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《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）。生活污水处理站设计规模 1500m³/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），排入室外雨水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理站设计规模 2×5m³/h。

②噪声污染防治措施

本工程通过合理布置总平面，使重点噪声源尽量布置在厂区中部，并充分利用其他辅助建筑物进行屏蔽。发电机、汽轮机、水泵、空压机等设备在招标过程中提出设备噪声水平要求，并布置在室内、对设备基础采取减震处理、必要时加装消声器。厂房四周墙体选用隔声较好的结构，必要时采用吸声材料，使厂房的建筑物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 γ 辐射水平，采集厂区及周围环境地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，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，在运行后将监测井纳入监测大纲的地下水取样点，定期取样测量，测量结果在年报中给出。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。详细内容请见第八章。

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 大气环境》（HJ 2.2-2018）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

水环境评价的范围将参照《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ/T 2.3-2018）、《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT 19485-2014）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 声环境》（HJ 2.4-2009）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。

表 1.7-1 厂址 6 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	5、6 号机组排放量设计值 Bq/a	1-4 号机组总排放量 Bq/a	1-6 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	1-6 号与厂址控制值比值
气载	惰性气体	8.19E+14	7.59E+13	1.17E+14	8.95E+14	1.01E+15	2.40E+15	37.27%	42.14%
	碘	3.84E+10	9.32E+08	1.92E+09	3.93E+10	4.13E+10	8.00E+10	49.17%	51.57%
	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	3.50E+09	2.57E+07	9.36E+07	3.53E+09	3.62E+09	2.00E+11	1.76%	1.81%
	氡	2.60E+13	1.52E+13	9.20E+12	4.12E+13	5.04E+13	6.00E+13	68.67%	84.00%
	碳-14	1.21E+12	5.40E+11	7.32E+11	1.75E+12	2.48E+12	2.80E+12	62.57%	88.71%
液态	氡	7.48E+13	3.00E+13	9.20E+13	1.05E+14	1.97E+14	3.00E+14	34.93%	65.60%
	碳-14	6.60E+09	9.60E+10	5.38E+10	1.03E+11	1.56E+11	6.00E+11	17.10%	26.07%
	其余核素	1.90E+10	4.26E+08	1.30E+10	1.94E+10	3.24E+10	2.00E+11	9.69%	16.18%

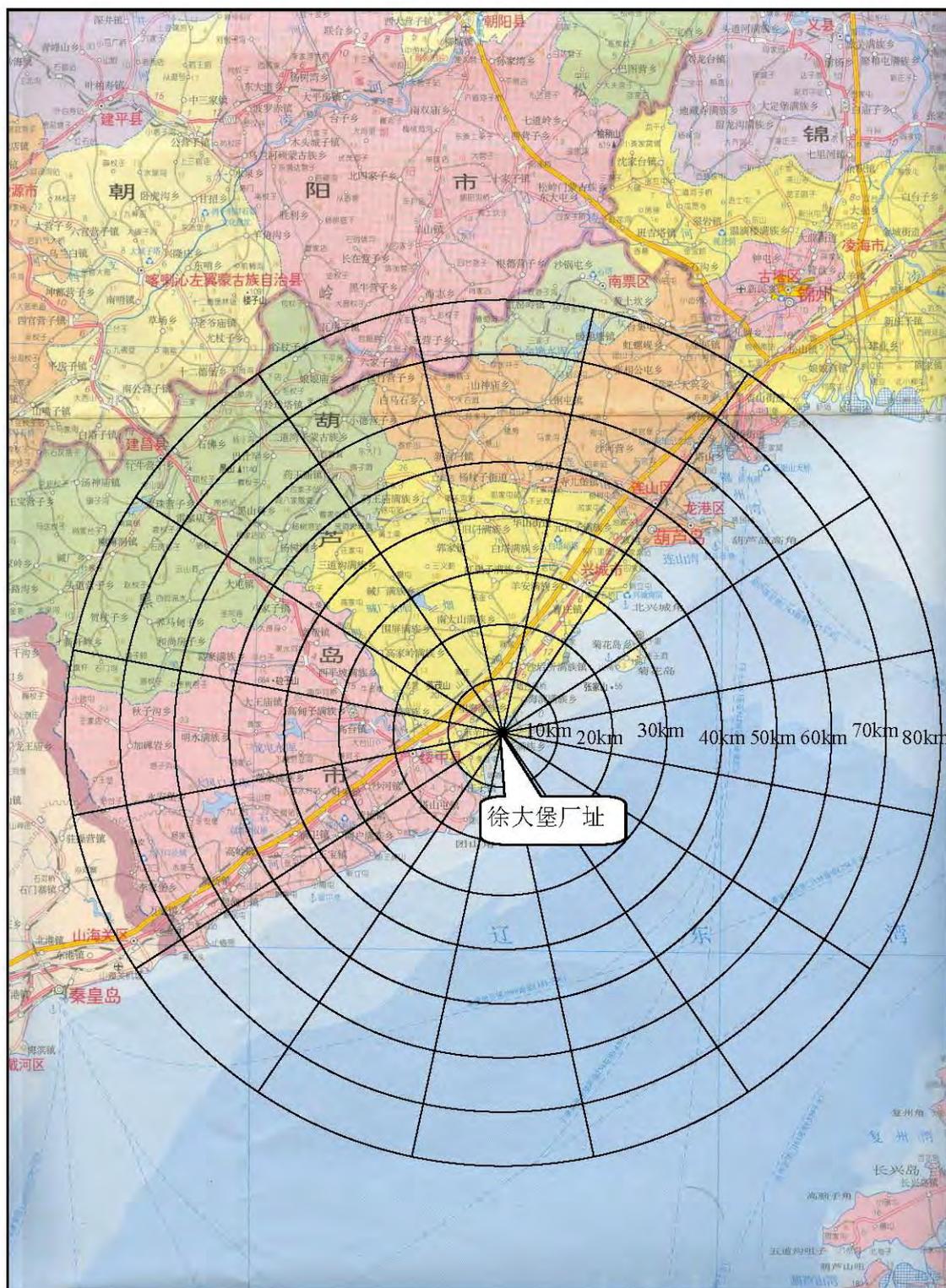


图 1.10-1 徐大堡厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

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

2.2.3 居民年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

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 核电厂址周围气象站的基本信息

表 2.4-2 推荐的徐大堡厂址扩散参数

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

表 2.4-4 地面观测气象要素技术指标一览表

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

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 铁塔各高度年风玫瑰（2017.9~2018.8）

图 2.4-3 地面气象站各季及年均风玫瑰图（2017.9~2018.8）

图 2.4-4 各风向季均、年均降水量风玫瑰图（2017.9~2018.8）

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

图 2.5-3 工程海域 1960~2019 年 0m 等深线变化

图 2.5-4 工程海域 1960~2019 年 2m 等深线变化

图 2.5-5 工程海域 1960~2019 年 5m 等深线变化

图 2.5-6 工程海域 1960~2019 年 10m 等深线变化

图 2.5-7 工程附近水域 2009~2019 等深线对比

图 2.5-8 工程附近水域 2009~2019 海床冲淤变化

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

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 5km、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

厂址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华龙一号核电机组用地。

3、4 号机组厂区用地 49.21hm²，其中，一期工程已征地 24.59hm²，需补充征地 24.62hm²。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011），在选址阶段，应该采用选址假想事故作为确定厂址非居住区、规划限制区边界的依据。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。...”。选取俄方参考电厂列宁格勒二期的严重事故源项作为选址假想事故源项，根据 2016-2017 年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（兴城市人民政府 2013 年 3 月 23 日出文《关于同意对徐大堡核电厂非居住区实施有效控制的复函》）。

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

厂址陆域非居住区半径 0.5km 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，共有人口九千余人。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，人口数约为一百余人；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，人口数约为一千余人。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，共有人口有十三万余人，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 年底人口数约为两千人；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，人口数约为四千余人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

根据《兴城市刘台子乡总体规划（2014-2030）》，刘台子乡规划到 2020 年集镇人口达到 0.24 万人，乡域人口达到 1.54 万人，到 2030 年集镇人口达到 0.55 万人，乡域人口达到 1.79 万人。

根据《兴城市徐大堡镇总体规划（2018-2035）》，徐大堡镇规划城镇人口近期为 5000 人，远期为 9200 人。

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为 2750 人。其中流入人口总数为 600 人；流出人口总数为 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 范围内流入人口总数为 38 人；流出人口总数为 37 人。

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 266 余万人。厂址半径 80km 范围内平均人口密度低于辽宁省同期的按陆域面积平均的人口密度。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围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 13 万余人和 47 万余人。

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 范围内没有矿产分布。

厂址半径 15km 范围内无风景名胜区、无风景游览区、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 8.6km。

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。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，此红线区边界距离本项目构筑物最近距离约 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。

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》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：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 22%销往评价区外，禽肉约 60%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%。市内植被类型属华北植物区系的植被小区，在西北部低山丘陵区的荒山地帯仍残存局部天然次生林，其植被种类常见有侧柏、油松、蒙栎等。宜林土地资源较为丰富，尚有宜林地荒山 30 万亩。现有宜林荒

山集中在几个西部山区乡镇，这部分土地有低山、丘陵、河滩、平原、沟壑等多种地形。

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

厂址半径 10km 范围绝大部分区域属葫芦岛兴城市。

兴城市常见哺乳动物包括黄鼬、狐、狗獾、蒙古兔、花鼠、麝鼠等；两栖动物包括花背蟾蜍、粗皮蛙、北方狭口蛙等；爬行动物包括北滑晰、棕黑锦蛇、团花锦蛇、无蹼壁虎等。以鸟类为优势的陆生脊椎动物 400 余种，其中国家 I 级保护动物 1 种，为虎头海雕；国家 II 级保护动物 6 种，包括黄嘴白鹭、大天鹅、小天鹅、鸳鸯、灰鹤、小杓鹬。此外，兴城市湿地已成为大批鸟类迁徙、停歇和繁衍的中转站，每年有大约近万只各种鸟类在此栖息停歇，包括丹顶鹤、中华秋沙鸭、大、小天鹅、灰鹤等国家重点保护的 60 余种珍稀鸟类。

兴城市的主要代表植物有羊胡子苔草、碱蓬、三芒草及大叶章、芦苇、水蓼、香蒲、怪柳等天然草本、木本植物为优势种高等植物 400 余种。

2.3.2.5 距离反应堆最近的农田、菜园、养殖场、奶牛场等

厂址半径 10km 范围内有一个省级自然保护区：六股河入海口滨海湿地自然保护区（最近处位于厂址 SSW 方位 8.0km），相对厂址最近的种植区和养殖区位于厂址方位。

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 2019 年 7 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中期成果报告》编制。

2.3.3.1 厂址附近海域海洋沉积物质量

沉积物调查时间为 2019 年 5 月。

调查海域沉积物类型以粉砂质砂（TS）为主，占总监测站位数的 31.8%，此外，粉砂（T）、砂（S）2 种沉积物类型各占 22.7%；其他沉积物类型还包括粘土质粉砂（YT）、粉砂质砂（TS）、粘土质砂（YS）。调查海域沉积物类型基本为砂质粉砂、砂和粉砂，主要分布于电厂附近及西南部海域；其他沉积物类型主要出现在东北部海域。

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

（1）微生物

2019年3月调查海域29个大面站表、底层海水粪大肠菌群数量及20号连续站粪大肠菌群数量均低于检出限（ $<2\text{cfu}/100\text{mL}$ ）；28号连续站粪大肠菌群07：00时、13：00时和次日01：00时的监测结果分别为 $2\text{cfu}/100\text{mL}$ 、 $8\text{cfu}/100\text{mL}$ 和 $2\text{cfu}/100\text{mL}$ ，其余各时段粪大肠菌群均低于检出限（ $<2\text{cfu}/100\text{mL}$ ）。

2019年5月调查海域14个大面站表层检测出粪大肠菌群，数量在（2~6） $\text{cfu}/100\text{mL}$ 之间，其余15个大面站表层粪大肠菌群数量低于检出限；底层粪大肠菌群数量除21号站为 $2\text{cfu}/100\text{mL}$ 外，其余站位均低于检出限。20号连续站粪大肠菌群数量除16：00时、19：00时和次日04：00时监测结果低于检出限外，其余各时段粪大肠菌群数量在（2~6） $\text{cfu}/100\text{mL}$ 之间；28号连续站粪大肠菌群除16：00时和次日04：00时监测结果低于检出限外，其余各时段粪大肠菌群数量在（2~4） $\text{cfu}/100\text{mL}$ 之间。

本次调查粪大肠菌群符合《海水水质标准》一类标准。

（2）叶绿素a和初级生产力

2019年3月调查海域各站表层叶绿素a值的变化范围在（0.55~4.40） $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $1.80\mu\text{g}/\text{L}$ ；调查海域各站底层叶绿素a值的变化范围为（0.54~2.81） $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $1.87\mu\text{g}/\text{L}$ ；调查海域各站初级生产力的变化范围在（72.26~820.51） $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 $341.08\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

2019年5月调查海域各站表层叶绿素a值的变化范围在（0.16~2.17） $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $1.08\mu\text{g}/\text{L}$ ；调查海域各站底层叶绿素a值的变化范围为（0.25~1.68） $\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $1.08\mu\text{g}/\text{L}$ ；调查海域各站初级生产力的变化范围在（15.37~208.40） $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 $96.29\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

2019年3月，20号连续站海水叶绿素a变化范围在（0.89~1.19） $\mu\text{g}/\text{L}$ 之间，平均值为 $1.02\mu\text{g}/\text{L}$ 。2019年5月，20号连续站海水叶绿素a变化范围在（0.99~2.83） $\mu\text{g}/\text{L}$ 之间，平均值为 $1.92\mu\text{g}/\text{L}$ 。

2019年3月，28号连续站海水叶绿素a变化范围在（1.95~2.59） $\mu\text{g}/\text{L}$ 之间，平均值为 $2.33\mu\text{g}/\text{L}$ 。2019年5月，28号站海水叶绿素a变化范围在（1.41~2.43） $\mu\text{g}/\text{L}$ 之间，平均值为 $1.92\mu\text{g}/\text{L}$ 。

（3）浮游植物

2019年3月，调查海域共出现浮游植物62种，其中，硅藻门56种，占浮游植物出现种数的90.32%；甲藻门6种，占9.68%。

2019年5月调查海域共出现浮游植物46种，其中，硅藻门40种，占浮游植物出现种数

的86.96%；甲藻门5种，占10.87%，发现金藻门1种。

（4）大型浮游动物

2019年3月调查海区共出现大型浮游动物23种，分别隶属于水母类、桡足类、糠虾类、涟虫类、端足类、毛颚类及浮游幼虫幼体7个大类，其中水母类出现3种，占浮游动物种类组成的13.04%；桡足类出现12种，占浮游动物种类组成的52.17%；糠虾类、涟虫类、端足类、毛颚类各出现1种，分别占种类组成的4.35%；各类幼虫幼体出现4种，占浮游动物种类组成的17.39%。

2019年5月调查海区共出现大型浮游动物46种，分别隶属于水母类、桡足类、糠虾类、涟虫类、端足类、毛颚类及浮游幼虫幼体7个大类，其中水母类出现9种，占浮游动物种类组成的19.57%；桡足类出现13种，占浮游动物种类组成的28.26%；糠虾类、端足类、毛颚类各出现1种，分别占种类组成的2.17%；涟虫类出现2种，占种类组成的4.35%；各类幼虫幼体出现19种，占浮游动物种类组成的41.30%。

（5）中小型浮游动物

2019年3月调查海区共出现中小型浮游动物37种，分别隶属于原生动物、水母类、桡足类、糠虾类、涟虫类、端足类、十足类、毛颚类及浮游幼虫幼体9个大类，其中原生动物出现1种，占浮游动物种类组成的2.70%；水母类出现5种，占浮游动物种类组成的13.51%；桡足类出现14种，占浮游动物种类组成的37.84%；糠虾类和涟虫类各出现2种，分别占种类组成的5.41%；端足类、十足类、毛颚类各出现1种，分别占种类组成的2.70%；各类幼虫幼体出现10种，占浮游动物种类组成的27.03%。

2019年5月调查海区共出现中小型浮游动物42种，分别隶属于原生动物、水母类、桡足类、糠虾类、涟虫类、端足类、十足类、毛颚类、被囊类及浮游幼虫幼体10个大类，其中原生动物出现1种，占浮游动物种类组成的2.38%；水母类出现9种，占浮游动物种类组成的21.43%；桡足类出现12种，占浮游动物种类组成的28.57%；糠虾类、涟虫类、端足类、十足类、毛颚类、被囊类各出现1种，分别占种类组成的2.38%；各类幼虫幼体出现14种，占浮游动物种类组成的33.33%。

（6）鱼卵仔鱼

2019年3月仅在Y8站位通过水平拖网采集到方氏云鳎稚鱼一条，4月补充调查未获得鱼卵与仔稚鱼。

2019年5月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。鱼卵平均密度为0.04ind/m³。仔稚鱼平均密度为0.06ind/m³。

（7）游泳动物

2019年3月航次共捕获游泳动物22种，其中鱼类11种，占种类总数的50.0%；甲壳类11种，占种类总数的50.0%。

2019年4月补充航次共捕获游泳动物16种，其中鱼类7种，占种类总数的43.75%；头足类2种，占种类总数的12.50%；甲壳类7种，占种类总数的43.75%。

2019年5月共捕获游泳动物21种，其中鱼类10种，占47.62%；甲壳类9种，占42.86%；头足类2种，占9.52%。

（8）潮间带生物

2019年3月调查共获95种潮间带生物，分别隶属于绿藻门、红藻门、褐藻门、刺胞动物门、纽形动物门、环节动物门、软体动物门、节肢动物门、棘皮动物门和脊索动物门10个动物门。其中环节动物种类数最多，为31种，占潮间带生物种类组成的32.63%；节肢动物30种，占31.58%；软体动物19种，占20.00%；绿藻、褐藻和脊索动物各3种，分别占3.16%；红藻和棘皮动物各2种，分别占2.11%；此外，还获得刺胞动物和纽形动物各1种，分别占总种类数的1.05%。

2019年5月调查共获86种潮间带生物，分别隶属于绿藻门、褐藻门、刺胞动物门、纽形动物门、扁形动物门、环节动物门、软体动物门、节肢动物门、棘皮动物门和脊索动物门10个动物门。其中节肢动物种类数最多，为29种，占潮间带生物种类组成的33.72%；环节动物23种，占26.74%；软体动物21种，占24.42%；绿藻5种，占5.81%，褐藻3种，占3.49%；此外，还获得刺胞动物、纽形动物扁形动物、棘皮动物和脊索动物各1种，分别占总种类数的1.16%。

（9）底栖生物

2019年3月调查海域共获底栖生物117种，隶属于刺胞、扁形、纽形、环节、软体、节肢、棘皮和尾索动物8个门类，其中环节动物多毛类出现49种，占底栖生物种类组成的41.88%；节肢动物甲壳类出现40种，占底栖生物种类组成的34.19%；软体动物出现19种，占种类组成的16.24%；棘皮动物出现5种，占种类组成的4.27%；刺胞、扁形、纽形和尾索动物各出现1种，分别占0.85%。

2019年5月调查海域共获底栖生物103种，隶属于刺胞、扁形、纽形、环节、昆虫、软体、节肢、腕足、棘皮、半索和脊索动物11个门类，其中环节动物多毛类出现43种，占底栖生物种类组成的41.75%；节肢动物甲壳类出现33种，占底栖生物种类组成的32.04%；软体动物出现15种，占种类组成的14.56%；刺胞、棘皮动物各出现3种，分别占种类组成的

2.91%；扁形、纽形、蠕虫、腕足、半索和脊索动物各出现1种，分别占0.97%。

（10）污损生物

本次调查共检出污损生物6种，分属绿藻和节肢动物2个生物门类。其中节肢动物在进水口和排水口的表层和中层种类和数量均较多，主要为端足目，但其个体较小，且易随水流动，对核电设备影响较小。

2.3.3.4 生物质量

2019年3月调查未采集到大型藻类样品。所获取的生物种类包括软体类、甲壳类和鱼类。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月补充调查未采集到大型藻类样品。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月调查未采集到大型藻类样品。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。

2.3.4 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 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。

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 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，使用液氨厂 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。

使用液氨的企业为葫芦岛九股河食品有限公司，距离厂址 8.5km，液氨储量很小，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、京哈高速、102 国道，距厂址最近距离分别是 1.5km、11.0km、8.5km，正北方向是县道 XE05 沙上线，距厂址最近距离

12.5km。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（2017.9-2018.8）》，中国辐射防护研究院，2018 年 10 月；

3) .《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；

4) .《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》（2009 年 8 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。

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 2.5~3.4m/s，最大风速为 33.0m/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 552.0~621.0 mm，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 为各季和年的风向频率及风玫瑰图。

（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（1960.07.27~1960.08.09），一日最大降水量为 243.7mm（1975.07.30）。

（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° ，纬度 3° 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 91219km^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 80m/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 92m/s 。

（2）热带气旋

调查范围包括以厂址为中心，半径为 400km 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 970.2hPa ，千年一遇最低中心气压为 952.7hPa 。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 965.2hPa ，千年一遇最低中心气压为 946.0hPa 。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 965.2hPa ，对应的百年一遇最大风速为 35.7m/s ，对应的百年一遇极大风速为 49.1m/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 29.1m/s ，但小于实测累年最大值 33m/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 33m/s ，对应的百年一遇极大风速为 45.6m/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

m/s，对应的百年一遇极大风速为 49.1m/s。

（4）极端气温

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 g/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 kN/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 kN/m^2 。保守考虑，确定厂址百年一遇极端积雪为 0.78 kN/m^2 。

2.4.3 当地气象条件

以下通过分析厂址气象站 2017 年 9 月~2018 年 8 月的常规气象要素，给出厂址当地气象条件。

（1）风向、风速

气象铁塔全年中 100m、70m、50m、30m 和 10m 高度最多风向均为 SW，频率分别为 16.39%、16.11%、15.15%、14.95%和 12.60%；次多风向 100m、70m、50m 和 30m 均为 SSW，频率分别为 12.84%，13.15%，14.12%，12.12%，10m 高度为 S，频率为 11.32%。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 3.4m/s、4.7m/s、5.6m/s、5.9m/s 和 6.4m/s，平均风速随高度增大。四季中，春、秋季平均风速较大，冬、夏季平均风速较小。各层 3~4 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 20.11%，次多风向为 SSW，频率 15.22%；夏季最多风向为 SSW，频率 18.07%，次多风向为 S，频率 17.93%；秋季最多风向为 SW，频率 12.41%，次多风向为 SSW，频率 11.49%；冬季最多风向为 NNE，频率 14.49%，次多风

向为 N，频率 12.64%。观测期间年最多风向为 SW，频率 13.74%，次多风向为 SSW，频率 11.78%。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；8 月份平均风速最小，为 2.8m/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。地面站观测到的最大风速为 11.3m/s（2017.09.21）。

（2）气温

气象铁塔各高度（100~10m）年平均气温分别为 10.8℃、10.8℃、10.6℃、10.6℃和 10.4℃。年平均气温随高度略有增加。铁塔各层月平均气温分析表明：最冷月为 1 月，平均气温-6.8~-5.8℃，最热月为 8 月，平均气温 25.6~25.7℃。铁塔各层最高气温出现在夏季 8 月份铁塔 10m 高度处，为 33.6℃（2018.08.02）；最低气温出现在 1 月份铁塔 10m 高度处，为-19.8℃（2018.01.26）。

地面站年平均气温为 10.8℃，8 月份气温最高，月平均气温为 26.4℃，1 月份气温最低，月平均气温为-7.1℃。地面站年最高气温为 35.7℃（2018.08.02），最低气温为-20.9℃（2018.01.26）。

气象铁塔各层冬、春季的逆温频率较高，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 36.0%、37.8%、41.2%和 41.2%；强逆温的出现频率分别为 17.4%、15.9%、14.4%和 9.8%。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，各塔层相比，70m、100m 空气出现逆温的情况偏多。

（3）露点温度

年平均露点温度为 3.4℃，年最大值为 30.0℃，最小值为-32.0℃。

（4）气压

年平均气压为 1015.3hPa，7 月份气压最低，月均值为 1004.7hPa；1 月份的平均气压最高，月均值为 1025.8hPa。

（5）水汽压

年平均水汽压为 12.4hPa，1 月份水汽压最低，为 1.8hPa；7 月份水汽压最高，为 30.7hPa，年最大值为 42.5hPa（2018.08.04），最小值为 0.4 hPa（2018.01.23）。

（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 62.2%、87.5%、

61.6%、48.5%，最大月平均值出现在 7 月份，达到 94.2%；最小月平均值出现在 11 月份，月平均值为 45.4%，最小相对湿度 11.2%。

（7）降水

年降水量为 436.4mm，降水时数为 270 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 136.5W/m²，春季 167.4W/m²，夏季 171.3W/m²，秋季 116.6W/m²，冬季 89.6W/m²；净辐射年均 40.3W/m²，春季 52.4W/m²，夏季 70.2W/m²，秋季 27.3W/m²，冬季 10.6W/m²。

2.4.4 大气稳定度

大气稳定度分类采用国际原子能机构推荐的 $\Delta T\sim u$ 法进行分类，利用厂址 2017 年 9 月~2018 年 8 月铁塔 100m 和 10m 高度的温度差、10m 高度风速，确定 A~F 各类稳定度，厂址区域以中性稳定度（D 类）天气为主，所占比例为 38.5%，不稳定类（A、B、C）天气占 26.9%，稳定类（E、F）所占比例为 34.6%。

2.4.5 联合频率

根据现场气象铁塔 2017 年 9 月~2018 年 8 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 70m、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。

采用 GB/T13201-91（《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》）附录 B 及附录 E 规定的方法（国标法）计算厂址区域各稳定度类别的混合层高度，与两季探空观测均值比较得到，试验期间混合层高度偏低。根据经验判断，厂址地区风速较大，扩散条件应较好。综合分析后，取国标值、厂址测点冬季平均值和厂址测点夏季平均值三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。结果如下：

A~B: 1050m, C: 725m, D: 456m。

（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。

该地区扩散参数的确定综合了 SF₆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 SF₆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。气象铁塔和地面气象站各气象观测要素技术指标见表 2.4-3 和表 2.4-4。

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。为进一步判断气象铁塔观测系统稳定性，需要在观测期间按月取主导风和时段的逐时数据组观测 U_{100}/U_{10} 、 U_{70}/U_{10} 、 U_{50}/U_{10} 和 U_{30}/U_{10} 随 $\Delta\theta_{30-10}/U_{10}^2$ 的变化，以判断塔上观测仪表的性能是否正常与稳定。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 97.75%，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 97.75%。

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 $R = (H_{K_1} + H_{O_1}) / H_{M_2} = 1.02$ 。工程海域的潮汐特征是：每个潮汐日（大约 24.8 小时）有两次高潮和两次低潮；两次高潮和两次低潮的高度相差较明显。

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。鉴于厂址没有新的观测资料，厂址潮位特征值采用《工程海域海洋水文分析计算研究专题分析报告》（2009.07）（以下简称“原报告”）结果；本次厂址重现期潮位计算结果表明原报告数据更为保守，遵循合理偏保守原则，辽宁徐大堡核电厂址潮位参数仍采用原报告结果。即根据葫芦岛海洋站 1956 年 1 月~2019 年 1 月长期观测资料，厂址站拓延后的历时潮汐资料，计算得到厂址工程海域潮汐与潮位特征值如下：

1000 年一遇高潮位 2.51m

100 年一遇高潮位 2.26m

50 年一遇高潮位 2.19m

33 年一遇高潮位 2.14m

平均高潮位 0.58m

厂址平均海面-0.06m

平均低潮位-0.71m

平均潮差 1.29m

33 年一遇低潮位-2.65m

50 年一遇低潮位-2.74m

100 年一遇低潮位-2.88m

1000 年一遇低潮位-3.32m

平均涨潮历时 6 小时 21 分

平均落潮历时 6 小时 05 分

2.5.1.1.2 海流

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

2019 年委托相关单位进行了徐大堡厂址海域水文测验工作，本次水文测验分为春季、夏季、秋季和冬季的典型大、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 19~50 cm/s 之间，落潮流平均流速在 16~51 cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 17~46 cm/s 之间，落潮流平均流速在 14~39 cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 12~33 cm/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 18~50 cm/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 17~50 cm/s 之间，落潮流平均流速在 11~45 cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~43 cm/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 15~48 cm/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 16~42 cm/s 之间，落潮流平均流速在 14~38 cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~37 cm/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 20~47 cm/s 之间，落潮流平均流速在 16~57 cm/s 之间；中潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~39 cm/s 之间，落潮流平均流速在 16~41 cm/s 之间；小潮期：垂线平均涨潮流平均流速在 15~41 cm/s 之间，落潮流平均流速在 12~36 cm/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 0.5~13.4 cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.1~17.6 cm/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 17.6 cm/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 10 cm/s。

夏季大潮期各站各层余流流速在 0.7~14.8 cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.2~11.2 cm/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 10 cm/s。

秋季大潮期各站各层余流流速在 1.0~13.7 cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.1~11.0 cm/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 1.6~25.2 cm/s 之间；中潮期余流流速在 0.8~20.6 cm/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。

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

2.5.1.1.3 泥沙

根据《辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程海域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^3 。其中大潮为 0.0135kg/m^3 ，中潮为 0.0105kg/m^3 ，小潮为 0.0115kg/m^3 。夏季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量均为 0.017kg/m^3 。其中大潮为 0.015kg/m^3 ，中潮为 0.022kg/m^3 ，小潮为 0.014kg/m^3 。秋季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量为 0.034kg/m^3 ，其中大潮为 0.037kg/m^3 ，中潮为 0.039kg/m^3 ，小潮为 0.026kg/m^3 。冬季施测海域垂线平均涨、落潮平均含沙量为 0.052kg/m^3 ，其中大潮为 0.058kg/m^3 ，中潮为 0.058kg/m^3 ，小潮为 0.040kg/m^3 。

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 等深浅距岸仅 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76d。历年最早的初冰日为11月17日，最晚的为1月13日，相差57d。最早的终冰日为1月31日，最晚的为3月25日，相差53d。历年冰期最长的1969年度为124d，最短的2014年度仅30d，相差94d。有冰日数1966年度最多，为124 d；1978年和1979年度最少，为73d。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40d。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59d。最早的固定冰终日为1月19日，最晚的为3月17日，相差58d。历年固定冰期最长的1966年为82d，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61d。因此，历年冰期长短相差悬殊，最长的1968年为147d，最短的2014年仅44d。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32d。最早的固定冰初日为12月11日，最晚的为2月6日，相差58d。最早的固定冰终日为1月21日，最晚的为3月23日，

相差62d。固定冰期最长的1967年为78d，而1975年和1978年为1d，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26.4d；11月只有1.9d。历年的有冰日数为59~108d，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10.6d；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4.5m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。

——海床等深线变化

根据工程海域 1963 年、1995 年海图等深线及 2009 年和 2019 年局部水深测图提取的等深线（理论基面）进行对比分析，工程海域 0m、2m、5m、10m 等深线对比见图 2.5-3～图 2.5-6 所示，由图分析可知：

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

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

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

——近期局部冲淤

根据本工程附近水域 2009、2019 年局部水深测图进行冲淤分析，冲淤分布图见图 2.5-7～图 2.5-8。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。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 115.54km²，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20.0m。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) 第四系全新统坡残积层孔隙水

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

综上，第四系孔隙水含水层主要包括冲洪积、海积及坡残积成因的粉质粘土、粉土、淤泥、中粗砂、含砂粉质粘土、粉细砂、砂砾石等，对中粗砂、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200~500m³/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24~69m³/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（Q₄^{al+pl}）孔隙水

冲洪积层孔隙水主要受大气降水、上游河谷地下水径流侧向补给和地表水入渗，另外还受坡残积孔隙水和农田灌溉水下渗补给。靠近海积层的冲洪积层孔隙水还接受少量的海

水入渗。地下水接受补给后，顺地形向河流或其下游以渗流方式流动。地下水主要排泄于大海或侧向补给海积平原土层中，其次为蒸发、人工开采和向下渗入基岩。地下水水力坡度约在 $1.5\sim 6\times 10^{-3}$ 之间，地下水流速度约在 $1.5\sim 6\times 10^{-3}\text{m/d}$ 之间。

b) 第四系全新统海积层 (Q_4^m) 孔隙水

东北部海积层孔隙潜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 $1.5\sim 6\times 10^{-3}$ 之间，地下水流速度约在 $1.5\sim 6\times 10^{-3}\text{m/d}$ 之间。

c) 第四系全新统坡残积层 (Q_4^{dl+el}) 孔隙水

分布于山体斜坡地段的坡残积层，孔隙潜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

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

根据抽水试验结果，中等风化和微风化花岗岩渗透系数为 $3.5\times 10^{-7}\sim 2.0\times 10^{-5}\text{cm/s}$ ，属极微~微透水层。依据钻孔压水试验成果，岩体的透水率一般小于 1.0Lu ，属微透水层；部分地段透水率为 $1.25\sim 10.0\text{Lu}$ ，属弱透水层，局部裂隙发育地段岩体的透水率为 $11.96\sim 29.82\text{Lu}$ ，属中等透水性。

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 SO_4^{2-} 、 Cl^- 为主，其次为 HCO_3^- ，阳离子以 Na^+ 为主，其次为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 。PH值在 $5.9\sim 7.4$ 间，属中性水；总矿化度多小于 0.5g/l ，仅井17为 1.573g/l 和J09为 0.939g/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潜水。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地下水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，平整后厂区将全部位于该水文地质单元。地下水主要接受大气降水补给，自西北向东南流动，最终排向大海。

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，大部分民井分布在另一个水文地质单元。厂址下游无取水点。

2.5.2.2 电厂对地下水的利用计划

核电厂没有利用地下水的计划。

2.5.2.3 电厂对地下水的可能影响

厂址及附近地区无大型厂矿，无地下水水源地及集中开采区。

未发现贯通厂区内外的断裂构造所形成的含水通道。

厂址区内地下水径流方向基本受地形控制，总体上自西北北向东南流动，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，核电厂建设对取水点不会有影响。

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 2007 年 1 月~2008 年 1 月的潮位观测资料和葫芦岛海洋站长期潮位资料进行相关，拓延出厂址站历时潮汐资料序列。利用拓延后的厂址站长序列的潮汐资料计算厂址站的主要分潮的潮汐调和常数，进而推算 21 年的天文潮位。

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。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_{∞} 、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_{∞} 取 1010hPa；
- P_0 取 947hPa、考虑填塞影响 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

中国核电工程有限公司 2-35

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于 2007 年 1 月 15 日~2008 年 1 月 20 日进行的为期一年的波浪观测的分析结果，即：工程海域主要受 ENE~SSW 的影响，其中 S、E 与 SSE 向的出现频率较高，分别为 23.5%、18.4%和 15.8%。0.5m 以下的波高 $H_{1/10}$ 所占频率达到 76.4%，1.5m 以上的波高所占频率仅为 0.5%，说明该海域波浪较小。波浪的强度以 E 最强，ESE 向次之，观测到最大的 $H_{1/10}$ 为 2.24m，波向为 ESE，相应周期为 4.9s，出现日期为 2007 年 10 月 28 日。工程海域波浪出现频率最大的周期为 3.1~4.0s，所占频率为 78.4%，其次为 4.1~5.0s，所占频率为 18.4%。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 115.54km²，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

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组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。

厂址区域地形呈西南至东北向条带状，中间地势略高，为一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）。东南侧为海域。厂址已在一期工程完成场地平整，现状场地标高为 8.4m~14.0m。

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	0.691	y=0.841x+0.19	0.847	y=0.971x+0.239	0.916
兴城	y=0.692x+0.27	0.639	y=0.812x+0.15	0.762	y=0.926x-0.277	0.889

表 2.4-2 推荐的徐大堡厂址扩散参数

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

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 铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.0~49 m/s	1)±0.12m/s (<10m/s) 2)±1.1% (>10m/s)	0.1 m/s	启动风速为 <0.4m/s
风向	°	0°~360°	±4°	0.5°	启动风速为 <0.4m/s
温度	°C	-50°C~+50°C	±0.2°C	0.1°C	

表 2.4-4 地面观测气象要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.0~49 m/s	1)±0.12m/s (<10m/s) 2)±1.1% (>10m/s)	0.1 m/s	启动风速为 <0.4m/s
风向	°	0°~360°	±4°	0.5°	启动风速为 <0.4m/s
温度	°C	-50°C~+50°C	±0.2°C	0.1°C	
雨雪量	mm	0~4mm/min	1% (≤10mm/min) 3~5% (>10mm/min)	0.1mm	
总辐射	W/m ²	0~2000	10%~20%	2W/m ²	18-20μv/W/m ²
净辐射	W/m ²	-2000~2000	5%	2W/m ²	18-20μv/W/m ²
气压	hPa	500~1100	±0.3	0.1	
相对湿度	%	0~100%rh	±1.5%rh	0.1	响应时间小于 15s

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 %	增水		减水	
		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

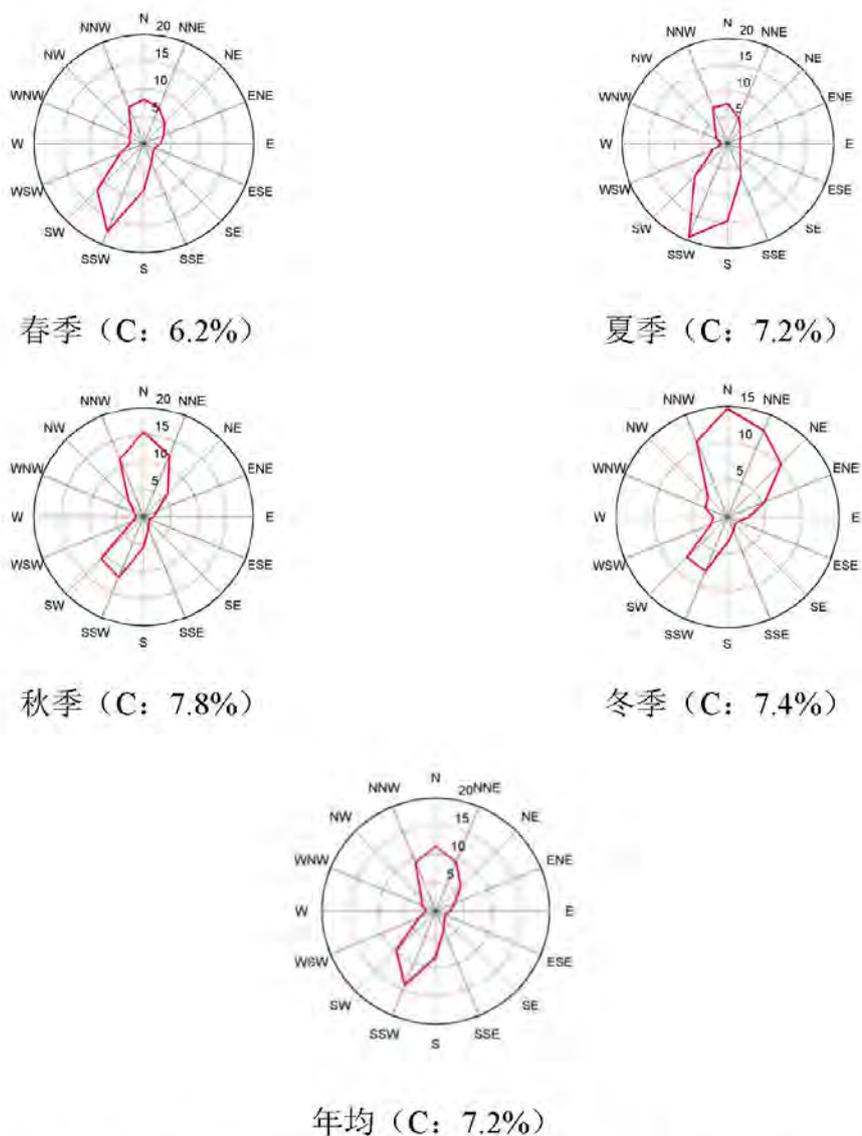


图 2.4-1 绥中站各季及年平均风向玫瑰图（2004~2018 年）

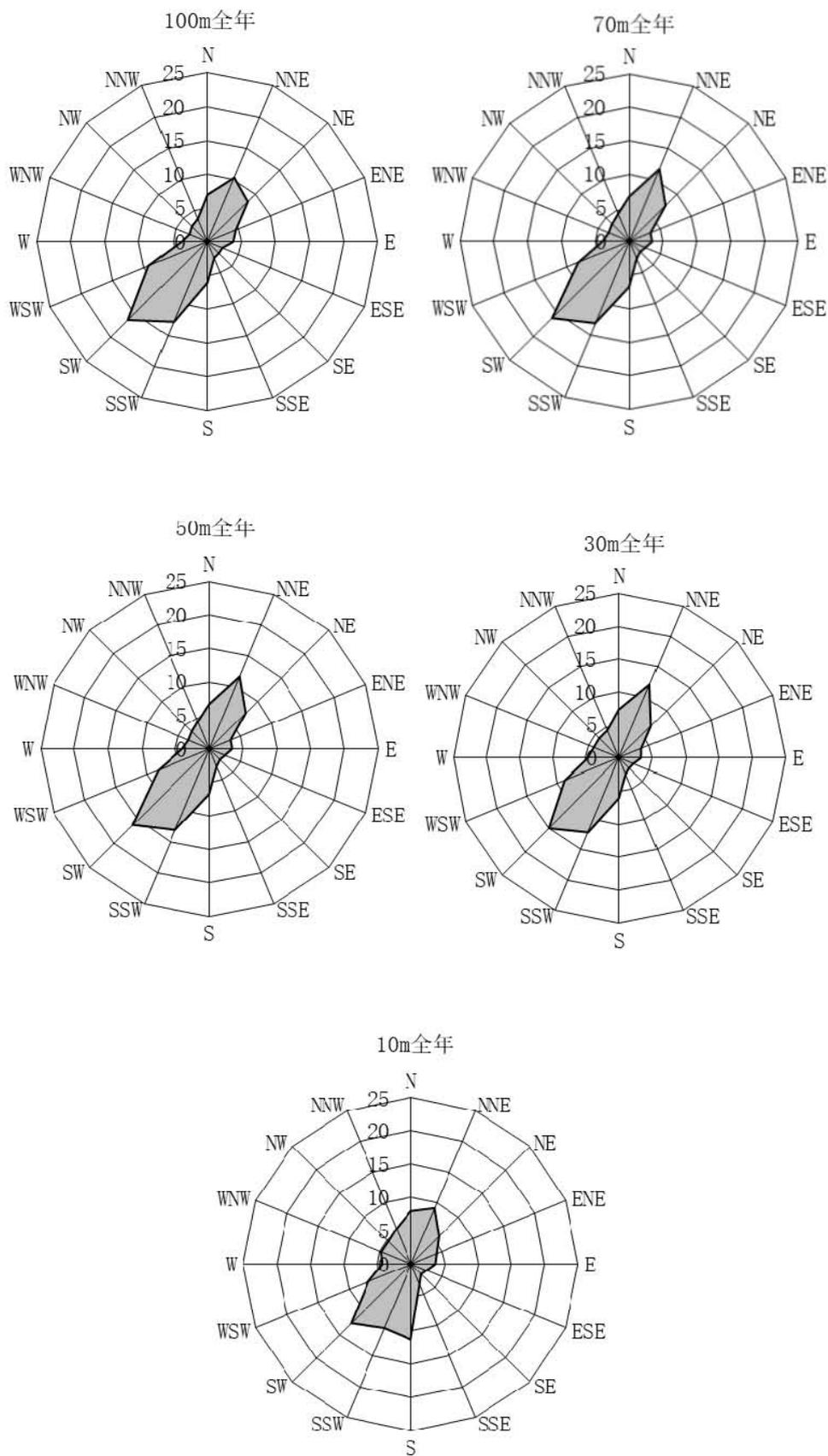


图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰（2017.9~2018.8）

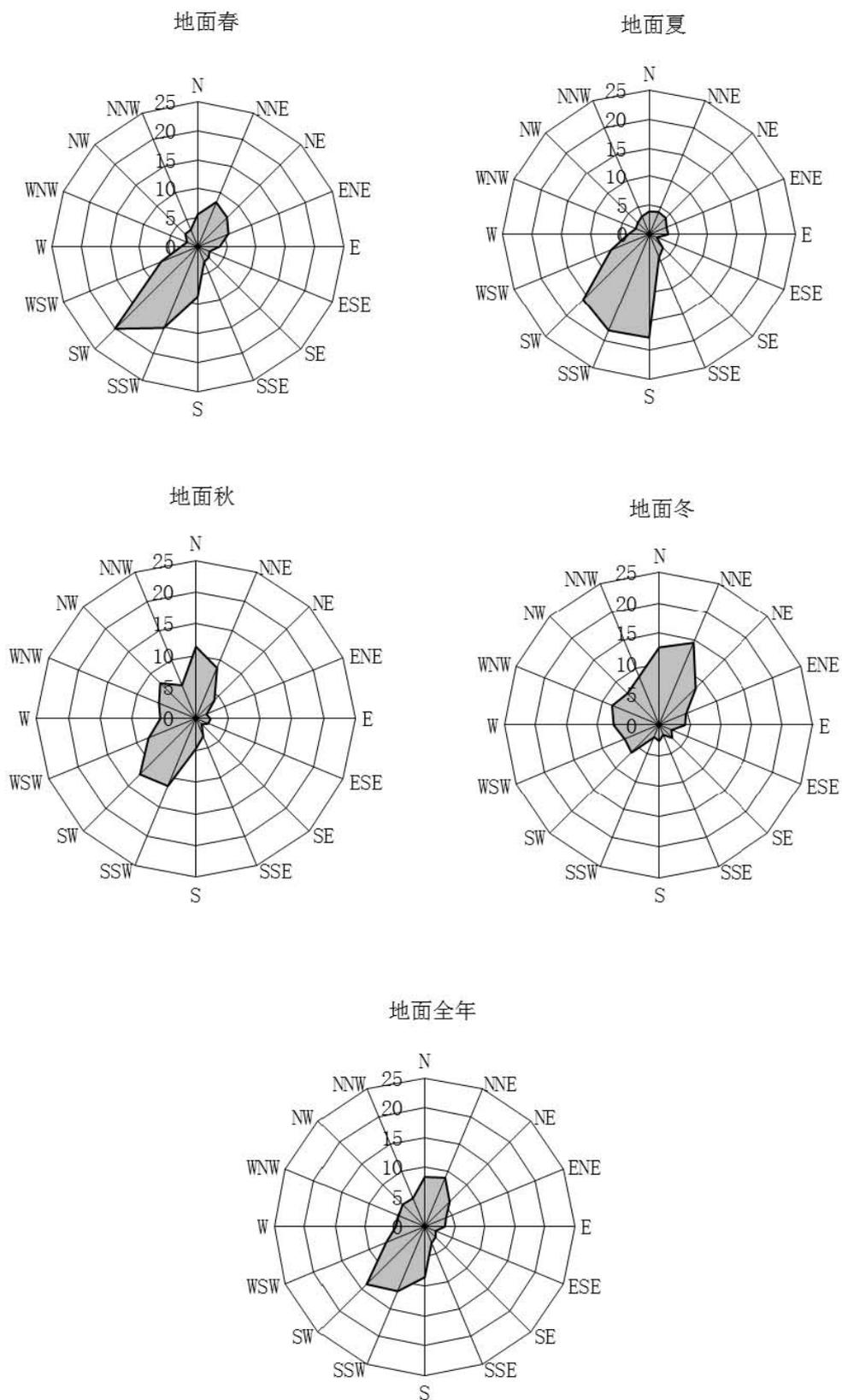


图 2.4-3 地面气象站各季及年均风玫瑰图（2017.9~2018.8）

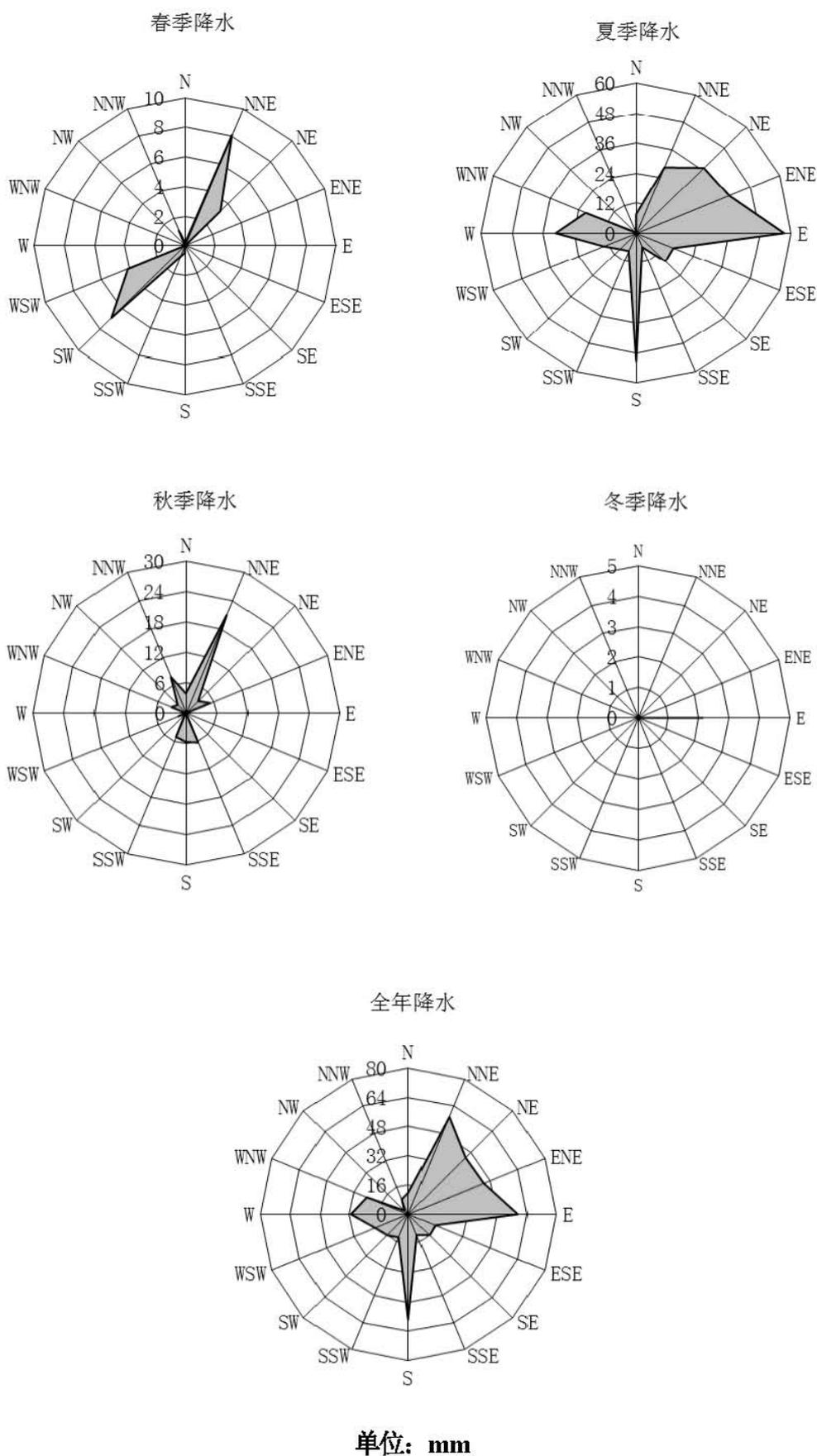


图 2.4-4 各风向季均、年均降水量风玫瑰图（2017.9~2018.8）

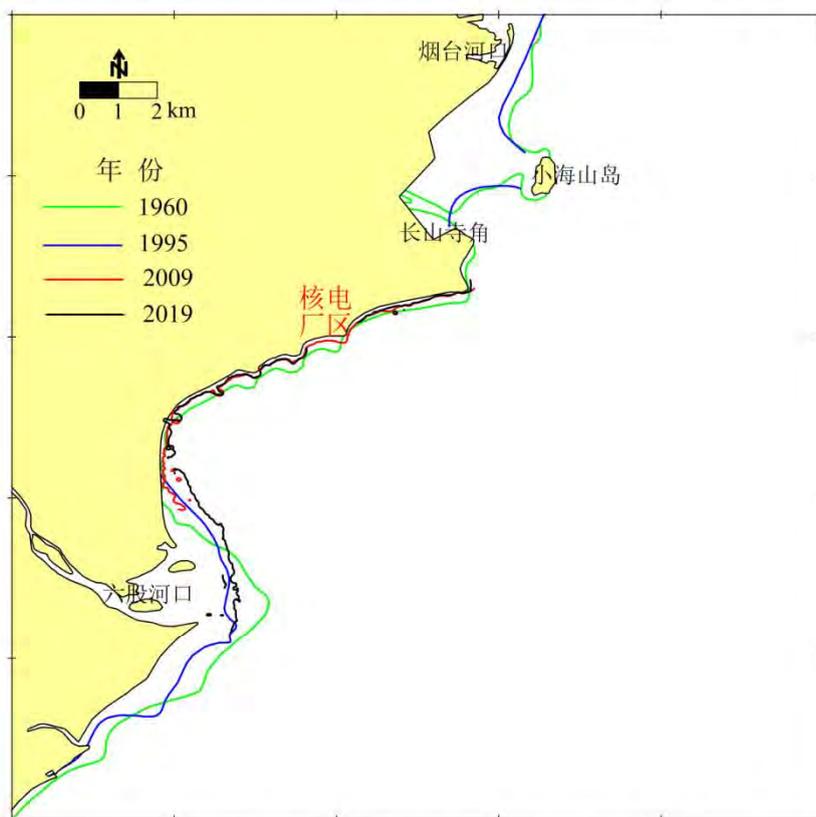


图 2.5-3 工程海域 1960~2019 年 0m 等深线变化

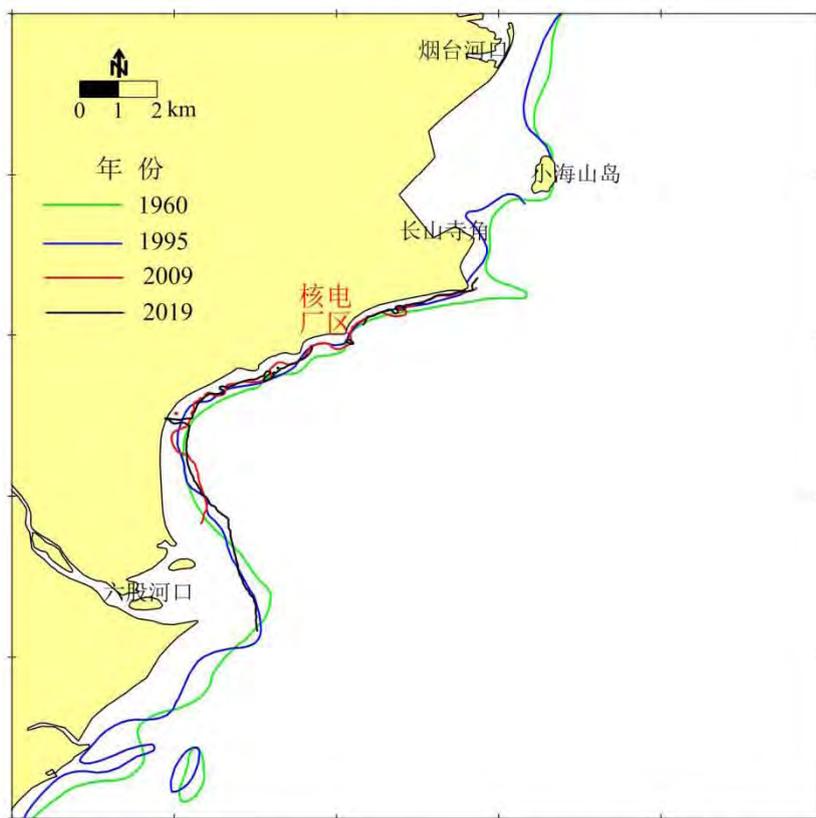


图 2.5-4 工程海域 1960~2019 年 2m 等深线变化

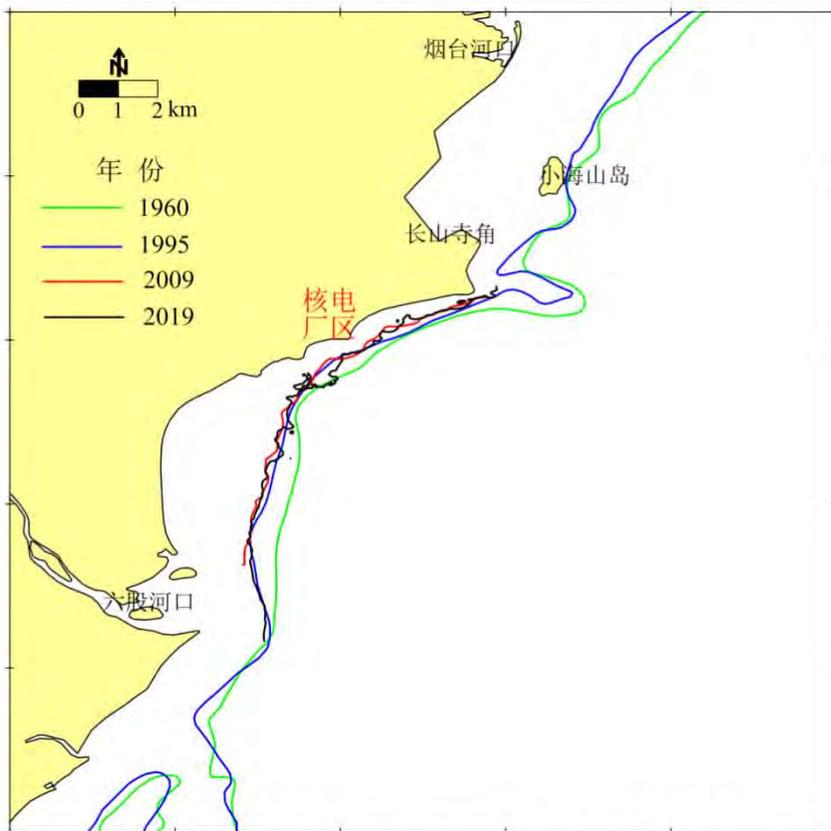


图 2.5-5 工程海域 1960~2019 年 5m 等深线变化

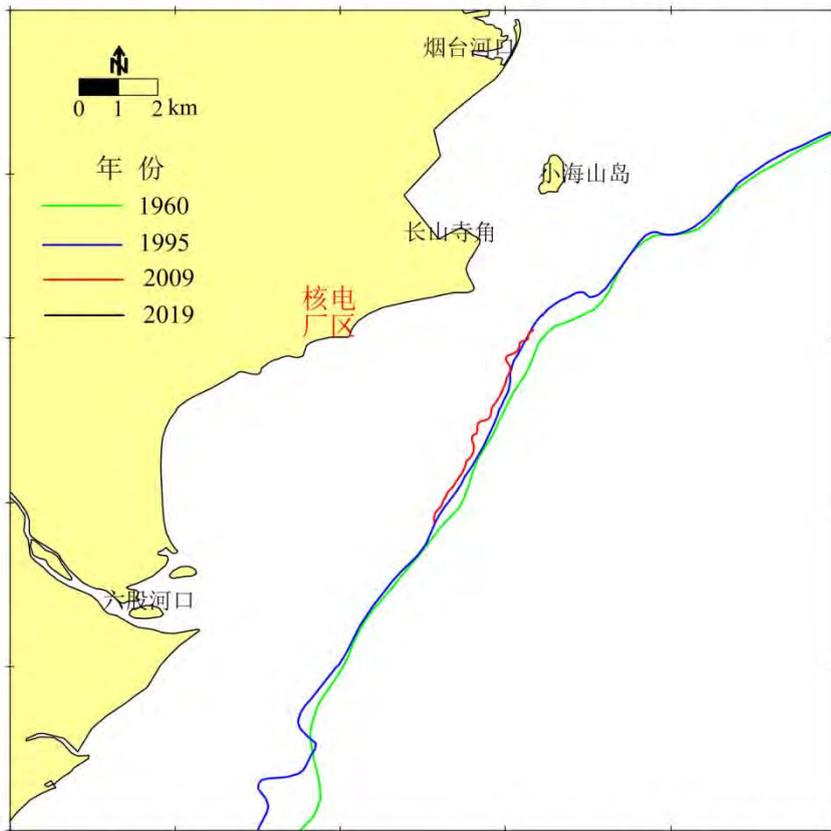


图 2.5-6 工程海域 1960~2019 年 10m 等深线变化

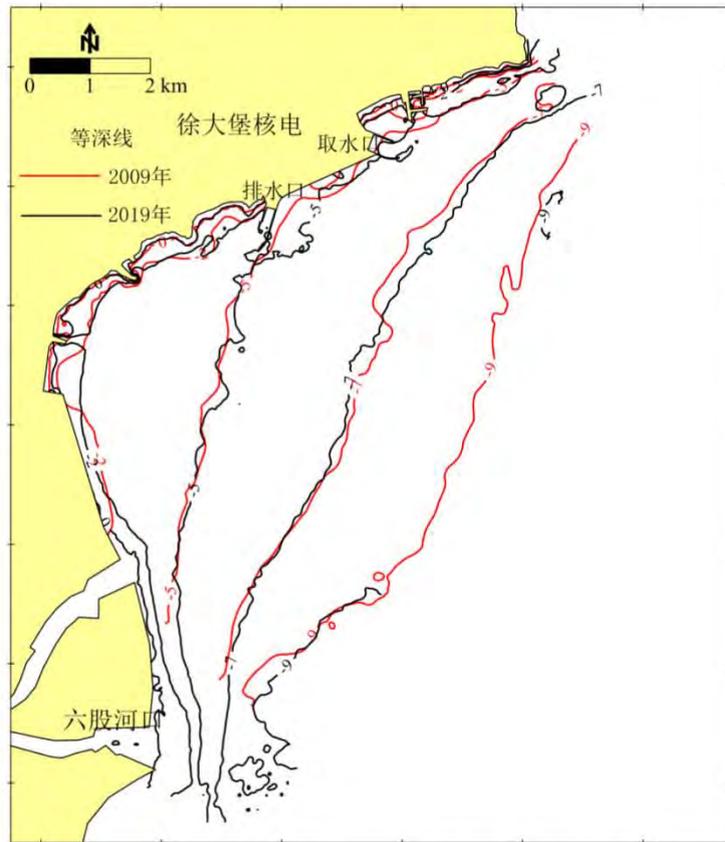


图 2.5-7 工程附近水域 2009~2019 等深线对比

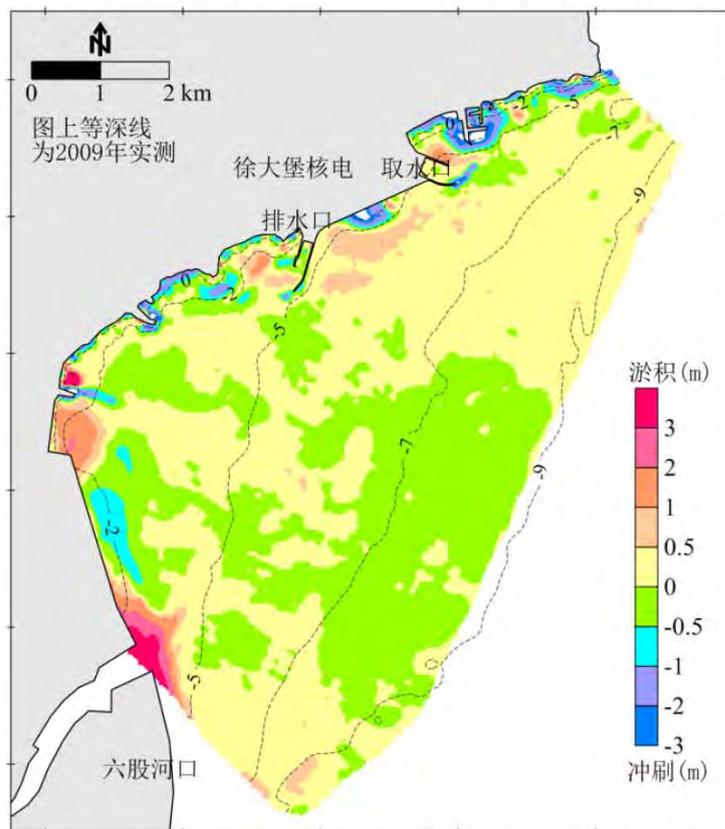


图 2.5-8 工程附近水域 2009~2019 海床冲淤变化

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 厂区内电磁辐射监测点设置情况

表 3.2-2 徐大堡核电厂开关站监测点设置

表 3.2-3 辽宁徐大堡核电厂主变压器监测点编号一览表

表 3.2-4 徐大堡核电厂输电线路监测点设置情况

表 3.2-5 辽宁徐大堡核电厂外监测点设置情况

表 3.2-6 监测仪器一览表

表 3.2-7 居民区环境辐射电水平标注

表 3.2-8 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 3.2-9 徐大堡核电厂厂区射频电场强度现状监测结果

表 3.2-10 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 3.2-11 徐大堡核电厂拟建开关站射频电场强度现状监测结果

表 3.2-12 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 3.2-13 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 3.2-14 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 3.2-15 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 3.2-16 厂区内监测值统计情况

表 3.2-17 输电线路监测值统计情况

表 3.2-18 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 GR3019 γ 谱仪本底质控图

图 3.1-3 GR3019 γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-4 GR3019 γ 谱仪效率质控图

图 3.1-5 GC3519 γ 谱仪本底质控图

图 3.1-6 GC3519 γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-7 GC3519 γ 谱仪效率质控图

图 3.1-8 BE3830 γ 谱仪本底质控图

图 3.1-9 BE3830 γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-10 BE3830 γ 谱仪效率质控图

图 3.1-11 LB770（6199） α/β 测量仪 α 本底质控图

图 3.1-12 LB770（6199） α/β 测量仪 β 本底质控图

图 3.1-13 LB770（6199） α/β 测量仪效率质控图

图 3.1-14 液闪谱仪 ^{14}C 本底计数率

图 3.1-15 液闪谱仪 ^{14}C 效率

图 3.1-16 液闪谱仪 ^3H 本底计数率

图 3.1-17 液闪谱仪 ^3H 效率

图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

图 3.2-2 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 3.2-3 辽宁徐大堡核电厂主变压器监测断面设置示意图

图 3.2-4 辽宁徐大堡核电厂输电线路监测点设置示意图

图 3.2-5 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 γ 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 γ 能谱分析通用方法》
GB/T 11743-2013	《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
GB/T 16145-1995	《生物样品中放射性核素的 γ 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}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 γ 辐射空气吸收剂量率；
- 厂址半径 20km 范围内的陆地环境 γ 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 γ 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 γ 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 γ 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、 ^3H 、 ^{14}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 γ 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 γ 辐射剂量率

环境 γ 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 γ 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 γ 辐射累积剂量。

环境 γ 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}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K ）。

γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 均给出了测量结果， ^{238}U 的活度浓度范围为 23.9~66.3Bq/kg。 ^{226}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}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}K 的活度浓度范围为 724~862Bq/kg，均值为 $787\pm 49\text{Bq/kg}$ 。 ^{137}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}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 10000m^3 ，气溶胶样品的分析项目包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{131}I 、 ^7Be ）。

γ 谱分析测量结果中，除 ^7Be 、部分 ^{137}Cs 外，其余核素结果均低于探测限。其中： ^7Be 的活度浓度范围为 7.18~8.34mBq/m³，均值为 $7.89\pm 0.62\text{mBq/m}^3$ 。

气溶胶中 ^{137}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 α 、总 β 、 ^{90}Sr 等分析项目，其中：

总 α 的活度浓度范围为 0.32~0.42mBq/m³，均值为 $0.37\pm 0.05\text{mBq/m}^3$ 。

总 β 的活度浓度范围为 1.27~1.54mBq/m³，均值为 $1.43\pm 0.14\text{mBq/m}^3$ 。

^{90}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 0.25m^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 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{131}I 、 ^7Be ）。

γ 谱分析测量结果中， ^7Be 、 ^{137}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：

^7Be 的活度浓度范围为 2.84~5.19Bq/(m²·月)，均值为 $3.86\pm 1.21\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 。

^{137}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 α 、总 β 、和 ^{90}Sr 全部给出了测量结果，其中：

总 α 的活度浓度范围为 12.1~28.4Bq/(m²·月)，均值为 20.1±8.2Bq/(m²·月)。

总 β 的活度浓度范围为 17.1~30.9Bq/(m²·月)，均值为 23.8±6.9Bq/(m²·月)。

⁹⁰Sr活度浓度范围为0.036~0.050Bq/(m²·月)，均值为0.045±0.008Bq/(m²·月)。

C. ³H和¹⁴C

空气中 ³H 采用硅胶吸附法进行采样，每个样品的采样体积一般大于 10m³。空气中 ¹⁴C 采用碱液吸收法进行采样。

³H 的活度浓度范围为 1.83~5.12mBq/m³ 和 0.20~0.85Bq/L，均值为 3.47±1.65mBq/m³ 和 0.55±0.33Bq/L。

¹⁴C 的活度浓度范围为 25.8~38.7mBq/m³ 和 0.18~0.21 Bq/gC，均值为 34.2±7.4mBq/m³ 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 ³H 的样品用玻璃容器采集 2.5L，不加酸。地表水监测项目为总 α 、总 β 、⁹⁰Sr、³H、¹⁴C 和 γ 核素 (¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、⁵⁹Fe)。监测频次为 1 次。

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析总 α 、总 β 、⁹⁰Sr、³H、¹⁴C给出了全部测量结果。其中：

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

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

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

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

¹⁴C 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 ⁹⁰Sr 和 γ 核素 (¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K)。与地表水一同采集，监测频次为 1 次。

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

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

²²⁶Ra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}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}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}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}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 ^3H 的样品用玻璃容器采集 2.5L，不加酸。地下水监测项目为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe ）。监测频次为 1 次。

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 给出了全部测量结果。其中：

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

^3H 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}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 ^3H 的样品用玻璃容器采集 2.5L，不加酸。饮用水监测项目为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe ）。监测频次为 1 次。

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 给出了全部测量结果。其中：

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

^3H 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}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 0.25m^2 ，采样槽上边缘距地

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

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 给出了全部测量结果。其中：

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

^3H 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}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 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru)。监测频次为 1 次。

γ 谱分析结果中， ^{137}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 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 均给出了测量结果，总 α 均低于探测限，其中：

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

^3H 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}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}Sr 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K)，测量频次为 1 次，同海水样品一起采集。

γ 谱分析结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 都给出了测量结果； ^{137}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}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}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}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}K 测量结果活度浓度范围 721~992Bq/kg，均值为 $868\pm 112\text{Bq/kg}$ 。

^{137}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}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、 α/β 测量仪、 γ 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 α 测量结果相对偏差为 37.5%，主要原因是总 α 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}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 γ 辐射水平

本次调查中，51 个环境 γ 辐射剂量率测量点位的均值范围为 46.2~109nGy/h，平均值为 72.2 ± 11.9 nGy/h。30 个环境 γ 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 ± 9.1 nGy/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 68.3~100.3nGy/h，均值为 72.4nGy/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 γ 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}U 的活度浓度范围为 23.9~66.3Bq/kg； ^{226}Ra 的活度浓度范围为 21.3~64.7Bq/kg； ^{232}Th 的活度浓度范围为 31.3~84.2Bq/kg； ^{40}K 的活度浓度范围为 724~862Bq/kg； ^{90}Sr 的活度浓度范围为 1.29~5.11Bq/kg； ^{137}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}U 活度浓度的主要分布区间为 24~74Bq/kg， ^{232}Th 活度浓度的主要分布区间为 32~83Bq/kg， ^{226}Ra 活度浓度的主要分布区间为 22~63Bq/kg， ^{137}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 α 的活度浓度范围为 0.32~0.42mBq/m³，均值为 0.37±0.05mBq/m³。总 β 的活度浓度范围为 1.27~1.54mBq/m³，均值为 1.43±0.14mBq/m³。 ^{90}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}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 α 的活度浓度范围为 12.1~28.4Bq/(m²·月)，均值为 20.1±8.2Bq/(m²·月)。总 β 的活度浓度范围为 17.1~30.9Bq/(m²·月)，均值为 23.8±6.9Bq/(m²·月)。 ^{90}Sr 活度浓度范围为 0.036~0.050Bq/(m²·月)，均值为 0.045±0.008Bq/(m²·月)。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，全国沉降物监测中 ^{90}Sr 测量范围为 0.32~9.1Bq/(m²·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. ^3H 和 ^{14}C

空气中， ^3H 的活度浓度范围为 1.83~5.12mBq/m³，均值为 3.47±1.65mBq/m³。 ^{14}C 的活度浓度范围为 25.8~38.7mBq/m³ 和 0.18~0.21Bq/gC，均值为 34.2±7.4mBq/m³ 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/m³。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 α 测量结果活度浓度范围 0.023~0.16Bq/L，均值为 0.10 ± 0.07 Bq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 0.061~0.43Bq/L，均值为 0.24 ± 0.2 Bq/L； ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 3.38~6.24mBq/L，均值为 5.32 ± 1.31 mBq/L； ^3H 测量结果活度浓度范围 0.46~0.81Bq/L，均值为 0.59 ± 0.15 Bq/L； ^{14}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 ± 0.82 mBq/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 α 测量范围为 0.01~0.89Bq/L，总 β 测量范围为 0.03~1.5Bq/L， ^{90}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}U 测量结果活度浓度范围为 29.1~34.3Bq/kg，均值为 31.7 ± 2.2 Bq/kg； ^{226}Ra 测量结果活度浓度范围为 21.4~29.5Bq/kg，均值为 26.0 ± 3.4 Bq/kg； ^{232}Th 测量结果活度浓度范围为 39.3~79.0Bq/kg，均值为 60.5 ± 19.9 Bq/kg； ^{40}K 测量结果活度浓度范围为 771~823Bq/kg，均值为 789 ± 24 Bq/kg； ^{137}Cs 测量结果活度浓度范围为 1.14~2.45Bq/kg，均值为 1.82 ± 0.66 Bq/kg； ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为 0.55~1.03Bq/kg，均值为 0.87 ± 0.22 Bq/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 α 测量结果活度浓度范围 0.013~0.048Bq/L，均值为 0.031 ± 0.018 Bq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 0.077~0.16Bq/L，均值为 0.13 ± 0.05 Bq/L； ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 2.30~3.34mBq/L，均值为 2.65 ± 0.60 mBq/L； ^3H 测量结果活度浓度范围 0.46~0.78Bq/L，均值为 0.59 ± 0.17 Bq/L； ^{14}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 ± 3.81 mBq/L 和 0.20 ± 0.01 Bq/gC。

2018 年《全国辐射环境质量报告》中，全国地下水监测中总 α 测量范围为 0.01~0.18Bq/L，总 β 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 α 测量结果活度浓度范围 0.011~0.019Bq/L，均值为 0.014 ± 0.004 Bq/L；

总 β 测量结果活度浓度范围 0.043~0.098Bq/L，均值为 0.062 ± 0.031 Bq/L； ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 1.48~1.76mBq/L，均值为 1.64 ± 0.22 mBq/L； ^3H 测量结果活度浓度范围 0.55~0.64Bq/L，均值为 0.61 ± 0.05 Bq/L； ^{14}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 ± 0.05 mBq/L 和 0.20 ± 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 α 测量范围为 0.01~0.35Bq/L，总 β 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 α 和总 β 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 α 测量结果活度浓度范围 0.11~0.13Bq/L，均值为 0.12 ± 0.01 Bq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 0.12~0.21Bq/L，均值为 0.17 ± 0.05 Bq/L； ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 1.15~3.80mBq/L，均值为 2.66 ± 1.36 mBq/L； ^3H 测量结果活度浓度范围 0.82~1.03Bq/L，均值为 0.93 ± 0.11 Bq/L； ^{14}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 ± 0.62 mBq/L 和 0.19 ± 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}Cs 测量结果活度浓度范围 1.09~1.68mBq/L，均值为 1.27 ± 0.27 mBq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 10.6~11.6Bq/L，均值为 11.3 ± 0.5 Bq/L； ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.81~1.17mBq/L，均值为 0.92 ± 0.17 mBq/L； ^3H 测量结果活度浓度范围 0.29~0.46Bq/L，均值为 0.35 ± 0.08 Bq/L； ^{14}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 ± 0.18 mBq/L 和 0.21 ± 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}Cs 测量范围为 0.4~2mBq/L， ^{90}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}U 测量结果活度浓度范围 11.3~32.5Bq/kg，均值为 26.0 ± 8.6 Bq/kg； ^{226}Ra 测量结果活度浓度范围 11.7~24.0Bq/kg，均值为 20.5 ± 5.0 Bq/kg； ^{232}Th 测量结果活度浓度范围 23.8~42.0Bq/kg，均值为 36.8 ± 7.5 Bq/kg； ^{40}K 测量结果活度浓度范围 721~992Bq/kg，

均值为 $868\pm 112\text{Bq/kg}$ ； ^{137}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}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 3.9m/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》(GB3095-2012)。

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、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、NO_x日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h；SO₂、NO₂、CO、NO_x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 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 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SO₂、NO₂、NO_x、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_{2.5}24小时平均浓度值以

外，其余监测点的SO₂、NO₂、NO_x、CO、PM₁₀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3.9m/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：

《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；

《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

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1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；除几个监测点外，厂外敏感点噪声监测值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1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年委托相关单位进行《厂址海域海洋生态环境现状调查与评价》专题研究。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。

目前已完成2019年3月冬季航次和2019年5月春季航次的调查及现场样品分析工作。主要结论如下：

（1）连续站

1) 3月航次

从连续站水文监测结果可知，水文要素中水深随时间变化较小，水温在正午气温较高时相应升高，盐度在正午时相对较高。

从连续站水质监测结果可知，溶解氧在监测时段呈现先升高后降低的趋势，化学需氧量则呈现先降低后升高的趋势，磷酸盐和无机氮、铜、铅呈现波动升高的趋势，总氮、总磷、锌、镉、铬、汞和砷在监测时段呈现波动变化。

2) 5月航次

从连续站监测结果可知，水文要素中水深随时间变化较小，水温在正午气温较高时相应升高，盐度在第二日凌晨时相对较高。

从连续站水质监测结果可知，溶解氧在监测时段呈现波动升高的趋势，化学需氧量则呈现波动降低后又升高的趋势，磷酸盐和无机氮呈现波动升高的趋势，硅酸盐、总氮和总磷在监测时段呈现波动变化。

（2）大面站

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。

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。

通过回顾性分析可知，3月调查结果相较于2009年升高的有铅和锌，总碱度的调查结果相较于2009年调查结果略有增加。

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、非离子态氮、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。

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、BOD₅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、BOD₅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。

通过回顾性分析可知，5月调查结果相较于2009年升高的有溶解氧、磷酸盐、无机氮、硅酸盐、总碱度、表层悬浮物、铜、铅和锌，相较于2009年降低的有化学需氧量、石油类和镉；相较于2012年调查结果升高的有磷酸盐、表层悬浮物、锌、铬、汞和硼，相较于2012年调查结果降低的有溶解氧、化学需氧量、无机氮、石油类、铜、铅、镉和砷；相较于2013年调查结果升高的有磷酸盐、硅酸盐、表层悬浮物、总磷、非离子态氮、铜、铅、锌、铬、BOD₅、硼和氯化物，相较于2013年调查结果降低的有溶解氧、化学需氧量、无机氮、总氮、石油类、镉、汞和砷。

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 0.5km 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 3.2-1 和图 3.2-1。

• 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 3.2-2 和图 3.2-2。

• 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 3.2-3，监测断面位置见图 3.2-3。

• 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平行方向设置监测断面，每个监测断面上监测点设置如下：

（1）垂直方向的监测断面点位设置

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

（2）平行方向的监测断面点位设置

在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 3.2-4，图 3.2-2 和图 3.2-4。

• 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[#]。其中 20~48[#]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[#]点只监测射频综合场。监测点设置情况见表 3.2-5 和图 3.2-5。

7) 监测仪器

本次监测使用的仪器见表 3.2-6。

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，该标准的公众暴露控制限值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的平均值应小于 0.4W/m²（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/T10.2-1996）附录 B2 中居民区环境辐射电水平标注，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 3.2-7。

2) 质量现状结论

各项测量数据结果见表 3.2-8~表 3.2-15。

根据评价区域电磁辐射测量结果（统计情况见表 3.2-16~表 3.2-18），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 $0.032\mu\text{T}\sim 0.088\mu\text{T}$ 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 （ $100\mu\text{T}$ ），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 $0.15\text{V/m}\sim 0.96\text{V/m}$ 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB8702-2014）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 $4.002\text{V/m}\sim 267.16\text{V/m}$ 之间，工频磁场强度监测值在 $0.035\mu\text{T}\sim 0.081\mu\text{T}$ 之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT （ $100\mu\text{T}$ ），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 $0.135\text{V/m}\sim 2.599\text{V/m}$ 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 $0.030\mu\text{T}\sim 0.063\mu\text{T}$ 之间，小于标准限值 0.1mT （ $100\mu\text{T}$ ），符合要求。

- 射频综合场强

所有监测点监测值在 $0.16\text{V/m}\sim 0.48\text{V/m}$ 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》（GB8702-2014）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 ⁽¹⁾	1 次/季, 2 次	20km	50 个	100	0	100
		累积剂量	累积剂量 ⁽²⁾	1 次		30 个	24	0	24
2	土壤 (表层土)		^{90}Sr 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K)	1 次	10km	8 个	8	1	9
3	空气	气溶胶	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{131}I 、 ^7Be)	1 次	10km	3 个	3	0	3
		沉降物				3 个	3	0	3
		^3H 、 ^{14}C	HTO、 ^{14}C			3 个	6	0	6
4	陆地水体	地表水	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe)	1 次	10km	3 个	3	1	4
		沉积物	^{90}Sr 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K)			3 个	3	1	4
		饮用水	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe)			2 个	2	1	3
		地下水	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe)			2 个	2	1	3
		降水 ⁽³⁾	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe)			3 个	3	0	3
5	受纳水体	海水	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru)	1 次	排水口 附近	3 个	3	1	4
		沉积物	^{90}Sr 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}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 γ 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 α	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ/T61-2001 《辐射环境监测技术规范》；EJ/T1075-1998 《水中总 α 放射性浓度的测定厚源法》
4	总 β	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ/T61-2001 《辐射环境监测技术规范》；EJ/T 900-1994 《水中总 β 放射性测定蒸发法》
5	^3H	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}C	Quantulus 1220 超低本底液闪	EJ/T1008-1996 《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》
7	水中 ^{90}Sr	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ815-2016 《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》
8	土壤、沉积物 ^{90}Sr	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T 1035-2011 《土壤中锶-90 的分析方法》
9	水中 γ 核素	GC3519HPGe γ 谱仪 GR3019HPGe γ 谱仪 BE3830HPGe γ 谱仪	GB/T 16140-2018 《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》；GB/T11713-2015 《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》
10	土壤、沉积物、气溶胶、沉降灰 γ 核素	GC3519HPGe γ 谱仪 GR3019HPGe γ 谱仪 BE3830HPGe γ 谱仪	GB/T 11743-2013 《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》；GB/T11713-2015 《高纯锗 γ 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}Cs	气溶胶	10389m^3	80000s	$5.0\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
^{134}Cs				$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
^{54}Mn				$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
^{58}Co				$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
^{60}Co				$9.0\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$		
^{59}Fe				$2.0\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$		
^7Be				$6.1\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$		
^{131}I				$1.0\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$		
总 α				1000m^3	800min	$7.7\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$
总 β				1000m^3	800min	$7.5\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$
^{90}Sr	10000m^3	800min	$5.8\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$			
^{137}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}Cs				$2.47\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
^{54}Mn				$2.73\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
^{58}Co				$2.63\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
^{60}Co				$3.30\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
^{131}I		$0.25\text{m}^2\cdot\text{月}$	80000s	$1.67\times 10^{-2}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
总 β		$0.75\text{m}^2\cdot\text{月}$	800min	$2.87\times 10^{-2}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
^{90}Sr		$0.75\text{m}^2\cdot\text{月}$	250min	$1.13\times 10^{-5}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$		
^{137}Cs	水	50L	80000s	$1.6\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
^{134}Cs				$1.4\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
^{54}Mn				$1.5\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
^{58}Co				$1.3\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
^{60}Co				$1.7\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
^{59}Fe				$2.5\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
$^{110\text{m}}\text{Ag}$				$1.4\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
^{106}Ru				$6.5\times 10^{-3}\text{Bq/L}$		
总 α				3L	800min	$1.3\times 10^{-2}\text{Bq/L}$
总 β				3L	800min	$2.7\times 10^{-2}\text{Bq/L}$
^{90}Sr				50L	800min	$1.4\times 10^{-4}\text{Bq/L}$
^3H (直接)				250mL	1000min	$1.8\times 10^{-1}\text{Bq/L}$
^3H (电解)				8mL	1000min	1.66Bq/L
^{14}C				50L	1000	$0.20\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ 0.02Bq/gC (4gCaCO_3)
^{137}Cs				土壤、底泥、海洋沉积物	300g	80000s
^{134}Cs	0.24Bq/kg					
^{58}Co	0.22Bq/kg					
^{60}Co	0.24Bq/kg					
^{54}Mn	0.26Bq/kg					
^{238}U	14Bq/kg					
^{232}Th	1.1Bq/kg					
^{226}Ra	0.69Bq/kg					
^{40}K	4.5Bq/kg					
^{90}Sr	30g	800min	$3.4\times 10^{-1}\text{Bq/kg}$			
HTO	空气	10m^3	1000	$5.0\times 10^{-3}\text{Bq/m}^3$		
^{14}C		3m^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 γ 谱仪	GC3519	2017.08.13	2017H21-20-000115	2 年
2	HPGe γ 谱仪	GR3019	2017.08.13	2017H21-20-000117	2 年
3	HPGe γ 谱仪	BE3830	2017.07.14	2017H21-20-000116	2 年
4	α/β 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 γ 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 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 3.2-2 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 处监测工频电场、工频磁场强度和射频电场强度。	12~15
500kV 出线开关站		16~19

表 3.2-3 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 3.2-4 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 3.2-5 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 3.2-6 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 3.2-7 居民区环境辐射电平水平标注

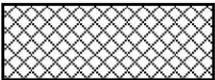
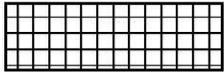
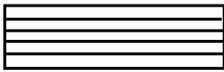
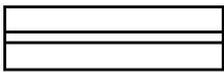
序号	种 类	射频电场强度 (mV/m)
1		>300
2		200~300
3		130~200
4		80~130
5		50~80
6		<50

表 3.2-8 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 (μ T)
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 3.2-9 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 3.2-10 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 (μT)
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 3.2-11 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 3.2-12 (1/4) 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)
拟建 1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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
拟建 2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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

表 3.2-12 (2/4) 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)
拟建 3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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
拟建 4#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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

表 3.2-12 (3/4) 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)
拟建 5#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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
拟建 6#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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

表 3.2-12（4/4）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)
拟建 220kV 倒送电主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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
220kV 施工进线主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
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 3.2-13 (1/5) 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)
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										
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

表 3.2-13 (2/5) 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)
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										
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
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										
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

表 3.2-13 (3/5) 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)
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										
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
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										
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
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										
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

表 3.2-13 (4/5) 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)
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										
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
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										
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
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										
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

表 3.2-13 (5/5) 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 (μ T)
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										
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
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										
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 3.2-14 徐大堡核电厂厂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 3.2-15（1/2）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

表 3.2-15（2/2） 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)
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 3.2-16 厂区内监测值统计情况

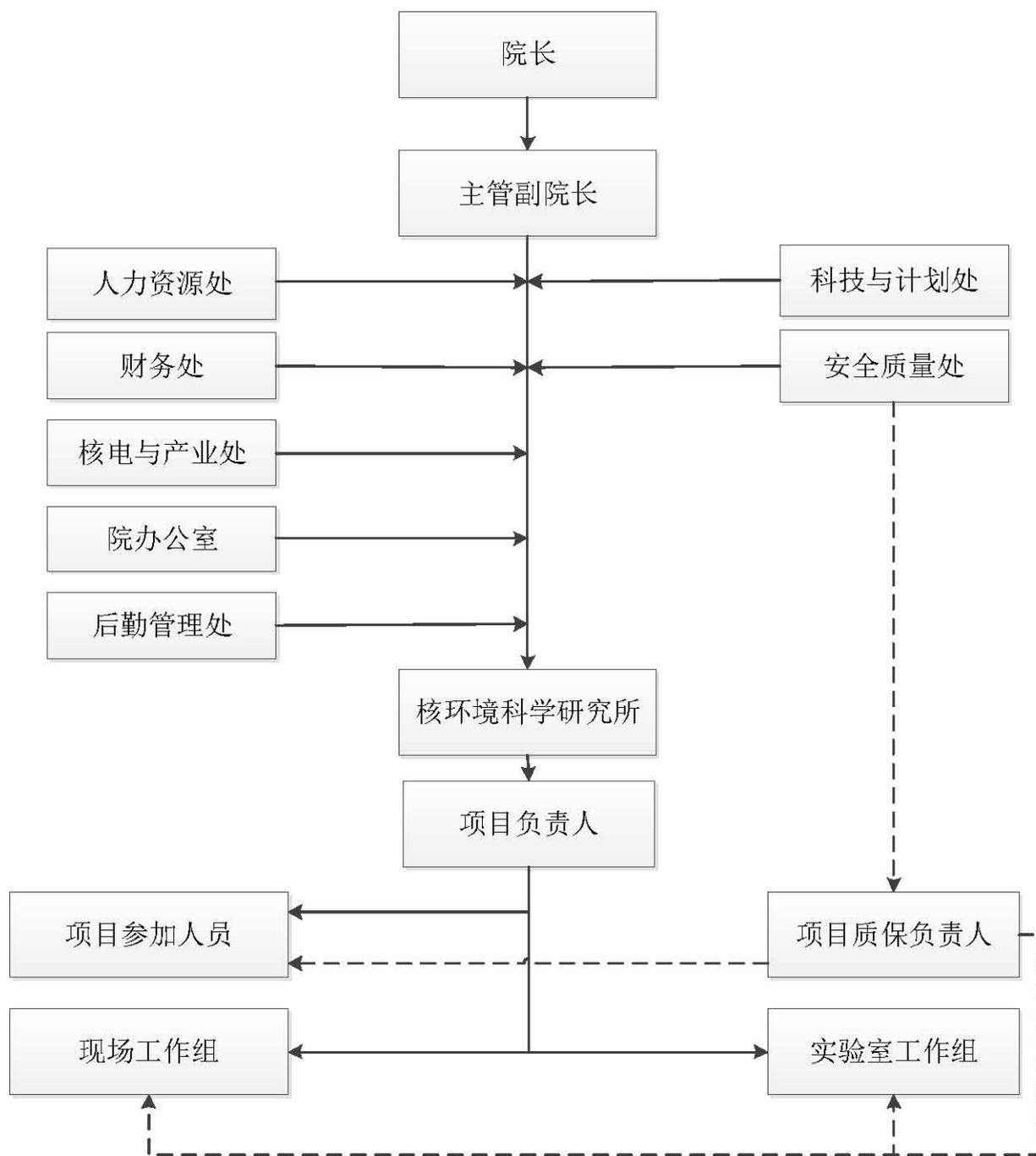
监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区	工频电场 (V/m)	0.563~3.551	3.551	4000
	工频磁场 (μ T)	0.035~0.088	0.088	100
	射频综合场强 (V/m)	0.15~0.96	0.96	12
开关站	工频电场 (V/m)	1.248~4.974	4.974	4000
	工频磁场 (μ T)	0.038~0.049	0.049	100
	射频综合场强 (V/m)	0.27~0.51	0.51	12
主变压器	工频电场 (V/m)	1.452~5.198	5.198	4000
	工频磁场 (μ T)	0.032~0.055	0.055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

表 3.2-17 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 (μ 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 (μ 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 (μ 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 (μ 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 3.2-18 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 (μ 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

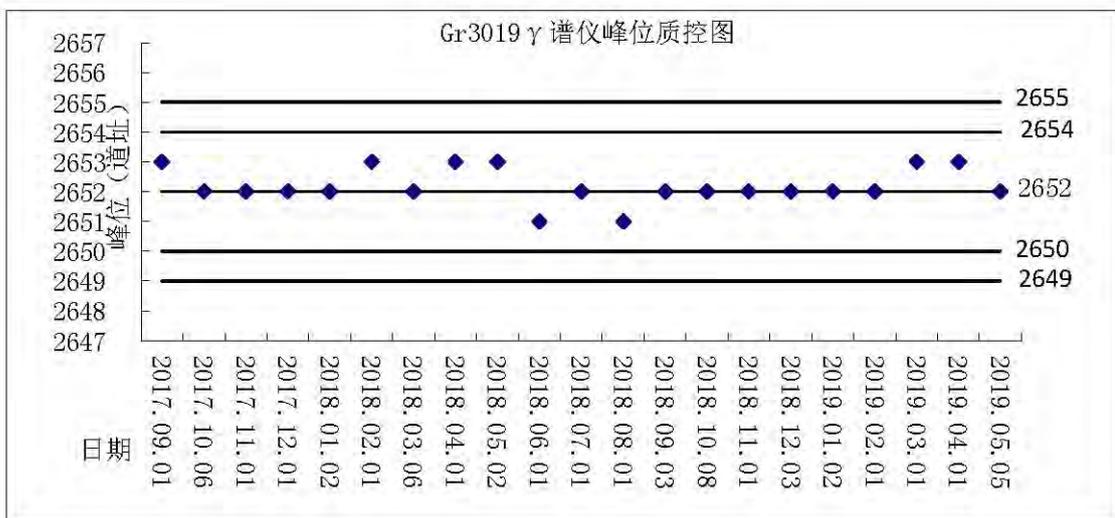
图 3.1-2 GR3019 γ 谱仪本底质控图图 3.1-3 GR3019 γ 谱仪峰位质控图图 3.1-4 GR3019 γ 谱仪效率质控图



图 3.1-5 GC3519γ 谱仪本底质控图

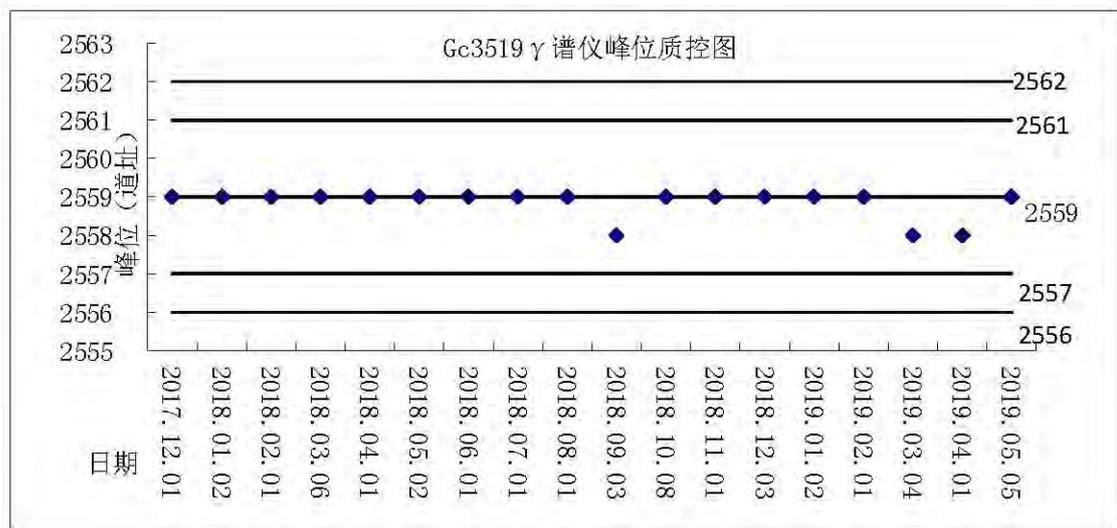


图 3.1-6 GC3519γ 谱仪峰位质控图

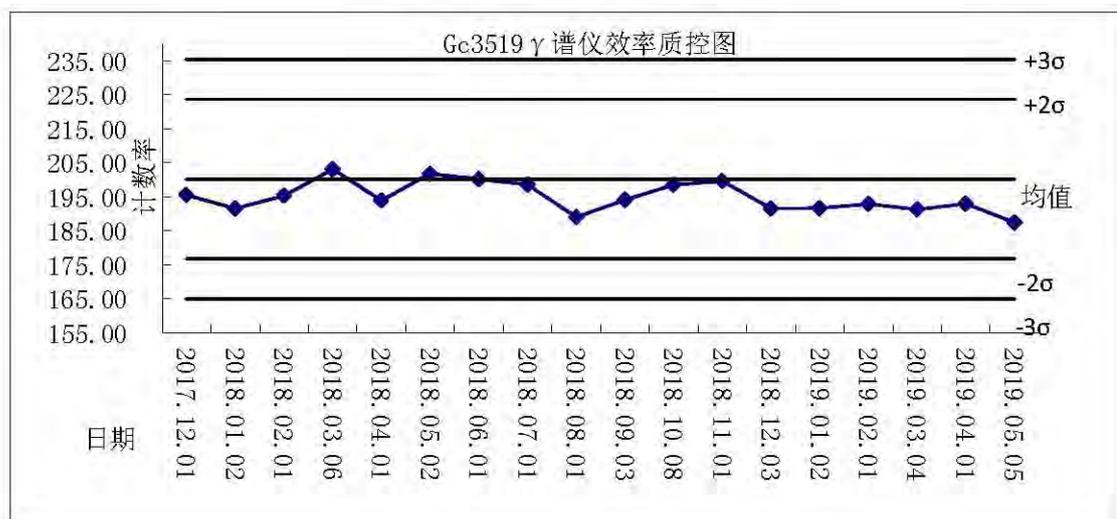
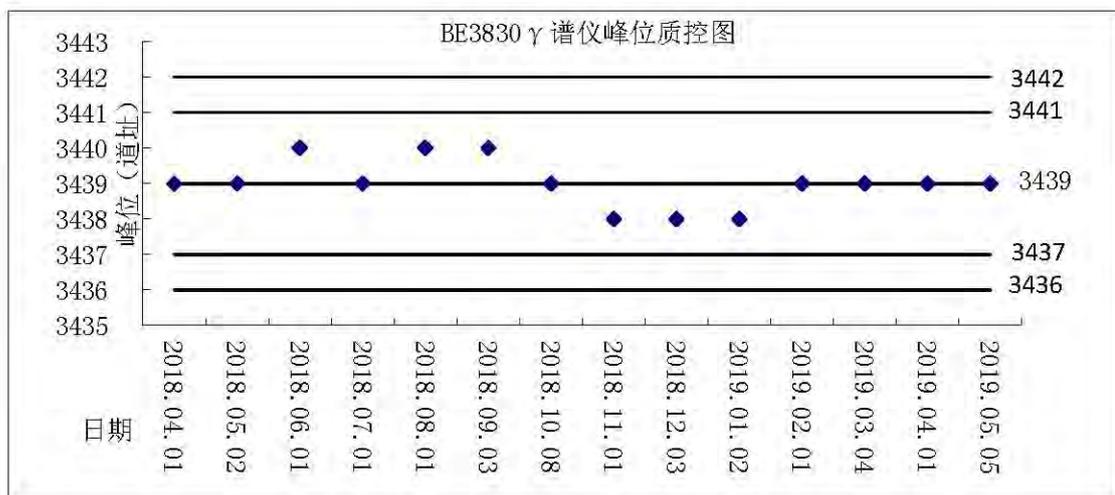
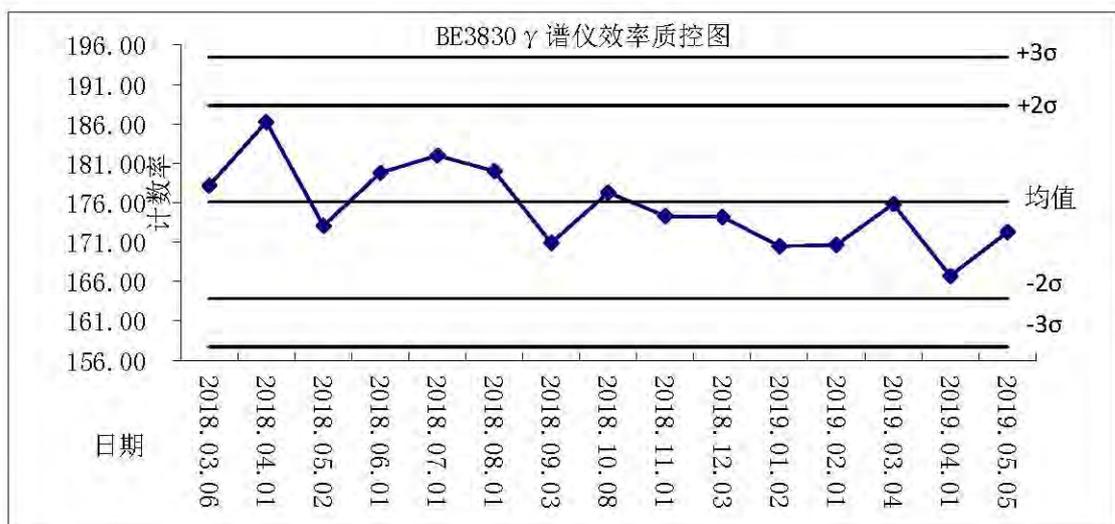
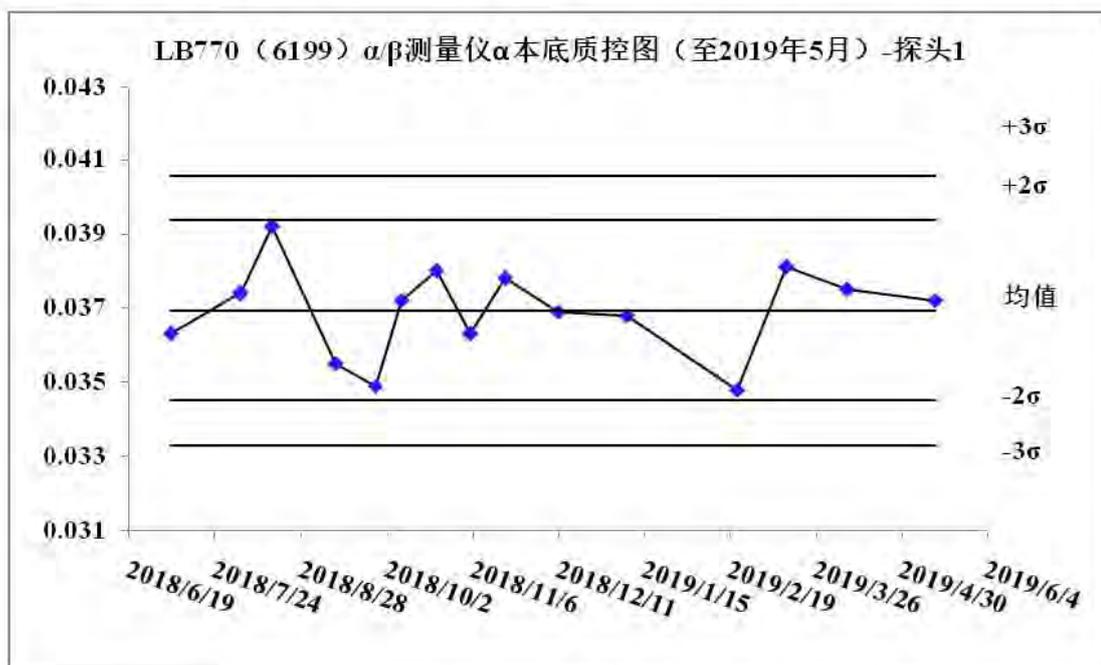
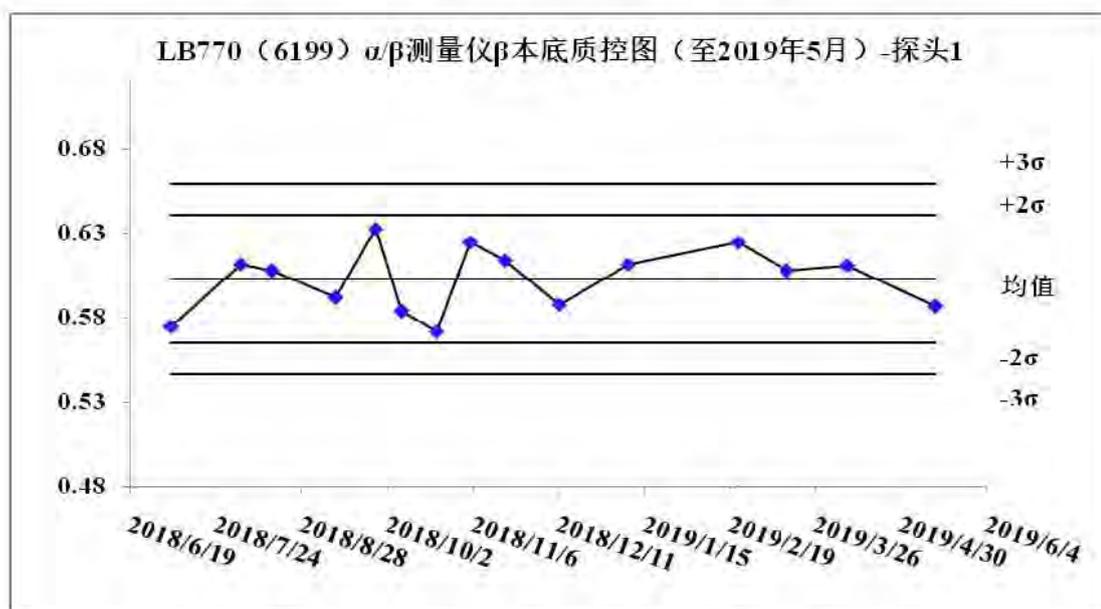


图 3.1-7 GC3519γ 谱仪效率质控图

图 3.1-8 BE3830 γ 谱仪本底质控图图 3.1-9 BE3830 γ 谱仪峰位质控图图 3.1-10 BE3830 γ 谱仪效率质控图

图 3.1-11 LB770 (6199) α/β 测量仪 α 本底质控图图 3.1-12 LB770 (6199) α/β 测量仪 β 本底质控图

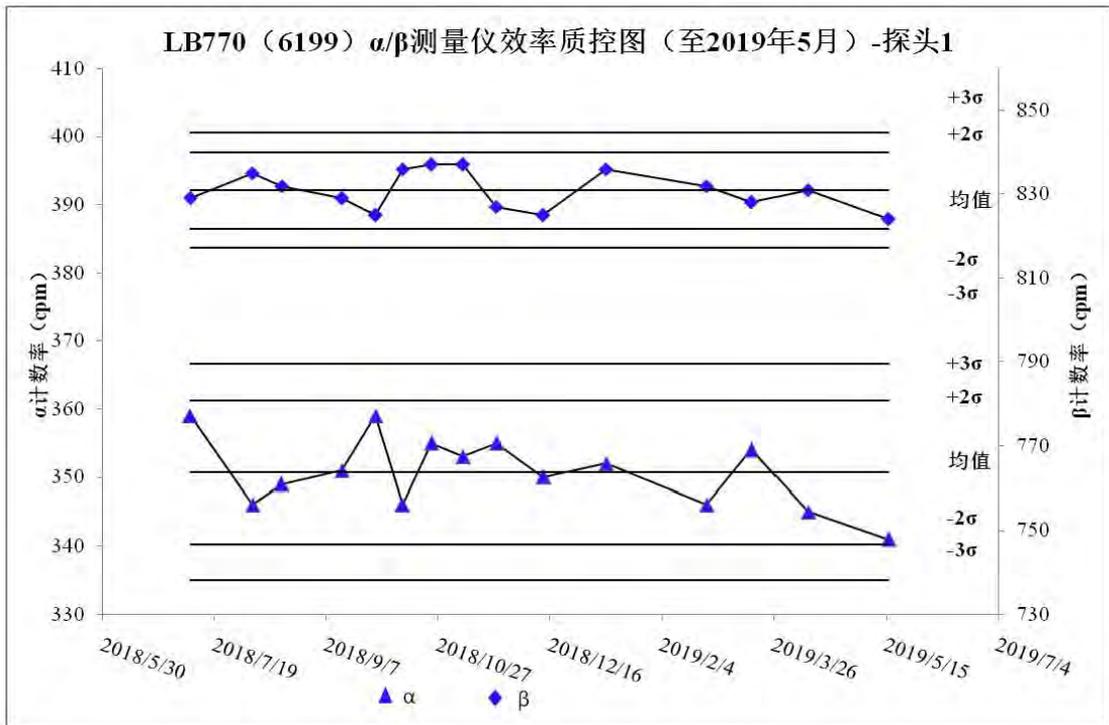


图 3.1-13 LB770 (6199) α/β 测量仪效率质控图

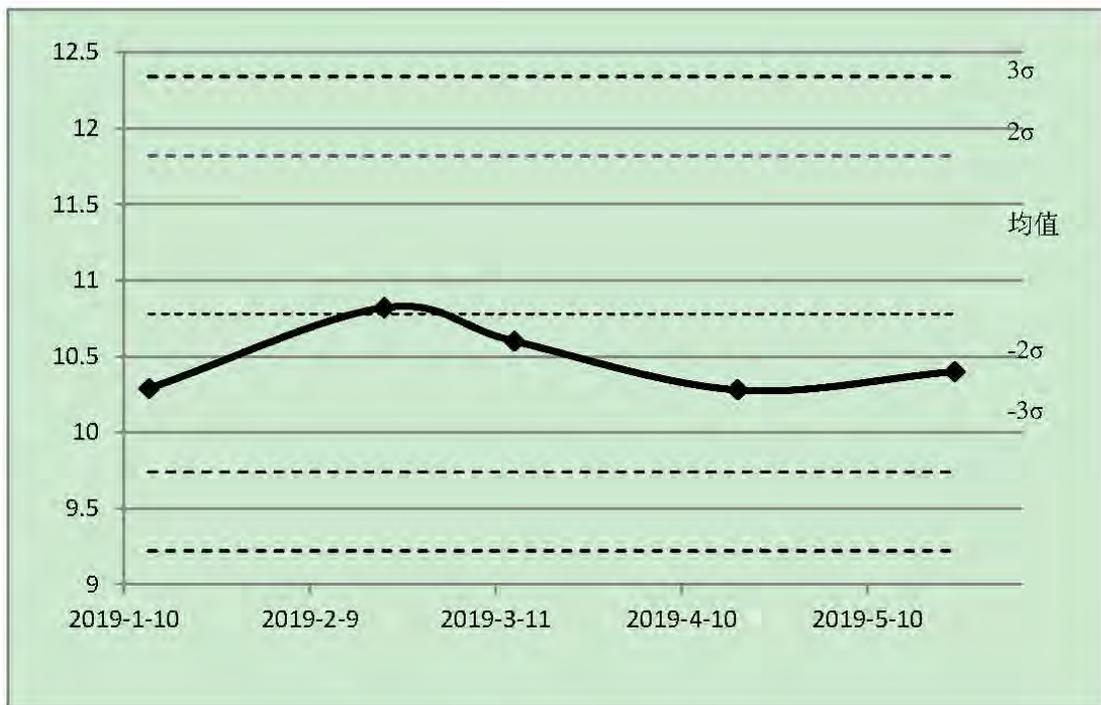
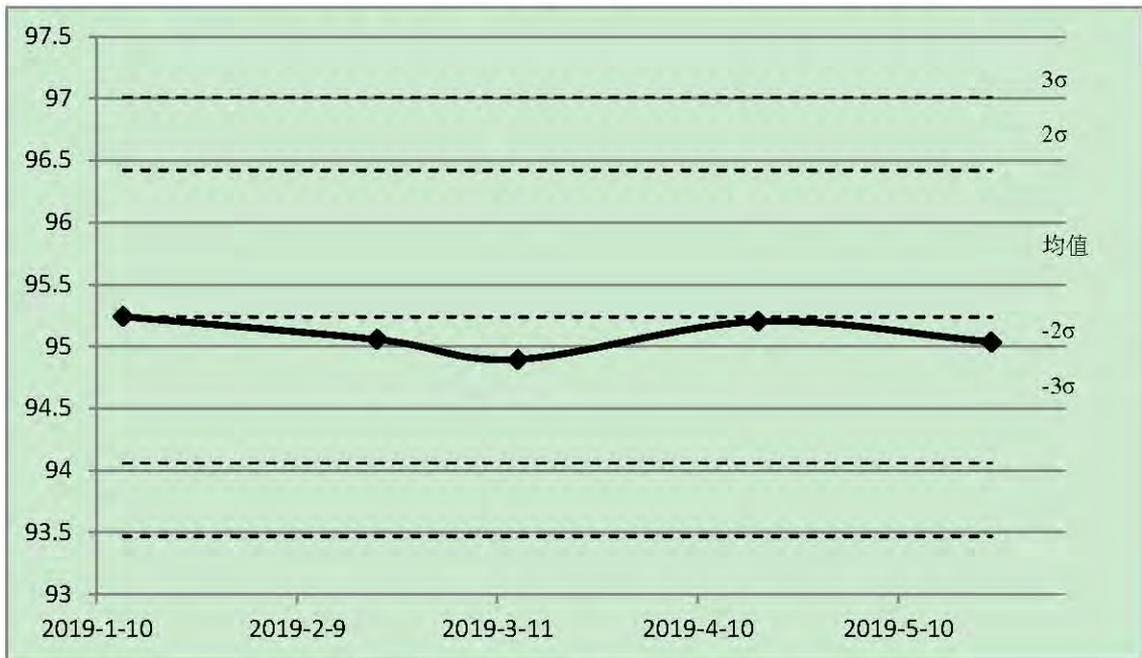
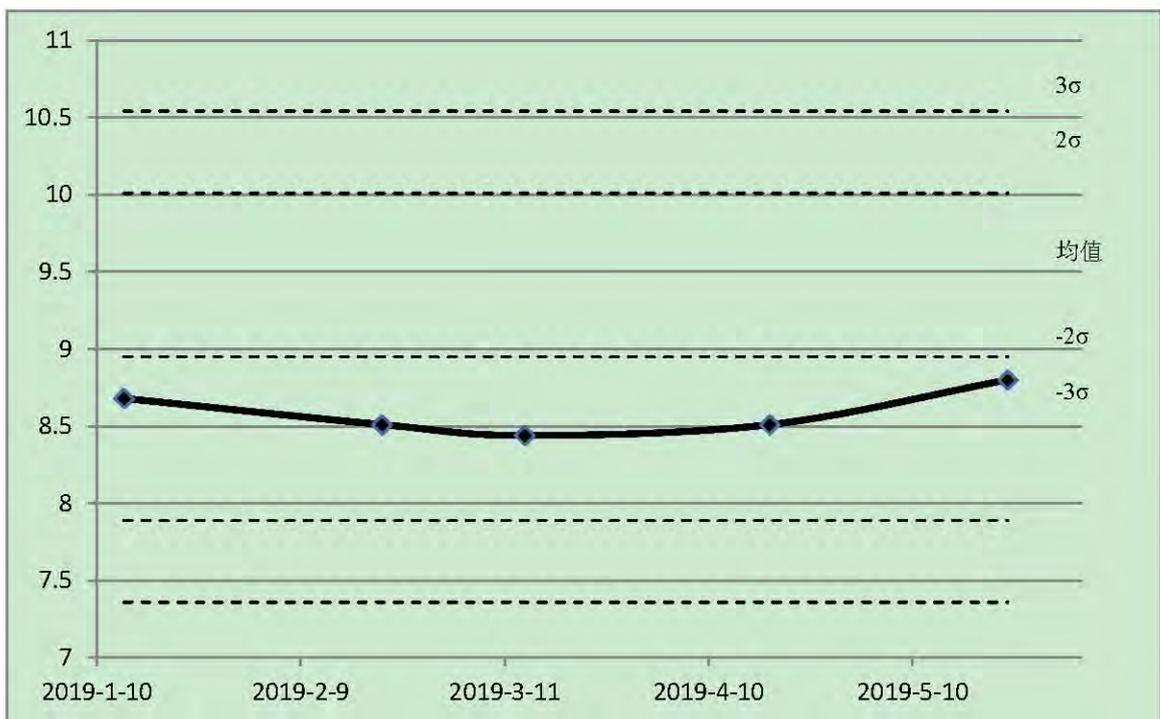


图 3.1-14 液闪谱仪 ^{14}C 本底计数率

图 3.1-15 液闪谱仪 ^{14}C 效率图 3.1-16 液闪谱仪 ^3H 本底计数率

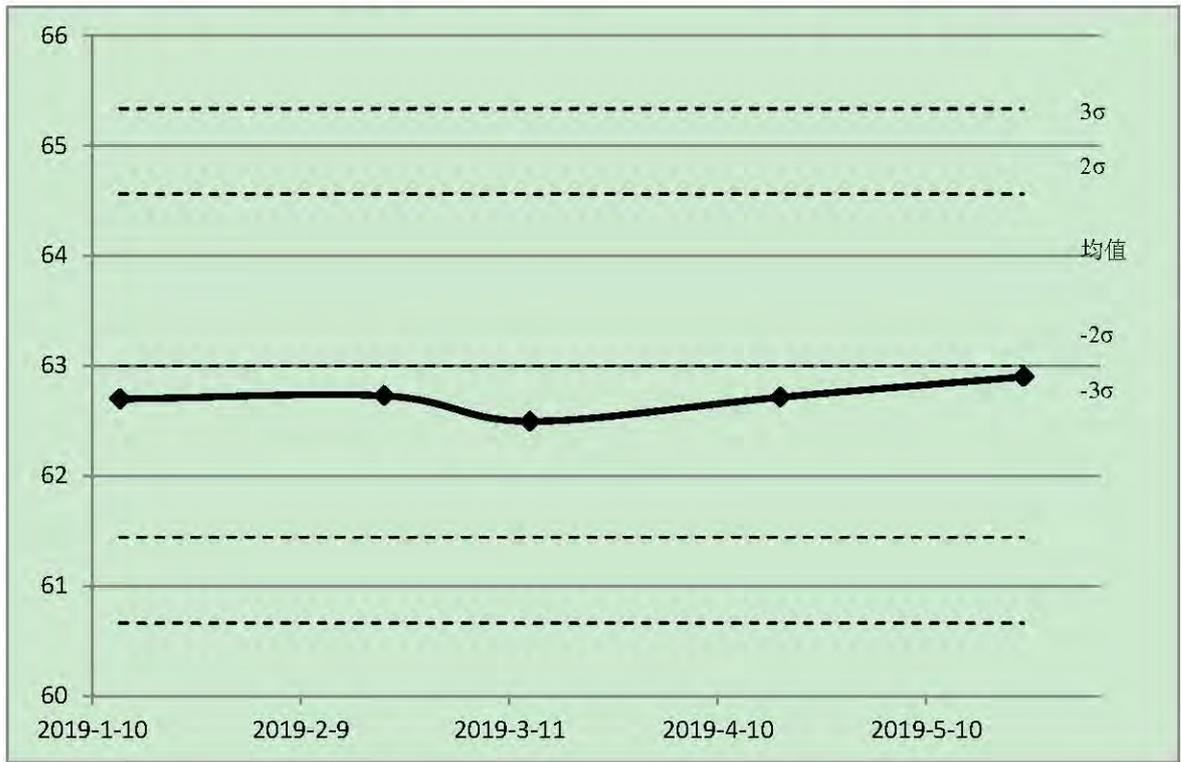


图 3.1-17 液闪谱仪 ³H 效率

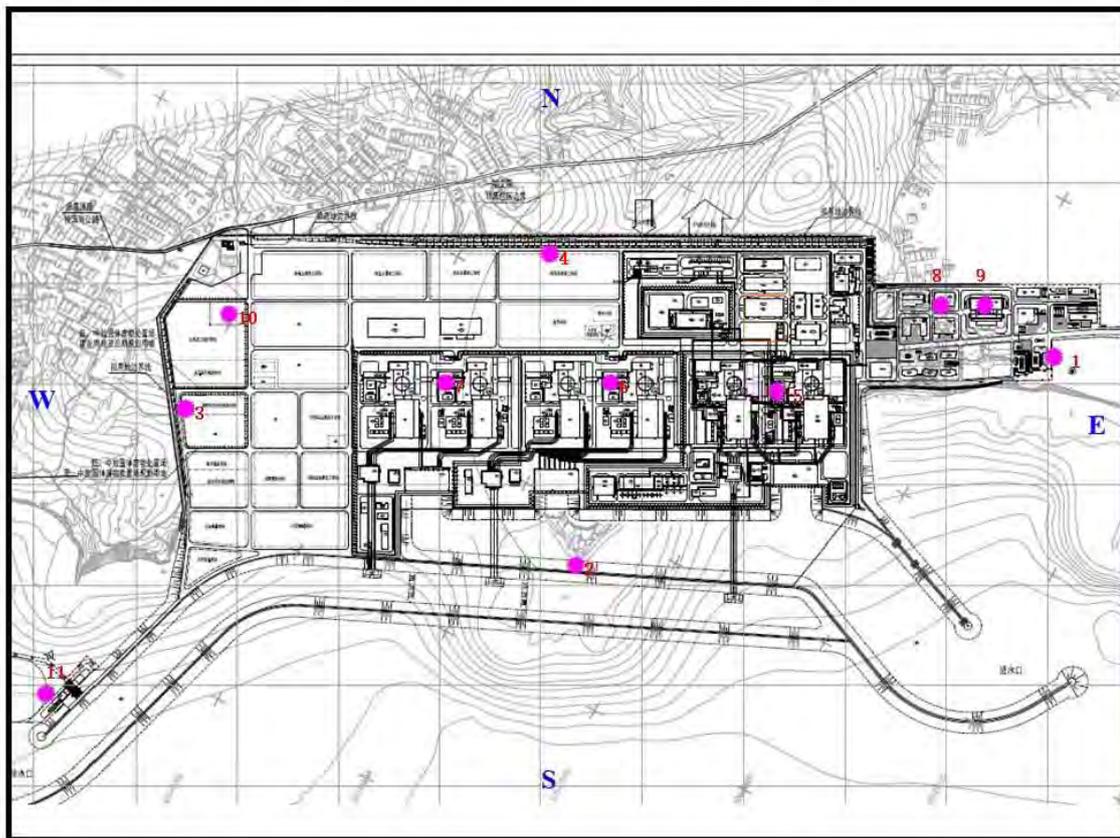


图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

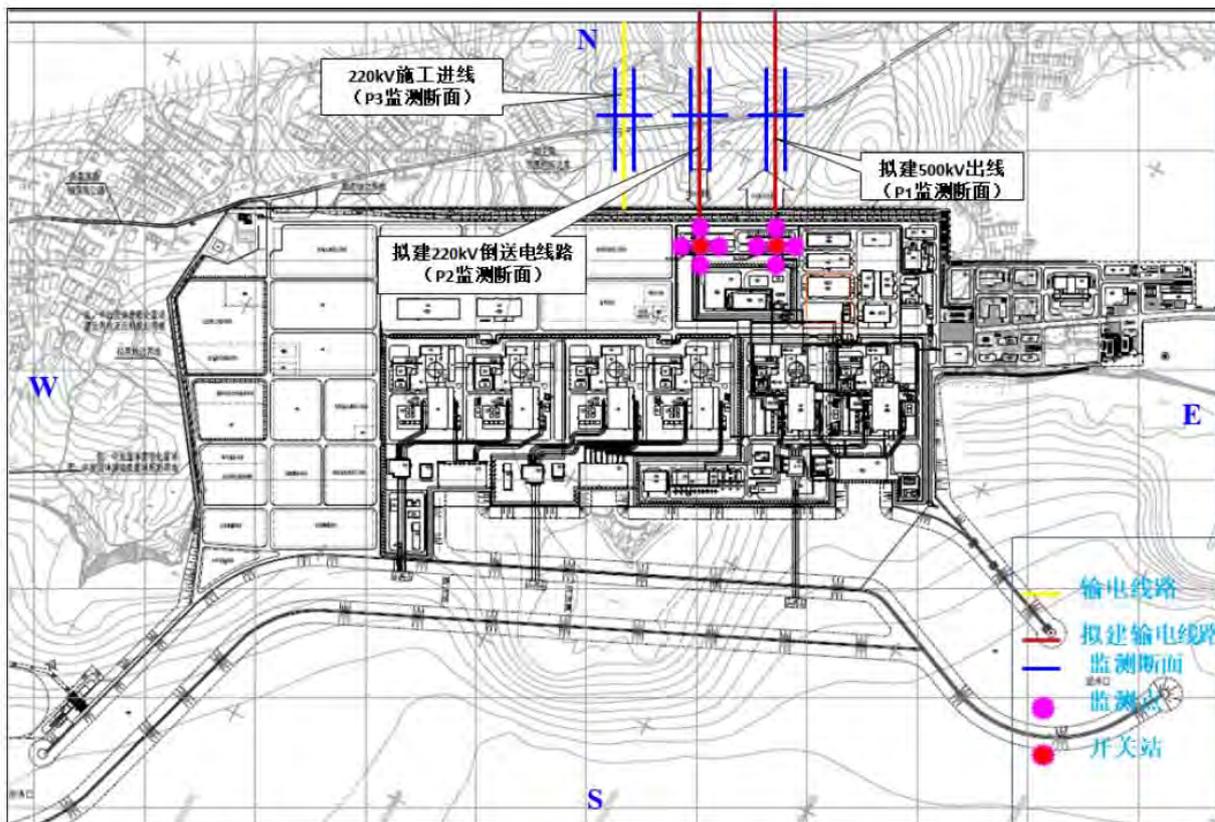


图 3.2-2 辽宁徐大堡核电厂开关站与输电线路监测点设置示意图

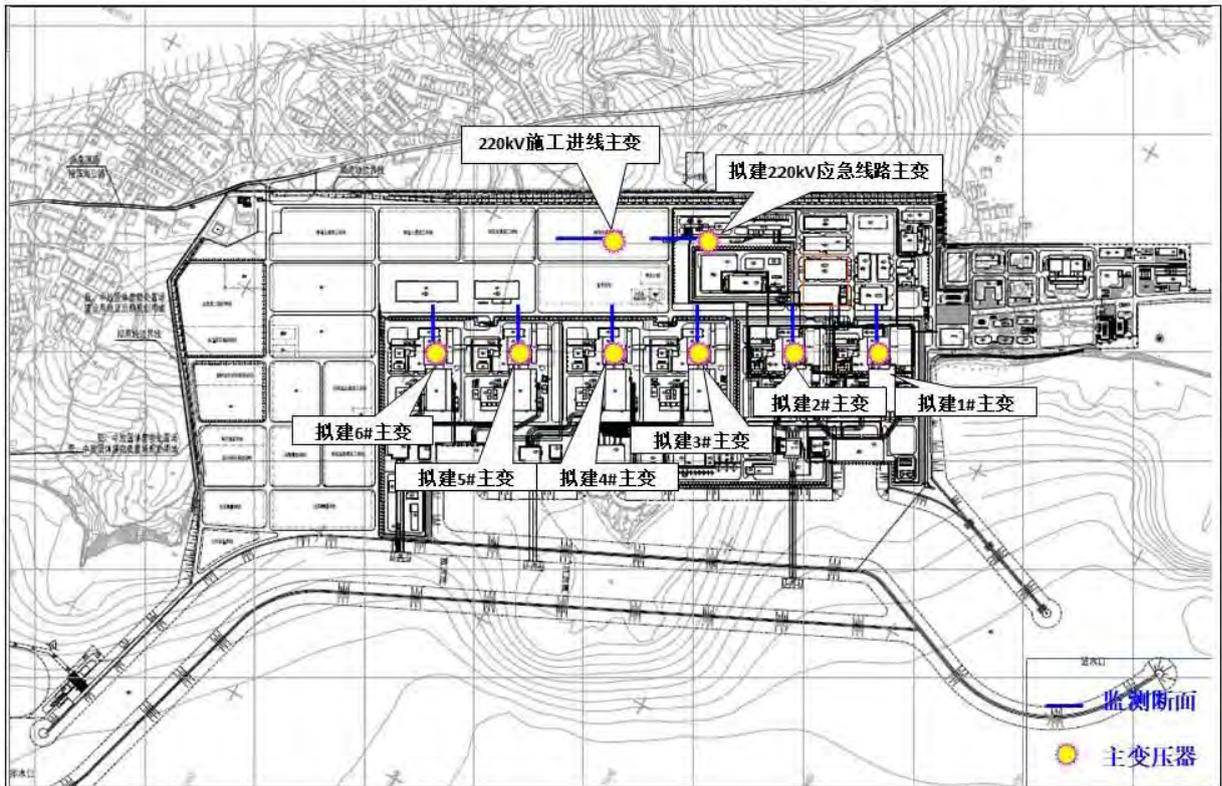


图 3.2-3 辽宁徐大堡核电站主变压器监测断面设置示意图

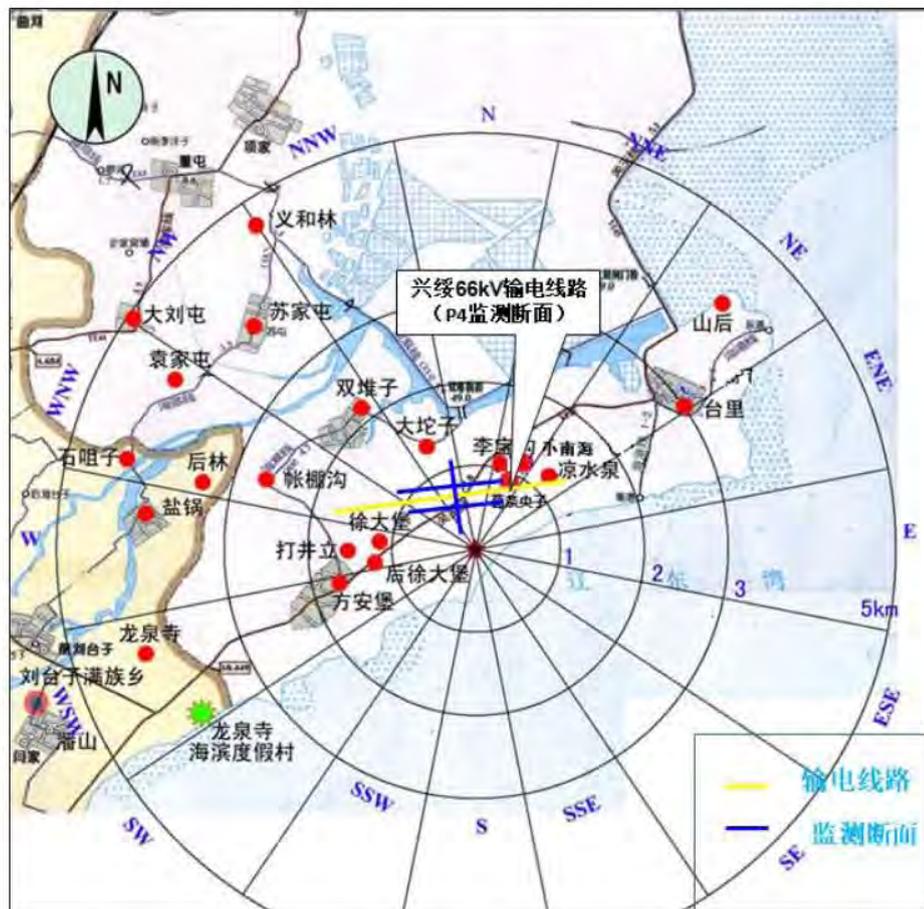


图 3.2-4 辽宁徐大堡核电站输电线路监测点设置示意图

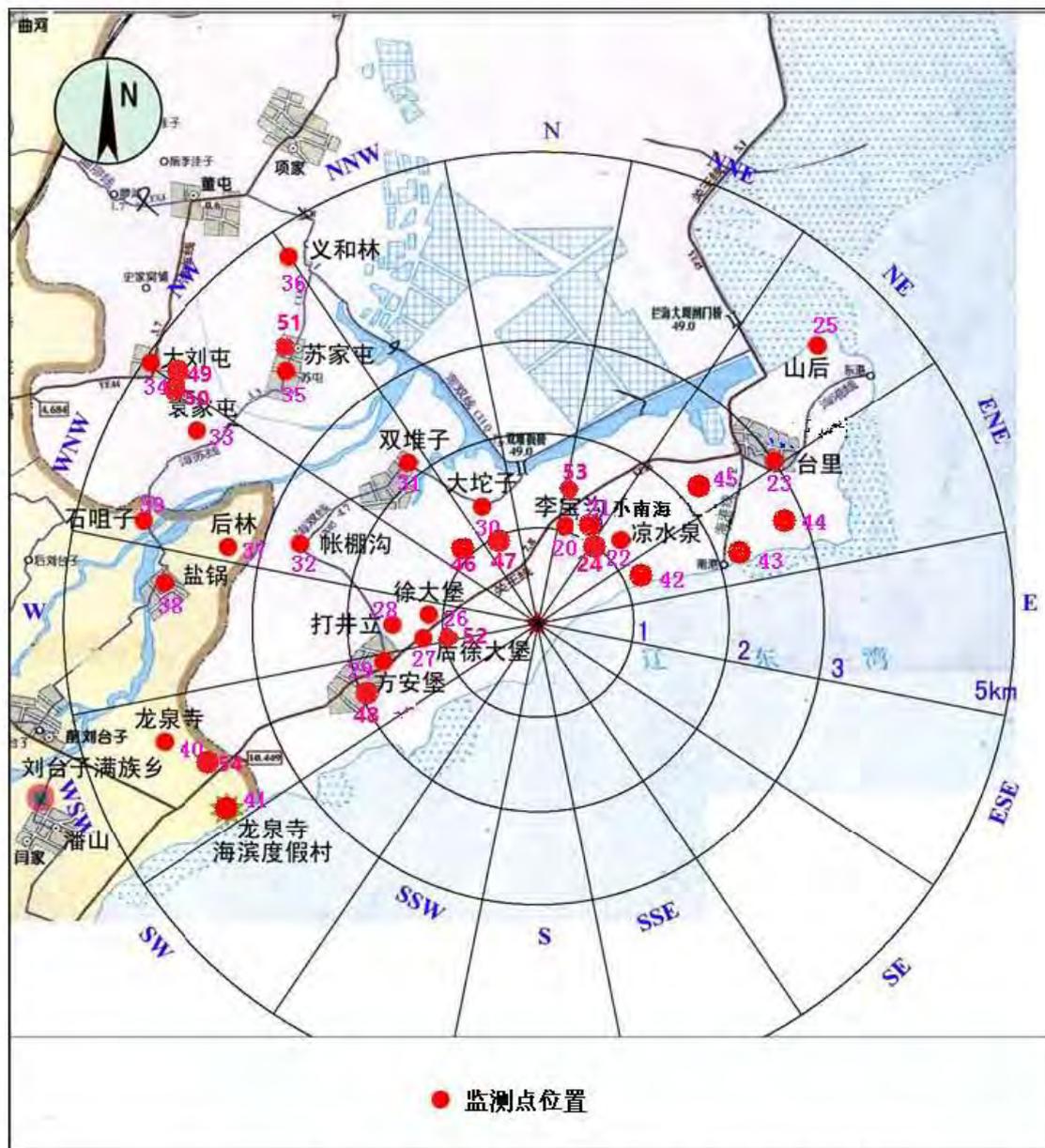


图 3.2-5 辽宁徐大堡核电站区外监测点设置情况示意图

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂址规划

4.1.2 厂区平面布置

4.1.3 排放口布置

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.3 常规岛

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.2 核电厂散热系统

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

4.4.2 开关站的选型和布置

4.4.3 与电力系统的连接

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 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

图：

图 4.2-1 蒸汽-电力转换系统流程示意图

图 4.3-1 取排水方案总平面布置图

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂址规划

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，位于厂址东侧；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，位于厂址中部，并在其西侧预留两台华龙一号核电机组用地。

本工程总体规划包含厂坪设计标高的确定、主厂房建筑群位置的确定、取排水设施规划、电力出线规划、对外交通运输规划、厂区工程规划、其他设施区规划、场地平整及边坡工程规划、海工工程规划、防排洪工程规划、施工临时设施规划等内容。

1) 厂坪设计标高

3、4 号机组厂坪设计标高（安全重要建构筑物场地设计标高）同一期工程。

2) 主厂房建筑群位置（建北方向描述，下同）

在一期工程总体规划的基础上确定主厂房位置，具体为：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，位于 5、6 号机组东侧。

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。

核岛区地基大部分为微风化岩石地基，仅 3#核岛西南侧，4#核岛西侧区段小范围分布中等风化、强风化及全风化岩体，核岛地段岩体无临空面，无软弱夹层，岩体中无岩溶、地下空洞和可溶盐类，将全风化、强风化岩体挖除换填处理后，核岛地基稳定。

3) 取排水设施规划

取排水设施规划包括循环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，取水口门位于厂区东南侧；排水口位于厂区西南侧。

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。

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。本期建设 6 回 500kV 出线，建设 2 个完整断路器串和 4 个不完整断路器串。

220kV 备用电源 6 台机组规划两回。

电力出线向西北方向送出，出线走廊宽阔，地形条件平坦。

5) 对外交通运输规划

为满足辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组施工和运行期间对外交通运输的要求，厂区与外部交通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。

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 8.5m。

大件码头为 4200t 级，拟建于厂址西南侧。

6) 厂区工程规划

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。具体内容见“4.1.2 厂区平面布置”。

7) 其他设施区规划

厂外设施包括：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。

8) 场地平整、边坡及防洪规划

(1) 场地平整

厂址已在一期工程完成场地平整。

(2) 边坡

厂址周边形成人工边坡，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 350m，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。

(3) 防洪规划

厂址地面由西北坡向场地的东南向。厂址的西北侧有三处地势较高。因此，在厂区西侧、北侧边坡外设置截水设施。将汇集的雨水引入厂区西侧自然边沟或沿厂前区北侧、东侧征地边界线引入厂前区进厂道路北侧的边沟，最终排入辽东湾海域。

9) 施工临时设施规划

电厂施工场地包括土建施工场地、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。

为满足施工区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，施工区内设有环形道路网，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。根据运输需要，主干道分为重型路和轻型路，重型路路线为：大件码头—厂区道路—吊装场地；其它道路均采用轻型路。

10) 海工工程规划

已随一期工程建设完成。

11) 移民搬迁

已随一期工程搬迁完成。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 布置原则

- 在一期工程总体规划的前提下根据 WWER 机型的特点做适应性修改；
- 按照两台俄罗斯 AES-2006(WWER-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；
- 尽量考虑减少对已建设施的影响；
- 厂区总平面布置与厂址总体规划相协调；
- 满足所选机组及其配套辅助设施在生产工艺流程上的要求；
- 避免汽轮机飞射物危及与核安全相关的建、构筑物；
- 功能分区明确，合理划分放射区和非放射区，并使放射性和非放射性运输线路有效分离；
- 合理布置主厂房、循环冷却水设施和开关站之间的平面位置，使循环冷却水供、回水管道及主变至开关站之间的输电线路尽量短捷、顺畅；
- 满足运输、防火、卫生、安全、实物保护、管网布置及施工安装等要求；
- 配套辅助设施的布置综合考虑生产工艺流程、地基条件、交通运输等各方面因素，并尽量满足多期工程共用；
- 满足分期建设的要求，避免后期施工对前期运行的影响；
- 满足应急计划对厂区人员的集合场所和撤离路线要求；
- 为工程施工提供最大便利，以便采取各项环保措施，减少对环境的不良影响；
- 各建、构筑物尽量紧凑布置，以节约、集约用地，并尽量增大绿化面积。

4.1.2.2 建设规模及项目组成

3、4 号机组工程规划建设 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 平面布置方案

综合考虑总体规划、地质条件、取水排水方案、电力出线方向、配套辅助设施的设置要求和经济比较等诸多因素，确定本工程厂区总平面布置。

厂区包含主厂房区、循环冷却水设施、配电装置区、辅助生产设施区、厂前区及其他设施区。

1) 总平面布置

·主厂房区的布置

3、4 号机组主厂房布置在 1、2 号机组西侧，由东向西采用核岛北向、常规岛南向的并列式布置方式，各机组相对位置如下：

1~6 号机组反应堆中心在同一条直线上，2 号机组与 3 号机组东西向距离为 250m，3 号机组与 4 号机组东西向距离为 230m，4 号机组与 5 号机组东西向距离为 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，主变北侧。

·循环冷却水设施的布置

循环水设施区主要包括重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（TIUQA）、虹吸井（TIUQF）、制氯站（TIUTL）等各种水工设施。重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（TIUQA）和制氯站（TIUTL）按两台机组共用设置，布置在主厂房南部；重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（TIUQA）与汽轮机厂房（31UMA/41UMA）以冷却水进水廊道（31UPN/41UPN）连接，从汽轮机厂房西侧进入，从其东部通过冷却水排水廊道（31/32/41/42/UQN）接至虹吸井（TIUQF）排出；重要用户冷却水泵房（31UQB/41UQB）与重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（TIUQA）以重要厂用水进水廊道（31/32/41/42/UPP）连接，并通过重要厂用水排水廊道（31/32/41/42/UQP）排至虹吸井（TIUQF）。虹吸井（TIUQF）通过陆域排水暗渠、排水暗涵与海域连接。

·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 1、2 号机组共用，布置在厂区的北侧，向西北出线。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。

·辅助生产设施区布置

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）、放射性废油暂存库（T2UKT）、厂区实验室（T3USV）、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。常规岛废液（LDL）排放厂房（T3UKT）布置在重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（T1UQA）北侧。

非放射性辅助厂房包括：

水生产设施区：预处理厂房（T1UXA）为 6 台机组共用，海水淡化厂房（T2UXA）为 1~4 号机组共用，除盐水处理厂房（T1UGC）为 3、4 号机组共用，布置在 3#常规岛南侧、便于水罐共用及缩短管线长度。

水处理设施区：生活污水处理站（W1UGQ，已建）布置在 6 号机组西侧。非放射性含油废水处理站（T1UGM）布置在重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（T1UQA）北侧。

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。空气压缩机房（T1USC）、氮气站（T1UTN）、辅助锅炉房（T1UTH）、保卫控制中心（T4UYF）布置在 4 号机组西南角。

仓库机修、办公设施区：包括恒温恒湿库（W1USU）、恒湿库（W2USU）、中小型备件库（W3USU）、大型备件库（W4USU）、化学品库（W1USD）、气瓶库（W1USK）、机加工及检修厂房（W1UST）、铆焊和电仪修厂房（W2UST）。本区布置在 1、2 号机组北部。

·厂前区及其他设施区

厂前区及其他设施区包括厂前建筑区、现场服务区、运行安全技术支持区、武警营房、消防站、应急指挥中心等。

厂前建筑区包括综合办公楼（含档案楼）（W1UYC）、公共食堂（W1UYD）布置在进厂道路北侧；现场服务区包括培训中心（W1UYH）、调试检修楼（656，已建）、检修宿舍（W2UYB）、综合服务楼（W3UYA），分别布置在进厂道路两侧，靠近控制区出入口；运行安全技术支持功能区包括宣传展览中心（W1UYG）布置在厂区东部、进厂道路北侧，方便人员的集散；武警营房（W1UYF）、消防站（W1UYP）布置在进厂道路北侧；保安楼（657）已建成，布置在控制区出入口南侧；模拟体厂房布置在厂前区西面，靠近厂区；

应急指挥中心（WIUCE）布置在武警营房（WIUYF）北面、进厂道路北侧；气象站已经建成，单独成区布置在厂区西北角；环境实验室设置在兴城县城。

2) 竖向布置

厂区竖向布置采用平坡式。场地排水采用有组织的管道或明沟排水系统。

3) 交通运输

·厂内道路

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墙内侧、要害区围墙外侧，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。

·厂区出入口

厂区共设置两座出入口，其中主要出入口设置在厂区东北部，紧邻进厂道路；在厂区西北部设置备用出入口，与次要进厂道路相连，用于大件设备的运输或新、乏燃料及放射性固体废物运输及厂区应急等特殊情况。

4) 实物保护

根据核电厂实物保护要求，厂区别设置控制区围栏、保护区围栏和要害区围栏。

5) 绿化与美化

本工程厂区将充分进行绿化，除保护区为非绿化区外，其它区域在满足辐射防护、实物保护、卫生、消防等各方面要求的前提下，尽可能多地以绿化覆盖，从而美化环境，改善小区域气候，为本企业员工及周边群众创造良好的工作、生活条件。

厂前区人员最为集中，又是企业对外的窗口，因此是绿化与美化的重点，利用多种方式，形成优美的办公环境；采用多种绿化方式，在符合相关规定的前提下，实施多层次的立体绿化，以增强绿化效果；其它区域根据具体条件进行绿化。

本期工程绿地率为 8%，符合“《工业项目建设用地控制指标》的通知”要求，符合《核电厂总平面及运输设计规范》要求。

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）、放射性废油暂存库（T2UKT）、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，另一方面远离厂前区和其他设施区，避免了放射性废物运输与生产人员的相互影响，并且位于最小风频上风向，减少了对其他区域的污染。常规岛废液（LDL）排放厂房（T3UKT）布置在重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（T1UQA）北侧。

水处理设施区：虹吸井（T1UQF）布置在重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（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）布置在重要厂用水取水构筑物及冷却水泵房（T1UQA）北侧。

应急指挥中心（W1UCE）布置在武警营房（W1UYF）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县城。

电厂将在厂内外设置多座环境监测站，位置待定。

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：

·厂址选择中在满足技术可行、安全可靠、经济合理、环境相容的前题下，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，同时将土石方工程量作为最重要的因素之一，充分予以考虑，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。

·施工场地采用临时征地，施工结束后将还绿，并归还地方。

·利用本工程建设时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少水土流失，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) 液态流出物排放点

液态流出物经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，经陆域排水暗渠、排水暗涵排水口（液态流出物排放点），进入厂址西南部海域（接纳水体）。

2) 气态流出物排放点

反应堆厂房排风烟囱及厂址废物处理设施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。

4.1.3.2 排放口位置合理性

液态流出物经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，经陆域排水暗渠、排水暗涵排放。根据厂址前沿的水深条件以及海域的流场规律，排水暗涵的排水口布置在厂址南侧有利于核素扩散。

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 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 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提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如安全注入系统、安全壳喷淋系统、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 3、4 号机组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剂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 条完全相同的冷却剂循环环路、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蓄压箱中的水位和水质。

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

2) 一回路冷却剂净化系统

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厂房内的系统设备。

常规岛热力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。常规岛热力系统主要包括主蒸汽系统、汽水分离再热系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机抽汽系统、汽轮机旁路系统、辅助给水系统等。常规岛热力系统流程简图如图 4.2-1 所示。

本工程拟采用单轴、半转速、四缸六排汽、凝汽式汽轮机。汽轮机本体由一个双流高压缸和三个双流低压缸组成。为了控制低压缸排汽湿度在可接受的范围内，确保低压缸末

级叶片的稳定运行，设有汽水分离器和两级再热器，再热后的蒸汽成为过热蒸汽进入低压缸中继续膨胀做功。汽轮机配置 7 级回热系统，分别是两级高压加热器、四级低压加热器和一级除氧器。

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

每个低压缸下部布置有一个单独的凝汽器，三个凝汽器的汽侧和热阱分别由连通管相连。凝汽器由下部（含管束）、上部（喉部）、过渡段、壳体、热井和水室等组成，允许凝汽器单侧运行或 1/6 凝汽器解列，1 号、2 号低压加热器布置在凝汽器颈部。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水和可能带放射性含油废水。

热废水为常规岛管道、设备等放水，可能带放射性，排至热废液坑，用热废水泵经厂区废液管沟排至冷凝液净化过滤器废水监测系统（LDL，暂定）。

非放射性含油废水为润滑油油室放水、常规岛汽机厂房检修、运行中产生的含油废水等，排放至含油废水坑，最终去往含油废水处理站。

可能带放射性含油废水为主给水泵放水、凝结水泵积水坑排水等，排放至常规岛放射性含油废水处理系统（GTC，暂定）进行油水分离，分离出来的油定期处理，分离出来的水送至冷凝液净化过滤器废水监测系统（LDL，暂定）。

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。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 $1923\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1350\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场抑尘和道路浇洒用水量为 $400\text{m}^3/\text{d}$ ，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 $4060\text{m}^3/\text{d}$ 。

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 $5387\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量为 $9451\text{m}^3/\text{d}$ 。

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 $9451\text{m}^3/\text{d}$ 。

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。

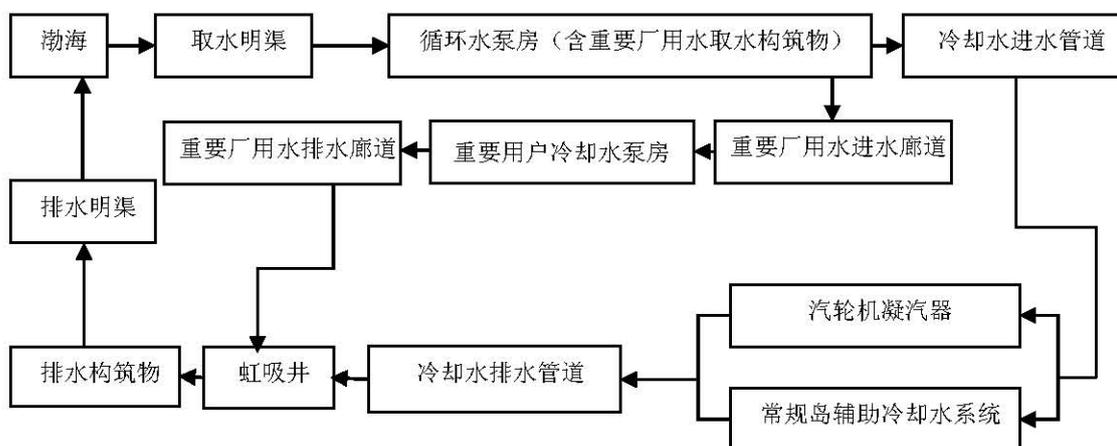
运行期绿化、道路浇洒日用水量约为 $200\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 $247\text{m}^3/\text{d}$ ，再生水产生量约为 $222\text{m}^3/\text{d}$ ，可以满足绿化、道路浇洒的水量要求，洗车用水采用淡水。

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渠排入海域。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）循环水泵房和重要用户冷却水泵房

本工程每台机组均设置一座循环水泵房（含重要厂用水取水构筑物）和一座重要用户冷却水泵房。

（3）排水构筑物与排水口

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 5.3m×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

辽宁徐大堡核电厂位于辽宁省葫芦岛市辖兴城市海滨乡徐大堡村南侧，东临辽东湾。规划容量为 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划，分期建设。辽宁徐大堡核电厂一期工程为 1、2 号机组，采用 AP1000 核电堆型，1 号机组 FCD 计划在 2019 年 5 月 15 日，1、2 号机组开工间隔 10 个月，单堆工期为 60 个月。辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程规划建设 2 台百万千瓦级压水堆核电机组及其配套辅助设施，采用俄罗斯 VVER-1200 堆型，3 号机组计划于 2021 年 10 月浇灌第一罐混凝土，单台机组工期为 69 个月，两台机组开工间隔为 10 个月，3、4 号机组分别计划于 2027 年 7 月和 2028 年 5 月投入商业运行。

徐大堡核电站 3、4 号机组工程建设 2 台俄罗斯产 VVER-1200 百万千瓦级压水堆核电机组，每台机组均以发电机—主变压器组单元接线升压接至厂内 500kV 高压配电装置。核岛额定热功率下，发电机额定功率为 1200MW，额定电压 24kV，静态励磁，转子绕组和定子铁芯采用氢冷，定子绕组采用水冷。

本期工程 2 台机组通过厂内 500kV 高压配电装置接入 500kV 系统。电气主接线采用 3/2 断路器的接线方式。由于接入电力系统方案暂未确定，本期工程暂按 2 个完整串，连接 2 回机组进线和 2 回线路出线。3、4 号机组主变压器通过 SF6 气体绝缘输电线（GIL）与 500kV 户内 GIS 连接。

徐大堡核电厂一期工程已经建成一座 220kV 备用电源开关站，经过 1 回 220kV 架空线与 220kV 系统连接。220kV 备用电源开关站采用双母线连接，已经建成 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 PT 间隔，并预留了 2 个备用电源变压器间隔。本期高备变进线间隔将在一期工程预留的基础上进行扩建安装。

4.4.2 开关站的选型和布置

500kV 主开关站按照一次规划，土建一次建成，设备分期安装原则考虑。500kV 配电装置采用一个半断路器的接线方式，采用屋内 GIS 型式。本期工程建设 2 个完整串，连接 2 回机组进线和 2 回线路出线，同时两端预留 1、2、5、6 号机组接口。

本期 220kV 配电装置将在徐大堡核电厂一期工程已建成的 220kV 配电装置基础上进行扩建。220kV 配电装置选用 SF6 气体绝缘封闭电器（GIS），户内布置型式，双母线接线型式。大堡核电厂一期工程已安装 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 PT 间隔；本期暂按利用一期预留的 2 个备用电源变压器间隔作为徐大堡核电 3、4 号机组备用电源间隔。

每台机组的变压器区域位于对应机组的主厂房西侧，变压器区域内布置三台单相主变压器（BAT）、两台高压厂用变压器（BBT）、两台高压厂用备用变压器（BCT）、高压厂用备用变压器 10kV 进线断路器构筑物（UBU）。在 3 号机组变压器区域内布置一台主变压器备用相（N1UBV），4 号机组变压器区域内预留了设置备用高厂变的场地。

4.4.3 与电力系统的连接

目前本工程接入电力系统方案暂未确定，本期工程 2 台 1200MW 级机组暂按以 500kV 一级电压接入新建 500kV 开关站；本期出线 2 回，进线 2 回。

备用电源接入系统方案，厂外备用电源从当地 220kV 电网引接。一期工程从东辛庄变电所引接 1 路 220kV 架空线路，线路路径约 20km，此条线路同时兼作施工变电站电源；本期 3、4 号机组需要扩建两个 220kV 间隔，作为高压备用变压器进线电源。

最终机组接入系统方案以机组接入系统报告结论为准。

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

应急堆芯冷却系统由以下子系统组成：

- 高压安全注入系统(JND)；
- 低压安全注入系统(JNG1)；
- 应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG2)；

在失水事故时，整个应急堆芯冷却系统应保证不断向一回路注入硼酸溶液以冷却反应堆堆芯。在设备切换（包括由于断电的原因）时，在可能中断注入硼酸溶液的持续时间内应防止堆芯冷却的准则遭到破坏。

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)中低浓度含硼水贮存地坑罐连接。所有工况下贮存硼溶液温度不低于 20℃。

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)中低浓度含硼水贮存地坑罐连接。所有工况下贮存硼溶液温度不低于 20℃。

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 个脉冲安全装置用于超压保护。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。当反应堆压力比蓄压箱中压力低一定限值时，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供水。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 700m³ 的除盐水贮存箱相连，箱中除盐水的温度为+25℃到+35℃。

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。

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

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

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液管理系统是单机组设计，包括下列系统：

- 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）；
- 放射性废水的槽式排放。

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）、核服务厂房特种下水收集系统（KTT）和常规岛废液排放系统（LDL）组成。

（1）系统功能

- 分类收集各厂房的特种下水；
- 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的含硼水，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和含硼水，并通过输送泵分别送到液体放射性废物处理系统（KPF）和含硼疏水收集系统（KTC）；厂房高层处中相对洁净的排水自流至 KTH20 系统接收槽。
- 核辅助厂房特种下水收集系统（KTH）分类收集核辅助厂房的放射性废液和含硼水，并通过输送泵分别送到液体放射性废物处理系统（KPF）和含硼疏水收集系统（KTC）；收集的相对洁净排水送至 KTT 系统。
- 核服务厂房特种下水收集系统（KTT）分类收集来自核服务厂房、辅助厂房相对洁净的排水、特种洗衣房排水以及控制区内洗手盆、人员去污间、放化实验室的排水。其中核服务厂房、辅助厂房中相对洁净的排水及放化实验室排水送往 KTT10 系统的三个贮槽进行槽式监测排放；特种洗衣房排水以及控制区内洗手盆、人员去污间排水排入 KTT30 系统三个监测槽进行槽式排放。如果监测槽内废水的放射性浓度超过排放控制值则送往 KPF 系统处理。部分放射性水平较高的放化实验室排水和固定式去污系统（FKK）的去污液直接送往 KPF 系统处理。
- 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

KPF 系统的功能是：

- 接收和处理放射性废液；
- 蒸发产生的蒸残液送往液体废物贮存系统 KPK 中贮存；
- 把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 НП-001-97 本系统属于正常运行的系统，核安全等级为“3H”。

根据 ПНАЭГ-7-008-89 《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 HII-031-01 本系统的抗震类别为 II 类。

KPF 系统的设备设计处理能力为 7100 m³/a。

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 10⁵，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 20m³。

（3） 系统描述

反应堆厂房、核辅助厂房、安全厂房产生的特种下水收集在排水地坑 KPF12BB001 内。用泵 KPF12AP001、KPF12AP002 将废水送入旋流器 KPF11AT001、KPF12AT001，在此机械杂质被分离出来，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）暂存后送至放射性废物处理中心（T4UKT）处理。

废水从旋流器流入溢流槽 KPF10BB003，再用泵 KPF10AP001、KPF10AP002 将其送入排水槽 KPF20BB001、KPF20BB002。溢流槽还接收 KPK 系统贮槽的溢流。

用排水槽泵 KPF22AP001 将排水贮槽 KPF20BB001、KPF20BB002 内的废水混合。

KPF20BB001、KPF20BB002 如果放射性水平在 200-2000Bq/kg，则送至 KPF60AT001，002 处理后送至 KTT30 贮槽。经取样分析放射性浓度和化学水平合格后，由 KTT30 系统监测排放。

用排水槽泵 KPF21AP001（或 KPF22AP001）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，由冷凝液泵 KPF41AP001、KPF42AP001 把冷凝液送至冷却器 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。后蒸发器 KPF30AT002 的二次蒸汽在冷凝器 KPF30AC030 内冷凝，并自流入溢流槽 KPF10BB003。

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。

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

KPK 系统设有 2 个 80m³ 蒸残液贮槽、2 个 30m³ 中放废树脂贮槽、一个 30m³ 低放废树脂贮槽、一个 80m³ 备用贮槽，各贮槽间设置钢敷面。

（3）系统描述

本系统根据 KPF 系统后蒸发器 KPF30AT002 蒸残液排出情况及核岛内各过滤器水力卸料时离子交换废树脂进入情况不定期启动。

含盐量为 400g/L 的蒸残液自流入蒸残液贮槽 KPK10BB001 或 KPK10BB002。

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）产生的中放废树脂送入中放废树脂贮槽 KPK20BB001 或 KPK20BB002。

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（LCQ-2）过滤器产生的低放废树脂送入低放废树脂贮槽 KPK30BB001。

在应急情况下可以把蒸残液从贮槽 KPK10BB001、002 送入备用贮槽 KPK10BB003。贮槽 KPK20BB001 和 KPK20BB002 互为备用，废树脂也可以由 KPK20BB001、002 送入 KPK30BB001，当故障排除后介质再返回原贮槽。

由于蒸汽发生器排污水净化系统（LCQ-2）和中间冷却水系统（KAA）除盐器，产生的废树脂大部分情况下为非放或极低放树脂，徐大堡核电站将这些树脂都作为低放废树脂收集、处理，使废物产生量增大，首先考虑再生和复用，不宜再生时装入 200L 钢桶，存放在固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，若废树脂经衰变达到 IAEA RS-G-1.7《排除、豁免和解控概念的适用》规定的清洁解控水平后，经监管部门批准，可作为非放废物处理。被放射性污染的废树脂收集至低放废树脂贮槽 KPK30BB001 中，在贮槽 KPK30BB001 的废树脂经放射性检测之后，依据放射性水平进行处理：

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。

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。

如果放射性水平低于允许值，即排放到废树脂运输容器 KPK60BB001，然后将这些废树脂装入钢桶送至废物暂存库进行暂存，暂存一段时间后，经检测满足清洁解控水平即进行清洁解控，若不满足解控条件即在暂存库内进行衰变。

4.6.2.4 放射性废水的槽式排放

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 4.6.2.1.2 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 10m^3 。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。

增设洗涤废水监测排放系统（KTT30），该系统设置三个贮槽，贮槽有效容积分别为 250m³、250m³、200m³，用于专门收集共用卫生出入口洗手盆排水、人体去污排水以及特种洗衣房的洗涤废水，对这些废水进行逐槽分析、监测、排放，当废水的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，将废水送往 KPF 系统处理。KTT10 系统将只负责接收放射性水平较低的放化实验室排水、热机修车间排水以及部分 UKA 厂房控制区内电缆间的消防排水等。

（3）常规岛废液排放系统（LDL）

- 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 62400m³）；
- 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 13110m³）；
- 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 1320m³）；
- 蒸汽发生器化学清洗后的冲洗水（160m³/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）有控制地向环境排放。

LDL 系统设置三个 1000m³ 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

正常运行期间液态放射性流出物主要来源于液体废物处理系统（KPF）、核服务厂房特排水系统（KTT）、二回路冷凝水净化系统（LD）再生水。

在设计工况下单台机组废液年排放量（除氚和 C-14 以外）为 2.13E-01GBq/a，液态氚的年排放量为 1.50E+04GBq/a，液态 C-14 的年排放量为 4.80E+01GBq/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 $9.74\text{E-}03\text{GBq/a}$ ，液态氚的年排放量为 $1.50\text{E+}04\text{GBq/a}$ ，液态 C-14 的年排放量为 $8.30\text{E+}00\text{GBq/a}$ 。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

放射性废气处理系统包括氢燃烧系统（KPL1）、放射性气体处理系统（KPL2）、贮槽排气处理系统（KPL3）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（KPL1）

（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（KPL2）内形成氢氧爆炸性混合气体，氢燃烧系统履行下述功能：

- a) 去除一回路补给水除气器（KBA10BB001）排气中的氢气；
- b) 去除稳压器卸压箱（JEG10BB001）排气中的氢气；
- c) 去除一回路有组织泄漏槽（KTA10BB001）排气中的氢气；
- d) 确保氢气在催化氢氧复合器内燃烧；
- e) 将氢浓度不超过 0.2%（体积）的气体混合物送往 KPL2 系统。

（2） 设计基准

根据俄罗斯标准 НП-001-97（ОПБ-88/97），KPL1 系统中设备分级如下：

- 根据俄罗斯标准 НП-001-97（ОПБ-88/97），稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道的核安全等级为 2Л 级，其他设备的核安全等级为 3H 级；
- 根据俄罗斯标准 ПНАЭГ-7-008-89，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道的质量分组为 B 类，其他设备的质量分组为 C 类；
- 根据俄罗斯标准 НП-031-01，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道的抗震等级为抗震 I 类，其他设备的抗震等级为抗震 II 类。

KPL1 系统中稳压器卸压箱排气管路上的截止阀由第一组组可靠供电系统（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 130kg/h （ $\sim 3\text{Nm}^3/\text{h}$ ）；接收稳压器卸压箱（JEG10BB001）的排气 $2\text{Nm}^3/\text{h}$ ；有组织泄漏收集贮槽（KTA10BB001）排气 $20\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

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

- 进入本系统的含氢混合气体用气量为 $234\text{Nm}^3/\text{h}$ 循环氮气稀释，确保气体中氢的体积浓度不超过 2.5%；
- 在复合器前后均设置双重氢、氧连续监测仪，复合前氧按化学计算量加入，复合后气体中的氢的体积浓度不超过 0.2%；
- 根据俄方提供的资料，在不利条件下本系统可能发生的最大爆炸压力为 0.68MPa，但系统的抗压强度按 1.0MPa 设计。

（3） 系统描述

本系统有两条相同的可互为备用的处理线，一条工作，一条备用。

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

在循环回路中用流量 $234\text{Nm}^3/\text{h}$ 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 9m^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°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°C ，进入气体冷却器（KPL11AC002）冷却至 50°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 KPL2 系统。

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

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

当工作生产线发生故障时，操作人员将手动切换到备用生产线。

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

4.6.3.2 放射性气体处理系统（KPL2）

（1） 系统功能

放射性气体处理系统处理氢燃烧系统（KPL1）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 НП-001-97(ОПБ-88/97)，放射性气体处理系统属于非安全相关系统。

KPL2 系统中所有设备分级如下：

- 根据俄罗斯标准 НП-001-97 (ОПБ-88/97)，设备的核安全等级为“3H”；
- 根据俄罗斯标准 ПНАЭГ-7-008-89，设备的质量分组为“C”；
- 根据俄罗斯标准 НП-031-01，设备的抗震等级为“抗震 II 类”。

KPL2 系统中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 $\sim 2\text{Nm}^3/\text{h}$ 到大调硼工况下冷却剂以 $60\text{t}/\text{h}$ 排入贮槽时的 $\sim 5\text{Nm}^3/\text{h}$ ；
- d) 水封槽收集的冷凝液输送到排水地坑 KPF12BB001。

正常运行工况和设计基准事故工况下，KPL2 系统收集的废气放射性水平如下：

- 氢燃烧系统排气的放射性为 $10^{-1}\sim 10^4\text{GBq}/\text{m}^3$ ；
- 来自冷却剂贮存系统（KBB）、一回路补给水系统（KBC1）和含硼疏水收集系统（KTC）排气的放射性为 $2\times 10^{-3}\sim 10^2\text{GBq}/\text{m}^3$ 。

（3）系统描述

本系统由两条相同的互为备用的处理线（一条运行，一条备用）和沸石再生线组成。

由 KPL1 系统压缩机（KPL11AN001 或 KPL12AN001）提供的压头，将 KPL1 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°C 后进入捕集器（KPL31AT001）和过滤器（KPL31AT002）。气水分离后气体进入沸石干燥器（KPL31AT003 或 KPL31AT004）进一步干燥。干燥后气体（湿含量控制在 $10^{-5}\text{kg}/\text{m}^3$ 左右）依次通过由四个活性炭床组成的活性炭吸附器（KPL31AT005），放射性碘、氦和氙的同位素被活性炭吸附。每组活性炭吸附器（KPL31AT005）的活性炭总装量为 20m^3 ，在 30°C 常压下活性炭对氦和氙的吸附及滞留时间，见下表：

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

来自冷却剂贮存系统(KBB)、一回路补给水系统(KBC1)、含硼疏水收集系统(KTC)的贮槽排气以 2~62Nm³/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 93.6Nm³/h 的加热气体闭式循环再生。再生工艺如下:

通过压缩机将气体送入电加热器 KPL41AH001 (KPL41AH002) 加热到 400℃, 逆向吹扫沸石干燥器, 解吸的水汽与吹扫气一起进入气体冷却器 KPL41AC001 冷却到 40℃。经捕集器 KPL41AT001 气水分离后进入过滤器 KPL41AT002 除湿。除湿后的气体进入压缩机, 完成闭合再生循环。

随着再生的进行, 沸石逐步被干燥, 随之沸石干燥器出口气体的温度上升, 当气温达到 220℃时, 再生过程结束, 电加热器停运。通过 KAA 侧冷却水对沸石进行冷却, 压缩机连续运行, 直至沸石被冷却至可投运温度时, 压缩机停运, 沸石干燥器准备投运。

当工作线内任意一台设备故障时, 将氢燃烧系统 KPL1 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 KPL3 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 (KPL3)

(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 KPL2 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 ПНАЭГ-1-011-97 (ОПБ-88/97)，贮槽排气处理系统是非安全相关系统。KPL3 系统中的所有设备分级如下：

- 根据俄罗斯标准 НП-001-97 (ОПБ-88/97)，设备安全等级为“3H”；
- 根据俄罗斯标准 ПНАЭГ-7-008-89，设备质量分组为“C”；
- 根据俄罗斯标准 НП-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 $5\times 10^0\sim 5\times 10^{-5}\text{GBq}/\text{m}^3$ 。气溶胶过滤器的效率为 99.96%，碘过滤器的效率 $>98\%$ 。

(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），再送到液体放射性废物处理系统排水地坑（KPF12BB001）。

气、液分离后的气体进入气溶胶过滤器（KPL70AT001），过滤后气体由电加热器（KPL70AH001）加热到 $45\sim 50^\circ\text{C}$ ，再进入碘过滤器（KPL70AT002）。正常工况下碘过滤器前气体相对湿度 $<80\%$ ，除碘后的气体由压缩机（KPL70AN001）送往通风系统。

贮槽排气由系统工作压缩机来输送。通过控制调节阀（KPL70AA201 或 KPL70AA202）将房间空气送入电加热器入口管线，来确保通过电加热器和压缩机的气体流量保持恒定，工作线设备故障时，排气由手动切换至备用线处理。

一旦排气管线的放射性水平超过允许排放限值，阀门 KPL70AA105、KPL70AA106 自动关闭，备用管线投运。

4.6.3.4 核岛通风系统（HVAC）

核岛通风系统对各厂房进行采暖、通风和空调，根据需要，对送、排风进行过滤和除碘处理，以提供适宜的温度和空气质量良好的环境，减少气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

- 事故检修通风系统 KLD20
- 辅助厂房
- 主送风系统 KLE10
- 主排风系统 KLE20
- 带排风净化的主排风系统 KLE30
- 安全厂房
- 安全壳环形空间负压通风系统 KLC11/KLC21、KLC31、KLC41
- 安全厂房通风系统 KLG
- 储存厂房
- 固体放射性废物储存库通风系统及新燃料储存厂房通风系统 KLF
- 通风烟囱

2) 设计基准

- 控制区和非控制区房间单独通风；
- 通过通风系统，保证辅助厂房、安全厂房、反应堆厂房、核服务厂房、固体放射性废物储存厂房及新燃料储存厂房控制区房间的完整性；
- 合理的规划及布置，以减少通风系统的数量；
- 保证可能污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排向大气；
- 在污染区内，保证空气从低污染区流向高污染区；
- 每个厂房的通风系统的排风口尽可能远离新风口；
- 从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环；
- 没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中；
- 所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，通过烟囱排放至室外环境中。

4.6.3.4.2 系统组成

每个厂房通风系统主要通过各类过滤器对放射性废气进行过滤处理。包括预过滤器、高效空气粒子过滤器和碘吸附器等。

1) 预过滤器

预过滤器用于除去环境空气中的浮尘。过滤效率不低于 85%。

2) 高效空气粒子过滤器

高效空气粒子过滤器用于捕集气流中的细颗粒。对于气溶胶的过滤效率不低于 99.99%。

3) 碘吸附器

除放射性碘过滤器用于吸附气流中的气载放射性碘。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

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 系统由两台风量均为 100%的机组（一备一用）、阀门和风管组成。每台通风机组由正常可靠供电系统的对应通道供电。安全壳隔离阀由应急供电系统供电。它由下述部件组成：

- 除雾器；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭截断阀；
- 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 KLD10 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 KLD10 继续工作，通过变频风机改变风量，保证服务房间的负压。

过滤器组发生火灾时，根据火灾探测器信号，安装在过滤器上下游的防火阀由火灾探测器信号控制关闭，相应过滤机组的风机自动停运，备用风机自动启动。

d) 预期的运行方式

在 NPP 正常运行及预期运行事件以及在安全壳内压力达到 0.105 兆帕（绝对）设计事故情况下系统运行。

在设计基准事故下，系统不运行。

(2) 事故检修通风系统 KLD20

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。

KLD20 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；

——向其他厂房通风系统送风；

1) 反应堆厂房 KLD10；

2) 安全厂房 KLG01；

- 3) 核服务厂房KLT10;
- 4) 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KLF20、KLF21;
- 4) 保证上述厂房检测通道区域房间内负压。

——与通风系统 KLC01、KLC02、KLC03、KLC04、KLC05 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;

——必要时，对辅助厂房、核服务厂房、安全厂房、反应堆厂房机组之间空间检测通道区域房间的排风进行净化。

辅助厂房排风系统KLE20、KLE30在核电站正常运行条件下，以及核电站正常运行条件破坏情况下完成其功能，功能如下：

——必要的通风换气，保持房间内空气温度和负压在规定范围内;

——保证空气流从最小污染区流向最大污染区;

——保证核电站房间内和核电站之外的放射性安全;

——过滤设备生产能力25000立方米/小时;

——过滤器内空气净化程度，按0.3微米最容易渗入微粒:

—放射性气溶胶，99.97%;

—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℃—+30℃；

——固体放射性废料贮存库，工艺运输设备仓库和新核燃料贮存库，+15℃—+40℃。

b) 系统组成

送风系统 KLE10 由两台均为 100%送风量的空调机组、风管和阀门组成。每台空调机组均由正常运行可靠供电系统的对应通道供电。该系统包括下述部件：

- 电加热阀；
- 预过滤器；
- 水加热器；
- 水冷却器；
- 风机。

KLE20 和 KLE30 系统都各自有两台 100%容量的风机，共用通风管道。每台风机都由正常可靠供电系统的对应系列供电。

KLE20 系统的每台风机包括下列部件：

- 隔离阀；
- 带变频控制器和电气旁路的变频风机
- 止回阀。

KLE30 系统的每台风机包括下列部件：

- 隔离阀；
- 带变频控制器和电气旁路的变频风机
- 止回阀。
- KLE30 系统还包括一套两台风机共用的过滤装置，包括气溶胶过滤器和碘吸附器。

c) 系统描述

—— 主送风系统 KLE10

被处理后的空气通过 KLE10 系统送到辅助厂房的各房间和走廊以及其它厂房的送风系统，送风温度保持在 17℃。

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。此时系统 KLE30 的一台过滤管线设备一用一备。

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。

d) 预期的运行方式

在正常运行和预期运行事件下，系统运行。

4.6.3.4.3.3 安全厂房

(1) 安全壳环形空间负压通风系统 KLC11/21/31/41

a) 设计目的

在设计考虑的事故状态下，通风系统 KLC11/21/31/41 用于保证和维持安全壳环形空间和安全厂房中的负压，且排风经通风烟囱排放到大气之前要先经过净化。

b) 系统组成

KLC11/21/31/41 系统由 4 个相似、但彼此独立的通道组成，共用通风管道。KLC11/21/31/41 系统包括四台排风机组，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（一但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 4 个安全通道楼梯间和电梯竖井加压送风系统，保证在火灾时为人员提供安全的逃生通道。

b) 系统组成

- 循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 由循环冷却机组和风管组成；
- KLG01、KLG 02 KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统由安全厂房的送排风管与辅助厂房的 KLE10 和 KLE20(KLE30)系统管网相连。KLG01、KLG 02 KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统由密闭隔离阀、防火阀和风管组成，用于切断安全厂房与 KLE10、KLE20 的风管；
- KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统分别为安全厂房各通道的送排风系统，由防火阀和风管组成；
- KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统由通风机组和风管组成。在接收到安全厂房任意安全通道的火灾信号后，相应的加压送风系统将启动，为楼梯间送风。

c) 系统描述

在设计基准事故、超设计基准事故以及事故后措施实施阶段，在系统维持其可操作性和与之连接的外部系统可用时，KLG01/02 与 KLE10、KLE20 系统风管连接的阀门执行其功能。如果安全壳内压力超过 0.129MPa，阀门保证切断安全厂房与 KLE10、KLE20 通风管网之间的联系，排风使用 KLC11/21/31/41。

循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 在正常条件、预期运行事件、设计基准事故、超设计基准事故以及事故后措施实施阶段，在与之连接的外部系统可用时，都要执行其功能，保证室内参数满足工艺要求。

在房间中的空气温度高于+40℃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。

KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统在火灾时，保证楼梯间的正压。

4.6.3.4.3.4 储存厂房

(1) 固体放射性废物储存库通风系统

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 $+10^{\circ}\text{C}$ — $+35^{\circ}\text{C}$ ，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 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 放射性气载流出物排放源项

放射物质气溶胶排放的计算假设为：

- 机组正常工况时一回路冷却剂处于运行限值水平
- 由于机组瞬态和停机时非密封燃料元件裂变物质进入冷却剂增加（尖峰效应）所引起的放射性气溶胶一次性日排放量上升

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、KPL-2 放射性气体处理系统、KPL-3 贮槽排气处理系统和高于汽轮机厂房的排放。

电站运行时从反应堆形成的 C-14 通常全部进入环境并带有气溶胶排放气体和挥发性化合物。基于 1、2 号机组运行数据，气态 C-14 排入环境设计年排放量为 C-14 年产生量的 85%，而液体 C-14 年排放量为年产生量的 15%。

全部进入环境。

在设计工况下单台机组通风烟囱排放量：惰性气体的年排放量为 $3.75\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，碘的年排放量为 $4.66\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为 $1.28\text{E}-02\text{GBq/a}$ ；高于汽轮机厂房的排放量：惰性气体的年排放量为 $4.36\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，碘的年排放量为 $1.11\text{E}-04\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为 $2.75\text{E}-06\text{GBq/a}$ ；气态氙的年排放量为 $7.60\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的年排放量为 $2.70\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

现实工况下单台机组通风烟囱排放量：惰性气体的年排放量为 $6.12\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，碘的年排放量为 $7.13\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为 $3.00\text{E}-03\text{GBq/a}$ ；高于汽轮机厂房的排放量：惰性气体的年排放量为 $6.87\text{E}+01\text{GBq/a}$ ，碘的年排放量为 $2.82\text{E}-05\text{GBq/a}$ ，气溶胶的年排放量为 $8.66\text{E}-07\text{GBq/a}$ ；气态氙的年排放量为 $7.60\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的年排放量为 $1.50\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

放射性固体废物处理设施包括徐大堡核电站 3、4 号机组新建部分和与 1-6 号机组共用部分。本工程新建的固体废物处理系统由核辅助厂房（UKA）内部分和固体废物暂存库（UKT）组成，与徐大堡核电站 1-6 号机组共用设施为放射性废物处理中心（T4UKT）。

4.6.4.1 设计基准

固体废物处理系统是安全相关的正常运行系统，系统部分设备为核安全 3 级，部分为非核安全级（NC），设计基准如下：

—处理四种放射性废物：废树脂、蒸残液、旋流器泥浆和杂项干废物

—固体废物处理系统的废物处理站设计成能收集、处理、整备和贮存两台机组运行和维修时产生的湿废物。各种固体废物根据各自的性质进行处理，说明如下：

- 在核辅助厂房通过液体放射性废物转运系统（KPH）将核岛产生的废树脂装载到废树脂处理系统（KPM）的废树脂运输槽车并运输到 T4UKT。废树脂经烘干后装 200L 钢桶进行封盖并封入 700L HIC，随后送到 T4UKT 内的废物暂存库暂存。

- 蒸残液在核辅助厂房收集后，通过转运站送往 T4UKT 进行集中处理。废蒸残液通过干燥处理后装 200L 钢桶进行封盖并封入 700L HIC，随后送到 T4UKT 内的废物暂存库暂存。

- 泥浆在核辅助厂房收集后，由运输槽车运输到 T4UKT 内的泥浆接收槽中。泥浆通过软管计量泵送到桶内干燥器。桶内干燥器产生的装有固态物质的 160L 钢桶送到 KPM 系统进行超级压实、桶饼优选、水泥固定、200L 钢桶封盖和放射性检测。最终的 200L 钢桶废物包送到徐大堡 3、4 号机组的 UKA 暂存。

- 核岛运行产生的杂项干废物在产生地收集后通过专用运输槽车运输到 T4UKT，经过分拣（如需要）、压实（如需要）、水泥固定后形成 200L 钢桶废物包；可降解干废物在核辅助厂房处理后，将二次废物运输到 T4UKT 处理并水泥固定。最终的 200L 钢桶废物包送到徐大堡 3、4 号机组的 UKA 暂存。

—徐大堡核电站放射性废物采用集中处理方式，各类废物都通过屏蔽转运容器和专用车辆转运至 T4UKT 处理；

—T4UKT 的设计能力满足能够处理徐大堡核电站 6 台机组运行产生的放射性固体废物的要求；厂房内的废物处理设备间歇运行，运行时间取决于放射性固体废物产生量。

—各类放射性废物经处理后形成的 200L 钢桶废物包在 T4UKT 短期贮存，然后送回各机组废物暂存库，T4UKT 能够贮存 6 台机组运行 6 个月产生的废物包（设计产生量）；

—装有干燥废树脂和蒸残液干燥盐的 200L 钢桶需要在 T4UKT 用混凝土高完整性容器（HIC）进行二次包装；

—结合可降解防护用品技术，经 T4UKT 处理整备后，每台机组每年需要最终处置的放射性固体废物包体积小于 50m³。

—T4UKT 的辐射防护设计满足国家标准要求，遵循合理可行尽量低（ALARA）原则，保障了工作人员与公众人员的安全。

—徐大堡核电站 3、4 号机组的固体废物暂存设施为随 3、4 号机组建设的固体废物暂存库外，用来贮存 3、4 号机组运行产生的 200L 钢桶废物包，其容量能够贮存 3、4 号机组运行 5 年产生的 200L 废物桶。

4.6.4.2 系统组成

废树脂、蒸残液、旋流器泥浆别在 T4UKT 中的废树脂处理系统（KPM）和蒸残液和泥浆处理系统（KPN）中进行处理。杂项干废物分在 T4UKT 中经分拣（如需要）、压实（如需要）、水泥固定。T4UKT 和 UKA 厂房处理后产生的废物包运至 3、4 号机组的 UKT 暂存。

（1）位于 UKA 厂房的中的设备

液体放射性废物转运系统（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、蒸残液和液体放射性废物处理系统（KPF）产生的旋流器泥浆转运到 KPM 和 KPN 系统的运输槽车。KPH 系统的设备于徐大堡 3、4 号机组辅助厂房（UKA）内。

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）位于 T4UKT 厂房的中的设备

T4UKT 采用集中处理的方式。1-6 号机组产生放射性固体废物（废树脂、蒸残液、旋流器泥浆和杂项干废物）通过屏蔽运输槽车和专用车辆运送到 T4UKT 统一处理。处理后产生的废物包送回到各机组的 UKT 暂存。

废树脂、蒸残液采用烘干工艺；旋流器泥浆和杂项干废物使用超压和水泥固定工艺。T4UKT 中分别设置烘干、超压和水泥固定设备。

（3）固体废物贮存系统（KPE）

KPE 系统用于贮存装有固体废物（水泥固化物、技术废物）的 200L 钢桶、装有废 IC、NTMC 的贮运容器。KPE 系统根据废物包类型及表面剂量率，对废物包进行分区贮存。

废树脂、蒸残液、旋流器泥浆和杂项干废物在 T4UKT 理后产生的 200L 钢桶废物包用运输槽车送至 UKT，通过电动桥式吊车吊运至废物包贮存间内贮存。

废 IC、NTMC 预期每 4 年在反应堆换料时产生一次。装有废 IC、NTMC 的贮运容器在反应堆厂房暂存衰变四年后运至 UKT 库贮存。

4.6.4.3 系统运行

徐大堡核电厂的废物处理中心（T4UKT）的主要工艺系统包括废树脂处理系统（KPM）、蒸残液和泥浆处理系统（KPN）、干废物处理系统（KPG）、放射性废水收集和排放系统（KTP）

和废物暂存库。

4.6.4.4 废物最小化

本工程废物最小化的管理目标值是：每台机组每年产生的废物包体积预期值 48.8m^3 。

根据 T4UKT 的废物处理方案，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的设计值（整备后）约为 101m^3 ，预期值约为 48.8m^3 。

本工程在废物最小化方面主要通过源头控制、合理分类收集处理和改进处理工艺来实现，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。

（1） 源头控制

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，并能够有效减少设备的泄漏和维修。

在设计方面：

徐大堡核电站采用全厂址共用的放射性废物处理中心（T4UKT）处理核岛正常运行产生的废树脂、蒸残液、旋流器泥浆和杂项干废物。T4UKT 采用先进、成熟的处理工艺，对废树脂采取锥形干燥器烘干的处理工艺，对蒸残液取用桶内干燥的处理工艺，对旋流器泥浆和杂项干废物采用干燥、超压、水泥固定的处理工艺，把最终废物包的体积控制在 48.8m^3 。

徐大堡核电厂已采用可降解工作服和一次性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原来的 40%。

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得设备，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。

（2） 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中储存衰变一段时间后再进行烘干处理。

— 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

（3） 改进处理工艺

— 废树脂和蒸残液采用减容工艺，废树脂采用锥形干燥器干燥处理，蒸残液采用桶

内干燥处理。处理后的废树脂装入 200L 钢桶，最终装 700L HIC 形成废物包；蒸残液在 200L 桶内干燥后装 700L HIC 形成废物包。

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（不超过 5 年），运往国家规划的放射性固体废物区域处置场。计划每两年向规划中的处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。

放射性固体废物包（200L 钢桶废物包）运输的起点为徐大堡 3、4 号的 UKT，HIC 废物包的运输起点为 T4UKT，运输终点为规划中的放射性固体废物区域处置场。装有蒸残液、废树脂压饼的 200L 钢桶在运往处置场之前，在 T4UKT 装入 HIC 灌浆封盖，经养护后送往低放废物区域处置场，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》。

放射性废物的处置将遵守国家的区域处置政策。待处置场确定后，明确运输方式和论证运输路线的可行性。

4.6.4.6 放射性固体废物源项

1) 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；
- 液体放射性废物处理系统（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）系统的废树脂排入废树脂贮槽单独收集，进行贮存衰变。

徐大堡核电站 3、4 号机组单台机组年产生废树脂量设计值为 20.4m^3 ，年产生量和放射性活度浓度如下：

- 单机组年产生量： $20.4\text{m}^3/\text{a}$
- 放射性比活度设计值为： $1.2\text{E}+03\text{ GBq}/\text{m}^3$
- 主要核素：Cs-137、I-131、Co-60、其他核素。

2) 蒸残液和旋流器泥浆

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

徐大堡核电站 3、4 号机组单台机组每年蒸残液产生量设计值为 20m^3 ，蒸残液的放射性比活度为：

- 放射性比活度设计值为： $6.0 \text{ E}+02 \text{ GBq/m}^3$
- 主要核素：Cs-137、Co-60、I-131、其他核素。

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

徐大堡核电站 3、4 号机组单台机组每年旋流器泥浆产生量设计值为 1.5m^3 ，泥浆的放射性比活度为：

- 放射性比活度设计值为： $1.0 \text{ E}+01 \text{ GBq/m}^3$
- 主要核素：与蒸残液基本相同。

3) 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。徐大堡核电站 3、4 号机组单台机组年产生杂项干废物产量设计值为 170m^3 （包括可降解废物），其中 99m^3 为可降解废物， 66m^3 为可压实干废物， 5m^3 为不可压实干废物。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。可降解干废物在 UKA 厂房降解处理后产生的二次废物运输到 T4UKT 进行水泥固化处理。

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，以及乏燃料贮存水池布置在安全壳内；
- (2) 反应堆堆芯装载量为 163 组燃料组件，反应堆每年停堆换料一次，每次更换堆芯中的 42 组燃料组件；
- (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，采用强迫冷却，保持池水温度为 30~70℃；
 - (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

反应堆每年停堆更换约 1/4 堆芯的燃料组件(42 组燃料组件)。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

为满足徐大堡核电站 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

辽宁徐大堡核电厂 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及冲击加氯处理，

即加入次氯酸钠溶液，在取水头部、联合泵房进行连续加氯使循环水及重要厂用水中的次氯酸钠的浓度达到 1 ppm，在取水隧道中间点设两处冲击投加点，每个点加药量 3.0 mg/L（有效氯），加药时间为 0.5 小时，每天冲击加药 2 次，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

辽宁徐大堡核电厂 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重力自流的方式进入加药点。

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 m³ 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 NaHSO₃。

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 废水来源与排放

辽宁徐大堡核电厂 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：

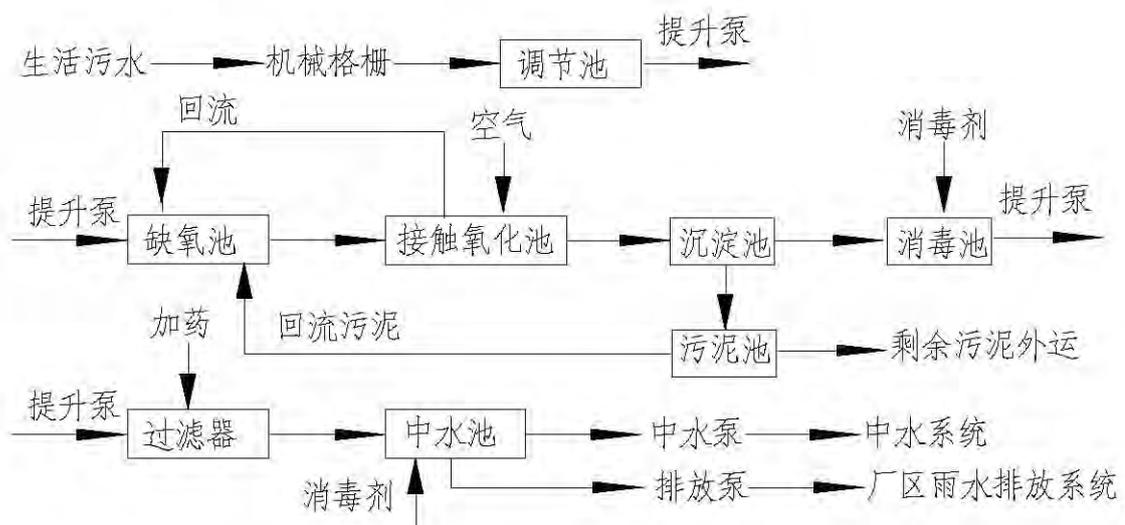
- 循环水处理系统（海水加氯系统）；
- 海水淡化浓盐水的排放；
- 生产用水系统的除盐处理；
- 凝结水精处理；
- 核电厂有关厂房的液体流出物及系统排污水处理；
- 核电厂洗衣房的排水。

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 1.8 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 1500m³/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 247m³/d，大修期增加 203m³/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、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。非放射性含油废水处理站设计规模 2×5m³/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

辽宁徐大堡核电厂 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。

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程首炉新燃料组件由中核集团公司定点厂提供，运输容器由生产厂运至辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程的新燃料贮存库。

4.8.2 乏燃料运输

从核电厂卸下的乏燃料组件在安全壳乏燃料贮存水池暂存若干年后，将其装入乏燃料运输容器，运往后处理厂。

乏燃料组件运输容器采用符合 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》要求的乏燃料运输容器，在运输过程中可保证运输人员和沿途居民的安全，并符合环保要求。

乏燃料运输的运输起点为辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程，运输终点为规划中的乏燃料后处理厂。如果选在内陆地区，运输方式拟采用公路运输方式运输。如果乏燃料后处理厂选在沿海地区，待厂址确定后再确定运输方式及运输路线。

4.8.3 放射性固体废物运输

核电厂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 2 个月以上，随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）进行处理。槽车屏蔽容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后的屏蔽保证司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ 。对于杂项干废物，如衣服、手套、鞋罩、塑料、设备零件等，装入塑料袋集中收集后，由专用运输车送 T4UKT 处理，运输车司机室后有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

废树脂运输槽车和蒸残液运输槽车设有泄露探测系统和液位探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄露。放射性废物运输车辆工作中将在厂内专用线路运输，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。

徐大堡核电站 3、4 号机组中，装有蒸残液烘干盐饼和干燥废树脂的 200L 钢桶，在 T4UKT 装入混凝土 HIC，用混凝土 HIC 作为最终处置容器；其他废物采用 200L 钢桶作为最终处置容器。

废树脂、蒸残液在 T4UKT 处理后形成的 700L HIC 废物包在 T4UKT 内的废物暂存库暂存一定年限后，运往国家规划的放射性固体废物区域处置场。（低放废物暂存一年，第二年转入处置场；中放废物暂存两年，第三年转入处置场）

旋流器泥浆、杂项干废物在 T4UKT 经处理后形成 200L 钢桶废物包，在 T4UKT 短期存放后送到 3、4 号机组的废物暂存库（UKT），在废物暂存库存放一定年限后（不超过 5 年），运往国家规划的放射性固体废物区域处置场。

废物包从废物暂存库送出厂外进行运输时，如果表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，可直接通过转运车辆运输；如果表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

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。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器钢桶》；混

凝土高完整性容器（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》；水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》；废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》。

表 4.3-1 海水冷却水量

单位：m³/h

机组 编号	单机容量 (MW)	夏季凝汽器 冷却水	冬季凝汽器 冷却水	辅机热交换 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	239400	151200	5400	3600	370	600	4800	1820	255990	167790
4	1200	239400	151200	5400	3600	370	600	4800	1820	255990	167790
合计	2400	478800	302400	10800	7200	740	1200	9600	3640	511980	335580

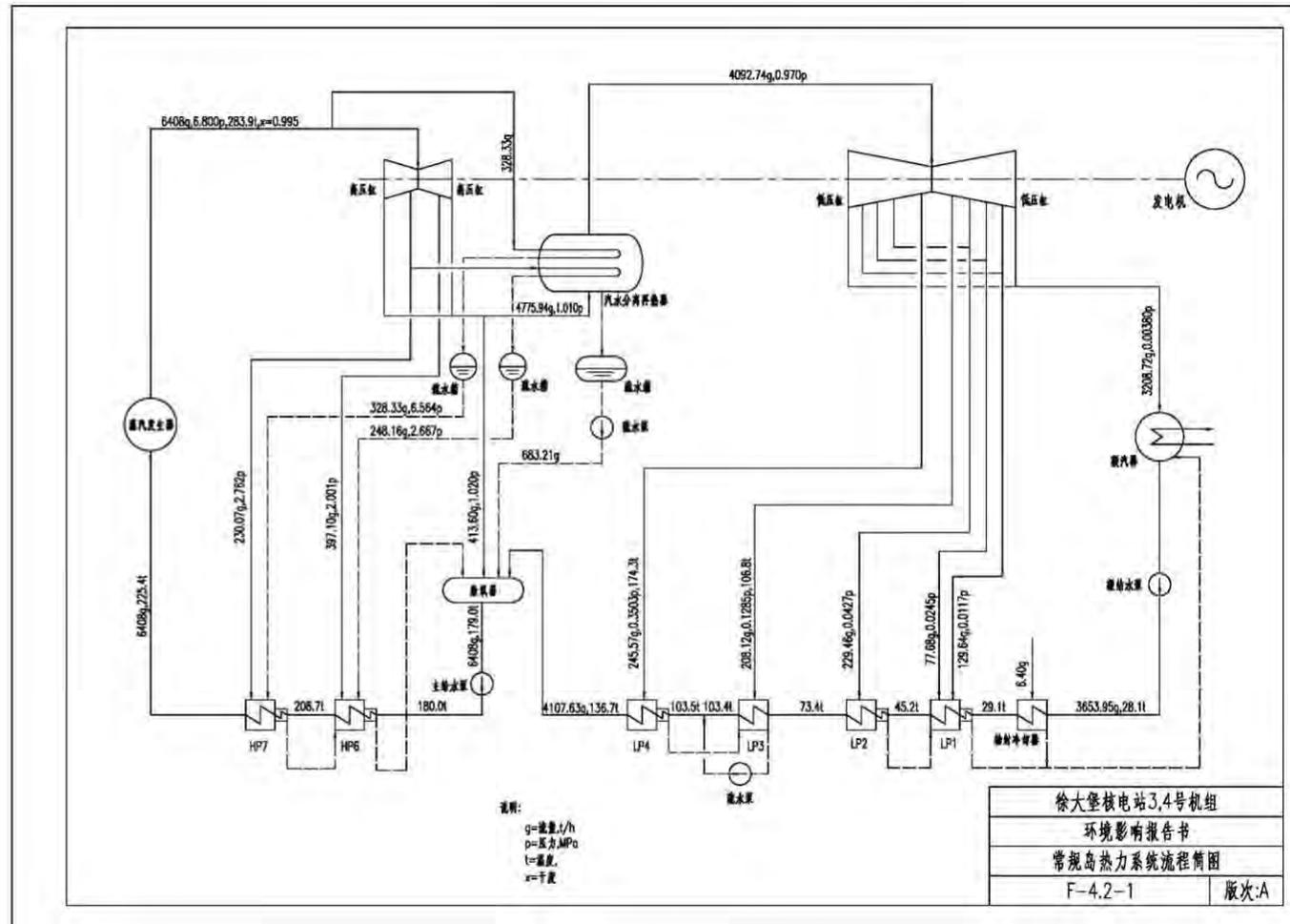


图 4.2-1 蒸汽-电力转换系统流程示意图

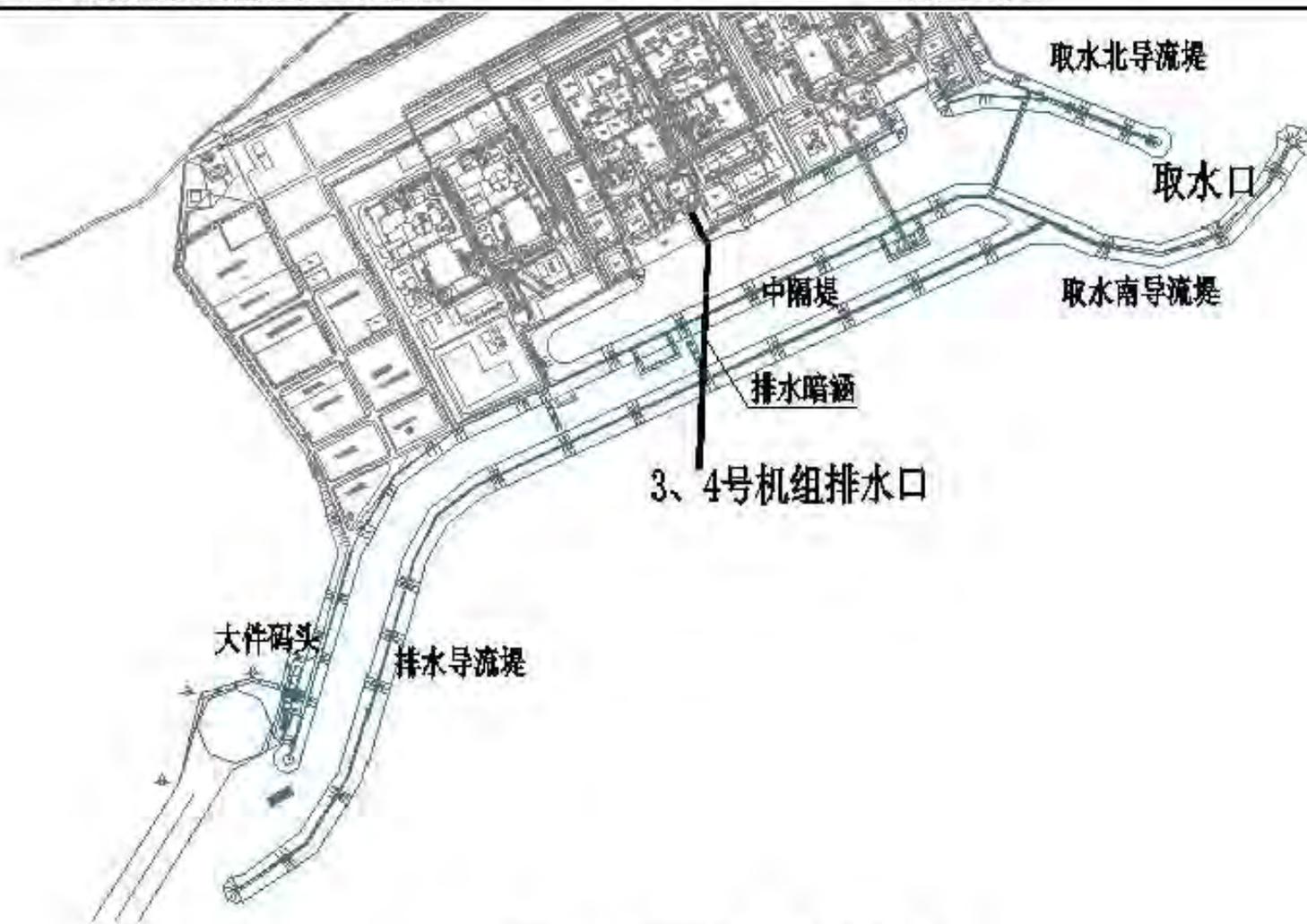


图 4.3-1 取排水方案总平面布置图

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

5.2.2 海域施工对水体环境的影响

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 水土保持方案

5.3.2 节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

5.3.6 放射源的管理措施

5.3.7 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) 工程用地

3、4 号机组工程为扩建工程，厂区用地 49.21hm²，其中，一期工程已征地 24.59 hm²，需补充征地 24.62 hm²。

本工程用地分为永久用地和临时用地。其中永久用地用于建设核电厂生产运行必需设施，如厂房、厂内道路以及其它建构筑物等；临时用地用于建设施工临建设施，如材料堆场、混凝土搅拌站、临时道路、承包商用房等。

2) 场地平整

3、4 号机组工程用地在一期工程建设期间已完成场地平整施工，场地大件路以南东西向长约 593m，南北向长约 577.00m；大件路以北东西向长约 717m，南北向长约 230m，场地平整标高为 8.4m~14 m。

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.2.1 工程占地

3、4 号机组厂区用地 49.21hm²。

5.1.2.2 土地利用合理性分析

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

3、4 号机组工程用地位于一期工程西侧，该场地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。场地大件路以南东西向长约 593m，南北向长约 577.00m；

大件路以北东西向长约 717m，南北向长约 230.00m，场地平整标高为 8.4m~14 m。

由于相关改造仅涉及厂址周围，范围有限。另外，通过优化施工工序，采取必要的工程及植物措施防护，有效防止水土流失。因此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，本期 3、4 号机组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

土石方施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施

工完毕，噪声也即消失。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

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）标准后回用于浇洒道路和场地，回用剩余水量排入大海。生活污水排放执行《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）。

满足《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）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。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晌

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 1923m³/d，施工人员生活用水最大日用水量为 1350m³/d，施工现场道路场地浇洒用水量为 400m³/d，洗车用水量为 7m³/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 4060m³/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来海水淡化厂房。海水淡化厂房的原水取自渤海。

（4）施工期用水对周围水用户的影响

本工程施工期用水来自海水淡化，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

徐大堡核电厂取水明渠防波堤、内护岸、中隔堤、排水明渠防波堤和码头在前期工程建设中已基本建成。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、明渠和码头航道疏浚工程施工，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 水土保持方案

5.3.1.1 水土流失防治责任范围

水土保持专题正在进行中，本章节根据承担单位提供的专题研究中间成果编制。

水土流失防治责任范围是指建设单位由于工程建设可能造成的水土流失范围。包括项目建设区和直接影响区。项目建设区包括厂区和施工区，直接影响区指建设区周围造成水土流失及其直接伤害的区域。

5.3.1.2 水土保持措施

项目建设区的水土流失，采取必要的工程措施、植物措施和临时防护措施。直接影响区的水土流失，提出水土流失防治原则。

项目建设区分为厂区、施工区进行水土流失治理。

1) 厂区防治措施

① 工程措施

厂区工程措施为排水工程、碎石压盖、场地整治和表土回覆。

厂区北侧形成开挖边坡，在坡顶布设截洪沟、平台及坡脚设置排水沟；在厂区的建筑物周边环形道路两侧布置雨水口和雨水管道，收集雨水接入排水系统由排水口排入近海。

核电厂主厂房区由于有剂量防护、卫生防护、安全保卫等方面的特殊要求，主厂房四周空地严禁布置绿化措施，采用碎石压盖。主厂房施工结束后，对周边空地进行场地整治，清理场地建筑杂物，后期根据主体工程相应设计进行碎石压盖。

对厂区可绿化区域，如厂前区、辅助生产区、开关站等地域，进行场地整治和表土回覆，回覆表土厚度约 30cm。

② 植物措施

厂区北侧开挖边坡采取厚层基材喷射植被护坡，坡脚栽植攀援植物爬山虎。

3、4 号机组厂区的宜绿化地和空闲地块，布设植物措施绿化美化。

③ 临时措施

厂区临时措施主要包括临时拦挡、临时苫盖、临时排水及沉沙池等。

在临时堆土区堆土坡脚采取袋装土挡护，堆土表面采取密目网苫盖。

在主厂房基础负挖前，沿主厂房区和主厂房负挖基坑周边设置临时排水沟，并在排水沟末端布设沉沙池缓流沉沙，沉沙后接入厂区周边已有永久排水设施，形成一个完整的排水体系。同时在此期间，定期清除临时排水沟和沉沙池的沉积物，以防淤堵厂区已有永久排水设施。

2) 施工区防治措施

① 工程措施

施工区工程措施为场地整治和表土回覆。

施工结束后，清理施工区。原则上不再使用临建设施全部拆除，进行场地整治和表土回覆，回覆表土厚度约 30cm。

② 植物措施

对施工区进行迹地恢复。

③ 临时措施

重点是临时土（渣）场、表土临时堆置场的防护，应根据工程施工组织规划及场地布置情况，确定堆放量、堆放高度、堆放面积、护坡方式、拦挡工程、排水工程等内容；对施工临时占用的其它场地，做好施工期间的临时拦挡和排水等措施。

直接影响区的措施布局上要因害设防，以工程措施、临时措施为主，植物措施与工程措施相结合，建立水土流失综合防治体系。

5.3.1.3 水土保持监测

1) 监测范围与时段

监测范围为水土流失防治责任范围。

水土保持监测时段应从施工准备期开始，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 2021 年 10 月开始，止于 2028 年 12 月。

2) 监测内容

根据《生产建设项目水土保持监测规程（试行）》（2015 年 6 月）、《水土保持监测技术规程》（SL277-2002）和《水土保持监测设施通用技术条件》（SL342-2006），结合本工程的实际情况确定监测内容。

① 扰动土地情况监测

扰动土地情况监测的内容包括扰动范围、面积、土地利用类型及其变化情况等。

② 弃土弃渣监测

本工程弃土弃渣主要为临时堆土场的数量、位置、方量、表土剥离量及利用、防治措施落实情况等；以及永久弃渣的数量、位置、方量、防治措施落实情况等。

③ 水土流失情况监测

水土流失情况监测主要包括土壤流失面积、土壤流失量、临时堆土场潜在土壤流失量和水土流失危害等内容。

④ 水土保持措施监测

监测内容包括措施类型、开（完）工日期、位置、规格、尺寸、数量、林草覆盖度（郁闭度）、防治效果、运行状况等。

3) 监测方法及监测频次

监测方法以调查、巡查为主，结合简易观测小区法、简易坡面量测法等地面观测。

对于地面固定监测点，在汛期每月监测 1 次，非汛期隔月 1 次。同时加强对整个建设区的不定期水土保持调查和巡查：对于正在使用的表土临时堆场、临时中转场及钻渣泥浆量，正在实施的水土保持措施建设情况等每 10d 监测记录 1 次；扰动地表面积、水土保持工程措施拦挡效果等每 1 个月监测记录 1 次；主体工程建设进度、水土流失影响因子、水土保持植物措施生长情况等每 3 个月监测记录 1 次。遇暴雨等情况应及时加测 1 次。水土流失灾害事件发生后 1 周内完成监测。

4) 监测点位

监测点位主要布置在厂区、施工区作为水土保持的重点监测地段，共布设 3 个相对固定的地面水土保持监测点。具体为厂区 2 个（主厂房基坑开挖周边临时堆土区 1 个、厂区北侧开挖面边坡区 1 个），施工区 1 个（临时堆土区）。

5.3.2 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。

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

本工程施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。石料加工场及冲洗机具排水等经过沟渠进入沉淀池，经过沉淀后复用，回用剩余水量及其他生产废水排入大海。

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，用于施工场地和道路浇洒等，回用剩余水量排入大海，生活污水排放执行《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)。施工期生活污水最大日排放量为 690m³/d。生活污水处理站主要工艺详见 4.7.2 节。

满足《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)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。

5.3.4 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) 车辆清洗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。

5.3.5 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。

5.3.6 放射源的管理措施

施工期间主要用 γ 射线进行无损探伤检验及焊缝检查，依据国家颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，制订放射源管理制度。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

(1) 放射源的使用

— 对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的，不得上岗；

— 施工期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时间要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作他用；

— 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，必要时设置安全连锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

（3）放射源的处理

— 本项目产生的废源按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

5.3.7 施工期监测

5.3.7.1 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 7 个，其中厂界无组织排放监测点 2 个，厂区内污染源监测点 1 个，厂区外敏感区监测点 4 个，监测时间共 7 天。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，SO₂、NO₂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、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、PM_{2.5} 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h；SO₂、NO₂、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。

5.3.7.2 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，编号为 C1~C8。包括徐大堡核电厂厂址边界及 3、4 号机组施工场界。厂址内监测点 8 个，编号 C9~C18。包括工程公司办公楼、业主办公楼、搅拌站、锅炉房、加工车间、大件码头、保安宿舍、风力发电塔、海工工程取水口和排水口。厂区外监测点 13 个，包括敏感区监测点 6 个，即：方安村、大坨子、双堆子、小南海、李宝沟和凉水泉；厂区外污染源监测点 1 个，即：风力发电塔；交通噪声监测点 4 个。

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 L_{eq}；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 L_{eq} 和最大声级 L_{max}，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。

5.3.7.3 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。

监测站点的数量暂定 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：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：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。

水生生物资源调查种类包括叶绿素 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。在调查区域分别采集代表性的贝类、鱼类、藻类和甲壳类，监测生物体内的铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类等。潮间带底质调查项目：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。潮间带生物质量监测项目：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 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

表：

表 6.1-1 徐大堡核电厂温排水计算工况

图：

图 6.1-1 直流冷却方案总平面布置图

图 6.1-2 二次循环冷却方案总平面布置图

图 6.1-3 涨落急流场图（现状）

图 6.1-4 涨落急流场图（工程实施后）

图 6.1-5 大范围滩面冲淤分布（3、4 号机组实施后）

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

（1）直流冷却方案

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，冷却水系统可考虑采用海水直流供水冷却方式，取自北部湾的海水，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。

（2）二次循环冷却方案

辽宁徐大堡核电厂 3、4 号机组工程冷却水系统也可考虑采用海水二次循环冷却方式，即考虑在厂内新建冷却塔，冷却塔的出水通过循环水泵向常规岛汽轮机凝汽器及有关辅机系统提供冷却水，被加热的冷却水通过压力管道再送回冷却塔冷却。二次循环冷却方案总平面布置图见图 6.1-2。

参考国内外最新核电厂冷却塔设计情况，本工程拟采用一机一塔的模式。根据初步计算，徐大堡核电厂 3、4 号机组单座海水冷却塔淋水面积约为 16000m^2 ，塔高 191m，塔底直径 152m，进风口高度 13m。夏季和冬季平均气象条件下冷却水温分别为 23.19°C 和 24.75°C ，冷却塔排水量（两座）分别为 $1.87\text{m}^3/\text{s}$ 和 $1.18\text{m}^3/\text{s}$ 。夏季和冬季平均气象条件下单座冷却塔海水补水量分别约为 $1.7\text{m}^3/\text{s}$ 和 $1.1\text{m}^3/\text{s}$ 。

两台机组设置一座补水泵房，海水通过引水明渠引至补水泵房，然后通过补水管将海水输送至冷却塔集水池。补水泵房设置热水回流管沟，其主要作用是提高冬季补水水温。两台机组设置一条海域排水隧洞，将重要厂用水系统、循环水系统排污水等排入外海。

（3）直流冷却与二次循环冷却方案比选

1) 从技术的角度，无论采用直流供水系统还是二次循环供水系统理论上都是可行的，

但是超大型海水冷却塔技术不成熟，需要开展大量的研究工作。而直流冷却经过多年的实践检验，技术成熟可靠。

2) 从经济学的角度，已按照六台机组取水需求建成了取排水明渠，100 年寿期的海水塔设计要比火电复杂，易损件和涂层的设计、使用和更换将比火电复杂得多，综合考虑工程建设投资与运行费用，相比二次循环方案，直流方案的经济性更优。

3) 从安全角度，超大海水塔需进行 SL-2 级地震的安全分析，需分析海水塔倒塌对核岛的影响以及防护措施等。目前国内外没有广泛认可的结论和技术，存在安全风险。

4) 从环境保护方面来说，直流冷却方式温排水量大，不可避免地会对海域环境产生影响，二次循环的冷却方式温排水相对直流冷却较少；但是二次循环产生的雾雨、飘滴和盐沉积和噪声等对电厂设备及周边环境均会构成一定的不利影响。

5) 从电厂运行方面来说，目前国内滨海核电厂均采用直流冷却的方式，其运行经验丰富；若采用二次循环的冷却方式，其运行控制复杂，并且国内没有核电厂采用二次循环的冷却方式的运行经验。

从以上直流冷却和二次循环的对比可知，直流冷却在技术成熟性、投资及运行费用、电厂运行及设备维护等方面均优于二次循环的冷却方式。虽然直流冷却对海域环境的影响较大，但对于本工程，海域取排水工程已经基本建成，如果 3、4 号机组采用二次循环冷却方式，虽然降低了对海域的影响，但会出现同一厂址循环水系统既影响海洋环境同时还对一定范围内的大气、土壤等造成影响的情况出现，不利于环境保护。

综合分析，徐大堡核电厂 3、4 号机组冷却水系统推荐采用直流冷却方式。

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 6.1-3~图 6.1-4 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 6.1-5 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-1.6~0.8 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0.2~0.9 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，进行温排水数模研究。

(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：

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

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

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）；

ρ 为水体密度（kg/m³）；

v_t 为紊动粘性系数（m²/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， ω 为地球自转角速度， φ 为计算水域所在地理纬度。

τ_{sx} 、 τ_{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 $W < 10\text{m/s}$, $C_d = 0.9 \times 10^{-3}$ ； ρ_a 为空气密度， α 为风向与 x 方向的夹角。

热输运方程：

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

(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。

(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

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) 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 13.47km²，1.0℃等温升全潮最大包络面积 7.66km²，2.0℃等温升全潮最大包络面积 3.43km²，3.0℃等温升全潮最大包络面积 1.70km²，4.0℃等温升全潮最大包络面积 0.93km²。

4) 冬季工况运行时，典型小潮的全潮最大温升包络面积较大：

冬季工况运行时，0.5℃等温升全潮最大包络面积 18.66km²，1.0℃等温升全潮最大包络面积 10.70km²，2.0℃等温升全潮最大包络面积 5.65km²，3.0℃等温升全潮最大包络面积 3.16km²，4.0℃等温升全潮最大包络面积 1.82km²。

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。

基于徐大堡核电厂地理位置、水文、气象等厂址条件（详见报告第二章），对海水直流和二次循环两种冷却方式进行了分析比选（6.1.1 节），本期工程冷却系统拟采用海水直流冷却方式。关于海水用水量和冷却水取水系统相关描述详见 4.3 节。

针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，目前设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。控制取水流速是指通过对取水头部尺寸、型式的设置，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（试行）》（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，下一步工作需在开展文献调研、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，综合考虑经济因素和技术水平确定最佳实践技术。如分析和评价结果表明，对环境的总体影响不可接受，则修改或优化取水方案，包括改造过滤系统等，最终使得取水位置、设计和建造对环境的总体影响小。

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。另外反应堆突然启动或停闭导致排放口水温的骤然改变造成的“冷冲击”，特别在寒冷季节，鱼类往往来不及适应或避开而可能死亡。

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（试行）》（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，下一步工作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。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

（1）气载流出物排放源项

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 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	3.79E+13	6.00E+14	6.32%
碘	4.66E+08	2.00E+10	2.33%
粒子 (T1/2≥8d)	1.28E+07	5.00E+10	0.03%
氙	7.60E+12	1.50E+13	50.67%
碳-14	2.70E+11	7.00E+11	38.57%

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

核素类别	1、2号机组排放量 Bq/a	本工程排放量 设计值 Bq/a	5、6号机组排放量 设计值 Bq/a	1-4号机组总 排放量 Bq/a	1-6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	1-6号与 厂址控 制值 比值 Bq/a
惰性气体	8.19E+14	7.59E+13	1.17E+14	8.95E+14	1.01E+15	2.40E+15	37.27%	42.14%
碘	3.84E+10	9.32E+08	1.92E+09	3.93E+10	4.13E+10	8.00E+10	49.17%	51.57%
粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	3.50E+09	2.57E+07	9.36E+07	3.53E+09	3.62E+09	2.00E+11	1.76%	1.81%
氡	2.60E+13	1.52E+13	9.20E+12	4.12E+13	5.04E+13	6.00E+13	68.67%	84.00%
碳-14	1.21E+12	5.40E+11	7.32E+11	1.75E+12	2.48E+12	2.80E+12	62.57%	88.71%

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
氡	1.50E+13	7.50E+13	20.00%
碳-14	4.80E+10	1.50E+11	32.00%
其余核素	2.13E+08	5.00E+10	0.43%

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。

厂址 4 台与厂址 6 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的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	5、6号机组排放量 设计值 Bq/a	1-4号机组总 排放量 Bq/a	1-6号台 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	1-6号与 厂址 控制值 比值 Bq/a
氡	7.48E+13	3.00E+13	9.20E+13	1.05E+14	1.97E+14	3.00E+14	34.93%	65.60%
碳-14	6.60E+09	9.60E+10	5.38E+10	1.03E+11	1.56E+11	6.00E+11	17.10%	26.07%
其余核素	1.90E+10	4.26E+08	1.30E+10	1.94E+10	3.24E+10	2.00E+11	9.69%	16.18%

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，槽式排放口处的放射性流出物中除氡和 C-14 外其他放射性核素在保守工况下为 30Bq/L，在现实工况下为 1.37Bq/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。

在使用核环境影响程序包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、稳定度、雨况四维联合频率结合核电站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；居民食谱和生活习性数据以及动植物养殖和种植数据取自本报告第 2.2、2.3 节，人口分布数据取厂址 2027 年的预期人口数。

（2）液态途径

根据国际标准和国内相关标准推荐的计算模式和参数，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 Kd 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。人口分布数据取厂址 2027 年的预期人口数。

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。

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $3.66\text{E-}10\text{ s/m}^3 \sim 1.78\text{E-}06\text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $3.52\text{E-}10\text{ s/m}^3 \sim 1.78\text{E-}06\text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $3.69\text{E-}10\text{ s/m}^3 \sim 1.78\text{E-}06\text{ s/m}^3$ 。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $5.49\text{E-}13\text{ m}^{-2} \sim 2.67\text{E-}09\text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $3.52\text{E-}12\text{ m}^{-2} \sim 1.78\text{E-}08\text{ m}^{-2}$ 。

Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围均为 $1.36\text{E-}15\text{ m}^{-2} \sim 4.27\text{E-}11\text{ m}^{-2}$ 。

（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》，在液态剂量计算中各类核素的海水稀释因子选取最不利潮型—典型小潮时的相应结果。

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。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 $1.02\text{E-}06\text{ Bq/m}^3$ 、 $8.87\text{E-}06\text{ Bq/m}^3$ 和 $4.23\text{E-}02\text{ Bq/m}^3$ 。

本厂址 1~4 号四台机组运行状态下，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 $6.23\text{E-}05\text{ Bq/m}^3$ 和 $2.07\text{E-}03\text{ Bq/m}^3$ ，和 $7.07\text{E+}01\text{ Bq/m}^3$ 。

本厂址六台机组运行状态下，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 $6.23\text{E-}05\text{ Bq/m}^3$ 和 $2.07\text{E-}03\text{ Bq/m}^3$ ，和 $7.07\text{E+}01\text{ Bq/m}^3$ 。

徐大堡核电厂 3、4 号机组为单堆布置，每台机组设置一套低放废液排放系统，计算处理后符合排放要求的液态流出物采用槽式排放，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。

6.2.6 公众的最大个人剂量

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.84\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $5.98\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $4.19\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $2.69\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $6.32\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $4.76\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $2.84\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.26\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

（3）气、液态综合

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 $6.48\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $4.92\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.95\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.33\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

各年龄组中成人组的剂量最大，为 $6.48\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占厂址剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 2.59%，其中气态途径剂量为 $1.57\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $6.32\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

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 $4.57\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $3.64\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.21\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.23\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，为 $4.57\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 1.83%，其中气态途径剂量为 $3.43\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $4.23\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

厂址 1-6 号六台机组运行状态下，气、液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.30\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $4.09\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.52\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.48\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，为 $5.30\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 2.12%，其中气态途径剂量为 $5.44\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $4.76\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算徐大堡核电厂 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 1-6 号六台机组正常运行时对生物的辐射影响。

6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

由于目前“厂址附近海域海洋生态环境现状调查及评价”专题正在开展，参考徐大堡厂址之前的调查情况，暂选取浅水鱼、双壳软体动物、甲壳类动物、大型藻类、浮游植物、浮游动物、多毛纲动物蠕虫、珊瑚虫（或海葵）等 8 类海洋生态系统参考生物进行了计算。“厂址附近陆域生态环境调查及分析评价”专题正在开展，陆生生态系统参考生物保守的对 13 类进行了计算。

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 号机组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 号机组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 号机组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 1-6 号六台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-1} 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 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

（1）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 1-6 号六台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，徐大堡核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-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 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下采用现实排放源项计算周围的关键人群组、关键核素和关键照射途径。本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 $1.57\text{E-}02$ 人·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，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $1.18\text{E-}06$ 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 77.73%；其次为空气浸没外照射途径，约占气态途径总剂量的 12.68%；吸入内照射和地面沉积外照射途径分别占气态途径的 9.23%和 0.36%。气态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占气态剂量的 50.93%；其它贡献较大的核素为 H-3 和 Kr-88，分别占气态途径总剂量的 36.23%和 6.70%。

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 99.88%。液态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占液态途径总剂量的 99.19%。

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 $1.10\text{E-}06$ Sv/a，约占气、液态总剂量的 92.87%；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 5.33%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 $1.13\text{E-}06$ Sv/a，约占气、液态总剂量的 95.71%；另外，H-3 的剂量贡献也较大，占气、液态总剂量的 3.09%。

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 NE 方位 1~2km 处，此处居住的是凉水泉自然村的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $1.93\text{E-}06$ Sv/a。关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.07\text{E-}06$ Sv/a，约占气、液态总剂量的 55.32%；其次为空气浸没造成的外照射途径，占气、液态总剂量的 23.98%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 $7.27\text{E-}07$ Sv/a，约占

气、液态总剂量的 37.66%；另外，H-3 的剂量贡献也较大，占气、液态总剂量的 18.03%。

1~6 号六台机组运行状态下，最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 1~2km 处，此处居住的是凉水泉自然村的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 2.02E-06 Sv/a。关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.14E-06 Sv/a，约占气、液态总剂量的 56.44%；其次为空气浸没造成的外照射途径，占气、液态总剂量的 23.03%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 7.83E-07 Sv/a，约占气、液态总剂量的 38.79%；另外，H-3 的剂量贡献也较大，占气、液态总剂量的 18.32%。

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、厂址 6 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、厂址 6 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 μ Gy/h）。

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

徐大堡核电厂 3、4 号机组工艺系统中化学污染物对环境的其它影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

本工程排放的化学物质主要来自下列工艺过程产生的废水：

- 海水淡化系统；
- 除盐水处理系统；
- 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 13520m³/d，循环水流量约 240000m³/h，浓盐水的排出量约为循环水量的 1/426，浓盐水与循环水混合后，含盐量已降得很低，至海水排放口浓度进一步降低，不会影响辽东湾的海水质量。

6.3.1.2 除盐水处理系统

除盐水处理系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于 2g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的。辽宁省地方标准 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 NH₄Cl 和 NaCl。其中对环境产生影响的是 NH₄Cl，排放浓度小于 5mg/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及冲击加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，在取水头部、联合泵房进行连续加氯使循环水及重要厂用水中的次氯酸钠的浓度达到 1 ppm，在取水隧道中间点设两处冲击投加点，每个点加药量 3.0mg/L（有效氯），加药时间为 0.5 小时，每天冲击加药 2 次，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（NH₂Cl）、二氯胺（NHCl₂）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要的因素是残余氯在海区中的稀释与扩散，冷却水排入海域后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯亦得到稀释，不断扩散到海区中去，并进一步得到消耗。循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度约为 0.15mg/L 左右。

根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为 0.1mg/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 0.05mg/L 时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于 0.3mg/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 0.3mg/L 左右时，幼鲽的不孵化率为 36%，浓度为 0.05mg/L 时仅为 1%。可见，余氯浓度大于 0.05mg/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 其他污染物的环境影响

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、变压器事故有坑、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 $< 3\text{mg/L}$ ），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。徐大堡核电厂全厂设置一座生活污水处理站，设计规模 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 $247\text{m}^3/\text{d}$ ，大修期增加 $203\text{m}^3/\text{d}$ 。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《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1）后，用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海。生活污水处理的排放物除总有机物外，不会导致任何有毒化学物质进入受纳水体环境中。

满足《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）的生活污水和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 65(dB(A))、夜间 55(dB(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

经类比预测，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、输变电线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0.02μT~52.4μT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 $0.018\mu\text{T}$ ~ $2.296\mu\text{T}$ 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 （ $100\mu\text{T}$ ），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。

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 ³ /s)	温升 (°C)
两台机组运行	夏季	69×2	8
	冬季	42.02×2	13.33



图 6.1-1 直流冷却方案总平面布置图

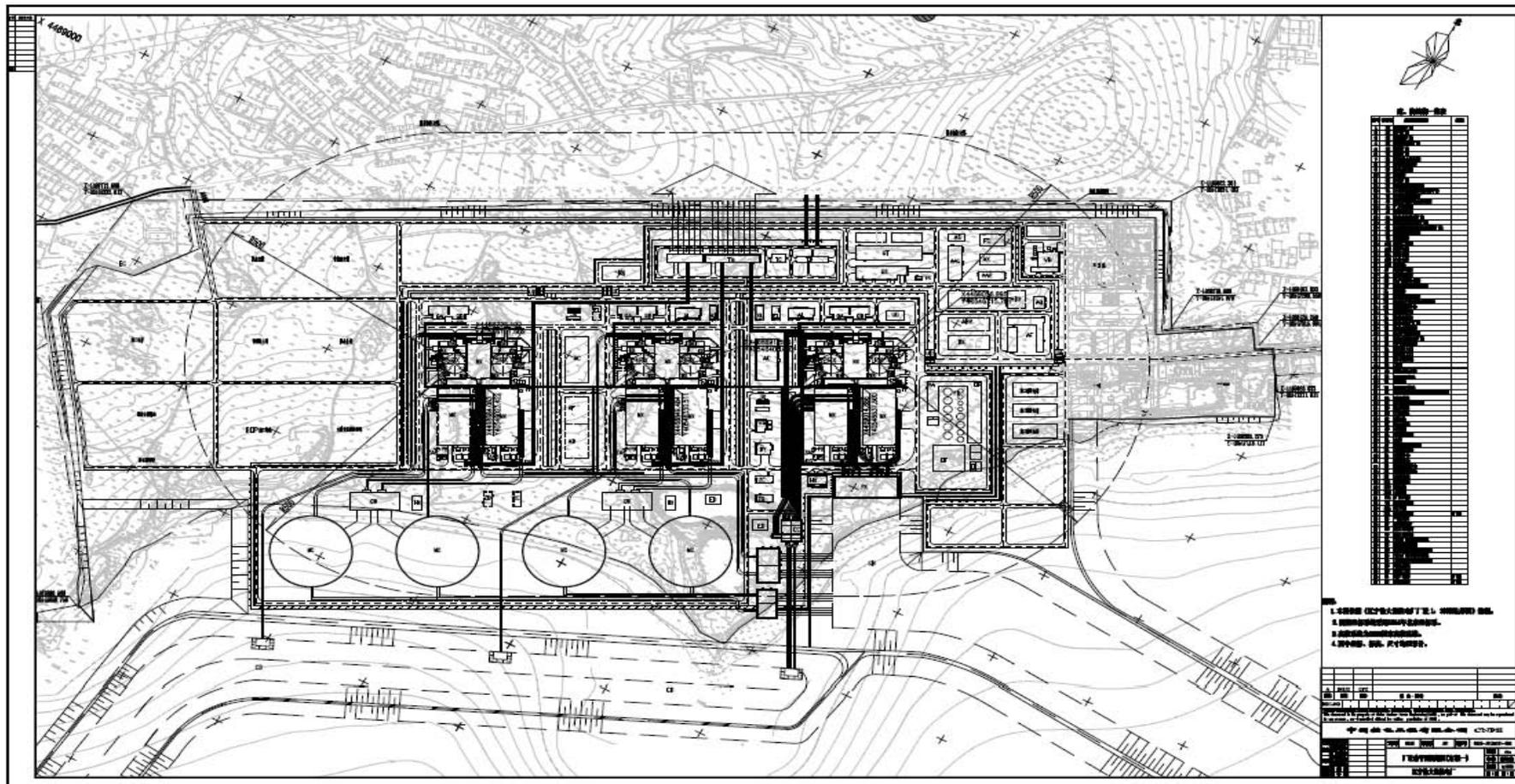
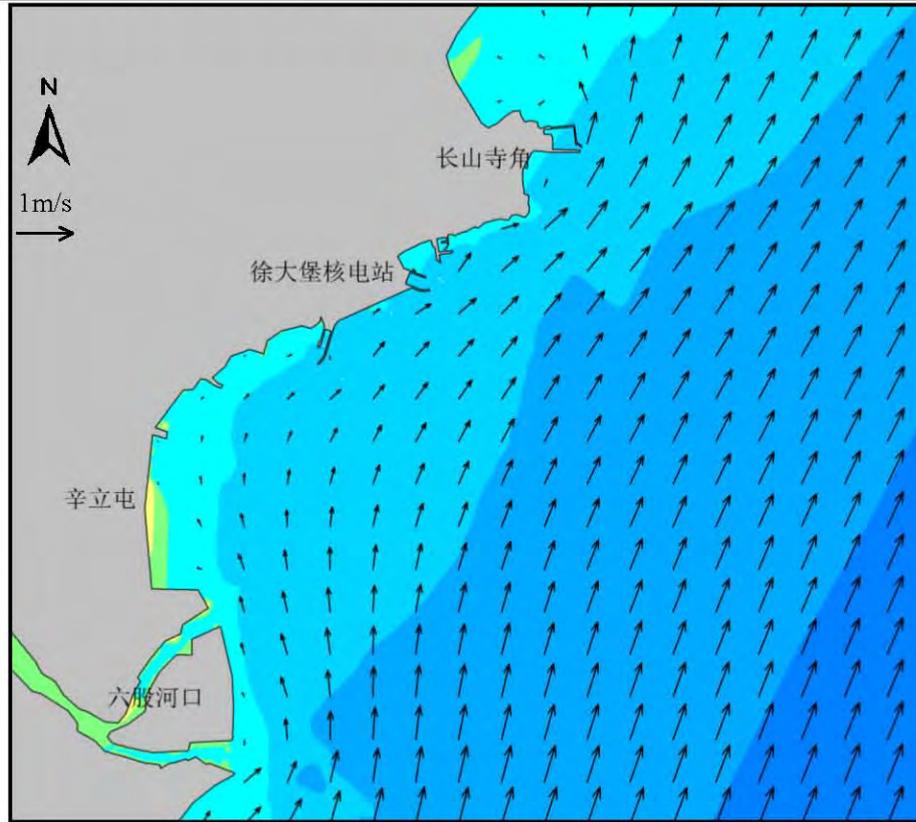
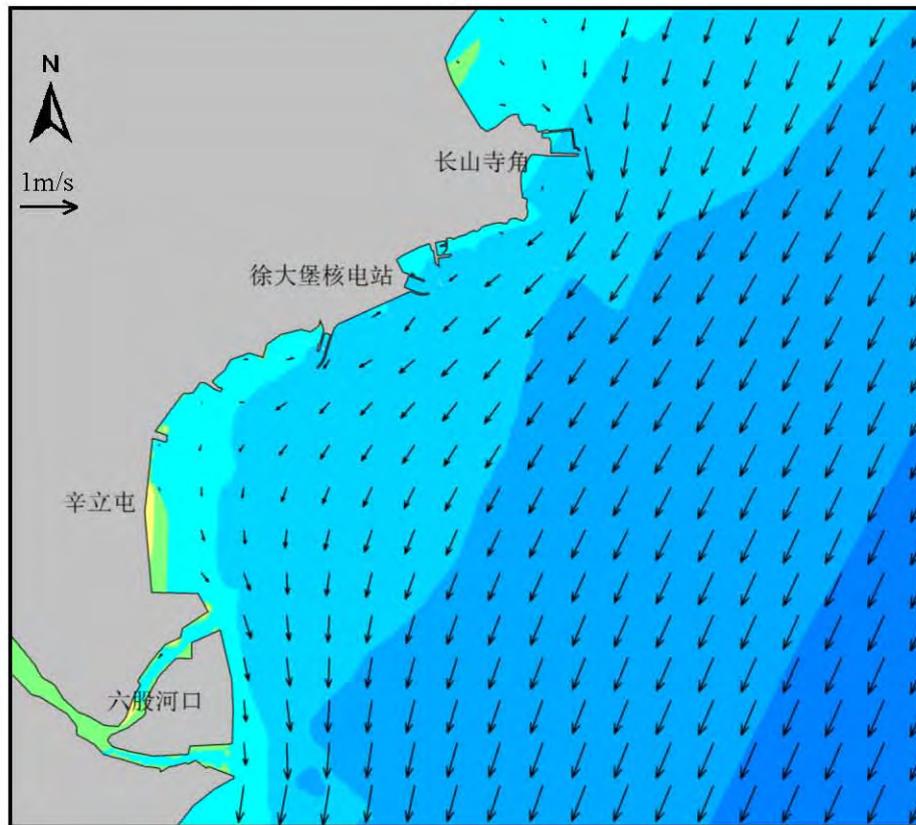


图 6.1-2 二次循环冷却方案总平面布置图

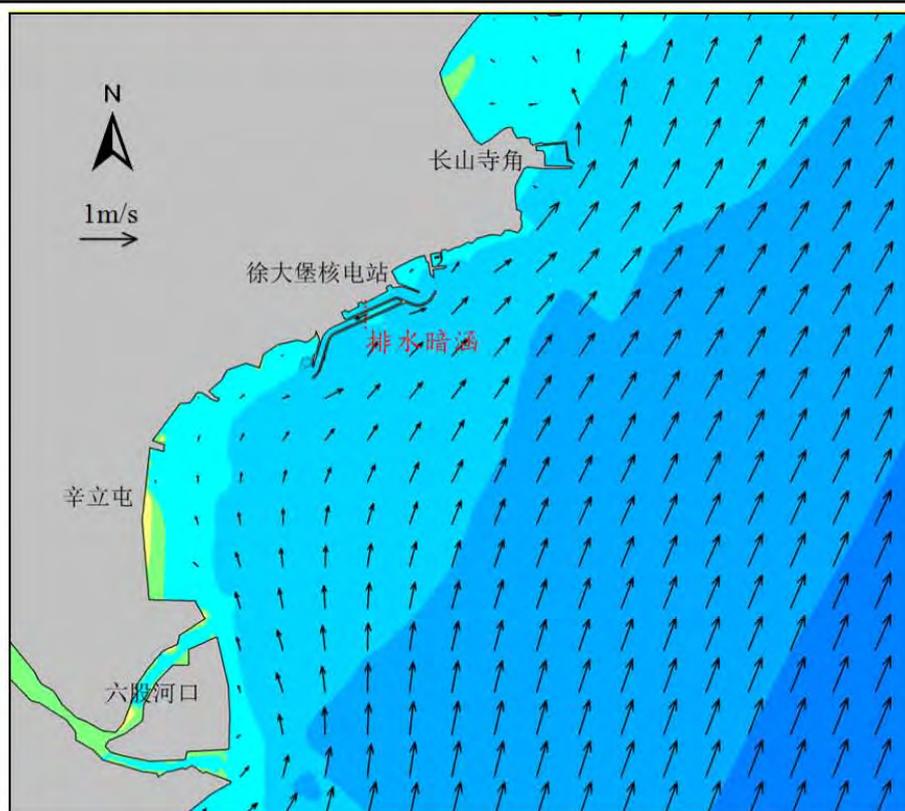


涨急

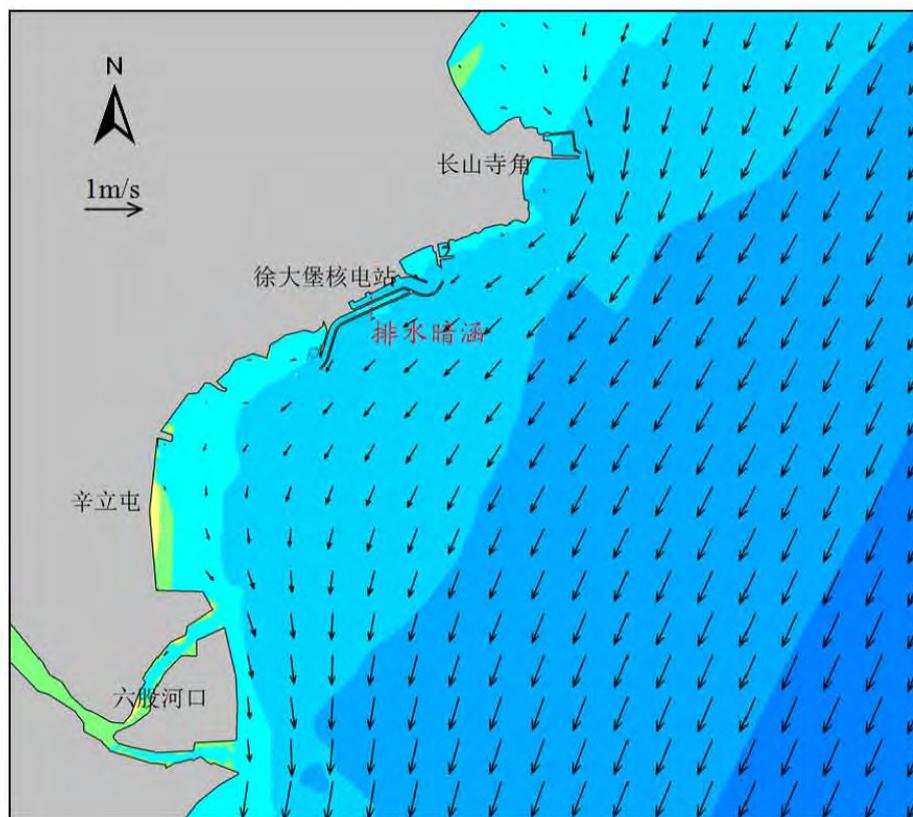


落急

图6.1-3 涨落急流场图（现状）



涨急



落急

图6.1-4 涨落急流场图（工程实施后）

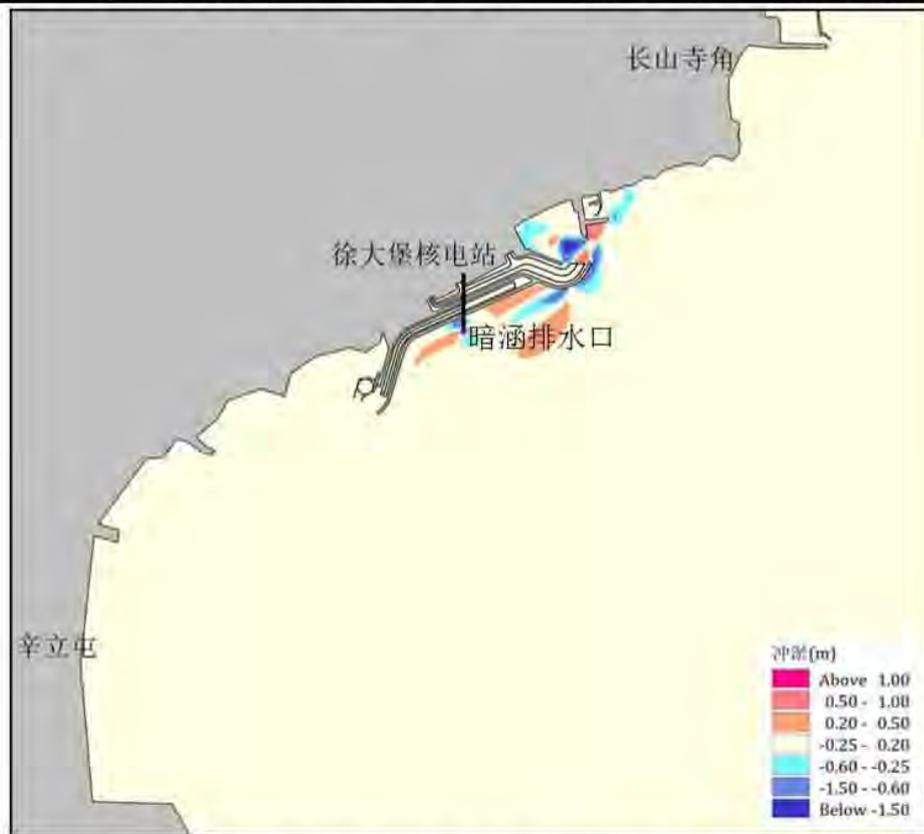


图6.1-5 大范围滩面冲淤分布（3、4号机组实施后）

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 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

7.4.1 厂址周围的人口分布

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

7.4.3 厂址周围交通条件

7.4.4 小结

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

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。

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在厂址审批阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。本节对徐大堡核电厂 3、4 号机组选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

7.1.1.1 事故描述

该事故属于安全壳压力缓慢上升的严重超设计基准事故，其事故进程为：一回路冷却剂丧失，且高压和低压堆芯应急冷却系统能动部分失效，使堆芯得不到及时冷却，从而过热引起堆芯大规模熔化并坍塌，反应堆压力容器下封头破裂，熔融物落到堆芯捕集器。熔化燃料芯块中的裂变产物以最大速率释放到安全壳，包括几乎全部的惰性气体、大部分的卤素和碱金属、半数以上的碲族金属以及少量其他裂变产物。事故过程中，考虑全机组断电 24 小时，安全壳非能动热量导出系统能有效降低安全壳内压力并维持在设计限值范围内，安全壳泄漏率不超过设计水平，此外由于配备有堆芯熔融物捕集器，可有效防止反应堆厂房基础底板熔穿。

7.1.1.2 事故源项

选址假想事故释放到环境的放射性活度由俄方计算并提供。源项计算中，对释放至安全壳大气内的放射性气溶胶及分子碘，考虑其在安全壳内及环形空间构筑物表面的去除过程。事故发生 24 小时后机组电力恢复，喷淋系统启动，能保证安全壳大气内的放射性裂变产物的继续有效去除。安全壳非能动热量导出系统可以降低事故后安全壳内压力并维持在设计给定限值范围内。AES-2006 采用双层安全壳设计，在机组失电时，外层安全壳对安全壳内的放射性气体、碘和气溶胶的不可控泄漏起部分滞留作用。通过安全壳旁通向环境直接的泄漏小于安全壳累积泄漏率设计值的 1%，其计算水平已由俄方首堆设备安装时的局部试验证实。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

应用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子采用 USNRC 的管理导则 RG1.145 推荐的模式和方法进行计算。采用厂址 2017 年至 2018 年 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，计算各方位 99.5%概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95%概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

在事故释放期间，考虑公众受到烟云外照射和吸入空气内照射两种途径的影响。

烟云浸没外照射剂量转换因子和吸入内照射剂量转换因子取自 GB18871、联邦导则 12 号报告(EPA-402-R-93-081)以及 ICRP71 号报告。场外公众的呼吸率取自美国核管会管理导则 RG1.183。

采用厂址半径 80km 内各子区在 2027 年预期人口数据计算集体剂量。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

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

7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，厂址拟定非居住区边界（500m）处的任何个人，在发生选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 2.48E-02Sv，为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 9.92%；厂址拟定规划限制区边界（5000m）处的任何个人，在事故的整个持续期间内（30d）接受的最大有效剂量为 6.85E-03Sv，为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 2.74%。

在事故的整个持续期间内（30d），厂址半径 80km 范围内公众群体接受的集体有效剂量为 380 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 1.90%。

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

满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址是适宜的。

7.2 场内运输事故

7.2.1 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。本项目新燃料运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

7.2.2 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某公司贮存水池贮存。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。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

核电厂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 2 个月以上，随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进行处理。废树脂屏蔽运输槽车和蒸残液屏蔽运输槽车设有泄露探测系统和液位探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄露。厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全；并采取控制转运车辆行驶速

度、道路通行管制等管控措施，降低厂内转运事故发生的可能性。

处理后的废物包外运时为 200L 钢桶和 700L 混凝土 HIC，如果表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，可直接通过转运车辆运输；如果表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

放射性固体废物的运输拟采用公路运输，而公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的，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。

废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》；混凝土高完整性容器（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》；水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》；废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》。运输过程中即使废物桶从运输车辆上掉下来，最大限度只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。

7.3 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 事故应急

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

7.4.1 厂址周围的人口分布

截止 2018 年底，厂址半径 15km 范围内无 10 万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围共有 1 所学校和 1 所幼儿园，1 家规模以上工矿企业，除此之外，厂址半径 5km 范围无医院、无敬老院、无监狱、劳教所、无风景名胜区、无风景游览区、自然保护区、无市级以上文物古迹。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

厂址半径 50km 范围内有 1 个国家基本气象站，1 个国家基准气候站，10 个国家气象观测站，以及数十个区域气象观测站。厂址半径 5km 范围内有区域站 1 个气象站，测量要素为气温、气压、风向、风速、降水、能见度。厂址气象铁塔及地面气象站也可为核电厂事故应急提供长期与实时的基础资料。

葫芦岛市移动通讯基站绝大多数为中国移动、中国联通和中国电信公用，通讯信号实现葫芦岛全覆盖。厂址半径 10km 范围内基站分布较密集，通讯信号良好。

厂址半径 10km 范围内有 2 个边防所和 4 个乡镇派出所。厂址周围消防力量有兴城市公安消防大队（兴城中队、临海消防站、东辛庄消防站）。应急情况下，厂址周围的公安消防可以为场外应急、公众隐蔽和撤离等行动提供支持和帮助。

7.4.3 厂址周围交通条件

厂址半径 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。

厂址半径 15km 范围西北方向依次有滨海公路、京哈高速、102 国道。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 范围内各主要公路除沙上线与京哈高速、102 国道有连接外，其它各道路基本呈平行分布，无相互连接。

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。

7.4.4 小结

从现有厂址环境条件看，徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇，半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围存在少量难以撤离的特殊人群，这些特殊人群在制定与实施应急计划时需要加以特殊考虑。除此之外，半径 5km 范围内无敬老院、无监狱、劳教所、无风景名胜区、无风景游览区和自然保护区、无市级以上文物古迹。厂址的气象观测条件有利于应急计划的实施，厂址周围交通方便，对于确定不同方向的两条应急撤离路线有利。厂址不存在实施应急计划难以克服的困难。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 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 流出物实验室的房间面积和房间功能

表 8.3-2 监督性监测系统前沿站主要仪器设备配置情况

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：氙监测仪的特殊要求》
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）》

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)排放和常规岛废气排放的监测(MAJ)。

(1) 烟囱(UKH)放射性气载流出物监测

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 组取样监测道回路为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（G_L）、1 个高量程惰性气体监测道（G_H）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。

（2）常规岛放射性气载流出物监测（MAJ）

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管道上设置了惰性气体连续监测道。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）厂址废物处理设施烟囱放射性气载流出物监测（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、碘和惰性气体连续监测仪，测量烟囱排出流中的气溶胶、碘和惰性气体的放射性水平。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、惰性气体取样回路，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 号机组含放射性物质废液均采用槽式排放。来自不同系统排放的废液，先进入各自的贮槽中，贮槽中的废液在排放前必须先取样，在放化实验室进行定量分析测量。

（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）和核服务厂房特下水系统（KTT）。当被测贮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，否则不准排放或返回 KPF 系统进行处理。排放时为了核实实验室的测量结果以及核实被排贮槽完全排空，在排放总管设置了连续监测道，并在各排放贮槽分别设置一个连续监测道来监测排放废液的放射性浓度。当监测到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。

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。

(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，在废液储存贮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。排放时为了核实实验室的测量结果以及核实被排贮槽完全排空，利用离线低放液体活度监测仪进行连续监测。废液从排放管经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。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。

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：

- 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}C 和 ^3H 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设想参见表 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 γ 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 γ 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：环境 γ 辐射水平为 20km，其余监测项目一般取 10km，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附近的海域。

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；
- 陆地监测点以核电厂为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- 环境 γ 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及徐大堡核电站运行期间所获得的资料，并在满足环境影响评价需要的情况下，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 γ 辐射水平监测

主要测量项目有：

- 大气中环境 γ 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 α 、总 β 、 ^{137}Cs 及 γ 谱分析；
 - 大气沉降物：总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 及 γ 核素分析；
 - ^{131}I ；
 - ^3H ；
 - ^{14}C 。
- 水
 - 降水： ^3H 及 γ 核素分析；
 - 饮用水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 核素分析；
 - 地表水（水库、河流等）： ^3H 及 γ 核素分析；
 - 海水：总 β 、 ^3H 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析；
 - 地下水： ^3H 及 γ 核素分析。
- 陆地生物
 - 农作物、动物及产品：进行 γ 核素分析；
 - 牛奶（如果有）： ^{131}I 放化分析；
- 海洋生物

- 鱼类、甲壳类、软体类和藻类等：进行 γ 核素分析。
- 土壤与沉积物（土壤及岸边沉积物、水库沉积物、潮间带样品、潮下带样品）： ^{90}Sr 和 γ 核素分析；
- 指示生物： ^{90}Sr 和 γ 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 α/β 测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底 γ 谱仪等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 γ 能谱核素分析、 $^3\text{H}/^{14}\text{C}$ 放射性活度测量。
- 放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的 ^{90}Sr 等核素进行测量分析。

（2）固定式环境 γ 辐射监测和流动辐射监测

- 设置环境 γ 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 γ 辐射监测，车上设有便携式 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率监测仪等设备。

（3）气象观测

- 在气象铁塔及地面气象观测站设置风速、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

核电厂事故工况下的环境应急监测是环境监测的组成部分，在核电厂发生事故时，应急环境监测的任务是对厂址区域的环境 γ 辐射进行监测以及对空气、土壤、地面水、陆地生物、海水、海洋沉积物等环境介质取样，实验室测量分析，以确定污染区域和污染水平，为评价事故性质、源项大小以及应采取的防护措施提供依据。它具有快速反应和机动灵活的能力，应急监测方案中考虑了如下要求：

- 厂址半径5~10km范围内的环境 γ 辐射监测系统连续 γ 辐射监测站应具备应急条件下进行连续监测的能力，并且具有足够宽的量程，以适应应急监测的要求；
- 环境实验室配备应急条件下使用的测量仪表，取样、分析及防护器材，环境监测车和取样车等，以监测事故工况下环境介质的放射性水平；

- 快速测量分析事故工况下放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度；
- 为使应急监测数据及时传送至徐大堡核电厂应急指挥中心，环境监测站和环境监测车将配备无线数据传输所需的通讯设备；
- 考虑到极端外部事件下环境监测设施可能受到损坏，设置了可在事故后投入使用的应急环境监测子系统，以快速恢复环境监测能力。
- 在运行前将制定专门的核电厂应急监测计划。

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，并在运行期间按照计划定期完成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。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

流出物实验室按照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的规模按 6 台机组共用的流出物分析任务考虑，实验室位于厂区实验室一层，且处于辐射防护控制区，人员进出需要通过卫生出入口进行管理。

流出物实验室包括热制备间、冷制备间、核素测量间、 γ 谱仪探头间。实验室的面积和房间功能见表 8.3-1。

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 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续监测厂址区域的气象要素，为环境评价和应急决策提供气象数据。为评价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 γ 辐射监测站：用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。初步拟定在厂区内设置 4-6 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/应急监测车和环境介质采样车。环境监测车/应急监测车定期对电厂周围环境 γ 辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。在环境监测车/应急监测车配置有车载 γ 辐射监测仪、车载自动气象监测仪，和便携式多道 γ 谱仪、便携表面污染测量仪、便携式气溶胶、碘取样器等若干便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备等。环境介质采样车：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。
- 移动式 γ 辐射监测系统：可连续测量环境 γ 辐射水平。在事故期间且固定式环境 γ 辐射监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段。
- 中央数据处理站：中央数据处理站将设在应急控制中心内，主要进行环境 γ 辐射和气象数据的接收、处理、存储，并将环境实验室内各测量室得到的测量数据统一集中管理。中央数据处理站主要设备有包括环境 γ 辐射和气象数据的接收处理装置、中央数据处理计算机、中央数据服务器、操作工作站等。

8.3.2.2 环境实验室

徐大堡核电基地环境实验室拟设置在烟羽应急计划区以外，避开主导风下风向，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 γ 谱分析、总 α 、总 β 、H-3、C-14、Sr-90、累积剂量测量分析等。

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 3-4 口监测井，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；
- 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 672.07m²，总建筑面积 2304.22m²。主要仪器设备配置情况见表 8.3-2。监督性监测系统子站共有 12 处，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 质量控制

8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品，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。

8.4.1.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中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、操作等方法，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。
 - 放射性测量仪器定期进行本底、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定期进行稳定性检验以表明仪器计数是否满足泊松分布的 χ^2 检验。
 - 定期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。

8.4.1.3 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永久保存；
- 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。

8.4.2 质量管理

8.4.2.1 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。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，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。

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、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/季	10km
			³ H、 ¹⁴ C 和 ¹³¹ I	¹⁴ C、HTO、 ¹³¹ I	1 次/季	10km
		水	降水	³ H、γ 谱分析	1 次/季	10km
			饮用水	总 α、总 β、 ³ H、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			地下水	³ H、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			地表水		1 次/半年	10km
		土壤	⁹⁰ 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	γ 谱分析	收获期	10km
			蔬菜	γ 谱分析	收获期	10km
			肉类	γ 谱分析	1 次/年	10km
			牛奶	¹³¹ I	1 次/年	10km
			淡水鱼	γ 谱分析	1 次/年	10km
水果类	γ 谱分析		1 次/年	10km		
指示生物	γ 谱分析		1 次/年	10km		
3	海洋介质	海水	总 β、 ⁹⁰ Sr、 ³ H、γ 谱分析	1 次/半年	10km	
		沉积物	潮间带	⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km
			潮下带			
		海洋生物	藻类	γ 谱分析	1 次/半年	10km
			贝类	γ 谱分析	1 次/半年	10km
			甲壳类	γ 谱分析	1 次/半年	10km
			鱼类	γ 谱分析	1 次/半年	10km
			指示生物	γ 谱分析	1 次/半年	10km

注: 1) γ 谱分析的核素主要包括 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、¹³¹I 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 ¹⁴C 的测量。

3) γ 谱分析检出 ¹³⁷Cs 时放化分析 ⁹⁰Sr。

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、水温、COD	在线监测	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 ₅ 、SS、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、总氮、氨氮、总磷、色度、粪大肠菌群数	每日一次		
生活污水	定期监测	pH、水温、COD、BOD ₅ 、SS、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、总氮、氨氮、总磷、色度、粪大肠菌群数	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 流出物实验室的房间面积和房间功能

房间	功能
热制备间	核岛气液态流出物样品制样
冷制备间	常规岛气液态流出物样品制样
核素测量间	流出物放化测量
γ 谱仪探头间	流出物 γ 谱放化测量

表 8.3-2 监督性监测系统前沿站主要仪器设备配置情况

设备名称	单位	数量
一、储存室		
土壤采样器（含采淤泥器和土壤样品采集器）	套	1
底泥采样器	套	1
激光测距仪	台	2
便携式高气压电离室	台	2
便携式 γ 剂量率仪	台	4
β 表面污染仪	台	3
二、核素测量室		
低本底 α/β 测量仪	台	2
低本底液闪测量装置	台	1
P 型高纯锗 γ 谱仪	台	1
三、氡碳分析实验室		
氡碳氧化燃烧装置	套	1
电解浓缩设备	套	1
四、车辆		
环境监测车	辆	1
环境介质采样车	辆	1

第九章 电厂建设和运行的效益分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

徐大堡核电厂 3、4 号机组工程项目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 160.67 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。

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。

同时，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 1606.7 万兆瓦时、减排因子 1.05 计算，每年可减排 CO₂ 为 1687 万吨，按 9.0 欧元/吨的单价计算，可产生环境效益 117213 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约为 500 亿元，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 2.24%。

（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 15358 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 34811 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 864 万元。

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。但是由于徐大堡核电厂 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混合后再排放海域，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；由于所有厂房的生活污水都在厂区用管道收集后送到厂区生活污水处理站，处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的一级排放标准后排入大海，因此，生活污水不会对环境产生影响。

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。

第十章 结论与承诺

10.1 结论

- 10.1.1 核电厂建设项目
- 10.1.2 环境保护设施
- 10.1.3 放射性排放
- 10.1.4 辐射环境影响评价结论
- 10.1.5 非辐射环境影响评价结论

10.2 承诺

10.1 结论

10.1.1 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 5km、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 10 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 2027 年 7 月和 2028 年 5 月投入商业运行。

本项目计划总资金共计约 500 亿元，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 2.24%。

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。

10.1.2 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 50m³，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。

10.1.3 放射性排放

根据本报告第六章所给出的本期工程和厂址六台机组运行状态下的总排放量，徐大堡核电厂 3、4 号机组和全厂址六台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。

10.1.4 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

本工程运行状态下分析可能的关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用现实排放源项。厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 1~2km 处，此处居住的是方安堡屯的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 1.18E-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 1.10E-06Sv/a，约占气液态总剂量的 92.87%；各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 1.13E-06Sv/a，约占气液态总剂量的 95.71%。

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 NE 方位 1~2km 处，此处居住的是凉水泉自然村的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 1.93E-06Sv/a。关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.07E-06Sv/a，约占气液态总剂量的 55.32%；各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 7.27E-07Sv/a，约占气液态总剂量的 37.66%。

徐大堡厂址六台核电机组运行状态下，最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 1~2km 处，此处居住的是凉水泉自然村的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 2.02E-06Sv/a。关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.14E-06Sv/a，约占气液态总剂量的 56.44%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的

剂量为 $7.83\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 38.79%。

本工程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。本工程运行状态下，各年龄组中成人组的剂量最大，为 $6.48\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占厂址剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 2.59%。1~4 号四台机组运行状态下，各年龄组中成人组的剂量最大，为 $4.57\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 1.83%。厂址六台核电机组运行状态下，各年龄组中成人组的剂量最大，为 $5.30\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 2.12%。

本工程 2 台机组、厂址 4 台机组、厂址 6 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。

（2）运行状态下对生物的辐射影响

徐大堡核电厂 3、4 号机组正常运行时，0~80km 海域范围内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。辽宁徐大堡核电厂六台机组正常运行时，近区海域中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-1} 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，徐大堡核电厂六台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

徐大堡核电厂 3、4 号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；六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-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，徐大堡核电厂六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（3）事故工况下的辐射环境环境影响

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在厂址审批阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。

计算结果表明，厂址拟定非居住区边界处（500m）的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 $2.48\text{E-}02\text{Sv}$ ，厂址拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内接受的有效剂量为 $6.85\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 9.92%和 2.74%。

在事故的整个持续期间内（30d），厂址半径 80km 范围内公众群体接受的集体有效剂量为 380 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 1.90%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定以及选址假想事故条件下拟定非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，徐大堡核电厂 3、4 号机组厂址是适宜的。

10.1.5 非辐射环境影响评价结论

10.1.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

核电厂工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，对附近居民的日常生活产生轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加当地居民的就业机会和商机，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

（2）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、明渠疏浚工程施工，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。

本工程部分施工区的生活污水排至生活污水处理站，经处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准和《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1）后，用于施工场地、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海。

满足《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）的生活污水均允许排入《海水水质标准》（GB 3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。因此，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，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。

10.1.5.2 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，残余氯亦得到稀释，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。

本工程主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，经处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中城市绿化水质标准和《辽宁省污水综合排放标准》（DB 21/1627-2008）中直接排放的水污染物最高允许排放浓度（表 1）后，用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水量排入大海。生活污水处理的排放物除总有机物外，不会导致任何有毒化学物质进入受纳水体环境中。

满足《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）的生活污水和生产废水允许排入《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。同时，生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，生产废水和生活污

水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

（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。

10.2 承诺

通过对徐大堡核电厂 3、4 号机组选址阶段的环境影响评价工作，本报告书给出的对本工程建造和运营单位环境保护方面的承诺包括：

- 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。