

江苏徐圩核能供热厂一期工程

环境影响报告书

(选址阶段)

中核苏能核电有限公司

二〇二三年四月

密级：

图册(文件)编号	
2026-J00HYK01	
共 1 册	第 1 册
版次：B	状态：CFC

江苏徐圩核能供热厂一期工程

工 程 号 2026

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

XZS	X	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

二〇二三年四月

技术文件专用章
710102033537A

打印编号：1666678278000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	a14iq6		
建设项目名称	江苏徐圩核能供热厂一期工程		
建设项目类别	55--167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中核苏能核电有限公司		
统一社会信用代码	91320703MA1URW4F9C		
法定代表人（签章）	刘兆华		
主要负责人（签字）	张雄		
直接负责的主管人员（签字）	周哲俊		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国核电工程有限公司		
统一社会信用代码	911100001000027329		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
高桂玲	06351143505110583	BH026937	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王欣	第三章、第八章	BH026929	
薛娜	第七章、第九章	BH026661	
郑伟	第四章、第六章	BH026934	
韩蕊	第五章	BH026658	

魏刚	第十章	BH026932	魏刚
李京	第二章	BH026930	李京
高桂玲	第一章、第十一章	BH026937	高桂玲

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

MODIFICATION

文件修改记录

REV	DATE	CHAPTER	PAGE	MODIFICATION
版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2023.3	-	-	首次出版
B	2023.4	-	-	根据最新专题成果等更新相关内容

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 核能供热厂

- 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 核能供热厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统
- 4.5 供热系统
- 4.6 专设安全设施

4.7 放射性废物管理系统和源项

4.8 非放射性废物处理系统

4.9 放射性物质厂内运输

第五章 施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

第六章 核能供热厂运行的环境影响

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 事故的环境影响和环境风险

7.1 核能供热厂放射性事故和后果评价

7.2 厂内运输事故

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 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 厂址比选

9.1 选址过程

9.2 候选厂址评价与比选

9.3 推荐厂址评价

第十章 利益代价分析

10.1 利益分析

10.2 代价分析

第十一章 结论与承诺

11.1 结论

11.2 承诺

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称

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 依据的文件

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

1.10.2 非辐射环境影响评价范围

表：

表 1.7-1 厂址“4 台华龙一号压水堆机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”运行状态下的放射性流出物年排放量以及厂址排放量控制值

图：

图 1.10-1 江苏徐圩核能供热厂厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称

建设项目名称：江苏徐圩核能供热厂一期工程项目

建设和运营管理单位：中核苏能核电有限公司

1.1.2 建设性质

江苏徐圩核能供热厂一期工程为新建项目，是由中国核能电力股份有限公司作为控股股东，联合连云港金联能源投资有限公司和江苏省国信集团有限公司分别以 51 : 29 : 20 的股比共同投资建设的商业性核能供热厂。中核苏能核电有限公司作为业主，负责核能供热厂的建设和运营管理。中国核电工程有限公司作为本工程总体设计院，负责除中核能源科技有限公司承担的相关子项外的工程设计、设备采购和调试，负责全厂建安承包商统一招标、合同签署和建安施工管理；中核能源科技有限公司负责高温气冷堆机组建设内容的工程设计和设备采购工作。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

江苏徐圩核能供热厂是为连云港徐圩新区石化产业基地供应工业蒸汽，解决企业用汽需求，同时利用备用的热能发电，以缓解地方用电紧张局面。

江苏徐圩核能供热厂规划建设“4 台华龙一号压水堆机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”及其配套的辅助、附属设施，一次规划，分期建设。利用 4 台华龙一号与 2 台 HTR-PM600S 组合供热，其中 2 台华龙一号压水堆机组与 1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组组合构成 1 套供热系统，共有 2 套相同的供热系统。

江苏徐圩核能供热厂一期工程规划建设 1 套供热系统，按 2 台华龙一号和 1 台高温气冷堆进行建设。全厂设计热负荷为 8164t/h，一期工程建设一座供热厂房，供汽能力为全厂设计热负荷的 50%，即 4082t/h。

供设计热负荷 4082t/h 时，单台华龙一号机组发电功率约 729.7MW，单台高温气冷堆机组发电功率约 193.5MW，3 台机组总发电功率约 1652.9MW。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

直接和间接用于环境保护的费用的建设投资约 17.48 亿元，约占总项目计划总资金的 2.46%。

1.4 建设目的

1.4.1 符合国家的产业政策，保障国家能源安全

我国能源供应面临三大挑战，第一，能源供需矛盾极为尖锐；第二，能源发展需求与

我国能源资源储量的人均拥有量不足之间的矛盾；第三，以煤炭为主的能源结构不合理，大量燃煤造成严重环境污染，同时产生严重的温室气体问题。2020年，中国政府在第七十五届联合国大会上提出，中国将努力争取2060年前实现碳中和。2021年3月5日，国务院总理李克强在2021年国务院政府工作报告中指出，扎实做好碳达峰、碳中和各项工作，制定2030年前碳排放达峰行动方案，优化产业结构和能源结构。为应对上述挑战，我国必须采取积极措施，逐步改变目前不合理的能源结构。

江苏省水力资源匮乏，风能资源存在电量不足、出力稳定性较低的问题，省内化石能源占比高于全国，减碳压力巨大。江苏省委十三届九次会议指出，江苏省要在全率先实现“碳达峰”的目标，而江苏省由于自身资源结构问题，非化石能源供应占比较低。“十四五”时期，江苏一批重大项目将陆续开工，用电量仍将快速增长，减排压力巨大。

通过发展核能，可避免过分依赖石油、煤炭、天然气等不可再生能源，实现能源供应多元化，提高能源的安全性。我国有必要把进一步发展核能作为推行能源多元战略的组成部分，避免增加对煤炭、进口石油等传统能源的依赖，为保障未来的能源安全服务。江苏省作为经济大省，电力需求大。在江苏省发展核能是能源供应多元化战略的重要策略，有利于缓解江苏一次能源供应的紧张状况、减轻运输压力，推进江苏电源结构多元化的进程，有利于提高能源供应安全性，在能源结构变革层面发力，有利于尽快可靠实现“碳达峰”的目标，为江苏能源供应的可持续发展打下良好基础。因此，从国家能源安全观点和产业政策角度，江苏发展核能供热厂，符合国家能源政策。

1.4.2 符合江苏省的能源政策，助力石化产业结构调整

江苏省能源发展规划要求能源发展的生态影响持续减轻，同时继续深化能源合作。“清洁低碳，绿色发展”仍然是调整能源结构的主要方向。徐圩新区是国务院批准设立的国家东中西区域合作示范区的先导区，是江苏沿海开发的主要实施载体，也是连云港市委市政府规划确定的发展新型临港产业的核心区。

2019年7月，生态环境部印发《关于批准上海市工业综合开发区等4家园区为国家生态工业示范园区的通知》（环科财〔2019〕58号文件），批准国家东中西区域合作示范区（连云港徐圩新区）为国家生态工业示范园区，该文件对园区废物和能源利用、减少污染排放、打造国家生态工业示范园区等提出了要求。连云港徐圩新区石化产业基地园区体量庞大，而核能具有无碳、环保的独特优势，能有效解决制约连云港石化基地发展的煤炭消费总量、污染物排放总量等能源资源和环境容量瓶颈问题。

在江苏省的能源政策要求之下，连云港石化产业基地作为国家生态工业示范园区，重

点承接江苏沿江石化产业转移，统筹兼顾长三角地区需求增长，以高水平的石化园区，适应长三角地区产业结构调整 and 升级的要求，承担着国家石化产业结构调整 and 江苏省沿江产业转移、升级的重任。

1.4.3 符合连云港徐圩新区石化产业基地的用能需求

随着国家生态文明建设的推进，打造生态化工园区、绿色发展的理念逐步落实，江苏省及各市的减排压力逐渐增大，煤炭指标缺口越来越大。根据连云港石化产业基地建设规划，随着园区项目逐步建成投产，园区一期项目供热负荷达到高峰后，燃煤供热和环保排放压力同步增长，地方煤炭指标不足，严重影响后续石化项目规划建设，迫切需要尽快启动江苏徐圩核能供热厂，以匹配园区项目热负荷需求。

徐圩化工园区石化产业工业蒸汽负荷需求大，据徐圩化工园区后续规划及蒸汽需求的初步统计，到 2030 年，徐圩化工园区各企业平均蒸汽量总需求为 13141t/h，其中包括高压蒸汽($\geq 9.6\text{MPa}$)3985t/h、中压蒸汽(1.5~4.5MPa)6471t/h 和低压蒸汽($< 1.5\text{MPa}$)2775t/h。石化园区工业蒸汽可靠性要求较高，而商用反应堆具有运行稳定、热生产能力大的基本特征。国外已有 58 座核电机组采取热电联产方式为区域居民供热，采用核能向徐圩化工园区供热在技术上是可行的。

1.4.4 发展核能是实现核产业可持续发展的需要

我国是核能利用大国，国内在建核电机组数量世界第一，发展核能是我国能源安全和可持续发展战略措施之一。本项目在发展核能的战略之下，继续开拓核能的创新应用，为我国核能的发展提供了更多的可能性。

本工程采用的“华龙一号”堆型充分借鉴了国际上第三代核电技术的先进设计理念与精髓，全球首堆工程——福清 5 号机组，于 2021 年 1 月 30 日正式投入商业运行。

本工程采用的 HTR-PM600S 高温气冷堆采用经 HTR-PM 验证的、成熟的设备、流程、技术（包括 NSSS 模块、燃料装卸系统、氦净化与氦辅助系统等），高温气冷堆在设计过程中充分吸收借鉴了 HTR-PM 在设计、设备制造、工程建设中的经验反馈，对部分设备、厂房、建筑结构等内容进行了改进优化工作，在保证固有安全性的前提下，使高温气冷堆的技术先进性、经济性和市场适应性得到提升。

1.4.5 有利于巩固我国四代核电技术的领先地位

本项目建设 HTR-PM600S 高温气冷堆。从长远看，建设高温气冷堆工程，推进高温气冷堆技术产业化可以为下一步的超高温工艺、制氢工艺的研发奠定坚实的科学基础，进一步巩固我国四代核电技术在商用核电的领先地位，在占领国际先进核电技术制高点，提高

我国核能国际竞争力，具有重要的国家战略地位。

1.5 建设项目的进度

江苏徐圩核能供热厂一期工程按“2台华龙一号压水堆机组+1台HTR-PM600S高温气冷堆机组”建设。

工程建设顺序为“1台华龙一号机组+1台高温气冷堆机组”同时开工，第2台华龙一号机组与第1台华龙一号机组间隔10个月开工。单台华龙一号和1台高温气冷堆建设周期均按照60个月考虑。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 依据的文件

(1) 水利部淮河水利委员会 2020 年 12 月 8 日印发《关于连云港绿色能源示范项目取水复函》（淮委水资管函[2020]311 号）；

(2) 江苏省生态环境厅 2021 年 2 月 2 日印发《关于绿色核能供热示范项目开展厂址前期工作的复函》（苏环便函[2021]142 号）；

(3) 中国民航华东地区管理局 2021 年 3 月 22 日印发《厂址附近民航机场及航线分布信息的复函》（民航华东函[2021]139 号）；

(4) 江苏省发改委 2021 年 3 月 31 日印发《连云港清洁能源供热项目启动会会议纪要》（苏发改能源发[2021]281 号）；

(5) 江苏省自然资源厅 2021 年 4 月 12 日印发《关于连云港清洁能源供热建设项目未压覆重要矿产资源的函》（苏自然资矿审[2021]39 号）；

(6) 江苏省文物局 2021 年 5 月 31 日印发《关于连云港绿色能源示范项目地块文物资源区域评估的意见》（苏文物保[2021]397 号）；

(7) 江苏省自然资源厅 2021 年 6 月 21 日印发《关于支持连云港核能供热示范项目开展用海前期研究工作》（苏自然资函[2021]657 号）；

(8) 电力规划设计总院 2021 年 6 月 24 日印发《关于连云港核能供热示范项目初步可行性研究报告的审查意见》（电规发电[2021]200 号）；

(9) 电力规划设计总院 2021 年 9 月 18 日印发《关于连云港核能供热示范项目建设书的评估意见》（电规发电[2021]299 号）；

(10) 国家能源局 2022 年 3 月 4 日印发《江苏连云港核能供热项目前期工作座谈会会议纪要》（国能综纪核电[2022]6 号）；

(11) 连云港市生态环境局关于对《关于恳请批复徐圩核能供热厂一期工程非放射性

污染物排放标准的函》（2022年5月9日）；

（12）《关于支持江苏徐圩核能供热厂项目用海的复函》（示范区函[2022]108号）；

（13）《江苏徐圩核能供热厂一期工程水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决[2022]75号）；

（14）《水利部淮河水利委员会关于江苏徐圩核能供热厂一期工程取水许可申请准予行政许可决定书》（淮许可决[2023]8号）。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.6.2.1 主要法规

- （1）《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）；
- （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日）；
- （3）《中华人民共和国核安全法》（2018年1月1日）；
- （4）《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日）；
- （5）《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月5日）；
- （6）《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日）；
- （7）《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日）；
- （8）《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2022年6月5日）；
- （9）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年9月1日）；
- （10）《中华人民共和国水法》（2016年7月2日）；
- （11）《中华人民共和国土地管理法》（2020年1月1日）；
- （12）《中华人民共和国水土保持法》（2011年3月1日）；
- （13）《中华人民共和国水土保持法实施条例》（2011年修订）；
- （14）《中华人民共和国突发事件应对法》（2007年11月1日）；
- （15）《建设项目环境保护管理条例》（2017年10月1日）；
- （16）《放射性物品运输安全管理条例》（2010年1月1日）；
- （17）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害与海洋环境管理条例》（2018年3月19日）；
- （18）《放射性废物安全管理条例》（2012年3月1日）；
- （19）《放射性物品运输安全管理条例》（2010年1月1日）中华人民共和国国务院令562号；
- （20）《近岸海域环境功能区管理办法》（2010年12月22日）；

- (21) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，1993）；
- (22) 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）；
- (23) 《放射性废物安全监督规定》（HAF401，2012）；

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》（HJ 2.2-2018）；
- (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 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- (8) 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2020）；
- (9) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）；
- (10) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03，1987）；
- (11) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04，1989）；
- (12) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05，1991）；
- (13) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06，1991）；
- (14) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09，1990）；
- (15) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10，1991）；
- (16) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11，1991）；
- (17) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01，2010）；
- (18) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (19) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (20) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (21) 《海洋调查规范》（GB12763.1~7-2007）；
- (22) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002）；
- (23) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (24) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (25) 《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）；
- (26) 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；

- (27) 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）；
- (28) 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-1989）；
- (29) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- (30) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (31) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (32) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (33) 《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041—2021）；
- (34) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- (35) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- (36) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (37) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (38) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；
- (39) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001）；
- (40) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）；
- (41) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (42) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-93）；
- (43) 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（GB 12711-2018）；
- (44) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- (45) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）；
- (46) 《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》（EJ 1042-2014）；
- (47) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）；
- (48) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996）；
- (49) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）；
- (50) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ1037-2019）；
- (51) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）；
- (52) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (53) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (54) 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-1988）；
- (55) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (56) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；

- (57) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；
- (58) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)；
- (59) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)；
- (60) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)；
- (61) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；
- (62) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)；
- (63) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020)；
- (64) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18957-2001)；
- (65) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ 1186-2005)；
- (66) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》(GB14589-93)；
- (67) 《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》(EJ 1042-2014)；
- (68) 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》(GB 12711-2018)；
- (69) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》(HJ681-2013)；
- (70) 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)；
- (71) 《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)；
- (72) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T 10.3-1996)；
- (73) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》(HJ1037-2019)；
- (74) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)；
- (75) 《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)；
- (76) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(DB32/4440-2022)；
- (77) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

(1) 运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

参照国家标准《核动力厂辐射防护规定》(GB6249-2011)的规定,所有机组向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量,每年必须小于0.25mSv。江苏徐圩核能供热厂规划建设“4台华龙一号压水堆机组+2台HTR-PM600S高温气冷堆机组”,本工程“2台华龙一号压水堆机组+1台HTR-PM600S高温气冷堆机组”的公众个人剂量约束值暂定为0.1mSv/a。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011),本厂址为不同堆型的多堆厂址,

所有机组的年总排放量控制值由审管部门批准；在本阶段，由于国内尚没有针对高温气冷堆的排放控制标准，暂参照 GB 6249-2011 的第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，江苏徐圩核能供热厂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，具体如下：

气载流出物：

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

液态流出物：

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

本期工程 2 台华龙一号机组+1 台高温气冷堆机组运行状态下的放射性流出物年排放量控制值拟定为上述厂址排放量控制值的 1/2，本厂址所有机组的排放量设计值以及与拟定的厂址排放控制值的比较见表 1.7-1。

本厂址液态流出物接纳水体为海域，根据 GB6249-2011 第 6.8 条中对液态流出物排放浓度的要求，对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性流出物中除氡和碳 14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L，本项目废液处理系统按照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排放浓度不超过 200Bq/L 的目标进行设计。

（2）事故工况下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（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。

（3）海水中的放射性核素浓度标准

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

行以下标准：

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

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

（1）执行的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）中二级标准。

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041—2021）规定的排放限值。

（2）海洋功能区划、近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

根据江苏省环境保护委员会办公室文件《关于同意连云港徐圩新区近岸海域环境功能区划调整的函》（苏环委办〔2018〕27号），现状厂址附近海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的二类标准。待厂址附近的近岸海域环境功能区划调整后，按照调整后的近岸海域环境功能区划执行对应的海水水质标准（温排水混合区水温指标除外）。

根据已批复的《江苏省海洋功能区划（2011-2020年）》，排水管道、温排水的影响区主要位于连云港农渔业区，不满足现状海洋功能区划的要求。待厂址附近的海洋功能区划调整后，执行调整后的海洋功能区划相关要求。

（3）污水排放标准

生活污水回用执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中车辆冲洗标准。其他非放射性生产废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准。海水淡化系统的浓盐水排放执行《海水淡化浓盐水排放要求》（HY/T 0289-2020）。

（4）噪声标准

厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类功能区标准，附近居民区环境噪声执行1类标准、商住混合区及交通干线经过的村庄环境噪声执行2类标准，道路环境噪声执行4a类标准。厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的3类标准。

施工期间采用《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）。

（5）电磁辐射标准

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

b) 根据《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 的要求, 对于 30MHz-3000MHz 的频率范围, 该标准的公众暴露控制限值为: 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 0.4 W/m² (电场强度限值 12V/m)。

1.8 工程组成

江苏徐圩核能供热厂规划建设“4 台华龙一号压水堆机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”及其配套的辅助、附属设施, 一次规划, 分期实施。厂址区域场地较为完整, 厂区主要由主厂房区、冷却水设施区、配电装置区、辅助生产设施区及厂区建筑区组成。本期工程建设“2 台华龙一号压水堆机组+1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”及其配套辅助设施。全厂共用的配套辅助设施在本期工程建设。具体详见本报告第四章。

1.9 环境保护措施

(1) 辐射影响防治措施

本工程的华龙一号放射性废液系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核能供热厂正常运行期间(包括发生预期运行事件时)产生的放射性废液。其废液管理系统由下列系统组成:

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

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放:

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

本工程的高温气冷堆的放射性废液系统的主要功能为控制、分类、收集、输送高温气冷堆核岛厂产生的放射性废液, 将分类收集的废液在水满后, 全部送往全厂共用的废液处理设施进行集中处理。

本工程中华龙一号和高温气冷堆的放射性废气分别在各自的厂房内收集、分类、处理,

处理净化达标后，经通风系统管道排放到环境中去。

华龙一号废气管理系统由下列系统组成：

— 废气处理系统（ZGT）。

— 核岛厂房通风系统（HVAC）。

高温堆放射线废气处理系统涉及到放射线废气的系统主要包括：氦辅助排气子系统、一回路抽真空系统、氦辅助废气子系统、氦辅助抽真空子系统。

本工程的华龙一号机组固体废物处理系统（ZST 系统）由核辅助厂房（NH）内部分、核废物厂房（QF）内部分、废物处理中心和固体废物暂存库组成。ZST 系统考虑了接收和处理高温气冷堆产生的废物。

（2）非放射性影响防治措施

1) 污水防治措施

本工程拟建设污水处理构筑物、旱厕或移动式环保厕所、污水系统油水分离器等污水处理设施。

污水处理构筑物收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）车辆冲洗标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房的混合池。主厂区污水处理构筑物的设计规模为 200m³/d，厂前区污水处理构筑物的设计规模为 1200m³/d。污水处理构筑物建成前设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房的混合池；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，由有资质厂家处置。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m³/h，每套设备设计处理能力为 5m³/h。

2) 非放固体废物污染防治措施

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业废物和危险废物。

一般工业废物主要包括淡水处理过程中产生的污泥，污水处理过程中产生的污泥，污水处理构筑物、污水系统油水分离器调节池前格栅拦截的污物。

淡水处理过程、污水处理过程中产生的污泥量与原水水质和药剂添加量有关，污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。污水处理构筑物、污水系统油水分离器格栅拦截

的污物定期外运处理。

危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，废弃蓄电池，机械设备、变压器维修过程中产生的、废弃的润滑油、液压油、变压器油、矿物油等，含油废水处理过程中产生的废油、废油泥，过期、废弃的底漆、面漆、油漆，厂房照明损坏、更换的含汞荧光灯管，核应急准备过期失效药品。本工程设置危险废物集中暂存设施，集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

非放射性固体生活垃圾收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。江苏徐圩核能供热厂运行期间新增生活垃圾产生量约为 3.4 吨/天。

3) 噪声防治措施

噪声主要来自汽轮机综合厂房及 BOP 厂房内的汽轮机、发电机、给水泵、凝结水泵以及各类水泵、风机等设备的运转以及变压器区域的主变压器的运行。为了降低噪声对环境的影响，各噪声源拟采取以下措施：设备选型时优先选择低噪声设备，设备本身一般采取隔声、消声和减振等措施；根据设备的自重及振动特性采用合适的钢筋混凝土台座或隔振垫、减振器等；利用厂房墙体自身的隔声性能，必要时墙体可采取吸声、阻尼措施和安装隔声门窗，可降低设备噪声向外环境的传播；加强设备的维护和保养，确保设备处于良好的状态，杜绝因设备不正常运转时产生的高噪声现象；厂区绿化选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的植物构成绿化带，以减轻对周围声环境的影响。

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

(1) 公众

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 1 号华龙一号机组核岛为中心，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，见图 1.10-1。

(2) 非人类生物

液态流出物的评价范围为以液态流出物排放口为中心半径 0~80km 的范围，气载流出物的评价范围为以厂址为中心半径 10km 的范围。

1.10.2 非辐射环境影响评价范围

(1) 大气环境

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》(HJ808-2016)

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 5 公里兼顾项目取排水管线区域范围内主要敏感点。

（2）水环境

水环境的影响评价范围将参照《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ2.3-2018）、《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT 19485-2014）及《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

（3）声环境

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）以及厂址周围敏感点的分布情况，本次声环境的影响评价范围为厂界外 1 米及厂外 5 公里兼顾项目取排水管线区域范围内主要敏感点。

（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 50m 带状区域。

射频综合场强：调查范围为厂址周围 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 兼顾项目取排水管线区域；水生生态环境的现状调查评价范围为以本工程排水口为中心，两侧沿岸向外延伸距离各 30km，向海延伸 50km 范围的海域。

表 1.7-1 厂址“4 台华龙一号压水堆机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”运行状态下的放射性流出物年排放量以及厂址排放量控制值

核素类别		1 台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	1 台高温气冷堆机组排放量设计值 Bq/a	厂址 6 台机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
气载流出物	惰性气体	5.95E+13	5.10E+12	2.48E+14	2.40E+15	10.33%
	碘	5.85E+08	1.18E+10	2.60E+10	8.00E+10	32.50%
	粒子 (T1/2≥8d)	9.35E+07	7.00E+06	3.88E+08	2.00E+11	0.19%
	氚	4.60E+12	9.80E+12	3.80E+13	6.00E+13	63.33%
	碳-14	3.66E+11	5.95E+11	2.66E+12	2.80E+12	95.00%
液态流出物	氚	4.60E+13	2.77E+13	2.39E+14	3.00E+14	79.77%
	碳-14	2.69E+10	-	1.08E+11	6.00E+11	17.93%
	其余核素	9.51E+08	2.29E+05	3.80E+09	2.00E+11	1.90%



图 1.10-1 江苏徐圩核能供热厂厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.6 地形地貌

表：

表 2.4-1 各气象站基本状况与地理位置一览表

表 2.4-2 P-G 大气扩散参数

表 2.5-1 厂址附近范围水系统统计表

- 表 2.5-2 地下水类型划分一览表
- 表 2.5-3 微水试验成果一览表
- 表 2.5-4 承压水含水层抽水试验成果一览表
- 表 2.5-5 基岩裂隙水含水层抽水试验成果一览表
- 表 2.5-6 压水试验成果一览表
- 表 2.5-7 包气带层渗水试验成果统计表
- 表 2.5-8 各孔各层流速汇总表
- 表 2.5-9 各孔流向汇总表
- 表 2.5-10 各孔弥散性质汇总表
- 表 2.5-11 地下水按矿化度分类
- 表 2.5-12 测区主要河流统计表
- 表 2.5-13 钻孔抽水试验成果汇总表
- 表 2.5-14 室内渗透试验成果汇总表
- 表 2.5-15 第四系渗透性分级和渗透系数建议值一览表
- 表 2.5-16 水质分析成果一览表
- 表 2.5-17 水化学类型汇总表
- 表 2.5-18 各岩土层渗透性能及防污性能

图：

- 图 2.4-1 灌云站全年及各季风玫瑰图
- 图 2.4-2 灌云站年风玫瑰图（2014.4~2021.3）

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

江苏徐圩核能供热厂位于连云港市徐圩新区境内的西陲山区域，厂址北距田湾核电站约 21km；东侧紧邻东干河，距黄海约 17.5km；南侧紧邻善后河；西南距灌云县城约 31km；东距徐圩港区约 15km。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

本项目以各反应堆厂房为中心，半径 500m 为华龙机组与高温气冷堆机组非居住区边界；以各反应堆厂房为中心，半径 5km 为华龙机组与高温气冷堆机组规划限制区边界。

2.2 人口分布与饮食习惯

本节内容根据中国辐射防护研究院于 2022 年 4 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查和统计报告》进行编制。

人口资料来源：各市、县、镇政府相关部门提供的有关统计资料；厂址半径 80km 范围内的市、县 2020 年统计年鉴、统计报表；连云港市自然资源和规划局、公安局、应急管理局、卫生健康委员会、生态环境局、统计局、教育局等提供的有关资料和数据；厂址半径 15km 范围内各乡、镇政府提供的 2020 年有关资料和数据及实地调查、定位数据；有关单位正式出版的书刊、图件等。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布

厂址半径 5km 范围内涉及 15 个行政村的 93 个自然村，2020 年户籍人口总数约 2.5 万人，距厂址最近的自然村是西陲 87 管理区，位于厂址 W 方位 0.4km 处，户籍人口数约 2 百人；人口最多的自然村是后腰村的后腰鲁河街，位于厂址 SSE 方位 4.4km 处，户籍人口数约 1.4 千人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口中心。

厂址半径 5km 范围内共有 4 所学校，1 家医院，2 所敬老院，没有规模以上厂矿企业，没有监狱。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围内共 7 个乡镇 1 个农场 1 个合作示范区所辖的 11 个农场管理区 6 个社区，下辖共 92 个行政村，2020 年户籍人口总数约 29 万人。距离厂址最近的是东辛农场的西陲管理区，位于 WSW 方位 3.2km 处，户籍人口约 1.8 千人；人口最多的是圩丰镇洋桥农场，位于 ESE 方位 12.3km 处，户籍人口约 4.8 千人。厂址半径 10km 范围内没有 10 万以上人口的人口中心。

厂址 15km 范围内有学校和幼儿园 36 所，医院、卫生院、社区服务中心 13 所，敬老院 9 所，没有监狱。

2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围内的流动人员没有明显的特点和季节性。厂址半径 15km 范围内流动人口总数约 6.4 万人，主要为务工人员及少量农忙人员，人口以流出为主，流出人口在过节或农忙时节可能会返回户籍地。

厂址半径 5km 范围内流动人口总数约 1.5 万人，均为务工人员，人口以流出为主，流入人口只有几十人左右。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围内 2019 年户籍人口总数为 953 万人。

厂址半径 80km 范围内平均人口密度低于江苏省同期平均人口密度。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围涉及江苏省连云港市、徐州市、淮安市、盐城市、宿迁市，山东省日照市、临沂市，涉及连云港市连云区、海州区、赣榆区、东海县、灌云县、灌南县，徐州市新沂市，淮安市涟水县，盐城市响水县、滨海县、阜宁县，宿迁市沭阳县，日照市岚山区，临沂市莒南县、临沭县，共 2 省，7 市，15 县市区。厂址半径 80km 范围内涉及 10 个 10 万人口以上的城镇，距厂址最近的是连云港市海州区的新东街道，位于厂址 WNW 方位 28km，户籍人口约 11 万人。厂址半径 80km 范围内没有百万人口以上的人口中心。

2.3 土地利用及资源概况

本节内容根据中国辐射防护研究院于 2022 年 4 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查和统计报告》进行编制。

2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 10km 范围内涉及连云港市的连云区、灌云县、海州区 3 个县市区共 5 个乡镇：东辛农场、圩丰镇、四队镇、同兴镇、板浦镇。厂区土地类别主要是耕地、工矿用地、坑塘水面、农村道路等。

根据《省政府办公厅关于加快优化镇村布局规划的指导意见》，城镇规模结构计划形成各级城市和小城镇协调发展的城镇体系，规划一级中心城市 1 个，为连云港市；二级中心城市 3 个，分别为东海县、灌云县、灌南县；重点中心镇 9 个，位于厂址半径 10km 范围内的仅有圩丰镇 1 个；特色镇 10 个，位于厂址半径 10km 范围内的仅有板浦镇 1 个；

一般镇 28 个，根据城镇主导职能，按城市配套型、工贸生产型、一般服务型等类型分类引导，位于厂址半径 10km 范围内的一般镇有同兴镇、四队镇、东辛农场 3 个。规划内，圩丰镇以商贸、现代水产养殖为主要职能，以生态宜居宜游为特色的综合型城镇。板浦镇重点向东、向北发展，以生态农业、科技农业为基础，以板浦镜花缘文化为主题，积极发展文化旅游产业，依托板浦新型临港产业园，建设为中心城区配套的商贸物流业。根据《连云港市城市总体规划 2015-2030》、《连云港市连云区国土空间规划近期实施方案》（2021 年 3 月）、《灌云县国土空间规划近期实施方案》（2021 年 3 月），厂址附近土地利用规划情况为除西隰山采矿区为采矿用地外，其余主要为农用地，包括部分一般农用地以及基本农田保护区。

厂址半径 5km 范围内为禁采区，无有价值的矿产资源分布，无重要压覆矿。

厂址附近 15km 范围的风景名胜只有 1 个，为 AA 级伊芦山景区，位于厂址 WSW 方位 13km 处，年均游客数量为 16 万人。

厂址半径 15km 范围内无自然保护区、湿地公园或森林公园。

厂址半径 15 km 范围内共有文物古迹 4 处，其中省级文物古迹 3 处，分别为伊芦山六神台佛教造像、东隰山抗日石刻、伊芦山石刻群；市级文物 1 处，为封土石室。距离厂址最近的为东隰山抗日石刻，位于厂址 E 方位 6.8km 处。

厂址半径 50km 范围内无大、中型水库，有小型水库 14 座，湖泊 4 个。距离厂址最近的水库为黄泥塘水库，水库类型为小 2 型水库，最近处位于厂址 NNW 方位 19.4km 处，距离厂址最近的湖泊为隰山湖，最近处位于 NE 方位 8.7km 处。

厂址半径 15km 范围内涉及 5 条河流，距厂址最近的是古泊善后河，最近处位于厂址 S 方位 0.3km 处。

厂址半径 15km 范围居民生活饮水方式为自来水，自来水普及率接近 100%。自来水均取自地表水。厂址半径 15km 范围内有已运营自来水厂 1 家。厂址半径 15km 范围内的四队镇、同兴镇、圩丰镇自来水均由灌云县自来水公司提供，水厂取水口位于 SW 方位，最近直线距离为 32.9km。江苏方洋水务有限公司徐圩水厂为东辛农场以及徐圩新区提供自来水，水厂取水口位于 ENE 方位，最近直线距离为 6.5km。厂址半径 15km 范围居民生活饮用均不使用地下水。

根据《连云港市城市总体规划 2015-2030》，厂址所在徐圩新区供水主要依托徐圩水厂，水源为善后河水源地。

2.3.2 陆生资源及生态概况

本节依据中国辐射防护研究院于 2022 年 4 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查和统计报告》和中核第四研究设计工程有限公司于 2022 年 3 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址附近陆域生态环境调查及分析评价专题成果报告》编制。

2.3.2.1 农业生产情况

厂址所在区域有粮食稻谷、玉米等；水果有橙子、鸭梨、桃子、猕猴桃、葡萄等。

2.3.2.2 畜牧业情况

厂址周围地区的畜牧养殖，养殖的种类包括牛、猪、羊、家禽（鸡、鸭和鹅）和少量的兔。养殖猪和家禽的较多，部分家庭养殖羊、牛等。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

连云港市林木种质资源丰富，全市有木本植物 78 科、180 属、320 种，其中野生林木种质资源分属 50 科、110 属、170 种。云台山野生林木种质资源最多，有 48 科、108 属、163 种。

境内已探明矿产资源 49 种，其中非金属矿产 33 种、金属矿产 11 种、能源及水气矿产 5 种。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

本节依据中核第四研究设计工程有限公司于 2022 年 3 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址附近陆域生态环境调查及分析评价专题成果报告》编制。

厂址半径 10km 范围陆域生态环境现状调查评价工作以资料收集与现场采样、观测、调查相结合的方法开展。

2.3.2.4.1 植物及植被调查

2.3.2.4.1.1 植被及群系类型概况

(1) 苔藓植物

通过收集的文献资料，整理出整体调查区苔藓植物名录，共 10 科 14 属 22 种，其中苔类 2 科 2 属 2 种，现场调查中记录到苔藓植物主要为黄牛毛藓和葫芦藓。苔藓植物数量较多的是丛藓科、葫芦藓科、真藓科、灰藓科，均为传统意义上的大科，也是华东地区常见科。

(2) 维管植物

调查范围陆域内分布有维管束植物共 54 科 142 属 188 种。其中蕨类植物 1 科 1 属 1

种；裸子植物 3 科 3 属 3 种；被子植物 50 科 138 属 184 种。

野外调查共记录落叶阔叶林、草丛、人工植被、湿生植被共计四种植被型。

2.3.2.4.1.2 调查区内分布的重点保护植物

调查区域国家重点保护植物有野大豆。

2.3.2.4.2 陆生动物现状调查

2.3.2.4.2.1 鸟类

根据调研资料，厂址调查范围统计到鸟类有 12 目 32 科 73 种；在现场调查中，记录到鸟类 8 目 20 科 29 种。

根据本调查区域的自然环境，分布于此的鸟类类群主要有浅海带海岸湿地和滩涂鸟类群、森林灌木丛鸟类群、内陆湿地水域鸟类群、农田耕地鸟类群、居民点鸟类群等。

根据现场调查，调查范围有国家二级重点保护鸟类 2 种，分别为大杓鹬和画眉，江苏省重点保护鸟类 16 种，分别为小鸕鹚、夜鹭、大白鹭、白鹭、苍鹭、池鹭、红嘴鸥、青脚鹬、大杓鹬、白腰草鹬、斑嘴鸭、戴胜、画眉、喜鹊、灰喜鹊、麻雀。对于鸟类的濒危等级，根据《中国生物多样性红色名录—脊椎动物卷》，大杓鹬属于易危等级，画眉属于近危等级，其它为无危。

2.3.2.4.2.2 哺乳动物

调查区域共记录有哺乳动物种类 5 目 6 科 9 种。

调查区域的哺乳动物中栖息于村庄附近的有：黄鼬、褐家鼠、普通伏翼；栖息于农田草地的有黄鼬、大仓鼠、刺猬等；栖息于树林的赤腹松鼠、草兔等。本调查区域未见本地特有种和中国特有种的分布。

本项目调查区域内未见国家重点保护野生哺乳动物，分布有江苏省重点保护陆生野生哺乳动物 3 种，分别为刺猬、赤腹松鼠和黄鼬。

2.3.2.4.2.3 两栖动物

调查区两栖动物共 1 目 3 科 3 种。蟾蜍科、蛙科、叉蛇蛙科均各 1 种。

本项目调查区域内未见国家重点保护野生哺乳动物，分布有江苏省重点保护陆生野生两栖动物 2 种，分别为中华大蟾蜍和黑斑侧褶蛙。

2.3.2.4.2.4 爬行动物

调查区爬行动物共 1 目 4 科 7 种。

本项目调查区域内未见国家重点保护陆生野生动物，分布有江苏省重点保护野生动物赤链蛇、黑眉锦蛇、乌梢蛇等 3 种。

2.3.2.4.2.5 腹足纲软体动物

根据资料，已记录软体动物2个目7个科14个种。调查区内软体动物主要分布在城镇和农田等生境。

2.3.2.4.2.6 环节动物

根据资料，共记录环节动物3目4科8种。这些环节动物在调查区均有一定分布。

调查区内环节动物主要分布在城镇和农田等生境，多分布于阴暗潮湿、疏松而富于有机质的土壤内，在肥沃的菜园、果园、农田、河沟旁、食堂或厨房附近的阴沟边，垃圾堆和堆肥下常可发现。

2.3.2.4.2.7 食腐类节肢动物

根据资料，共记录食腐类节肢动物4纲7目8科28种，该类动物主要生活于潮湿土壤石块中。

2.3.2.4.2.8 飞行类昆虫

根据资料，调查区范围内一共有昆虫14目，94科，307种。

2.3.2.4.3 厂址和管线区域生态特征

2.3.2.4.3.1 厂址区域

本项目厂址位于连云港市徐圩新区境内东南部西隍山及周边农田和村庄区域，本次调查共记录植物47种，未发现国家重点保护野生植物。

2.3.2.4.3.2 管线区域

本项目取排水管线生态系统类型简单，植物物种主要为水稻农作物，以及常见草本植物，如狗尾草、牛筋草、牵牛、小蓬草、苍耳、鬼针草、葎草、芥菜等。

2.3.2.5 生态保护红线

根据《江苏省国家级生态保护红线规划》（2018年），本项目取排水管线不涉及生态保护红线，厂址半径10km陆域范围涉及3处生态保护红线，分别为徐圩新区集中式饮用水水源保护区、古泊善后河饮用水水源保护区、车轴河饮用水水源保护区。

根据自然资源部2022年10月批复的江苏省“三区三线”，本项目不涉及生态保护红线。

2.3.2.6 距离反应堆最近的农场、菜园、果园、农田等

距反应堆最近的农场所在地名称是西隍82管理区，最近的果（菜）园、农田所在地名称是西隍82管理区。厂址附近农田主要种植水稻。

2.3.3 水产资源及水生态概况

本节编制依据自然资源部第三海洋研究所2022年9月完成的《江苏徐圩核能供热厂

一期工程厂址附近海域生态环境现状调查及分析评价（含渔业资源调查）报告》编制。

2.3.3.1 厂址邻近海域中的海洋生物

（1）微生物

本次调查结果显示，排水口半径 15km 范围内区域污染情况以冬季最为严重，春季、夏季和秋季均未超过《国家海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。形成冬季粪大肠菌群丰度高的可能的原因是由于冬季降雨较少，人类活动带来的污染扩散较慢，因此海域的粪大肠菌群平均丰度较高。

（2）叶绿素 a 和初级生产力

i. 大面站

夏季调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 6.61 mg/m³，变化范围介于 3.24~11.98 mg/m³ 之间；底层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 5.67 mg/m³，变化范围介于 3.27~11.63 mg/m³ 之间。

夏季调查海域初级生产力的平均值为 35.51 mgC/（m²·h），变化范围在 8.52~158.75 mgC/（m²·h）之间。

秋季调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 2.28 mg/m³，变化范围介于 0.81~5.41 mg/m³ 之间；底层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 2.24 mg/m³，变化范围介于 0.73~5.02 mg/m³ 之间。

秋季调查海域初级生产力的平均值为 2.27 mgC/（m²·h），变化范围在 0.51~5.49 mgC/（m²·h）之间。

冬季调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 4.85 mg/m³，变化范围介于 3.23~8.02 mg/m³ 之间；底层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 4.70 mg/m³，变化范围介于 3.56~5.93 mg/m³ 之间。

冬季调查海域水柱初级生产力的平均值为 29.14 mgC/（m²·h），变化范围在 9.51~99.71 mgC/（m²·h）之间。

春季大潮期调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 1.83 mg/m³，变化范围介于 0.89~3.34 mg/m³ 之间；底层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 1.55 mg/m³，变化范围介于 0.08~2.51 mg/m³ 之间。

春季大潮期调查海域水柱初级生产力的平均值为 12.04 mgC/（m²·h），变化范围在 2.76~33.59 mgC/（m²·h）之间。

春季小潮期（15km 调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 2.06 mg/m³，变化范围介

于 $0.60\sim 3.98\text{mg}/\text{m}^3$ 之间；底层叶绿素 a 浓度的平均值为 $1.89\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于 $0.48\sim 3.31\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。

春季小潮期调查海域水柱初级生产力的平均值为 $9.16\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，变化范围在 $1.49\sim 45.99\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间。

ii. 连续站

夏季第一个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $3.66\sim 9.53\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $6.25\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层叶绿素 a 的浓度在 $3.50\sim 8.02\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $5.83\text{mg}/\text{m}^3$ 。夏季第二个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $3.24\sim 13.25\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $7.63\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层叶绿素 a 的浓度在 $3.65\sim 12.79\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $6.93\text{mg}/\text{m}^3$ 。

夏季第一个连续观测的初级生产力在 $13.95\sim 44.49\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $26.05\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。夏季第二个连续观测的初级生产力在 $9.03\sim 52.75\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $28.21\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

秋季第一个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $0.87\sim 2.52\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $1.45\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层叶绿素 a 的浓度在 $0.94\sim 1.73\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $1.30\text{mg}/\text{m}^3$ 。秋季第二个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $1.04\sim 2.03\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $1.39\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层叶绿素 a 的浓度在 $0.99\sim 2.08\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $1.38\text{mg}/\text{m}^3$ 。

秋季第一个连续观测的初级生产力在 $0.51\sim 3.35\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $1.67\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。秋季第二个连续观测的初级生产力在 $0.61\sim 1.46\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $0.96\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

冬季第一个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $3.92\sim 6.16\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $5.13\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层叶绿素 a 的浓度在 $4.63\sim 6.12\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $5.27\text{mg}/\text{m}^3$ 。冬季第二个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $3.28\sim 5.45\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $4.41\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层叶绿素 a 的浓度在 $3.31\sim 4.93\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $4.35\text{mg}/\text{m}^3$ 。

冬季第一个连续观测的初级生产力在 $30.35\sim 79.06\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $54.20\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。冬季第二个连续观测的初级生产力在 $16.84\sim 38.90\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $31.52\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

由于方案的变化，春季第一个连续站和夏秋冬季一致，第二个连续站为新设置的连续站。春季大潮期第一个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $1.16\sim 3.36\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $2.36\text{mg}/\text{m}^3$ ，底层叶绿素 a 的浓度在 $0.93\sim 3.72\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $2.35\text{mg}/\text{m}^3$ 。春季大潮期第二个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $2.26\sim 3.62\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，平均值为 $2.79\text{mg}/\text{m}^3$ ，

底层叶绿素 a 的浓度在 $0.80\sim 3.18\text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 2.15 mg/m^3 。

春季大潮期第一个连续观测的初级生产力在 $7.32\sim 13.00\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $9.94\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。春季大潮期第二个连续观测的初级生产力在 $5.79\sim 8.88\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $7.25\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

春季小潮期第一个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $0.80\sim 2.56\text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 1.74 mg/m^3 ，底层叶绿素 a 的浓度在 $0.87\sim 2.96\text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 1.96 mg/m^3 。春季小潮期第二个连续观测的表层叶绿素 a 浓度在 $1.01\sim 2.77\text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 1.84 mg/m^3 ，底层叶绿素 a 的浓度在 $0.84\sim 2.87\text{ mg/m}^3$ 之间，平均值为 1.48 mg/m^3 。

春季小潮期第一个连续观测的初级生产力在 $2.55\sim 4.87\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $3.88\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。春季小潮期第二个连续观测的初级生产力在 $2.23\sim 5.03\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，平均值为 $3.36\text{ mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

（3）浮游植物和赤潮生物

①浮游植物

i.大面站

夏季航次调查所获样品共有水采浮游植物 89 种。其中硅藻 58 种，甲藻 25 种，金藻 3 种，蓝藻 1 种，裸藻 1 种，定鞭藻 1 种。

秋季航次调查所获水采样品共有水采浮游植物 63 种。其中硅藻 43 种，甲藻 15 种，绿藻 1 种，金藻 2 种，蓝藻 1 种，裸藻 1 种。

冬季航次调查所获样品，经初步鉴定共记录浮游植物 78 种。其中硅藻 66 种，甲藻 10 种，金藻 1 种，定鞭藻 1 种。

春季航次调查所获样品，经初步鉴定共记录浮游植物 57 种。其中硅藻 44 种，甲藻 10 种，金藻 2 种，定鞭藻 1 种。

ii.连续站

夏季航次连续站整体呈现白天浮游植物丰度较高，夜晚较低的趋势。

秋季航次连续站整体呈现白天浮游植物丰度较高，夜晚较低的趋势。

冬季航次连续站整体呈现白天浮游植物丰度较高，夜晚较低的趋势。

由于方案的变化，春季第一个连续站和夏秋冬季一致，第二个连续站为新设置的连续站。春季大潮期航次第二个连续站整体呈现白天浮游植物丰度较高，夜晚较低的趋势；第一个连续站整体分布趋势较均匀。

春季小潮期航次第一个连续站整体呈现白天浮游植物丰度较高，夜晚较低的趋势。

②赤潮生物

夏季共记录赤潮生物 58 种，含硅藻 32 种，甲藻 21 种，金藻 3 种，定鞭藻 1 种，蓝藻 1 种。

秋季共记录赤潮生物 41 种，含硅藻 25 种，甲藻 13 种，金藻 2 种，蓝藻 1 种。优势种仅一种：中肋骨条藻。

冬季共记录赤潮生物 54 种，含硅藻 43 种，甲藻 9 种，金藻 1 种，定鞭藻 1 种。

春季共记录赤潮生物 39 种，含硅藻 26 种，甲藻 10 种，金藻 2 种，定鞭藻 1 种。

（4）浮游动物

i.大面站

夏季调查范围内共记录鉴定到种的浮游动物 51 种，其中水媳水母类 19 种，桡足类 17 种，其余物种为毛颚类 4 种，端足类、糠虾类、十足类和枝角类均为 2 种，磷虾类、等足类和被囊类均为 1 种。

秋季调查范围内共记录鉴定到种的浮游动物 50 种，其中桡足类 21 种，毛颚类 9 种，水媳水母 8 种，其余物种为糠虾类、十足类和栉水母各 3 种，被囊类、磷虾类、和多毛类各 1 种；此外记录原生动物夜光虫、涟虫、钩虾以及 12 类阶段性浮游幼虫。

冬季调查中，共记录鉴定到种的浮游动物 35 种，其中以水母类和桡足类均为 12 种，此外糠虾类 5 种占比较高，其余类群占比较小，毛颚类 2 种，栉板动物、端足类、磷虾类和被囊类均为 1 种。

春季大潮航次调查中，共记录鉴定到种的浮游动物 24 种，其中以桡足类 8 种数量最多，水母类 6 种次之，毛颚类和糠虾类 3 种，端足类 2 种，十足类和被囊类均 1 种。

春季小潮航次调查中，共记录鉴定到种的浮游动物 22 种，其中以水媳水母类 9 种最高，桡足类 7 种次之，糠虾类和毛颚类第三，各 2 种，端足类和被囊类均 1 种。

ii.连续站

夏季航次第一个站的生物量昼夜变化趋势基本相似。第二个连续站总生物量在当日 19:30 达到最高值，之后波动明显，于次日凌晨 1:30 达最低值，而后回升至 7:30 达次高峰。

秋季航次第一个连续站的生物量的昼夜变化趋势基本相似，第二个连续站总生物量最高值出现在次日 4:30，而后迅速回落，而后迅速回升达次高值。

冬季航次第一个连续站的生物量的昼夜变化趋势基本相似。第二个连续站总生物量在当日 22:30 达到最高值，之后急剧下降，于次日凌晨 1:30 达最低值，而后回升至 4:30

达较高值。

由于方案的变化，春季第一个连续站和夏秋冬季一致，第二个连续站为新设置的连续站。春季大潮航次第一个连续站的生物量的昼夜变化趋势基本相似。第二个连续站总生物量于8:30逐渐上升至当日17:30出现最高值，而后迅速回落，23:30迅速回升达次高值。

春季小潮航次第一个连续站总生物量最高值出现在当日13:00后波动明显，于当日19:00达次高值，次日1:00数值最低。第二个连续站的生物量的昼夜变化趋势基本相似。

（5）大型底栖生物

夏季调查共获大型底栖生物 94 种，其中环节动物 40 种，节肢动物 26 种，软体动物 17 种，棘皮动物和其他动物分别出现 6 种和 5 种。

秋季调查共获底栖生物 91 种，其中环节动物 39 种，节肢动物 25 种，软体动物 14 种，棘皮动物和其他动物分别有 5 种和 8 种。

冬季调查共获大型底栖生物109种，其中环节动物40种，软体动物25种，节肢动物30种，棘皮动物和其他动物均出现7种。

春季调查共获大型底栖生物 100 种，其中环节动物 45 种，软体动物 21 种，节肢动物 16 种，棘皮动物和其他动物分别出现 5 种和 13 种。

（6）潮间带生物

夏季潮间带大型底栖生物调查共采集大型底栖生物62种，分属6门46科。其中环节动物20种；节肢动物20种；软体动物19种；其他动物（包括腕足动物和脊索动物）2种，棘皮动物1种。

秋季潮间带大型底栖生物调查共采集大型底栖生物 56 种，分属 7 门 41 科。其中环节动物 18 种，节肢动物 18 种，软体动物 16 种，其他动物（包括纽形动物、扁形动物、腕足动物、脊索动物）4 种。

冬季潮间带生物 53 种，分属 10 门。其中节肢动物的物种数最高，为 17 种，其次是环节动物为 15 种，软体动物 11 种，其他动物 9 种，棘皮动物 1 种。

春季航次共采集潮间带生物 37 种，分属 6 门。其中环节动物 17 种，节肢动物 3 种，软体动物 13 种，其他动物 4 种。

（7）鱼卵仔鱼

①垂直拖网

夏季调查，共出现鱼类浮游生物 7 科 10 属 14 种，其中鱼卵 8 种，仔稚鱼为 10 种。

秋季调查，垂直拖网仅出现 1 种小公鱼仔稚鱼。

冬季调查，鱼卵和仔稚鱼均未采到。

春季调查，共出现鱼类浮游生物 5 科 4 属 5 种，鱼卵和仔稚鱼各为 3 种。

②水平拖网

夏季调查，水平拖网记录鱼卵和仔稚鱼 2 科 20 属 24 种，其中鱼卵 14 种，仔稚鱼为 17 种。

秋季调查水平拖网出现仔稚鱼为 10 科 9 属 10 种。种类上，以鯉科鲱科种类略多为 2 种，其它各科仅记录 1 种。

冬季调查，水平拖网共记录仔稚鱼为 7 科 7 属 8 种。种类上，除六线鱼科种类略多为 2 种外，其它各科仅出现 1 种。

春季调查，水平拖网共记录鱼卵和仔稚鱼 7 科 6 属 9 种，其中鱼卵 4 种，仔稚鱼为 7 种。种类上，石首鱼科和鲷科种类略多为 2 种，其它各科仅出现 1 种。

（8）游泳动物

夏季调查所获样品经鉴定共有游泳动物 42 种，其中鱼类 22 种，虾类 6 种，蟹类 9 种，虾蛄类 1 种，头足类 4 种。

秋季调查所获样品经鉴定共有游泳动物 27 种，其中鱼类 16 种，虾类 4 种，蟹类 4 种，虾蛄类 1 种，头足类 2 种。

冬季调查所获样品经鉴定共有游泳动物 17 种，其中鱼类 8 种，虾类 3 种，蟹类 4 种，虾蛄类 1 种，头足类 1 种。

春季调查所获样品经鉴定共有游泳动物 45 种，其中鱼类 21 种，虾类 8 种，蟹类 11 种，虾蛄类 1 种，头足类 4 种。

2.3.3.3 生物质量

海洋贝类生物按《海洋生物质量》（GB/T 18421-2001）标准执行，非双壳贝类的生物质量评价，国家尚未颁布统一的评价标准，本报告采用《全国海岛资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的“海洋生物质量评价标准”进行评价。其中甲壳类生物体内污染物质（除石油类外）含量评价标准采用《全国海岛资源综合调查简明规程》中规定的标准值，石油类含量的评价标准采用《第二次全国海洋污染基线调查报告》（第二分册）中规定的标准值。藻类没有参考标准，暂不做评价。

（1）铜

夏季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的铜含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值。潮间带缢蛏、菲律宾蛤仔、中国蛤蜊、四角蛤蜊铜含量符合海

洋生物质量一类标准，熊本牡蛎的铜含量超过海洋生物质量三类标准。

秋季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的铜含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值。潮间带菲律宾蛤仔、华丽蛤蜊、缢蛭、四角蛤蜊铜含量符合海洋生物质量一类标准，A5 棘刺牡蛎的铜含量符合海洋生物质量三类标准，A1 棘刺牡蛎、熊本牡蛎的铜含量超过海洋生物质量三类标准。

（2）铅

夏季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的铅含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值。潮间带菲律宾蛤仔、中国蛤蜊的铅含量均符合海洋生物质量一类标准，缢蛭、四角蛤蜊和熊本牡蛎的铅含量均符合海洋生物质量二类标准。

秋季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的铅含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值。潮间带菲律宾蛤仔和四角蛤蜊的铅含量均符合海洋生物质量一类标准，华丽蛤蜊、缢蛭、棘刺牡蛎和熊本牡蛎的铅含量均符合海洋生物质量二类标准。

（3）锌

夏季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的锌含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值。潮间带菲律宾蛤仔、中国蛤蜊、四角蛤蜊的锌含量符合海洋生物质量一类标准，缢蛭的锌含量符合海洋生物质量二类标准，熊本牡蛎的锌含量符合海洋生物质量三类标准，高公岛熊本牡蛎锌含量超出海洋生物质量三类标准。

秋季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的锌含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值。潮间带菲律宾蛤仔、华丽蛤蜊和四角蛤蜊的锌含量符合海洋生物质量一类标准，缢蛭的锌含量符合海洋生物质量二类标准，A5 棘刺牡蛎和熊本牡蛎的锌含量符合海洋生物质量三类标准，海蛎锌含量超出海洋生物质量三类标准。

（4）镉

夏季调查海区鱼类、甲壳类和软体类的镉含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值；缢蛭、中国蛤蜊、四角蛤蜊的镉含量符合海洋生物质量一类标准，菲律宾蛤仔和熊本牡蛎的镉含量符合海洋生物质量二类标准。

秋季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的镉含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的评价标准值。潮间带华丽蛤蜊、缢蛭和四角蛤蜊的镉含量符合海洋生物质量一类标准，菲律宾蛤仔、棘刺牡蛎和熊本牡蛎的镉含量符合海洋生物质量二类标准。

（5）铬

夏季调查海区潮间带贝类的铬含量均符合海洋生物质量二类标准。

秋季调查海区潮间带菲律宾蛤仔的铬含量均符合海洋生物质量二类标准，其余贝类的铬含量均符合海洋生物质量一类标准。

（6）汞

夏季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的鱼类评价标准值。潮间带贝类汞含量符合海洋生物质量一类标准。

秋季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的汞含量均低于《全国海岛资源综合调查简明规程》中的鱼类评价标准值。潮间带贝类汞含量符合海洋生物质量一类标准。

（7）砷

夏季调查海区潮间带贝类的砷含量均符合海洋生物质量二类标准。

秋季调查海区潮间带华丽蛤蜊、四角蛤蜊、棘刺牡蛎的砷含量均符合海洋生物质量一类标准，菲律宾蛤仔、缢蛏和熊本牡蛎的砷含量均符合海洋生物质量二类标准。

（8）石油烃

夏季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的石油烃含量均低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》（第二分册）中规定的标准值。潮间带菲律宾蛤仔、中国蛤蜊、四角蛤蜊的石油烃含量符合海洋生物质量一类标准，缢蛏和牡蛎的石油烃含量符合海洋生物质量二类标准。

秋季调查海区浅海鱼类、甲壳类和软体类的石油烃含量均低于《第二次全国海洋污染基线调查报告》（第二分册）中规定的标准值。潮间带棘刺牡蛎的石油烃含量符合海洋生物质量二类标准，其余贝类的石油烃含量符合海洋生物质量一类标准。

2.3.3.4 生态红线

根据江苏省海洋生态红线保护规划（2016—2020年），项目厂址 80km 周围海域生态红线有海州湾国家级海洋公园、盐城湿地珍禽国家级自然保护区实验区、江苏省海州湾海洋牧场、响水四腮鲈鱼种质资源保护区、连云港海域农渔业区、对虾水产种质资源保护区、前三岛增养殖区、前三岛鸟类特别保护区、达山岛领海基点特别保护区、赣榆砂质岸线及邻近海域。

2.3.3.5 工程周围环境敏感目标

项目厂址 80km 范围环境敏感区主要包括：项目周边山东省和江苏省的自然保护区、海洋特别保护区、水生、野生动植物保护区、种质资源保护区、经济鱼类产卵场/索饵场/越冬场等重要渔业水域。其中项目周边 30km 的自然保护区、海洋公园、其他保护区有：江苏盐城国家级珍禽自然保护区、江苏连云港海州湾国家级海洋公园、羊山岛自然遗迹和

非生物资源保护区、开山岛海蚀地貌保护区、连岛旅游休闲娱乐区。

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 范围内有 28 家规模以上的工矿企业，其中距厂址最近的规模以上企业位于厂址 SSE 方位 8.1km 处，职工人数 10 人。

本项目位于徐圩新区内，徐圩新区是国务院批准设立的国家东中西区域合作示范区的先导区，全名是国家东中西区域合作示范区连云港徐圩新区，是国家七大石化产业基地之一，是江苏沿海开发一带一路支点建设中产业合作的主要实施载体，是连云港市委市政府确定的发展新型临港产业的核心区，重点打造石化、精品钢、先进装备制造、节能环保和现代港口物流等 5 大主导产业。根据《连云港[徐圩新区]控规编制单元划分》(2010 年)，徐圩新区范围：北起烧香河河道中心线，西至烧香支河西岸，南至善后河、埭子口北岸（含徐圩湿地），东至海堤，并代管东辛农场。

连云港石化产业基地位于徐圩新区内，位于厂址 NNE~ENE 方位，距厂址中心直线距离 8.5~15km。根据《连云港石化产业基地总体发展规划修编（2019-2030）》，连云港石化产业基地主要布局炼化一体化、乙烯、丙烯、聚酯、多元化原料加工、化工新材料等产业，以炼油、乙烯、芳烃一体化为基础，以多元化原料加工为补充，以清洁能源、有机原料和合成材料为主体，以化工新材料和精细化工为特色，形成多产品链、多产品集群的烷烃资源深加工和炼化一体化基地。目前该园区内有两处在运行的、大型的危险品专业罐区，分别是徐圩新区液化天然气储配站和连云港石化低温罐区，在建项目主要有 21 家。

厂址半径 15km 范围内生产、使用和贮存危险品的化工企业共有 11 家，主要集中在徐圩新区。

厂址半径 15km 范围内涉及连云港石化产业基地的规划，位于厂址 NE~ENE 方位，距厂址中心直线距离 8.5~15km，根据《连云港石化产业基地总体发展规划修编》，该园区的主要加工产业包括炼油、乙烯、对二甲苯、丙烯、成品油，园区内目前有 21 家规划在建企业。

厂址半径 15km 范围内涉及 4 家烟花爆竹销售企业，距厂址最近的企业位于厂址 N 方位 7km 处，最大储量 60kg，同时也是厂址半径 15km 范围内炸药储量最大的企业。

厂址半径 15km 范围内涉及 11 家加油站和 2 家加气站，距厂址最近的加油站，位于厂址 SE 方位 2.6km 处。

厂址半径 15km 范围内涉及徐圩新区国家原油战略储备基地的规划，该基地的地下洞

库储存部分位于东隰山地下洞库，位于厂址 E 方位 8.0km 处。

厂址半径 15km 范围内涉及多条危险品运输道路，最大运输量均在 30t 左右。

距厂址最近的危险品运输道路是省道 S242，该道路距离厂址中心 1.4km，该道路涉及多种危险品运输。

厂址半径 15km 范围内涉及 4 处现有天然气管道分别是，海州区浦南门站至徐圩调压站高压天然气管道，位于厂址正北方，距厂址中心最近距离 2.2km；中压燃气管道位于厂址正北方向，距离厂址约 9km；次高压燃气管道，管线走向是连云区至灌云县，管线分布经过徐圩新区的石化产业园区，位于厂址 NNE 方位，距离厂址 12km；徐圩新区石化产业园区内的次高压天然气管网，距厂址中心直线距离约 12km，位于厂址 NNE 方位。

厂址半径 15km 范围内除在建的海州区浦南门站至徐圩调压站高压天然气管道外还涉及若干条中压燃气管道的规划，根据《连云港市城市燃气专项规划(2017-2030)》(2018.12)，厂址半径 15km 范围内天然气中压管线规划：主要集中在徐圩新区以及石化产业基地，位于厂址西北方向，距厂址中心约 12km。

厂址附近涉及一条成品油管道的规划，为连云港-徐州成品油管，距厂址中心最近直线距离 2.1km。

经初步保守计算分析，除省道 S242 运输的烯丙醇扩散到达厂区后浓度高于毒性浓度限值，其他的外部人为事件危险源均不会对厂址安全造成影响，不构成设计基准事件。后续将对其进行一步详细评价，如若必要会采取有效措施以保证厂址的安全。

2.3.4.2 交通

(1) 公路、铁路

厂址附近交通发达，厂址所在连云港市全市农村公路通达里程 10890km，实现了全市所有行政村双车道四级公路全覆盖。厂址半径 15km 范围内主要有 G15 沈海高速、国道 G228、省道 S242 及 21 条县道。

厂址半径 15km 范围内涉及青盐铁路、连盐铁路徐圩支线（青盐铁路支线）、及上合组织物流专用线，距厂址最近的是连盐铁路的徐圩支线，最近处位于厂址 N 方位 6.5km 处。

厂址半径 15km 规划建设公路 8 条，距厂址最近的规划中道路是县道徐圩至东海公路，最近处位于厂址 N 方位，距离厂址中心距离 2.2km。

厂址半径 15km 范围内规划有 4 条铁路，分别是市域铁路 S1 支线位于厂址 NNW 方位 8.5km 处；市域铁路 S2 支线位于厂址 SSW 方位 13.9km 处；连盐铁路徐圩支线位于厂

址 N 方位 7.1km 处。

（2）海运

厂址半径 15km 范围内没有现状航道和码头。最近的港口码头为徐圩港区，距离厂址 18km。最近的航道为徐圩港区 10 万吨级航道，距离厂址 18km。

厂址半径 15km 内没有港区及海上航道规划。

（3）内河

厂址半径 15km 范围内无内河港口和码头，距厂址最近的码头是为位于善后河的海州港码头，距离厂址约 17km。

厂址半径 15km 范围内河流航道主要有善后河、烧香河、车轴河、牛墩界圩河，其中烧香支河航道等级现状是五级航道。

厂址半径 15km 范围内涉及 2 处内河码头的规划，分别是位于厂址 ENE 方位 10.1km 处的老烧香河作业区和位于厂址 ENE 方位 15km 处的西港河作业区。

厂址半径 15km 范围内涉及 6 条规划航道，距离厂址最近的规划航道是善后河，该航道为连宿航道的比选方案之一，最近处位于厂址 S 方位 0.3km 处。

（3）机场

厂址半径 16km 范围内没有机场，半径 4km 范围内没有航线。厂址距连云港白塔埠机场直线距离是 65km，距淮安机场 83km。厂址距连云港新机场花果山机场直线距离是 30km，距离最近的空中航线 23km，距离新机场花果山机场的最近进离场程序涉及的航线 6.5km。厂址周围现有机场及空中航线不会对厂址安全构成影响。

厂址附近规划建设 2 个机场，分别是灌云通用机场和海州通用机场，初步规划方案中，灌云通用机场位于厂址西南方向约 14.5km；海州通用机场位于厂址西方向约 7.0km。由于目前上述规划方案尚未落实，后续将持续关注相关规划的推进情况，并确保本厂址的安全。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址所在区域为暖温带半湿润季风气候区，略有海洋性气候特征。四季分明，冬季寒冷干燥，夏季高温多雨。光照充足，雨量适中。

本区位于我国东部沿海，季风系统对区内冬、夏季天气起主导作用。冬季地面系统主要为蒙古高压，高空受到东亚大槽的控制。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。春、秋季节蒙古高压、阿留申低压、印度低压，太平洋副热带高压四个系统对峙，致使本区该时节天气多变。

冬季：受冬季风和蒙古高压控制，冬季风强盛且稳定少变，地面气压场上，蒙古高压稳定在 10°E ， 50°N 附近，阿留申低压稳定在 170°E ， 50°N 。在 500hPa 上空，东亚大槽稳定在我国沿海一带，江苏省位于槽后，天气干燥寒冷。只有在高空有地槽东移和低层有气旋波发展时，大陆冷高压和稳定的冬季风才受到短时间的破坏，也正是这个地槽和气旋波东移发展，诱发新的强冷高压入侵和强的冬季风再建立，以后进入相对稳定期。相对稳定期的大陆冷高压，由太阳辐射量增多而产生变性，气温出现回暖，回暖到新的冷高压入侵，气温就又骤降，造成回暖—降温—再回暖—再降温的循环过程。进入江苏省的冷空气路径一般有西北路、北路、西路和东路。

春季：地面气压场上为蒙古高压、阿留申低压、印度低压，太平洋副热带高压四个活动中心对峙，造成了春季环流形式中南北气流的进退交替的局面，致使江苏省的天气复杂多变，乍暖还寒。当北方冷空气势较强、高空有地槽活动时，就会有移动性冷高压南下，出现春季寒潮天气。当南方暖湿气流比较活跃向北挺进与冷空气相交于江淮一带时，形成气旋，出现阴雨天气。如果南北气流势均力敌，则产生江淮静止锋，江苏省即会出现春季的低温连阴雨天气。

夏季：地面气压场上印度低压和西太平洋副高成为我国大部分地区的控制系统。由于鄂霍茨克海高压的维持，高压沿海高压脊取代沿海大槽，当太平洋副高压脊稳定在 20°N 左右，副高北缘的西南暖湿气流与来自大陆的西北冷气流在长江流域一带交绥，江苏省进入“梅雨”期。梅雨期一般维持 20d 左右，约在 7 月中旬结束，进入盛夏，因此从 7 月中旬到 9 月上旬是夏季风最盛时期。大陆上印度低压和西太平洋副高进一步加强，西太平洋副高明显北移，江苏省受它的控制，盛行东南风，天气稳定，出现持续性晴热天气，气温迅速上升，全省进入高温暑热季节。

秋季：冬季风开始南下，夏季风逐渐被冬季风所取代，地面气压场又一次调整，形成类似于春季的四个活动中心对立状态。高空沿海低槽很快建立，10 月得以加强，但位置比隆冬稍偏西。由于冬季风南下，冷空气从低层向南方移动，在长江流域稳定下来，而高空仍受副热带高压控制，大气垂直结构十分稳定，所以江苏省常呈现秋高气爽的晴好天气。可是有些年份，蒙古高压迟迟不得建立，极地冷气团势力不强，夏季风仍占优势。在西南暖湿气流的影响下，还会造成秋雨绵绵的连阴雨天气。一旦印度低压和太平洋高压完全退出大陆，蒙古高压和阿留申低压加强，东亚大槽形成，随着一次冷空气南下，气温突降，气压陡增，便表明秋季结束，冬季来临。

厂址周边主要的四个气象站分别为灌云、赣榆、响水和连云港气象站。各气象站的基

本情况见表 2.4-1。

根据厂址周边灌云、赣榆、响水和连云港四个气象站的多年（平均值：1991~2020 年，极端值：建站~2020 年）气象资料统计结果，厂址区域年平均气温为 14.3~14.8℃，极端最高气温为 40.2℃（连云港，2002.7.15），极端最低气温为-21.7℃（灌云，1969.2.6）；年平均相对湿度为 71~75%；年平均风速为 2.1~2.3m/s，最大风速为 29.3m/s（连云港，1958.5.11），极大风速为 40.0m/s（赣榆，1967.6.4）；年平均降水量为 892.0~912.3mm，一日最大降水量为 699.7mm（响水，2000.8.30）；年平均蒸发量为 1024.0~1174.2mm；年平均气压为 1016.4~1016.7hPa，极端最高气压为 1047.4hPa（连云港，2000.1.31），极端最低气压为 979.8hPa（响水，2019.8.11）；年平均日照时数为 2092.5~2315.5h；年平均总云量为 4.9~5.8 成，年平均低云量为 1.5~2.8 成。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

以下根据灌云气象站 1991~2020 年的气象要素统计结果，分析厂址的当地气象条件。

1) 风向、风速

灌云站年平均风速为 2.1m/s，一年中以 3、4 月份平均风速最大，为 2.5m/s，9、10 月份平均风速最小，为 1.7m/s。最大风速为 18.0m/s，出现在 1993 年 8 月，极大风速为 30.4m/s，出现在 2006 年 4 月 28 日。图 2.4-1 给出了灌云站各季风向频率和季年风玫瑰图，可见，年最多风向为 E，风频 11%，次多风向为 NE 和 ENE，风频均为 10%。混合统计的年静风频率为 12%，使用自动站后，年静风频率（ $\leq 0.5\text{m/s}$ ）为 10%。

2) 气温

灌云站年平均气温为 14.5℃，最高月平均气温出现在 7 月，为 26.9℃，最低月平均气温出现在 1 月，为 0.8℃，极端最高气温为 40.0℃，出现在 1964 年 7 月 8 日，极端最低气温为-21.7℃，出现在 1969 年 2 月 6 日。

3) 相对湿度

灌云站年平均相对湿度为 73%，最大月平均值出现在 8 月份，达到 84%；最小月平均值出现在 3、4 月份，为 67%。最小相对湿度为 0%，出现在 2016 年 2 月。

4) 水汽压

灌云站年平均水汽压为 14.4hPa，平均水汽压最高出现在 7 月，为 29.5hPa，最低出现在 1 月，为 4.5hPa。

5) 降水

灌云站年平均降水日数为 115.2d，年平均降水量为 892.0mm，年降水量最大值为 1549.7mm，出现在 2003 年。一年中以 7 月份的平均降水量最大，为 209.7mm；1 月份平均降水量最少，仅为 19.8mm。一日最大降水量为 266.8mm，出现在 2020 年 8 月 30 日。

6) 气压

灌云站年平均气压为 1016.6hPa，累年平均 1 月和 12 月份气压最高，为 1027.4hPa，7 月份平均气压最低，为 1004.0hPa。极端最高气压为 1046.6 hPa，出现在 2000 年 1 月，极端最低气压为 980.6hPa，出现在 2019 年 8 月。

7) 云量

灌云站年平均总云量为 5.8 成，其中 7 月份平均总云量最多，为 7.4 成，12 月份平均总云量最少，为 4.5 成。低云量的年变化规律与总云量基本一致。其特征数值为：年平均 2.1 成；冬半年少，10~4 月均不足 2 成；最多也是在夏季的 7 月，为 3.7 成。

8) 日照

灌云站年平均日照时数为 2092.5h，一年中以 5 月份的平均日照时数最长，为 214.3h，1 月份的平均日照时数最短，为 146.3h。

9) 蒸发

灌云站年平均蒸发量为 1174.2mm，累年平均蒸发量以 6 月份最多，为 148.0mm，1 月份最少，为 36.9mm。

2.4.2.2 极端气象

1) 热带气旋

以厂址为中心半径 400km 的区域作为厂址热带气旋的调查范围，收集该区域内 1949~2020 年的热带气旋资料，共得到 104 个样本，平均每年约 1.4 个。采用耿贝尔函数进行极值拟合，得到厂址百年一遇热带气旋最低中心气压为 953.8hPa，百年一遇热带气旋最大风速为 35.2m/s，百年一遇热带气旋极大风速为 52.8m/s。

2) 龙卷风

调查 1960~2020 年间以厂址为中心，经度 3°、纬度 3°范围内的所有龙卷风资料，调查面积共 86537km²。采用富士达~皮尔森强度分类法对区域内的龙卷风进行逐个分类，得到 F0 级 203 例，F1 级 152 例，F2 级 114 例，F3 级 6 例。

以 10⁻⁷/年作为设计基准龙卷风的概率水平，得到厂址区域龙卷风设计基准风速为 92.0m/s，设计基准龙卷风为 F3 级。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

最大龙卷风速	92.0 m/s
平移速度	17.8 m/s
最大风速半径	50 m
总气压降	6.82kPa
压降速率	2.43kPa/s
最大旋转风速	74.2m/s

3) 极端风速

收集灌云、赣榆、连云港和响水四个气象站有记录以来~2020年的实测风资料，采用耿贝尔函数进行极值拟合，并考虑各参证站的实测极值，最终确定厂址区域百年一遇实测风最大风速为27.2m/s，百年一遇实测风极大风速为42.5m/s。

4) 极端气温

收集灌云、赣榆、连云港和响水四个气象站有记录以来~2020年的极端气温资料，采用耿贝尔函数进行拟合，并考虑各参证站的实测极值，最终确定厂址区域百年一遇最高气温为41.8℃，百年一遇最低气温为-21.7℃。

5) 极端积雪

收集灌云、赣榆、连云港和响水四个气象站有记录以来~2020年的冬季最大积雪深度和冬季48h最大降水量资料，分别采用耿贝尔函数和P-III函数进行极值拟合，并考虑各参证站的实测极值。按照导则的要求，百年一遇雪荷载为极端雪深和冬季48h最大降水量的叠加值，最终确定厂址区域百年一遇雪荷载为94.4kg/m²（0.93kN/m²）。

2.4.3 当地气象条件

以下根据灌云气象站2014年4月1日~2020年3月31日的气象要素统计结果，分析厂址的当地气象条件。

1) 风向、风速

灌云站年平均风速为2.1m/s，一年中以4月份平均风速最大，为2.5m/s，10月份平均风速最小，为1.7m/s。图2.4-2给出了灌云站年风玫瑰图，可见，年最多风向为ENE，风频13.0%，次多风向为E，风频为10.8%。年静风频率（≤0.5m/s）为10.7%。

2) 降水

灌云站年平均降水量为851.3mm，一年中以7月份的平均降水量最大，为161.1mm；12月份平均降水量最少，为24.8mm。

3) 云量

灌云站年平均总云量为 6.0 成，其中 6 月份平均总云量最多，为 7.2 成，12 月份平均总云量最少，为 4.7 成。低云量年平均为 2.8 成；3 月份最少，为 1.8 成；最多也是在夏季的 7 月，为 4.0 成。

2.4.4 大气稳定度

根据灌云站 2014 年 4 月 1 日~2020 年 3 月 31 日（2020 年 3 月后无低云观测记录）共 6 年的风向、风速逐时资料以及云量资料，采用导则推荐的帕斯奎尔（Pasquill）稳定度分级法（简记 P.S）来计算大气稳定度。可见厂址区域以 D 类稳定度为主，频率占 50.0%，其次为稳定的 E、F 类，频率占 27.6%，不稳定的 A~C 类最少，频率为 22.4%。

2.4.5 联合频率

利用灌云站 2014 年 4 月 1 日~2020 年 3 月 31 日的逐时资料，以及上述大气稳定度统计结果，计算得到 10m 高度风向-风速-稳定度三维联合频率和风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

本阶段厂址大气扩散试验目前正在开展过程中。由于本厂址与田湾核电站距离较近，相距约 21km。厂址半径 100km 范围内最大高差约 512m，厂址半径 10km 范围内最大高差约 72m，地形起伏不大。因此，本阶段厂址区域的混合层高度参考田湾核电站。

田湾核电站混合层高度推荐值：

A 类和 B 类稳定度：800m；

C 类和 D 类稳定度：600m。

2.4.6.2 大气扩散参数

保守考虑，本阶段扩散参数采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）中推荐的 P-G 曲线，根据 P-G 曲线拟合得到的 P-G 大气扩散参数见表 2.4-2。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

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

厂址气象观测系统于 2022 年 1 月 13 日完成了仪器安装、检定和水平比对的工作，1 月 23 日开始正式观测。气象观测系统由气象铁塔风温梯度观测系统、地面气象诸要素自动观测系统、监控系统平台三部分构成。硬件采用美国 Campbell 公司生产的高性能采集

器 CR1000X，能实现对所有的数据实时采集、保存，主机能够提供整时的或由用户定义（最小为 1min）时间间隔内的测量数据。该气象观测系统主要由传感器、数据采集器、主控机、电源和专用电缆组成。

地面气象观测的气象要素包括：风向、风速、温度、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量、蒸发等。气象铁塔观测高度为 10m、30m、50m、70m 和 100m 五层，观测要素为风向、风速、温度和湿度（100m）。

气象观测仪器在安装架设前均进行了标定，并开展了风、温、湿传感器安装前的水平比对。

2.5 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程。

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

（1）概述

江苏徐圩核能供热厂位于连云港市徐圩新区西陇山区域。厂址所在地位于连云港市灌云县、海州区与连云区南部的滨海平原，其地形地貌简单，除分布有孤岛状低山残丘（大伊山最高）及西部狭长的岗岭（灌云西部）外，其余均为海陆交互沉积的滨海平原，地势自西向东南呈微倾斜状，地势低洼。厂址北距田湾核电站约 21km；东侧紧邻东干河，距黄海约 17.5km；南侧紧邻善后河；西南距灌云县城约 31km。该海域设有连云港海洋站对潮位、海水温盐、气象和波浪要素进行观测。

（2）潮汐

本报告主要依据厂址专用站周年验潮资料和连云港站的长期潮位观测资料来分析计算厂址海域的潮位特征值，报告中除特殊说明外所有数据均以 1985 国家高程基准为起算面。

本工程海域为规则半日潮。依据厂址站资料、参证站连云港站的潮位资料，计算工程海域的潮位特征值如下：

平均高潮位	1.97m
平均低潮位	-1.61m
最大潮差	5.96m
平均潮差	3.58m
平均涨潮历时	5 小时 36 分

平均落潮历时

6 小时 49 分

（3）潮流

2021-2022 年期间对工程海域按大、中、小潮型各进行了四季全潮观测。

观测海域潮流属规则半日潮类型，善后河河口潮流属不规则半日潮类型。本海域潮流运动形式属于旋转流，河口处运动方式表现为往复流。

两季测验期间夏季最大余流流速为 36.9cm/s，秋季最大余流流速为 54.0cm/s，冬季最大余流为 18.0cm/s，春季最大余流为 27.6cm/s。

（4）海水温度和盐度

连云港站多年平均表层水温值为 15.0℃。其中，8 月份平均水温全年最高为 27.2℃，1 月份平均水温全年最低为 3.0℃。依据连云港与厂址同期日平均水温相关关系推算的西陲山厂址多年平均水温为 15.5℃。连云港站历史最高表层水温值为 32.1℃，历史最低表层水温值为-2.0℃。依据建立的厂址与连云港表层水温相关关系，推算的厂址海域的历史最高海水温度值为 32.4℃，历史最低海水温度值则与连云港一致即为-2.0℃。

连云港站多年平均表层盐度值为 28.9。其中，4 月份平均盐度全年最高为 30.4，9 月份平均盐度全年最低为 26.7。连云港站多年最高表层盐度值为 33.0，发生于 1993 年 6 月 1 日；多年最低表层盐度值为 5.1，出现时间为 1971 年 8 月 31 日。

（5）泥沙

夏季水文测验期间，不同测站实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.069kg/m³ 和 0.059 kg/m³。不同测站涨、落潮平均含沙量中潮最大，小潮最小。

秋季水文测验期间，不同测站实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.077kg/m³ 和 0.063 kg/m³。不同测站涨、落潮平均含沙量大潮最大，中潮最小。

冬季水文测验期间，不同测站实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.089kg/m³ 和 0.065 kg/m³。不同测站涨、落潮平均含沙量小潮最大，中潮最小。

春季水文测验期间，不同测站实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.217kg/m³ 和 0.153 kg/m³。不同测站涨、落潮平均含沙量大潮最大，小潮最小。

工程海域各测站悬沙中值粒径在 0.0049~0.0130mm 之间变化，夏秋季略大，冬季略小，季节变化不大。

（6）波浪

观测期间（2021 年 7 月~2022 年 6 月）厂址站的波浪平均 H_{1/3} 为 0.6 m，平均 H_{1/10} 为 0.7 m，平均周期 3.3 s，最大 H_{1/3} 为 2.9 m，最大 H_{1/10} 为 3.7 m。周年观测期间常浪向为

ENE，频率 30.42%，次常浪向为 E，频率 23.65%；最大波高发生的强浪向为 NE。

采用第三代近岸海浪数值计算模式 SWAN 模型和引起可能最大风暴潮的台风路径及与之相应的 PMTC 参数，计算确定了工程海域-6m、-10m 和-20m 等深线处特征点可能最大台风浪。其中，厂址外海-6m 等深线处有效波高最大值为 4.68m，-20m 等深线处有效波高最大值为 6.79m。

（7）工程海域岸线演变和海底地形演变

取、排水口设置在徐圩港区东侧埭子口附近海域，该海域为淤泥质海岸。2010 年前，埭子口附近海岸 0m 和 2m 等深线处于缓慢冲刷状态，2010 年以后，随着徐圩港区和灌河口双导堤建设，埭子口近岸 0m 和 2m 等深线侵蚀后退，离岸 5m 和 10m 等深线区域微淤。

地形演变计算结果表明，埭子口以东至灌河口西导堤海域普遍淤积，-2m 等深线、-5m 等深线、-6m 等深线、-7m 等深线、-8m 等深线均向外海推移，说明这部分区域淤积为主；埭子口以西至徐圩港东防波堤，-2m 等深线和-5m 等深线向外海推移，-7m 等深线和-8m 等深线向岸侧推移，说明 0~5m 淤积，-7~-8m 冲刷，即近岸淤积离岸冲刷，特别是在防波堤拐角处地形冲刷为主。根据附近建设导堤经验，导堤建设 5 年后对埭子口海域地形影响将逐渐减弱，岸滩趋于动态稳定。

2.5.1.2 陆地水文

连云港市地处淮河流域、沂沭泗水系最下游，境内河网发达，现有 605 条县乡河道，总长度 2425km，正常水位下河道蓄水面积约 264.76km²。烧香河西侧连接盐河，东接黄海，入海口建有烧香河北闸；古泊善后河是沂北地区的排涝干河，由沭阳东流经灌云中部至东隄山善后新闸汇入埭子口入海。

厂址附近主要河流有古泊善后河、车轴河、盐河、烧香河等。

（1）古泊善后河

厂址位于善后河左岸堤防附近。古泊善后河是沂沭泗水系主要排洪入海河道新沭河以东和新沂河以北的区域性独流入海河道，河道两侧的防洪大堤由粘土碾压而成，位于灌云县境北部，水流自西向东流，由古涟河、泊阳河、善后河通过疏浚开挖而形成，起源于西万公河，东流经沭阳、东海县、海州区、灌云县，至东隄山经善后新闸由埭子口排水入海。其中盐河以西为古泊河，盐河以东为善后河。

（2）车轴河

厂址距车轴河约 7km。车轴河是沂沭泗水系下游平原区的一条独流入海河道，位于善后河南部偏北地区，流域面积 333km²，是境内排涝、灌溉、航运的重要河道之一，河道两

侧的防洪大堤由粘土碾压而成。车轴河东流至南五队折弯分为两支，一支向北至车轴河闸（善后老闸）入埭子口，一支向东北流至洋桥图西闸入埭子口。在同兴镇西建有同兴节制闸、套闸，形成上下梯级水位控制。

（3）烧香河

烧香河是一条排水河道，西起盐河黑风口，东流 21km 至小岛河口分岔：一支水流自西向东流，向东北经烧香河北闸入海，河长 5.2km；另一支水流自北向南流，向东南经烧香河南闸入埭子口，河长 25km。

（4）盐河

盐河水流自南向北流，南起淮阴杨庄船闸，北迄连云港市新浦，承接盐河以西涝水转排入东门五图河、牛墩界圩河、车轴河、古泊河分流入海。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围水文地质特征

厂址附近范围除西隰山体出露基岩外，其余均被第四系覆盖，第四系地层主要为中更新世小腰庄组（Qp_{2x}）粗砂、晚更新世灌南组（Qp_{3g}）粉砂黏土和全新世连云港组（Qh₁）淤泥质黏土，基岩主要为元古界（Pt₂₋₃Yh）片麻岩。

2.5.2.1.1 地表水

厂址附近范围分布有多条河流、沟渠、鱼塘等，大部分呈近东西、南北走向，部分交织成网格状。厂址附近范围主要水系统统计见表 2.5-1。

1) 善后河

古泊善后河的下游为善后河，古泊善后河在江苏省沭阳、灌云县北部，原为古涟、泊阳、善后三条河，1952 年相互连通取直，以三河之首字命名。西起万公河，经湖东、龙苴、板浦镇，至埭子口入黄海，全长 91km，其中善后河新闻至埭子口入海口长约 14km，河宽 50-200m，流域面积 1230km²。

善后河在灌云县中部，从西盐河到埭子口全长 27.6km，善后河是市内一条重要河流。善后河是新沂河以北地区主要排涝河道，为高水位排涝河道，汛期两岸支河关闸封闭，沿线低洼地强排除涝；非汛期储蓄上游回归水，供两岸农田灌溉；丰水年可供水 2~3 亿 m³，阶段水质较好，沿岸自来水厂均取该河淡水。

2014 年，江苏省人民政府批复同意将灌云农业用水区（五里村至善后新闻，全长 14.5km）调整为古泊善后河灌云、徐圩饮用水源区，2020 年水质目标为Ⅲ类。古泊善后河是市“四横三纵”生态网络格局重要“一横”。

古泊善后河为通航航道，下游分布有善后河新闻、车轴河闸与烧香河闸，三闸出流共用埭子河作为连云港市防洪排涝入海通道。

善后河新闻至埭子口入海口段受黄海潮汐影响，黄海是太平洋西部的一个边缘海，位于中国大陆与朝鲜半岛之间，是一个近似南北向的半封闭浅海。黄海位于连云港东侧，为非正规半日潮，每天潮位二涨二落，历年最高潮位 3.84~6.20m，历年最低潮位-2.37m~0.02m；多年平均高潮位 1.94m~4.30m，多年平均低潮位-1.15~1.21m；最大潮差 4.86m，平均潮差 3.08m，平均涨潮历时 5h18m，平均落潮历时 7h17m。（注：上述标高为连云港零点高程，此零点低于 1985 国家高程基准 2.826m，连云港海洋环境监测中心 2007 年 4 月 4 日提供。）

经调查，善后河整体流向由西向东，流速缓慢。厂址附近范围区段（至善后河新闻）善后河长约 12.8km，其中项目区距善后河新闻约 7km；受黄海潮汐影响，善后河新闻上游和下游河水位均有一定变化，其中上游段变化较小，下游段变化较大。调查期间（2021 年 12 月-2022 年 1 月，下同），厂址附近范围区段（至善后河新闻）善后河河水面标高 1.60~2.20m，变化幅度 0.10~0.60m，由西向东（善后河新闻）变化幅度越来越大。

另外厂址下游东约 6km 善后河北岸为徐圩新区水源取水点，厂址上游西约 1.1km 规划建设灌云县四队镇水源取水点。

2) 烧香河（南段）

烧香河（南段）是为了提高烧香河防洪排涝标准，在疏浚烧香河时结合修筑海堤，将烧香河改道南下而成。烧香河南段起于板桥街道，止于烧香河南闸，全长约 22.4km。现状河底宽约 10~20m，河口宽约 60m，河底高程约为-0.50~-1.63m，发挥着排涝、沟通航运、供水等功能。河道左岸流经连云区板桥街道办事处（约 9.5km）、徐圩新区（约 12.5km）；河道右岸流经板桥街道办事处（约 3.8km）、海军农场（约 3.9km）、东辛农场（约 5.8km）及徐圩新区（约 8.5km）。

烧香河（南段）水功能区为农业用水区，2020 年水质目标为Ⅲ类水。

经调查，烧香河（南段）整体流向由北向南，流速缓慢。受黄海潮汐影响，烧香河闸上游和下游河水位均有一定变化，其中上游段变化较小，下游段变化较大。调查期间，厂址附近范围区段（至烧香河闸）烧香河河水面标高 1.80~2.20m，变化幅度 0.05~0.40m，由北向南（烧香河闸）变化幅度越来越大。

3) 车轴河

车轴河位于灌云县境内善后河南部偏北地区，西起下车大柴市盐河，东行至圩丰镇小

湾闸折弯分为两支，一支向北至东隰山南车轴河闸，另一支向东至五图闸和图西闸后同入埭子口入海，全长 44.2 km，流域面积 333km²。

车轴河是县境善南地区的重要排涝、灌溉航运河道，沿河两镇的工业废水和生活污水有少量排入。费庄～车轴河闸段执行Ⅲ类水标准。

经调查车轴河整体流向由南向北再转向由西向东，流速缓慢。受黄海潮汐影响，车轴河闸上游和下游河水位均有一定变化，其中上游段变化较小，下游段变化较大。调查期间，厂址附近范围区段（至车轴河闸）车轴河河水面标高 1.80～2.00m，变化幅度 0.00～0.20m，由南向北再转向由西向东（车轴河闸）变化幅度越来越大。

4) 扁担河

扁担河呈近东西向，西起东干河，东至烧香河（南段），全长约 7.3km，一般河宽 30～55m，水深 2.0～3.0m，主要为周边农田灌溉服务。

调查期间，扁担河河水面标高 1.75～2.05m，变化幅度 0.30m。

5) 中干河

中干河呈近南北向，北起烧香河，南至善后河，全长约 16.2km，一般河宽 20～40m，水深 1.0～3.0m，主要为周边农田灌溉服务。

厂址水文地质调查期间，中干河河水面标高约 1.68～1.70m，基本无变化。

6) 东干河

东干河呈近南北向，北起烧香河，南至善后河，全长约 17.5km，一般河宽 15～30m，水深 1.0～3.0m，主要为周边农田灌溉服务。

厂址水文地质调查期间，东干河河水面标高 1.70～1.80m，变化幅度 0.10m。

7) 大新河

大新河呈近南北向，北起善后河，南至牛墩界圩河，全长约 11.0km，一般河宽 30～50m，水深 1.0～4.0m，主要为周边农田灌溉服务。

厂址水文地质调查期间，大新河河水面标高 1.60～1.70m，变化幅度 0.10m。

2.5.2.1.2 地下水的类型及特征

厂址附近范围地下水主要包含松散岩类孔隙水（潜水、承压水）及基岩裂隙水两大类。

厂址附近范围（包含厂区）出露的地层第四系主要为全新统人工填土（Q₄^{m1}）、全新统海积层（Q₄^m）、上更新统冲海积层（Q₃^{al+m}）、中更新统冲积层（Q₂^{al}）、下更新统冲积层（Q₁^{al}）；基岩主要为元古界（P_{t2-3}Yh）片麻岩。

2.5.2.1.2.1 松散岩类孔隙水

1) 潜水含水层组

潜水主要赋存于上部黏土、淤泥及少量素填土层中，一般埋深 0~2.0m，一般层厚 7~24.0m，单井涌水量小于 10m³/d，水位随微地貌形态而异，厂址水文地质调查期间水位标高 1.60~2.00m，随季节变化，雨季水位上升，旱季水位下降，年变化幅度 1.0m 左右。

2) 承压水含水层组

①第I承压含水层组

第I承压含水层组主要赋存于粉细砂、中细砂层中，厂址附近范围局部分布，一般埋深 28.5~32.1m，一般层厚 0~4.0m，单井涌水量 150m³/d 左右，水位随微地貌形态而异，调查期间水位标高-0.30m 左右，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度 0.3m 左右。

②第II承压含水层组

第II承压含水层组主要赋存于中细砂层中，厂址附近范围部分分布，一般埋深 34.8~45.4m，一般层厚 0~25.0m，单井涌水量 500m³/d 左右，水位随微地貌形态而异，调查期间水位标高-0.60m 左右，随季节变化，雨季水位上升，旱季水位下降，年变化幅度 0.3m 左右。

③第III承压含水层组

第III承压含水层组主要赋存于粉细砂、中细砂层中，厂址附近范围局部分布，一般埋深 46.7~82.1m，一般层厚 0~9.6m，单井涌水量 100m³/d 左右，水位随微地貌形态而异，调查期间水位标高-1.00m 左右，随季节变化，雨季水位上升，旱季水位下降，年变化幅度 0.2m 左右。

2.5.2.1.2.2 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要为变质岩裂隙含水层组，赋存于全风化~微风化片麻岩层中，分布于西隰山及其周边下伏基岩中，最大揭露厚度为 106.40m，单井涌水量 30m³/d 左右，水位随基岩埋深及其裂隙发育程度而异，调查期间无统一稳定水面，水位标高-16.39~1.71m，随季节变化，雨季水位上升，旱季水位下降，年变化幅度较大。

2.5.2.1.3 补给、径流与排泄条件

2.5.2.1.3.1 地下水补给条件

1) 潜水

由于潜水最接近于地表，其补给条件受地形、气象、水文、人类活动等诸多自然及人

为因素的影响。厂址附近范围大部分为滨海相沉积地貌，仅西隰山、东隰山及张宝山为孤立剥蚀残丘地貌；滨海相沉积地貌区整体地形相对较为平坦开阔，浅部地层岩性为素填土、黏土及淤泥，透水性中等~微，地表水、大气降雨入渗是潜水主要补给源；剥蚀残丘地貌区地形略有起伏，为基岩出露区。厂址附近范围地表水较发育，分布有多条河流、沟渠、鱼塘等，大部分呈近东西、南北走向，部分交织成网格状，使浅层地下水与地表水直接接触，因此，浅层地下水与地表水有密切的互补关系。厂址附近范围地表水与浅层地下水相互补给单宽流量约为 $1.00\text{cm}^3/\text{s}$ ，降雨入渗系数约为 0.15。

2) 承压水

承压水主要赋存于粉细砂及中细砂层中，顶板埋深 28.0~82.0m，其补给条件受地形、气象、水文、人类活动等诸多自然及人为因素的影响。根据调查资料可知，承压水主要接受上部潜水、承压水越流补给。

3) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于全风化~微风化片麻岩层中，分布于西隰山、东隰山、张宝山及其周边下伏基岩中，其补给条件受地形、气象、水文、人类活动等诸多自然及人为因素的影响。根据调查资料可知，基岩裂隙水主要接受上部潜水、承压水越流补给。

2.5.2.1.3.2 地下水径流条件

1) 潜水

厂址附近范围大部分为滨海相沉积地貌，仅西隰山、东隰山及张宝山为孤立剥蚀残丘地貌；滨海相沉积地貌区整体地形相对较为平坦开阔，浅部地层岩性为素填土、黏土及淤泥，透水性中等~微；剥蚀残丘地貌区地形略有起伏，为基岩出露区，透水性中等~微。

根据流速流向试验及区域资料，流向以善后河为分水岭，善后河以北地区整体流向由西北-东南，最终汇集至善后河，局部汇集至西隰山采石坑区或从东隰山基岩出露区向四周扩散；善后河以南地区整体流向由西南-东北，最终汇集至善后河；水平径流速度非常迟缓，水力坡度约为 1/10000。

2) 承压水

承压水主要赋存于粉细砂及中细砂层中，透水性中等，根据流速流向试验及区域资料，流向由西北-东南，水平径流速度迟缓。

3) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于全风化~微风化片麻岩层中，透水性中等~微，根据流速流向试验及区域资料，流向由西北-东南，水平径流速度迟缓。

2.5.2.1.3.3 地下水排泄条件

经调查，厂址附近范围无地下水开采机井和民用井，水质差，多为微咸水-咸水，不能直接饮用，为改善用水卫生条件，居民区基本都安装了自来水。地下水排泄主要以地面蒸发和侧向径流为主。

2.5.2.1.4 水力联系

根据区域资料，调查深度范围内的地下水主要包含松散岩类孔隙水（潜水、承压水）及基岩裂隙水两大类型。松散岩类孔隙水按水力性质和埋藏条件可分为浅层水（潜水、第Ⅰ承压含水层组）和深层水（第Ⅱ承压含水层组、第Ⅲ承压含水层组），详见表 2.5-2。

厂址附近范围地表水体和地下水体存在相互补给的水力联系，区内地表水较发育，分布有多条河流、沟渠、鱼塘等，大部分呈近东西、南北走向，部分交织成网格状，使浅层地下水与地表水直接接触，因此，浅层地下水与地表水有密切的互补关系。根据临近区域资料及调查资料可知，丰水期（6~9月）地表水位一般高于地下水，地表水补给地下水体，而枯水季节（12月~次年2月）地下水排泄于地表水。

厂址附近范围承压水位标高一般在-1.00~-0.30m，主要接受上部潜水、承压水越流补给，排泄是通过人工开采的方式进行和向下游排泄。通过调查，区内承压水无开采，地下水水位年内变幅较小，年变化幅度 0.3m 左右。

厂址附近范围基岩裂隙水位随基岩埋深及其裂隙发育程度而异，主要接受上部潜水、承压水越流补给，排泄是通过人工开采的方式进行和向下游排泄，区内基岩裂隙水开采较少。调查期间无统一稳定水面，水位标高-16.39~1.71m，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度较大。

2.5.2.1.5 水文地质单元划分

水文地质单元划分主要依据为自然地理、地质和水文地质条件。具体如下：

- 1) 自然地理条件主要考虑地形地貌、气象与水文条件。
- 2) 地质条件包括厂址附近范围构造和地层条件，厂址附近范围内无断层分布，主要考虑地层条件。厂址附近范围的地貌单元分为剥蚀残丘地貌和滨海相沉积地貌，范围内大部分为滨海相沉积地层，仅西隍山、东隍山及张宝山为孤立剥蚀残丘地层出露。
- 3) 水文地质条件包括地下水的储存与分布条件、地下水流场、地下水的补给、径流与排泄条件和边界条件。

根据厂址附近范围地下水类型、分布范围及其补给、径流方向、排泄条件等，并结合地形地貌特点，厂址附近范围以河为界，可分为 I₁、II₂ 两个相对独立的水文地质单元，

厂址位于 I₁ 水文地质单元内。I₁ 水文地质单元地下水整体流向由西北-东南，最终汇集至善后河，局部汇集至西隍山采石坑区或从东隍山基岩出露区向四周扩散；I₂ 水文地质单元地下水整体流向由西南-东北，最终汇集至善后河。

2.5.2.1.6 水文地质试验

2.5.2.1.6.1 抽水试验（或微水试验）

厂区布置了 1 组基岩裂隙水抽水试验（试验钻孔编号 ZK53，试验层位为基岩裂隙水含水层）、2 组松散岩类孔隙水抽水试验（试验钻孔编号分别为 SK1 和 SK3，试验层位为承压含水层）及 2 组松散岩类孔隙水微水试验（试验钻孔编号分别为 SK2 和 SK4，试验层位为潜水含水层），确定含水层的渗透系数、涌水量及给水度；主要试验成果见表 2.5-3~表 2.5-5。

根据试验成果，潜水含水层的渗透系数为 $6.47 \times 10^{-6} \sim 8.22 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ，平均值 $7.35 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ；导水系数为 $0.00867 \sim 0.01060 \text{cm}^2/\text{s}$ ，平均值 $0.00964 \text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度为 $0.022 \sim 0.028$ ，平均值 0.025 。第 II 承压含水层的渗透系数为 $9.40 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ；导水系数为 $20.30 \text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度为 0.23 。第 III 承压含水层的渗透系数为 $2.38 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ；导水系数为 $1.07 \text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度为 0.15 。中等风化~微风化片麻岩基岩裂隙水含水层的渗透系数为 $5.83 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ；导水系数为 $0.114 \text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度为 0.07 。

2.5.2.1.6.2 压水试验

厂区共布置 8 个压水试验孔（试验钻孔编号分别为 ZK31、ZK52、ZK53、ZK82、ZK83、ZK85、ZK108、ZK109），试验成果见表 2.5-6。根据试验成果，微风化片麻岩基岩裂隙水含水层的渗透系数为 $5.90 \times 10^{-7} \sim 9.30 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，平均值 $1.30 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。压水试验计算的渗透系数与区域性差异较小，能代表该含水层的特性，即渗透系数取 $1.30 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，渗透性等级为极微~弱透水性。

2.5.2.1.6.3 渗水试验

厂址及周边选择代表性地段布置了 6 组渗水试验（试验点编号为 SS1~SS6），确定表层岩土体渗透性。试验成果见表 2.5-7。从表可知，包气带土层的渗透性与岩性。根据统计结果渗透系数为 $2.38 \times 10^{-4} \sim 1.36 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，平均值 $6.76 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 。渗水试验计算的渗透系数差异相对较大，考虑到厂址范围较大，建议各项水文地质参数取平均值，即渗透系数 K 取 $6.76 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 。

2.5.2.1.6.4 地下水流速、流向及弥散试验

厂址及周边布置 3 组地下水流速、流向试验（试验钻孔编号分别为 SK2、SK4 和 ZK53）。

具体内容如下：

1) 地下水流速

SK2 钻孔从 29m 开始，流速开始变大，在 38m 处达到最大值，其间存在流速减小的层位。41-62m 流速减小，但仍然处于 10^{-4}cm/s 数量级。在 67-70m、83-85m 存在较大流速，在 83m 处达到最大值。

SK4 钻孔中 70m 以上各层位流速值均较小，从 71m 出现增大的趋势，71-74m 处流速较大，处于 10^{-4}cm/s 数量级，在 73m 处达到最大值，82-84m 处流速也处于 10^{-4}cm/s 数量级。

ZK53 钻孔中流速均较小，只在 20-48m 存在流速的较大波动变化，在 30-42m 流速较大，处于 10^{-4}cm/s 数量级。30m 左右处为粉质黏土和片麻岩基岩接触层位，此处流速存在上升的趋势，从钻孔柱状图可以得出 29.7m 以下为基岩，因此在 35-39m 处存在基岩裂隙。

各孔各层流速汇总见表 2.5-8。由表可知该厂址上部淤泥层、粉质黏土层以及黏土层中流速均较小，砂层中流速偏大。SK2 与另外两个钻孔相比，流速整体偏大，土层中粉质黏土与砂层互层，存在流速波动情况，偏大的流速均处于 10^{-4}cm/s 数量级，较小流速处于 $10^{-7}\text{cm/s}\sim 10^{-5}\text{cm/s}$ 数量级。ZK53 中基岩以及粉质黏土层中下部流速较大，其它层位流速较小，处于 10^{-6}cm/s 数量级，流速最小值处于 10^{-7}cm/s 数量级。

2) 地下水流向试验

流向测试孔有 SK2、SK4 和 ZK53。通过对水体的一个小时的连续观测得到了示踪剂晕的运动位置，通过测试将各孔测得流向汇总见表 2.5-9。

3) 弥散试验

本次弥散试验采用单孔试验方法，各孔弥散度和弥散系数汇总，结果如表 2.5-10。从表可以看出在砂层中纵向弥散度比横向弥散度大 100~10000 倍；在黏性土层中，纵向弥散度和横向弥散度之间没有明显的差异，弥散度在 $10^{-3}\sim 10^{-5}\text{m}$ 之间；对于裂隙发育少的岩石层，纵向弥散度和横向弥散度同样没有明显区别，弥散度在 $10^{-3}\sim 10^{-5}\text{m}$ 之间，而在结构裂隙中，纵向弥散系数普遍比横向弥散系数大 1000 倍。

2.5.2.1.7 地下水化学特征

根据地下水、地表水水质分析报告，地下水、地表水按矿化度分为 4 类：淡水、微咸水、咸水及盐水。地下水矿化度分类标准见表 2.5-11。

1) 淡水

主要分布于地表水及西隄山、东隄山及张宝山基岩出露区基岩裂隙水中。

(1)地表水(善后河)化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水,矿化度 $0.98\sim 0.99\text{g/L}$,平均 0.99g/L ;PH 值 $8.10\sim 8.19$,平均 8.15 ,偏弱碱性;总硬度 $0.42\sim 0.45\text{g/L}$,平均 0.44g/L 。

(2)基岩裂隙水(西隍山、东隍山及张宝山基岩出露区)化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水,矿化度 0.57g/L ;PH 值 7.32 ,偏弱碱性;总硬度 0.28g/L 。

2) 微咸水

主要分布于厂址区西侧 XK9、XK13 一带潜水中及厂址深层承压水、基岩裂隙水中。

(1)潜水(厂址区西侧 XK9、XK13 一带)化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水,矿化度 $2.26\sim 2.20\text{g/L}$,平均 2.23g/L ;PH 值 $7.60\sim 7.64$,平均 7.62 ,偏弱碱性;总硬度 $0.75\sim 0.93\text{g/L}$,平均 0.84g/L 。

(2)承压水、基岩裂隙水(厂址深层)化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水,矿化度 1.89g/L ;PH 值 7.81 ,偏弱碱性;总硬度 0.71g/L 。

3) 咸水

分布于厂址区中部大部分区域(潜水)。潜水化学类型主要为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Mg}$ 型水,局部为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水,矿化度 $3.08\sim 9.95\text{g/L}$,平均值 4.80g/L ;PH 值 $7.60\sim 7.83$,平均 7.71 ,偏弱碱性;总硬度 $0.61\sim 1.85\text{g/L}$,平均值 1.03g/L 。

4) 盐水

分布于厂址区东部(潜水)。潜水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\text{-Na}\cdot\text{Mg}$ 型水,矿化度 13.80g/L ;PH 值 7.66 ,偏弱碱性;总硬度 2.50g/L 。

综合分析,厂址区地下水无明显污染物,按矿化度分为淡水、微咸水、咸水及盐水,地下水水质由西往东逐渐变差。

2.5.2.2 厂址水文地质特征

厂区地层岩性第四系主要为全新统人工填土(Q_4^{ml})、全新统海积层(Q_4^m)黏土及淤泥、上更新统冲海积层(Q_3^{al+m})粉质黏土及粉砂层、中更新统冲积层(Q_2^{al})黏土、下更新统冲积层(Q_1^{al})黏土、粉质黏土、粉砂中砂及细砂层;基岩主要为元古界(P_{t2-3Yh})片麻岩。

厂址取排水管线第四系地层岩性为全新统人工填土(Q_4^{ml})素填土、全新统海积层(Q_4^m)黏土及淤泥、上更新统冲积层(Q_3^{al})粉质黏土、粉土及粉砂、上更新统海积层(Q_3^m):粉质黏土及粉砂、中更新统冲积层(Q_2^{al})粉质黏土、粉砂及粗砂层。

2.5.2.2.1 地表水

厂址分布有多条河流、水渠、鱼塘等,大部分呈近东西、南北走向,部分交织成网格

状。

场地内水渠纵横交错，遍布农田之间，用于农田的灌溉，渠宽约 5.0~10.0m，水深约 0.3~1.0m，水流缓慢。水渠内的水一般引至厂址北侧的扁担河和厂址南侧的善后河，由设置在各段的水闸控制其流向，当涝季时，流向河流，旱季时引入河流水。

厂址内鱼塘主要位于西隰山的东北侧，为私人承包，主要养殖藕、鱼虾等，占地面积约 4.3km²，水深 0.5~2.5m，鱼塘内塘梗近似南北向分布，宽度约 1.6m~3.0m，间距约 10.5m~70.0m。

厂址主要河流见表 2.5-12。其中善后河规模最大，善后河整体流向由西向东，流速缓慢。受黄海潮汐影响，善后河新闻上游和下游河水位均有一定变化，其中上游段变化较小，下游段变化较大。调查期间，善后河河水面标高 1.60~2.20m，变化幅度 0.10~0.60m，由西向东变化幅度越来越大。

2.5.2.2.2 地下水赋存形式及类型

厂址地下水主要包含松散岩类孔隙水（潜水、承压水）及基岩裂隙水两大类型。

1) 松散岩类孔隙水

a. 潜水含水层组

潜水主要赋存于上部的黏土、淤泥及少量素填土层中，一般埋深 0~2.0m，厚 7.0~24.0m，平均 14.62m，单井涌水量小于 10m³/d，富水性弱，水位随微地貌形态而异，施工期间水位标高 1.60~2.00m，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度 1.0m 左右。

b. 承压水含水层组

①第I承压含水层组

第I承压含水层组主要赋存于粉细砂、中细砂层中，厂址局部分布，一般埋深 28.5~32.1m，一般层厚 0~4.0m，单井涌水量 150m³/d 左右，水位随微地貌形态而异，调查期间水位标高-0.30m 左右，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度 0.3m 左右。

②第II承压含水层组

第II承压含水层组主要赋存于中细砂层中，厂址部分分布，一般埋深 34.8~45.4mm，一般层厚 0~25.0m，单井涌水量 500m³/d 左右，水位随微地貌形态而异，调查期间水位标高-0.60m 左右，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度 0.3m 左右。

③第III承压含水层组

第III承压含水层组主要赋存于粉细砂、中细砂层中，厂址局部分布，一般埋深 46.7~

82.1m，一般层厚 0~9.6m，单井涌水量 150m³/d 左右，水位随微地貌形态而异，调查期间水位标高-1.00m 左右，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度 0.2m 左右。

2) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要为变质岩裂隙含水层组，赋存于全风化~微风化片麻岩层中，主要分布于西隰山区域及其周边下伏基岩中，最大揭露厚度为 106.40m，单井涌水量 30m³/d 左右，水位随基岩埋深及其裂隙发育程度而异，调查期间无统一稳定水面，水位标高-16.39~1.71m，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度较大。

2.5.2.2.3 地下水的补给、径流、排泄方式

2.5.2.2.3.1 地下水的补给

1) 潜水的补给

潜水的补给来源主要有大气降水和地表水，其中地表水补给包括人工渠道渗漏和灌溉补给。

雨季时，潜水接受大气降水的入渗补给，由于厂区地形平坦，大气降水可充分渗透补给第四系松散层。厂区地表水较发育，分布有多条河流、纵横交错的多条水渠、鱼塘等，大部分呈近东西、南北走向，部分交织成网格状，使浅层地下水与地表水直接接触，因此，浅层地下水与地表水有密切的互补关系。本次调查过程中，根据临近区域资料及调查期间调查资料可知，丰水期地表水位一般高于地下水，地表水补给浅层地下水，而枯水季节浅层地下水排泄于地表水。

2) 承压水的补给

承压水属半封闭的地下水循环系统，地下水具承压性质。天然条件下，深层地下水循环系统主要通过侧向径流补给和上覆浅层地下水的越流补给。

3) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要接受大气降水、地表水、上部潜水和承压水的越流的补给，补给量的多少主要与降水的多少、岩性特征、裂隙发育程度等特征有关。

2.5.2.2.3.2 地下水的径流及排泄

1) 潜水的径流和排泄

潜水的排泄主要通过地下径流排泄。结合厂区附近范围水文地质调查及搜集资料，厂区地下水稍高于善后河水位。地下水总是从地势高处向地势低处排泄，厂区南侧为善后河，为厂区地下水的最终径流方向。潜水的排泄方式主要为蒸发、植物蒸腾和其垂向补给地表水及基岩裂隙水。

2) 承压水的径流和排泄

根据厂址流速流向试验及其他资料，深层承压水的流向主要为由西北向东南流动，水平径流速度迟缓，侧向径流为主要排泄方式。

3) 基岩裂隙水的径流和排泄

基岩裂隙水径流方式为沿裂隙自高向低处流动，当裂隙发育切穿地面时，地下水沿裂隙渗（涌）出。基岩裂隙水排泄方式主要为径流排泄。

2.5.2.2.4 水力联系

区内地表水较发育，分布有多条河流、沟渠、鱼塘等，大部分呈近东西、南北走向，部分交织成网格状，使浅层地下水与地表水直接接触，因此，浅层地下水与地表水有密切的水力关系。根据临近区域资料及地下水水位及善后河长期观测数据可知，丰水期（6~9月）地表水位一般高于地下水，地表水补给地下水，而枯水期（12月~次年2月）地下水排泄于地表水。

2.5.2.2.5 地层的渗透性

1) 第四系的渗透性

为查明第四系的渗透性，对第四系进行的水文地质试验主要为钻孔抽水试验和室内渗透试验。钻孔抽水试验结果见表 2.5-13，室内渗透实验成果见表 2.5-14。

抽水试验均在各钻孔浅部土层中进行，得到的是浅部土层的综合渗透系数，根据各钻孔抽水试验结果显示厂址区浅部土层的渗透系数为 $1.09 \times 10^{-5} \sim 8.32 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，属弱透水。

根据室内渗透试验成果，结合地区经验，综合判断，厂址第四系渗透性特征见表 2.5-15。

2) 岩石的渗透性

厂址岩性主要为浅灰绿色片麻岩，为确定岩石的渗透性，在基岩区布置了压水试验 8 孔，共计 14 段。根据钻孔岩芯判断，试验位置选取节理裂隙相对较少的地段，节理裂隙张开程度均以闭合状或微张状为主。压水试验汇总结果见表 2.5-6。

根据压水试验结果，结合前期勘察压水试验成果，厂址内微风化片麻岩透水率在 0.059~9.298Lu 之间，弱透水~极微透水为主。

2.5.2.2.6 水化学类型

根据厂址水样水质分析成果（见表 2.5-16、表 2.5-17），厂址地表水总矿化度 981.5mg/L~1023.2mg/L，为淡水~微咸水，pH 值 8.03~8.19，为弱碱性水，地表水按硬度属硬水~极硬水。水化学类型无明显分带性，地下水中阴离子以 Cl^- 、 HCO_3^- 为主，阳离

子以 Na^+ 和 Ca^{2+} 为主。

孔隙水总矿化度 3114.4mg/L~5941.0mg/L，为咸水，pH 值 7.64~7.80，为弱碱性水，地下水按硬度属极硬水。水化学类型无明显分带性，地下水中阴离子以 Cl^- 和 HCO_3^- 为主，阳离子以 Na^+ 为主。

基岩裂隙水总矿化度 565.7mg/L~1233.2mg/L，为淡水~微咸水，pH 值 7.32~7.75，为中性水~弱碱性水，地下水按硬度属硬水~极硬水。水化学类型无明显分带性，地下水中阴离子以 Cl^- 为主，阳离子以 Na^+ 和 Ca^{2+} 为主。

2.5.2.3 现有和计划的地下水利用情况

根据 2020 年连云港市水资源公报，全市水资源总量 41.37 亿 m^3 ，其中地表水资源量 33.05 亿 m^3 ，地下水资源量 8.32 亿 m^3 。全市平均产水系数为 0.73，平均产水模数为 54.32 万 m^3/km^2 。

全市总用水量 26.5 亿 m^3 （多年平均降水年型为 27.16 亿 m^3 ）。其中，生产用水 23.85 亿 m^3 ，占总用水量的 90.00%；居民生活用水 2.19 亿 m^3 ，占总用水量的 8.26%；生态环境用水 0.46 亿 m^3 ，占总用水量的 1.74%。

厂址位于连云港市徐圩新区，根据已有资料，徐圩新区不开采地下水，水厂养殖和农业灌溉用水主要为地表水。

厂址附近范围区地下水矿化度一般大于 3 小于 10g/l，为咸水；局部大于 1 小于 3g/l，为微咸水。厂址附件范围内无地下水开采，亦无民井分布。

2.5.2.4 工程建设与水文地质条件关系

由于厂区拟建建筑的基础大部分布置在第四系松散层中，且厂区地下水位很浅，基坑开挖时会发生一定规模的涌水和渗水现象，故在基坑开挖和基础施工前及施工过程中，应结合基坑开挖支护和基础施工方案，采取合适的基坑降水、防渗和排水措施。

此外，由于工程建设需要对厂区进行回填，主厂区回填高度约为 5m，其它区回填高度约为 2m，从而使得地下水位会有所升高，但总体上的补给、径流、排泄条件不会有明显改变，即工程建设对水文地质条件的影响有限。

2.5.2.5 小结

1) 厂址附近范围地下水主要包含松散岩类孔隙水（潜水、承压水）及基岩裂隙水两大类。

2) 厂址附近范围以善后河为界分为两个相对独立的水文地质单元。

3) 厂址附近范围潜水水位标高一般在 1.60~2.00m 之间，随季节性变化，一般丰水期

水位上升，枯水期水位下降，水位年变化幅度 1.0m 左右。地表水、大气降雨入渗是潜水主要补给源，其水位动态类型属于大气降水入渗补给型；排泄方式主要为大气蒸发和向下游排泄。

承压水水位标高一般在-1.00~-0.30m，主要接受上部潜水、承压水越流补给，排泄是通过人工开采的方式进行和向下游排泄。通过调查，区内地下水水位年内变幅较小，年变化幅度 0.3m 左右。

基岩裂隙水水位随基岩埋深及其裂隙发育程度而异，主要接受上部潜水、承压水越流补给，排泄是通过人工开采的方式进行和向下游排泄，区内基岩裂隙水开采较少。调查期间水位标高-16.39~1.71m，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度较大。

地表水与浅层地下水相互补给单宽流量约为 $1.00\text{cm}^3/\text{s}$ ，降雨入渗系数约为 0.15。

4) 厂址附近范围地下水按矿化度分为淡水、微咸水、咸水及盐水，地下水水质由西往东逐渐变差。

5) 厂址区场地平整后，不会改变地下水的总体流向。根据已有资料，重要子项基底最深位于微风化基岩上，地下水径流途径上无取水点，项目在工程建设和营运的全过程中采取有效的环境保护措施后，对周边地下水环境无影响。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 海洋洪水

(1) 天文潮

利用厂址站主要分潮的潮汐调和常数推算 19 年天文潮位，统计得到：

天文最高潮位：2.95m

天文最低潮位：-2.84m

10%超越概率天文高潮位：2.85m

10%超越概率天文低潮位：-2.71m

(2) 增、减水

1) 概率论法：

利用工程海域厂址水文专用站和连云港站 2021 年 7 月~2022 年 6 月的同期潮位观测资料，确立了其增减水相关关系。厂址站与连云港站增减水相关方程为：

$$H_{\text{厂址}} = 0.9610 \times H_{\text{连云港}}$$

其中，相关系数 $r=0.8850$ ，标准差 $q=8.3370\text{cm}$ 。

从相关关系可看出，两站增、减水具有较好的相关性。

工程海域的增减水主要由登陆或过境的台风以及温带气旋引起。利用建立的厂址年最大增减水资料序列，计算其 P-III 分布和 GUMBEL 分布。根据分析，P-III 分布结果更能反映极值分布情形，结果更合理，因此采用 P-III 分布结果作为设计依据。其中，千年一遇增水值为 2.67m，千年一遇减水值为-2.01m。

2) 确定论法：

建立合理的风暴潮数值模型，对进入或影响黄海和东海的 8 次有代表性的台风风暴潮过程进行了模拟计算，计算值与实测值基本一致，符合较好。

为了检验建立的温带风暴潮模式，模拟了 6 次显著的温带风暴增减水过程。从模型模拟精度上考虑，所建立的温带风暴潮模式，以及所采用的气压场、风场分析资料，均满足厂址 PMSS 计算要求。

确定可能最大热带气旋 PMTC 参数为：

P_{∞} 取 1008hPa；

台风中心气压 P_0 为 920hPa；

台风最大风速半径为 25km；

台风移速 $V_{\max} = 25\text{km/h}$ 。

根据模型计算厂址处可能最大风暴潮增水为 3.03m。

(3) 海平面异常

利用谱分析方法计算海平面显著周期，并与天文潮和太阳黑子出现的周期等进行比较，确定了工程海域海平面变化显著周期，计算的厂址海域海平面上升速率为 0.17cm/a，并利用海平面上升预测模型，预测了工程海域核电运行 80 年周期内海平面上升值为 14cm。

(4) 假潮

基于连云港海洋站于 2002~2021 年 5 分钟间隔的潮位观测资料，提取了其中的假潮信息，结果表明：该海域的假潮振幅较小，最大年极值假潮为 0.19m，周期为 65~120 分钟。基于厂址海域年极值假潮序列，计算其 GUMBEL 分布，得厂址工程海域的可能最大假潮为 0.31m，其振幅值远小于台风风暴潮，可以忽略不计。

(5) 海啸

经统计分析在工程海域无论是自身还是由外海传入，都不易发生地震海啸。采用数模方法计算，琉球海沟断层 RL3 和日本南海海槽对厂址海域产生较大的海啸波，厂址附近海域最大海啸波幅为 0.87m。

(6) 波浪影响

采用第三代近岸海浪数值计算模式 SWAN 模型和引起可能最大风暴潮的台风路径及与之相应的 PMTC 参数，计算确定了工程海域-6m、-10m 和-20m 等深线处特征点可能最大台风浪。其中，厂址外海-6 等深线处有效波高最大值为 4.68m，-20 等深线处有效波高最大值为 6.79m。

（7）海洋设计基准洪、低水位

根据 HAD101/09《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》的要求，确定厂址处由海洋洪水引起的设计基准洪水位如下：

设计基准洪水位 = 10%超越概率天文高潮位 + 可能最大风暴潮增水（PMSS） + 海平面上升（80 年） = 2.85 + 3.03 + 0.14 = 6.02m。

2.5.3.2 陆域洪水

（1）概率论法推求设计洪水位

厂址附近河道善后河上有板浦水位站的历年（1964~2020 年）实测年最高、年最低水位（85 基准）资料，采用概率论 P-III 适线法计算频率 $p=10\%$ 、 5% 、 4% 、 3.33% 、 2% 、 1% 、 0.1% 、 0.01% 的洪水位。善后河板浦水位站 100 年一遇设计洪水位为 3.50m，1000 年一遇设计洪水位为 3.90m。

（2）水文气象法推求 PMP

本次估算可能最大降雨，以 24 小时可能最大降雨为估算重点。选择江苏省 85.9 海棠暴雨、00.8 响水口暴雨、河南省 75.8 林庄暴雨、21.7 尖岗暴雨等作为典型暴雨，采用水汽放大法、水汽效率放大法、以及 PMP 等值线图查图法，分析计算工程的可能最大降水。在多种方法估算的基础上进行综合分析后，合理选定厂址的可能最大降雨。

计算结果表明，本工程的 24h 可能最大点降水量在 970~1200mm 之间。本着“多种方法、综合分析、合理选用”的原则，从安全角度考虑，本次推荐 1200mm 作为工程可能最大降水（PMP）的成果。

（3）陆域设计基准洪水位组合

厂址紧靠善后河北岸，东距黄海边约 17.5km，与黄海海岸线间有高程 70m 的东隰山相分隔。当海潮上岸后随陆地上水流扩散而动力衰减，若陆地水位高于海平面，陆地的水会回流入海。

采用最不利洪水组合方案分析计算了 4 种情景的洪水过程，分别为①仅发生 PMP 时的洪水；②仅发生水库溃决时的洪水；③千年一遇设计暴雨遭遇海洋可能最大潮位过程；④PMP 与河道堤防溃决遭遇千年一遇潮位过程。设计基准洪水为以上原因之一或几个原

因共同作用所引起可能最大洪水。

（4）厂址区域 PMF 计算

1) 仅发生 PMP 时的洪水

当区域内水库、河堤均未发生溃决，流域面上发生可能最大降雨 PMP 时，厂址周围最高淹没水位 3.12m。

2) 仅发生水库溃决时的洪水

为了确认流域内水库对厂址的影响，以区域内主要大中型水库水位达到坝顶高程为初始条件，计算结果表明，当上游水库发生溃决，河网发生设计洪水且河堤不溃决时，溃坝洪水淹没范围不会达到本项目厂址所在区域，厂址附近无洪水。

3) 千年一遇设计暴雨遭遇海洋可能最大潮位过程

当区域内发生千年一遇的设计暴雨，行洪河道发生大洪水，且水库、河堤均发生溃决，海岸发生最大可能潮位过程时，初步计算得到厂址附近的最高洪水位不超过 6.19m，最高洪水位出现在厂区东侧沿线，厂址西侧和北侧最高洪水位在 5.48~6.07m 之间。

4) PMP 与河道堤防溃决遭遇千年一遇潮位过程

根据计算结果，厂址区域周围各点的最高洪水位在 3.86~4.20m 之间，最高洪水位出现在厂区西南角善后河溃口附近约 4.20m；厂区东侧水位在 4.02~4.03m 之间；厂址北侧最高洪水位在 3.86~3.96m 之间。

2.5.3.3 设计基准洪水位

综合考虑海洋洪水和陆域洪水，初步计算得厂址处设计基准洪水位 (DBF) 为 6.19m。主厂区的厂坪标高为 6.70m，高于不考虑波浪影响的厂址设计基准洪水位，波浪的影响可通过修建挡浪墙等水工构筑物实现，保证核安全相关厂房不受洪水威胁。

2.6 地形地貌

厂址位于西隰山山体区域，地面高程一般为 2.1~2.8m。南部局部略高，标高 2.8~4.5m，善后河位于厂址南侧，西隰山位于厂址东南部。西隰山山体已被地方开辟为采石场，采石场现地面标高一般为 -3.0~4.8m，北侧采石坑坑底标高约为 -31.46m~-20.03m，南侧采石坑坑底标高约为 -12.32m~-7.39m。

表 2.4-1 各气象站基本状况与地理位置一览表

站名	经纬度		拔海高度		气象站类	区站号	站点变动信息		
	纬度(°)	经度(°)	观测场(m)	水银槽(m)			建站时间	迁站次数	现址开始工作时间
赣榆	34.86	119.13	5.3	6.4	基本站	58040	1955/1/1	0	1955/1/1
连云港	34.55	119.24	4.7	5.9	一般站	58044	1950/4/1	4	1988/1/1
响水	34.20	119.60	4.8	5.3	一般站	58045	1965/10/1	2	1999/9/1
灌云	34.26	119.24	4.8	5.3	基本站	58047	1951/1/1	3	2000/1/1

表 2.4-2 P-G 大气扩散参数

系数	下风向距离(m)	稳定度类别					
		A	B	C	D	E	F
P_y		0.3658	0.2751	0.2089	0.1471	0.1046	0.0722
P_z	$x \leq 100\text{m}$	0.192	0.156	0.116	0.079	0.063	0.053
	$100\text{m} < x \leq 1000\text{m}$	0.00066	0.0382	0.113	0.222	0.211	0.086
	$x \geq 1000\text{m}$	0.00024	0.055	0.113	1.26	6.73	18.05
q_z	$x \leq 100\text{m}$	0.936	0.922	0.905	0.881	0.871	0.814
	$100\text{m} < x \leq 1000\text{m}$	1.941	1.149	0.911	0.725	0.678	0.74
	$x \geq 1000\text{m}$	2.094	1.098	0.911	0.516	0.305	0.18
c_z	$x \leq 100\text{m}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$100\text{m} < x \leq 1000\text{m}$	9.27	3.3	0.0	-1.7	-1.3	-0.35
	$x \geq 1000\text{m}$	-9.6	2.0	0.0	-13.0	-34.0	-48.6

注：P-G 扩散参数与下风向距离的关系为 $\sigma_y = p_y x^{0.9031}$ ， $\sigma_z = p_z x^{q_z} + c_z$ 。

表 2.5-1 厂址附近范围水系统计表

水系名称	长度 (km)	宽度 (m)	水深 (m)
(古泊) 善后河	91.0	50~200	2.0~5.0
烧香河 (南段)	22.4	60~140	2.0~4.0
车轴河	44.2	30~100	2.0~4.0
扁担河	7.3	30~55	2.0~3.0
中干河	16.2	20~40	1.0~3.0
东干河	17.5	15~30	1.0~3.0
大新河	11.0	30~50	1.0~4.0

表 2.5-2 地下水类型划分一览表

地下水类型	含水层 (岩) 组				
	亚类	地层代号	主要含水层岩性	分布地段	
松散岩类 孔隙水	浅层水	潜水	Q4	黏土、淤泥	平原区
		第 I 承压 含水层	Q3	粉细砂、中细砂	平原区
	深层水	第 II 承压 含水层	Q2	中细砂	平原区
		第 III 承压 含水层	Q1	粉细砂、中细砂	平原区
基岩裂隙 水	变质岩裂隙含水层	Pt	全-微风化片麻 岩	西隄山、东隄山、 张宝山及下伏基岩	

表 2.5-3 微水试验成果一览表

井号	渗透系数 (m/d)	渗透系数 (cm/s)	导水系数 (m ² /d)	导水系数 (cm ² /s)	给水度	备注
SK2-1	0.00710	8.22E-06	0.09152	0.01060	0.028	导水系 数 T=DK
SK4-1	0.00559	6.47E-06	0.07491	0.00867	0.022	
平均值	0.00635	7.35E-06	0.08322	0.00964	0.025	

表 2.5-4 承压水含水层抽水试验成果一览表

井号	含水层厚度 M(m)	渗透系数 K(m/d)	渗透系数 K(cm/s)	导水系数 T(m ² /d)	导水系数 T(cm ² /s)	给水度	含水层	备注
SK1 (平均值)	21.60	8.12	9.40E-03	175.39	20.30	0.23	第II承压含水层	导水系数 T=MK
SK3 (平均值)	4.50	2.06	2.38E-03	9.27	1.07	0.15	第III承压含水层	导水系数 T=MK

表 2.5-5 基岩裂隙水含水层抽水试验成果一览表

井号	含水层厚度 M(m)	渗透系数 K(m/d)	渗透系数 K(cm/s)	导水系数 T(m ² /d)	导水系数 T(cm ² /s)	给水度	含水层岩性	备注
ZK53 (平均值)	19.50	0.0504	5.83E-05	0.983	0.114	0.07	中-微风化片麻岩	导水系数 T=MK

表 2.5-6 压水试验成果一览表

孔号	试段深度 (m)	透水率 (Lu)	渗透系数 (cm/s)	渗透性等级	含水层岩性	备注
ZK31	51.5-56.5	0.158	1.58E-06	微透水性	微风化片麻岩	
ZK52	46.0-51.0	0.930	9.30E-06	微透水性	微风化片麻岩	
ZK53	35.2-40.2	0.376	3.76E-06	微透水性	微风化片麻岩	
	45.0-50.0	0.059	5.90E-07	极微透水性	微风化片麻岩	
ZK82	33.0-38.0	1.741	1.74E-05	弱透水性	微风化片麻岩	
ZK83	14.5-19.5	0.119	1.19E-06	微透水性	微风化片麻岩	
	19.5-24.5	0.099	9.90E-07	极微透水性	微风化片麻岩	
	48.0-53.0	0.059	5.90E-07	极微透水性	微风化片麻岩	
ZK85	19.0-24.0	1.899	1.90E-05	弱透水性	微风化片麻岩	
	24.0-29.0	1.958	1.96E-05	弱透水性	微风化片麻岩	
ZK108	15.0-20.0	0.415	4.15E-06	微透水性	微风化片麻岩	
	25.0-30.0	0.633	6.33E-06	微透水性	微风化片麻岩	
ZK109	6.5-11.5	9.298	9.30E-05	弱透水性	微风化片麻岩	
	19.6-24.6	0.455	4.55E-06	微透水性	微风化片麻岩	
平均值	-	1.300	1.30E-05	极微-弱透水性	微风化片麻岩	

表 2.5-7 包气带层渗水试验成果统计表

试验编号	对应位置	岩性	渗透系数 (cm/min)	渗透系数 (cm/s)	备注
SS1	SS1 附近	素填土为主	0.02856	4.76E-04	黏性土（耕植土）等
SS2	SS2 附近	素填土为主	0.01428	2.38E-04	黏性土（耕植土）等
SS3	SS3 附近	素填土为主	0.04296	7.16E-04	黏性土（耕植土）等
SS4	SS4 附近	素填土为主	0.03895	6.49E-04	黏性土（耕植土）等
SS5	SS5 附近	素填土为主	0.03699	6.17E-04	黏性土（耕植土）等
SS6	SS6 附近	素填土为主	0.08134	1.36E-03	黏性土等
平均值	-	-	0.04051	6.76E-04	

表 2.5-8 (1/3) 各孔各层流速汇总表

SK2			SK4			ZK53		
位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性	位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性	位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性
4	2.42E-06	淤泥	4	3.11E-06	淤泥	4	4.42E-06	淤泥
5	2.64E-06	淤泥	5	2.54E-06	淤泥	5	5.25E-06	淤泥
6	2.49E-06	淤泥	6	2.22E-06	淤泥	6	4.24E-06	淤泥
7	3.01E-06	淤泥	7	4.27E-06	淤泥	7	3.70E-06	淤泥
8	6.20E-07	淤泥	8	4.56E-06	淤泥	8	2.01E-06	淤泥
9	3.19E-06	淤泥	9	5.25E-06	淤泥	9	1.92E-06	淤泥
10	5.95E-07	淤泥	10	5.90E-06	淤泥	10	1.52E-06	淤泥
11	1.09E-06	淤泥	11	7.10E-06	淤泥	11	4.88E-08	淤泥
12	1.74E-06	淤泥	12	8.75E-06	淤泥	12	2.59E-06	淤泥
13	1.98E-06	淤泥	13	8.30E-06	淤泥	13	2.02E-06	淤泥
14	1.20E-06	淤泥	14	1.01E-05	淤泥	14	1.90E-06	淤泥
15	3.32E-06	粉质黏土	15	1.49E-06	粉质黏土	15	1.05E-06	淤泥
16	3.22E-06	粉质黏土	16	8.60E-06	粉质黏土	16	2.22E-07	淤泥
17	3.30E-06	粉质黏土	17	7.00E-06	粉质黏土	17	2.22E-07	粉质黏土
18	3.60E-06	粉质黏土	18	2.15E-06	粉质黏土	18	9.55E-07	粉质黏土
19	3.74E-06	粉质黏土	19	2.59E-06	粉质黏土	19	1.51E-06	粉质黏土
20	3.88E-06	粉质黏土	20	2.74E-06	粉质黏土	20	9.75E-06	粉质黏土
21	3.70E-06	粉质黏土	21	3.12E-06	粉质黏土	21	2.73E-05	粉质黏土
22	3.66E-06	粉质黏土	22	3.32E-06	粉质黏土	22	4.78E-05	粉质黏土
23	3.71E-06	粉质黏土	23	3.52E-06	粉质黏土	23	8.25E-06	粉质黏土
24	3.79E-06	粉质黏土	24	3.49E-06	粉质黏土	24	1.38E-06	粉质黏土
25	3.06E-06	粉质黏土	25	3.59E-06	粉质黏土	25	1.72E-06	粉质黏土
26	3.26E-06	粉质黏土	26	3.89E-06	粉质黏土	26	1.52E-06	粉质黏土
27	3.52E-06	粉质黏土	27	4.02E-06	粉质黏土	27	1.40E-06	粉质黏土
28	3.73E-06	粉质黏土	28	3.89E-06	粉质黏土	28	1.01E-06	粉质黏土
29	2.80E-04	粉细砂	29	3.49E-06	粉质黏土	29	7.15E-07	粉质黏土
30	2.83E-04	粉细砂	30	2.55E-06	粉质黏土	30	7.15E-05	中风化片麻岩
31	2.68E-04	粉细砂	31	2.02E-06	粉质黏土	31	7.35E-05	中风化片麻岩
32	2.76E-04	粉细砂	32	1.46E-06	粉质黏土	32	7.60E-05	中风化片麻岩
33	3.81E-06	粉质黏土	33	5.30E-06	粉质黏土	33	8.20E-05	微风化片麻岩
34	3.90E-06	粉质黏土	34	3.68E-06	粉质黏土	34	9.55E-05	微风化片麻岩
35	3.96E-04	中细砂	35	1.33E-05	粉质黏土	35	1.44E-04	微风化片麻岩
36	4.03E-04	中细砂	36	1.98E-06	粉质黏土	36	1.60E-04	微风化片麻岩
37	4.04E-04	中细砂	37	2.35E-06	粉质黏土	37	1.29E-04	微风化片麻岩
38	4.08E-04	中细砂	38	1.58E-06	粉质黏土	38	9.00E-05	微风化片麻岩
39	3.13E-06	粉质黏土	39	1.83E-06	粉质黏土	39	1.37E-04	微风化片麻岩
40	2.89E-06	粉质黏土	40	1.68E-06	粉质黏土	40	6.15E-05	微风化片麻岩
41	3.00E-04	中细砂	41	2.21E-06	粉质黏土	41	9.45E-05	微风化片麻岩
42	3.08E-04	中细砂	42	3.95E-06	粉质黏土	42	7.10E-05	微风化片麻岩

表 2.5-8 (2/3) 各孔各层流速汇总表

SK2			SK4			ZK53		
位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性	位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性	位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性
43	2.84E-04	中细砂	43	1.70E-06	粉质黏土	43	4.68E-05	微风化片麻岩
44	2.83E-04	中细砂	44	9.10E-06	粉质黏土	44	2.56E-05	微风化片麻岩
45	2.73E-04	中细砂	45	1.05E-05	粉质黏土	45	1.44E-05	微风化片麻岩
46	2.64E-04	中细砂	46	3.27E-06	粉质黏土	46	2.16E-05	微风化片麻岩
47	2.49E-04	中细砂	47	3.74E-06	粉质黏土	47	1.54E-06	微风化片麻岩
48	2.39E-04	中细砂	48	4.19E-06	粉质黏土	48	7.55E-06	微风化片麻岩
49	2.33E-04	中细砂	49	3.64E-06	黏土	49	8.30E-07	微风化片麻岩
50	2.26E-04	中细砂	50	3.00E-06	黏土	50	1.77E-06	微风化片麻岩
51	2.19E-04	中细砂	51	2.11E-07	黏土	51	1.38E-05	微风化片麻岩
52	2.14E-04	中细砂	52	4.69E-06	黏土	52	1.73E-06	微风化片麻岩
53	2.06E-04	中细砂	53	1.14E-06	黏土	53	6.35E-07	微风化片麻岩
54	1.94E-04	中细砂	54	1.59E-06	黏土	54	1.17E-06	微风化片麻岩
55	1.92E-04	中细砂	55	2.08E-06	黏土	55	7.70E-07	微风化片麻岩
56	1.83E-04	中细砂	56	2.19E-06	黏土	56	1.76E-06	微风化片麻岩
57	1.71E-04	中细砂	57	2.09E-06	黏土	57	5.50E-07	微风化片麻岩
58	1.60E-04	中细砂	58	2.06E-06	黏土	58	3.73E-06	微风化片麻岩
59	1.44E-04	中细砂	59	1.81E-06	黏土	59	7.40E-07	微风化片麻岩
60	1.27E-04	中细砂	60	1.53E-06	黏土	60	6.20E-07	微风化片麻岩
61	1.10E-04	中细砂	61	1.16E-06	黏土	61	5.45E-07	微风化片麻岩
62	9.15E-05	中细砂	62	9.85E-07	黏土	62	8.15E-06	微风化片麻岩
63	8.05E-07	黏土	63	6.80E-07	黏土	63	1.60E-06	微风化片麻岩
64	7.00E-07	黏土	64	3.06E-06	黏土	64	9.15E-07	微风化片麻岩
65	5.85E-07	黏土	65	6.20E-07	黏土	65	1.14E-06	微风化片麻岩
66	4.88E-05	黏土	66	1.84E-06	黏土	66	7.25E-07	微风化片麻岩
67	6.20E-05	粉细砂	67	3.96E-06	黏土	67	6.90E-07	微风化片麻岩
68	6.30E-05	粉细砂	68	4.64E-06	黏土	68	9.25E-07	微风化片麻岩
69	6.35E-05	粉细砂	69	1.75E-06	黏土	69	5.45E-07	微风化片麻岩
70	6.40E-05	粉细砂	70	1.46E-05	粉细砂	70	6.60E-07	微风化片麻岩
71	6.20E-06	粉质黏土	71	1.38E-04	粉细砂	71	1.48E-06	微风化片麻岩
72	3.63E-05	粉质黏土	72	1.03E-04	粉细砂	72	2.80E-06	微风化片麻岩
73	4.62E-05	粉质黏土	73	2.00E-04	粉细砂	73	1.14E-06	微风化片麻岩
74	5.15E-06	粉质黏土	74	5.45E-05	粉细砂	74	2.71E-06	微风化片麻岩
75	6.15E-06	粉质黏土	75	6.15E-06	粉质黏土	75	4.30E-06	微风化片麻岩
76	4.59E-05	粉质黏土	76	6.90E-06	粉质黏土	76	3.24E-06	微风化片麻岩
77	7.85E-06	粉质黏土	77	7.40E-06	粉质黏土	77	5.15E-06	微风化片麻岩
78	5.80E-06	粉质黏土	78	7.65E-06	粉质黏土	78	6.65E-06	微风化片麻岩
79	1.30E-05	粉质黏土	79	7.30E-06	粉质黏土	79	8.00E-06	微风化片麻岩
80	1.45E-05	粉质黏土	80	7.25E-06	粉质黏土	80	1.31E-05	微风化片麻岩
81	1.45E-05	粉质黏土	81	7.20E-06	粉质黏土	81	4.36E-06	微风化片麻岩

表 2.5-8 (3/3) 各孔各层流速汇总表

SK2			SK4			ZK53		
位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性	位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性	位置 (m)	流速 (cm/s)	地层岩性
82	1.19E-05	粉质黏土	82	7.85E-05	中细砂	82	1.36E-06	微风化片麻岩
83	1.73E-04	中细砂	83	8.60E-05	中细砂	83	3.69E-07	微风化片麻岩
84	1.70E-04	中细砂	84	6.55E-05	中细砂	84	1.24E-06	微风化片麻岩
85	8.20E-05	中细砂	85	6.20E-06	粉质黏土	85	3.64E-06	微风化片麻岩
86	3.47E-05	中细砂				86	1.01E-05	微风化片麻岩
87	7.95E-06	粉质黏土						
88	9.20E-06	粉质黏土						
89	5.25E-06	粉质黏土						
90	6.50E-06	粉质黏土						
91	2.13E-06	粉质黏土						
92	1.71E-06	粉质黏土						
93	4.63E-06	粉质黏土						
94	6.25E-05	全风化片麻岩						

注：各孔各层流速取值为各层流速图中数值 1/2。

表 2.5-9 各孔流向汇总表

位置	流向
SK2	南偏东 47.12°
SK4	南偏东 13.93°
ZK53	南偏东 9°

表 2.5-10 各孔弥散性质汇总表

钻孔	层位 (m)	α_L 弥散度 (m)	D_L 弥散系 数(m ² /d)	α_T 弥散度 (m)	D_T 弥散系数 (m ² /d)	地层层号
SK2	30	8.49E-03	2.85E-03	1.12E-07	3.75E-08	□ ₋₁ 粉细砂
	38	8.28E-03	2.92E-03	2.60E-07	9.15E-08	□ 中细砂
	83	4.93E-03	7.35E-04	6.47E-06	9.65E-07	□ ₋₁ 中细砂
SK4	27	9.12E-05	3.17E-07	3.31E-04	1.15E-06	□ 粉质黏土
	56	5.74E-05	1.09E-07	3.31E-03	6.25E-06	□ ₋₁ 黏土
	83	2.61E-03	1.94E-04	6.76E-05	5.00E-06	□ ₋₁ 中细砂
ZK53	25	5.14E-05	7.65E-08	5.81E-03	8.65E-06	□ 粉质黏土
	36	4.43E-03	6.10E-04	6.96E-06	9.60E-07	□ ₋₄ 微风化 片麻岩
	41	3.09E-03	2.53E-04	2.71E-06	2.22E-07	
	79	3.34E-04	2.31E-06	4.22E-03	2.92E-05	

表 2.5-11 地下水按矿化度分类

类别	淡水	微咸水	咸水	盐水	卤水
矿化度 (g/L)	<1	1~3	3~10	10~50	>50

表 2.5-12 测区主要河流统计表

水系名称	长度 (km)	宽度 (m)	水深 (m)	备注
(古泊) 善后河	91.0	50~200	2.0~5.0	施工期间
扁担河	7.3	30~55	2.0~3.0	施工期间
东干河	17.5	15~30	1.0~3.0	施工期间

表 2.5-13 钻孔抽水试验成果汇总表

钻孔	水位标高 (m)	水位降深 S (m)	含水层厚度 H (m)	渗透系数 K		渗透性分级
				(m/d)	(cm/s)	
ZK09	1.75	2.53	13.58	0.0094	1.09×10^{-5}	弱透水
ZK14	1.60	2.36	13.43	0.0520	6.02×10^{-5}	弱透水
ZK39	1.65	2.51	15.42	0.0429	4.96×10^{-5}	弱透水
ZK53	-0.50	2.68	13.85	0.0504	5.83×10^{-5}	弱透水
ZK102	1.66	2.16	13.81	0.0338	3.91×10^{-5}	弱透水
ZK105	2.04	2.55	14.50	0.0719	8.32×10^{-5}	弱透水

表 2.5-14 室内渗透试验成果汇总表

地层名称及编号	水平方向		垂直方向	
	渗透系数 K_v 平均值 (cm/s)	渗透性分级	渗透系数 K_v 平均值 (cm/s)	渗透性分级
① ₁ 黏土	7.3E-07	极微透水	7.4E-07	极微透水
② 淤泥	1.4E-06	微透水	9.0E-07	极微透水
③ ₁ 粉质黏土	5.8E-06	微透水	3.6E-06	微透水
④ 粉质黏土	2.7E-06	微透水	2.1E-06	微透水
⑥ 黏土	4.7E-07	极微透水	3.5E-07	极微透水
⑦ ₂ 粉质黏土	1.7E-06	微透水	1.2E-06	微透水
⑧ 黏土	2.8E-06	微透水	2.0E-06	微透水

表 2.5-15 第四系渗透性分级和渗透系数建议值一览表

地层编号及名称	渗透系数建议值 (cm/s)	渗透性分级
① ₁ 黏土	7.3E-07	极微透水
②淤泥	1.4E-06	微透水
③ ₁ 粉质黏土	5.8E-06	微透水
③ ₂ 粉土	3.0E-05*	弱透水
③ ₃ 角砾	9.0E-03*	中等透水
④粉质黏土	2.7E-06	微透水
⑤ ₁ 粉质粘土	3.0E-06*	微透水
⑤ ₂ 粉砂	2.0E-03*	中等透水
⑥黏土	4.7E-07	极微透水
⑦ ₁ 细砂	6.0E-03*	中等透水
⑦ ₂ 粉质黏土	1.7E-06	微透水
⑦ ₃ 粉砂	2.0E-03*	中等透水
⑧黏土	2.8E-06	微透水

注：上表中带*为地区经验值。

表 2.5-16 水质分析成果一览表

点号	取样地点	类型	pH 值	总硬度 (mg/L)	总矿化度 (mg/L)
YT-S1	东干河北侧	地表水	8.03	413.7	1023.2
YT-S7	善后河与东干河交汇处	地表水	8.19	423.5	981.5
YT-S9	善后河西侧	地表水	8.10	453.1	991.6
YT-S2	ZK21 钻孔	松散孔隙水	7.74	758.4	3338.9
YT-S3	ZK81 钻孔	松散孔隙水	7.80	610.7	3114.4
YT-S8	ZK127 钻孔	松散孔隙水	7.64	1004.7	5941.0
YT-S5	ZK95 钻孔	基岩裂隙水	7.32	275.8	565.7
YT-S6	ZK83 钻孔	基岩裂隙水	7.75	551.6	1233.2

表 2.5-17 水化学类型汇总表

点号	水化学类型	主要离子含量（毫克当量%）
YT-S1	Cl-HCO ₃ -Na-Ca	Na ⁺ 47.3, Ca ²⁺ 28.83, Mg ²⁺ 21.63, Cl ⁻ 54.9, HCO ₃ ⁻ 28.95
YT-S7	Cl-HCO ₃ -Na-Ca	Na ⁺ 44.80, Ca ²⁺ 29.78, Mg ²⁺ 23.58, Cl ⁻ 54.26, HCO ₃ ⁻ 28.35
YT-S9	Cl-HCO ₃ -Na-Ca-Mg	Na ⁺ 42.27, Ca ²⁺ 28.97, Mg ²⁺ 26.56, Cl ⁻ 55.90, HCO ₃ ⁻ 26.50
YT-S2	Cl-Na	Na ⁺ 70.35, Mg ²⁺ 21.59, Cl ⁻ 70.23, HCO ₃ ⁻ 24.53
YT-S3	Cl-HCO ₃ -Na	Na ⁺ 73.71, Cl ⁻ 66.89, HCO ₃ ⁻ 28.76
YT-S8	Cl-Na	Na ⁺ 78.93, Cl ⁻ 82.00
YT-S5	Cl-SO ₄ -HCO ₃ -Ca-Na	Ca ²⁺ 47.13, Na ⁺ 31.99, Cl ⁻ 35.11, SO ₄ ²⁻ 34.92, HCO ₃ ⁻ 29.70
YT-S6	Cl-Na-Ca	Na ⁺ 44.63, Ca ²⁺ 35.00, Cl ⁻ 59.37, HCO ₃ ⁻ 24.70

表 2.5-18 各岩土层渗透性能及防污性能

层号及名称	含水层类型	渗透系数	渗透性等级	防污性能
1 层素填土	主要为包气带水含水层，部分下部为潜水含水层	6.80E-04cm/s	中等透水性	较差
2 层黏土	主要为潜水含水层，部分上部为包气带水含水层	5.00E-06cm/s	微透水性	好
3 层淤泥	潜水含水层	5.00E-06cm/s	微透水性	好
4 层粉质黏土	隔水层	4.00E-06cm/s	微透水性	好
4-1 层粉细砂	第I承压含水层	2.50E-03cm/s	中等透水性	差
5 层粉质黏土	隔水层	5.00E-06cm/s	微透水性	好
5-1 层中细砂	第I承压含水层	8.00E-03cm/s	中等透水性	差
6 层中细砂	第II承压含水层	9.40E-03cm/s	中等透水性	差
6-1 层黏土	隔水层	2.40E-06cm/s	微透水性	好
7 层黏土	隔水层	2.80E-06cm/s	微透水性	好
7-1 层粉细砂	第III承压含水层	2.40E-03cm/s	中等透水性	差
8 层粉质黏土	隔水层	4.60E-05cm/s	弱透水性	较好
8-1 层中细砂	第III承压含水层	9.50E-03cm/s	中等透水性	差
9-1 层全风化片麻岩	基岩裂隙水含水层	1.00E-03cm/s	中等透水性	差
9-2 层强风化片麻岩	基岩裂隙水含水层	2.00E-03cm/s	中等透水性	差
9-3 层中风化片麻岩	基岩裂隙水含水层	6.00E-05cm/s	弱透水性	较好
9-4 层微风化片麻岩	基岩裂隙水含水层	1.50E-05cm/s	弱透水性	较好

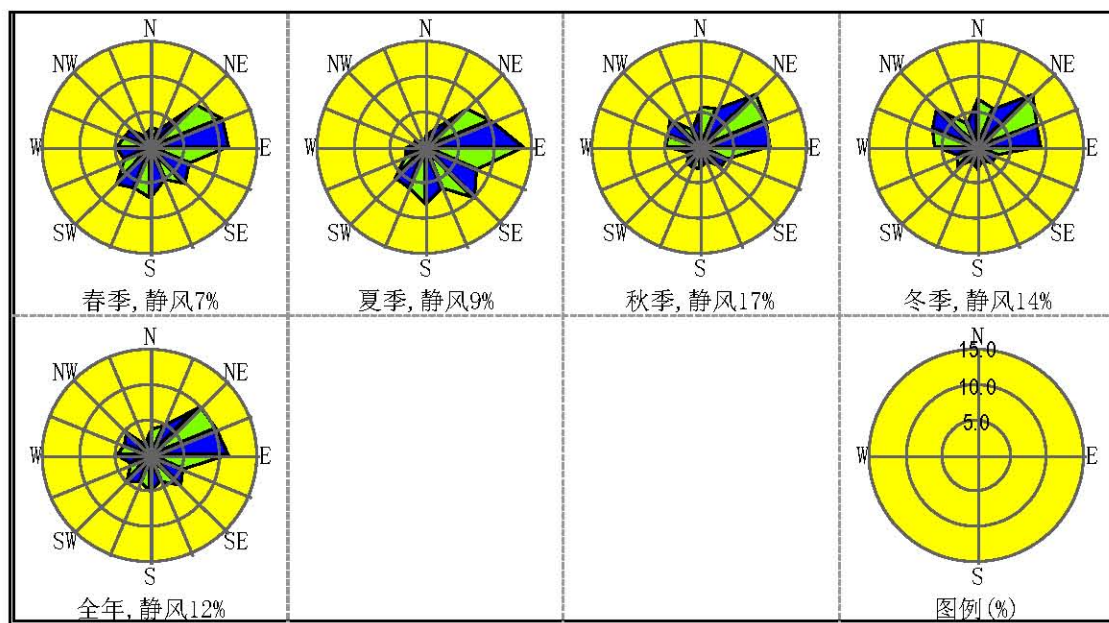
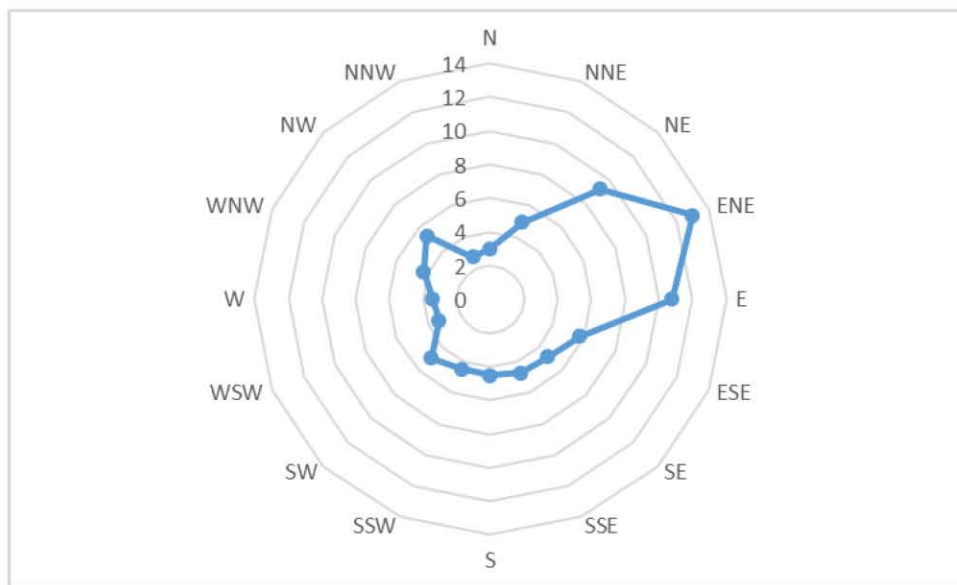


图 2.4-1 灌云站全年及各季风玫瑰图



C: 10.7%

单位：%

图 2.4-2 灌云站年风玫瑰图（2014.4~2021.3）

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和评价

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

表：

表 3.1-1 环境放射性本底初步调查方案

表 3.1-2 各项目核素分析仪器设备及测量方法依据

表 3.1-3 各项目样品用量、探测限

表 3.1-4 项目主要仪器和设备检定情况表

表 3.1-5 调查中使用的放射性标准物质

表 3.1-6 2021 年参加 IAEA 比对项目

表 3.1-7 平行样品测量结果统计

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

表 3.2-2 声环境质量标准

表 3.2-3 监测仪器一览表

表 3.2-4 厂区电磁辐射监测点设置情况

表 3.2-5 开关站监测点设置

表 3.2-6 拟建主变压器监测点编号一览表

表 3.2-7 厂区外监测点设置情况

表 3.2-8 厂区外通信基站监测点设置情况

表 3.2-9 拟建厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-10 拟建开关站和变电站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-11 拟建主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-12 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-13 厂区外敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-14 厂区外通信基站射频综合场强监测结果

表 3.2-15 厂区监测值统计情况

表 3.2-16 输电线路监测值统计情况

表 3.2-17 厂区外环境敏感区和通信基站监测值统计情况

图：

图 3.1-1 质量职能组织机构图

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 BE3830 γ 谱仪本底质控图

图 3.1-6 BE3830 γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-7 BE3830 γ 谱仪效率质控图

图 3.1-8 GMX50-S γ 谱仪本底质控图

图 3.1-9 GMX50-S γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-10 GMX50-S γ 谱仪效率质控图

图 3.1-11 GEM40P4-76 γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-12 GEM40P4-76 γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-13 GEM40P4-76 γ 谱仪效率质控图

图 3.1-14 GC4019 γ 谱仪本底质控图

图 3.1-15 GC4019 γ 谱仪峰位质控图

图 3.1-16 GC4019 γ 谱仪效率质控图

图 3.1-17 LB770（6199） α/β 测量仪 α 本底质控图

图 3.1-18 LB770（6199） α/β 测量仪 β 本底质控图

图 3.1-19 LB770（6199） α/β 测量仪效率质控图

图 3.1-20 LB770（6483） α/β 测量仪 α 本底质控图

图 3.1-21 LB770（6483） α/β 测量仪 β 本底质控图

图 3.1-22 LB770（6483） α/β 测量仪效率质控图（1）

图 3.1-23 LB770（6483） α/β 测量仪效率质控图（2）

图 3.1-24 液闪 ^3H 本底质控图

图 3.1-25 液闪 ^3H 效率质控图

图 3.1-26 液闪 ^{14}C 本底质控图

图 3.1-27 液闪 ^{14}C 效率质控图

图 3.2-1 调查站位分布图

图 3.2-2 厂区内电磁辐射监测点分布情况

图 3.2-3 厂区内拟建开关站、主变、厂区内输电线路监测点设置示意图

图 3.2-4 厂址区域已建输电线路监测断面设置示意图

图 3.2-5 厂区外环境敏感区监测点设置情况示意图

图 3.2-6 厂区外通信基站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 2021 年 9 月至 2021 年 12 月开展了为期 3 个月的辐射环境本底初步调查，以了解本项目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，为评价本项目在正常运行期间、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《江苏徐圩核能供热厂一期工程项目环境放射性本底初步调查报告》，并通过了专家评审。本节主要采用上述报告中的调查结果，对本项目运行前的辐射环境本底进行描述。

3.1.1.1 参照的标准规范

本次本底初步调查工作参照的主要标准规范如下：

- 《核电厂质量保证安全规定》（HAF003-1991）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）；
- 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ 808-2016）；
- 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- 《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》（EJ/T1075-1998）；
- 《水中总 β 放射性测定 蒸发法》（EJ/T900-1994）；
- 《水和生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法》（HJ815-2016）；
- 《土壤中锶-90 的分析方法》（EJ/T1035-2011）；
- 《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T11743-2013）；
- 《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T16140-2018）；
- 《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱法》（HJ1149-2020）；
- 《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）；
- 《空气中碳-14 的取样与测定方法》（EJ/T 1008-1996）。

3.1.1.2 调查内容

本次调查以收集现有资料并结合现场监测的方式开展。

（1）相关数据和资料收集

- 厂址半径 50km 范围内人口、气象、水文、地质、自然资源、农牧渔业及养殖业等资料；

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

(2) 厂址周围区域放射性本底初步调查

厂址周围区域放射性本底初步调查主要包括：

- 厂址周围 20km 范围内环境 γ 辐射水平：环境 γ 辐射/贯穿辐射剂量率和累积剂量；
- 厂址周围 10km 范围内主要环境介质中放射性核素活度浓度，需监测的环境介质包括土壤、空气（气溶胶、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I ）、陆地水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物）和接纳水体（海水和海洋沉积物）等。

3.1.1.3 布点原则

辐射环境本底初步调查工作的测量点/采样点设置的总体原则如下：

- (1) 应遵循相关标准规范的规定；
- (2) 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；
- (3) 充分考虑厂址周围地区人口分布、居民饮食结构等调查资料，同时参考当地气象的资料；
- (4) 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；
- (5) 按“均匀选点，近密远疏”的原则进行布点，充分考虑采样点和监测点的代表性。

3.1.1.4 调查范围及布点方案

本次调查的方案见表3.1-1，调查项目、调查范围及测量点/采样点的设置如下：

- (1) 环境 γ 辐射/贯穿辐射剂量率
 - 调查范围：以厂址中心为中心，半径 20km 范围内，按半径为 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位角的扇形区域内布点。

- 点位布设：共布设 50 个测量点。

(2) 环境 γ 辐射累积剂量

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

- 点位布设：共设置 30 个测量点。其中 0~2km 范围内布设 7 个点位；2km~5km 范围内布设 9 个点位；5km~10km 范围内布设 7 个点位；10km~20km 范围内布设 7 个点位。

(3) 空气（气溶胶、 ^3H 和 ^{14}C ）

- 调查范围：以厂址中心为中心，半径 10km 范围内。

- 点位布设：共布设 3 个点位。

(4) 陆地水体（饮用水、地下水、地表水及其沉积物）

A. 饮用水

- 调查范围：以厂址中心为中心，半径 10km 范围内。

- 点位布设：共布设 3 个点位。

B. 地下水

- 调查范围：以厂址中心为中心，半径 10km 范围内。

- 点位布设：共布设 2 个点位。

C. 地表水及其沉积物

- 调查范围：以厂址中心为中心，半径 10km 范围内。

- 点位布设：地表水与沉积物采样点位一致，共布设 3 个点位。

(5) 土壤

- 调查范围：以厂址中心为中心，半径 10km 范围内，在 8 个方位角内的陆地范围布点。

- 点位布设：共布设 8 个点位。兼顾各个方位，在累积剂量测量点中选择了点位。设置在无水土流失的原野或田间，兼顾农田、山地、丘陵等不同类型的土壤。

(6) 受纳水体（海水和海洋沉积物）

A. 海水

- 点位布设：共设置 3 个采样点。

B. 海洋沉积物

- 点位布设：共设置 4 个采样点。

3.1.1.5 环境介质测量仪器及方法

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 测量方法的探测下限

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) 厂址周围存在的辐射或放射源应用情况

根据已获得的资料，厂址半径 30km 范围内，除田湾核电基地 1~6 号机组外，无其他核设施，无铀、钍矿设施。田湾核电一期工程 1、2 号机组分别于 2007 年 5 月 17 日和 8 月 16 日投入商业运行；田湾核电站二期工程 3、4 号机组分别于 2018 年 2 月 15 日和 12 月 22 日投入商业运行；田湾 5、6 号机组分别于 2020 年 9 月 8 日和 2021 年 6 月 2 日投入商业运行。厂址半径 15km 范围内，无人为活动引起天然辐射照射增加的设施。厂址半径 15km 范围内，无同位素生产以及非密封放射源同位素的应用。厂址半径 5km 范围内，无 I 类和 II 类放射源的应用。

(2) γ 辐射剂量率和累积剂量

A. 宇宙射线测量

宇宙射线结果均值为 $29.3 \pm 0.9 \text{ nGy/h}$ 。

B. γ 辐射剂量率

γ 辐射剂量率共测量 50 个点位，包含 30 个道路点位，包括 23 个水泥路面、7 个沥青路面；20 个原野点位，包括 11 个草地、8 个土地和 1 个沙地。测量均值的范围为 $64.2 \sim 105 \text{ nGy/h}$ 。

C. 累积剂量

累积剂量共测量 30 个点位，均布设在树上，TLD 回收率为 93.3%。测量结果范围为 $108.4 \text{ n} \sim 154.2 \text{ nGy/h}$ 。

(3) 大气中气溶胶、空气 ^3H 和 ^{14}C

A. 气溶胶

γ 谱分析测量结果中，除 ^7Be 和部分 ^{137}Cs 外，其余核素（ ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I ）结果均低于探测限。其中：

^7Be 的活度浓度范围为 $7.20\sim 7.68\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $7.45\pm 0.24\text{mBq/m}^3$ ；

^{137}Cs 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}\sim 9.13\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $7.22\pm 2.72\text{mBq/m}^3$ 。

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 $0.11\sim 0.24\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $0.17\pm 0.07\text{mBq/m}^3$ ；

总 β 的活度浓度范围为 $0.92\sim 1.51\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $1.13\pm 0.33\text{mBq/m}^3$ ；

^{90}Sr 的活度浓度范围为 $2.25\sim 3.73\mu\text{Bq/m}^3$ ，均值为 $2.92\pm 0.75\mu\text{Bq/m}^3$ 。

B. ^3H 、 ^{14}C

空气中 ^3H 、 ^{14}C 监测频次为 1 次，使用空气采样泵进行采样；

^3H 的活度浓度范围为 $3.51\sim 6.57\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $5.15\pm 1.54\text{mBq/m}^3$ ；

空气中每升凝结水中 ^3H 的活度浓度范围为 $0.50\sim 0.82\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.67\pm 0.16\text{Bq/L}$ ；

^{14}C 的活度浓度范围为 $41.93\sim 50.71\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $45.88\pm 4.46\text{mBq/m}^3$ ；

每克 CaCO_3 中的 ^{14}C 活度浓度范围为 $0.21\sim 0.27\text{Bq/gC}$ ，均值为 $0.24\pm 0.03\text{Bq/gC}$ 。

（4）陆地水体测量结果

A. 饮用水

饮用水监测项目为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）。

监测频次为 1 次。

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总 α 低于探测限，总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 均给出了全部测量结果。其中：

总 β 测量结果活度浓度范围 $0.12\sim 0.23\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.17\pm 0.06\text{Bq/L}$ ；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 $3.54\sim 3.92\text{mBq/L}$ ，均值为 $3.73\pm 0.19\text{mBq/L}$ ；

^3H 测量结果活度浓度范围 $0.38\sim 0.50\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.41\pm 0.08\text{Bq/L}$ 。

B. 地下水

地下水监测项目为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）。

监测频次为 1 次。

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总 α 低于探测限，总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 给出了全部测量结果。其中：

总 β 测量结果活度浓度范围 $0.19\sim 0.89\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.54\pm 0.49\text{Bq/L}$ ；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 $6.37\sim 6.53\text{mBq/L}$ ，均值为 $6.45\pm 0.11\text{mBq/L}$ ；

^3H 测量结果活度浓度范围 $0.28\sim 0.49\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.39\pm 0.15\text{Bq/L}$ 。

C. 地表水

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

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析中总 α 低于探测限，总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 给出了全部测量结果。其中：

总 β 测量结果活度浓度范围0.17~3.71Bq/L，均值为 $1.07\pm 1.76\text{Bq/L}$ ；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围3.74~8.30mBq/L，均值为 $5.48\pm 2.10\text{mBq/L}$ ；

^3H 测量结果活度浓度范围0.45~0.74Bq/L，均值为 $0.57\pm 0.13\text{Bq/L}$ 。

（5）底泥测量结果

底泥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 ）。与地表水一同采集，监测频次为1次。 γ 谱分析测量结果中， ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 和部分 ^{137}Cs 给出了测量结果，其余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为29.5~38.0Bq/kg，均值为 $32.1\pm 4.0\text{Bq/kg}$ ；

^{226}Ra 测量结果活度浓度范围为28.1~32.1Bq/kg，均值为 $29.5\pm 1.8\text{Bq/kg}$ ；

^{232}Th 测量结果活度浓度范围为52.7~56.9Bq/kg，均值为 $54.4\pm 1.8\text{Bq/kg}$ ；

^{40}K 测量结果活度浓度范围为777~821Bq/kg，均值为 $797\pm 18\text{Bq/kg}$ ；

^{137}Cs 测量结果活度浓度范围为 $\text{LLD}\sim 0.45\text{Bq/kg}$ ，均值为 $0.30\pm 0.10\text{Bq/kg}$ 。

放化分析中 ^{90}Sr 各样品均给出了测量结果。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为2.22~3.31Bq/kg，均值为 $2.60\pm 0.50\text{Bq/kg}$ 。

（6）土壤测量结果

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 ），监测频次为1次。 γ 谱分析测量结果中， ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 和部分 ^{137}Cs 给出了测量结果，其余核素测量结果均低于探测限，其中：

^{238}U 的活度浓度范围为20.3~29.8Bq/kg，均值为 $25.4\pm 3.5\text{Bq/kg}$ ；

^{226}Ra 的活度浓度范围为19.4~28.3Bq/kg，均值为 $24.4\pm 3.0\text{Bq/kg}$ ；

^{232}Th 的活度浓度范围为24.6~53.9Bq/kg，均值为 $44.2\pm 9.0\text{Bq/kg}$ ；

^{40}K 的活度浓度范围为482~819Bq/kg，均值为 $744\pm 101\text{Bq/kg}$ ；

^{137}Cs 的活度浓度范围为 $\text{LLD}\sim 1.07\text{Bq/kg}$ ，均值为 $0.48\pm 0.33\text{Bq/kg}$ 。

放化分析结果中， ^{90}Sr 均给出了测量结果，其中：

^{90}Sr 的活度浓度范围为0.46~5.27Bq/kg，均值为 $2.84\pm 1.45\text{Bq/kg}$ 。

（7）海水测量结果

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

γ 谱分析结果中，所有样品都给出了 ^{137}Cs 的测量结果，其它核素测量结果均低于探测限。

^{137}Cs 测量结果活度浓度范围0.95~1.66mBq/L，均值为 $1.28\pm 0.33\text{mBq/L}$ 。

放化分析的所有样品总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 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7.73~11.7Bq/L，均值为 $9.06\pm 1.80\text{Bq/L}$ ；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围0.84~1.12mBq/L，均值为 $0.97\pm 0.12\text{mBq/L}$ ；

^3H 测量结果活度浓度范围0.64~0.75Bq/L，均值为 $0.69\pm 0.05\text{Bq/L}$ 。

（8）海洋沉积物测量结果

海洋沉积物测量项目包括 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K ），测量频次为1次，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；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 $868\pm 112\text{Bq/kg}$ 。

放化分析中 ^{90}Sr 均给出了测量结果，其中：

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围0.53~2.58Bq/kg，均值为 $1.80\pm 0.96\text{Bq/kg}$ 。

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，并针对本次调查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专题项目组，质量职能组织机构见图 3.1-1，明确的规定了相应的职责和分工。根据工作进度与实际需要，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

本次调查采样及分析测量方法均严格执行我国已颁布的有关标准和法规。

（3）样品的质量控制

本次调查涉及到的样品采集和预处理主要按照中国辐射防护研究院核工业太原环境分析测试中心的有关作业指导书进行。按照相关操作规范采集完成并做好标识的样品按照样品的特性进行适当的包装，在运输前认真填写样品清单，清点样品，并且检查包装是否符合要求，然后用集装箱车公路运输样品到实验室，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，将样品有条理的放置在样品室的未检区，分析人员按规定领取样品，及时分析测量。

（4）仪器设备的控制

A. 现场采样设备的控制

用于采样和分析的仪器设备，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

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

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。工作中使用的放射性标准物质见表3.1-5。

D. 仪器性能的检验

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，质控图是检查仪器设备状态是否正常的主要手段。按实验室程序文件的要求，测量仪器应定期进行质量监控以确保仪器的稳定性，并绘制质控图，每半年在质量管理办公室进行存档。本次调查涉及的仪器质量控制记录见图 3.1-2~图 3.1-27。

(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、有效期。

(6) 实验室分析测量的控制

实验室在2021年参加了国际原子能机构组织的国际比对IAEA-TEL-2021-04，比对项目见表3.1-6，通过比对对实验室的测量分析进行了质量控制。

IAEA-TEL-2021-04比对内容包括3个水样品、1个竹子样品和1个气溶胶样品。除1号水样品因人为失误将 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 结果报反导致结果不合格外，其余样品比对结果均良好。

(7) 平行样品的控制

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、地表水沉积物、土壤、海水和海洋沉积物采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同，平行样品的采样个数见表 3.1-7。平均偏差计算公式如下：

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

所有平行样品测量结果的相对偏差均小于 HJ61-2021 对平行样品测量结果相对偏差要求，样品整体平行性较好。

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 30km 范围内，除田湾核电基地 1~6 号机组外，无其他核设施，无铀、钍矿设施；厂址半径 15km 范围内，无人为活动引起天然辐射照射增加的设施。

3.1.2.2 密封和非密封放射性同位素源情况

根据已获得的资料，厂址半径 15km 范围内，无同位素生产以及非密封放射源同位素的应用；厂址半径 5km 范围内，无 I 类和 II 类放射源的应用。

3.1.2.3 γ 辐射剂量率和累积剂量和空气介质中放射性核素活度浓度

通过对比分析可知，厂址周围区域 γ 辐射剂量率和累积剂量和空气介质中放射性核素活度浓度处于环境正常水平，未发生明显异常。

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研发中心联合北京浩达建通技术检测有限公司于 2022 年 10 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址周围环境大气、噪声现状调查及评价报告》。

执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

——《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）。

《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）规定的标准限值见表 3.2-1。

各监测点 SO_2 的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值。

各监测点 NO_2 的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值。

各监测点 NO_x 的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值。

各监测点 CO 的小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

各监测点 TSP 的日均浓度符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

各监测点 PM_{10} 的日均浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

各监测点 $\text{PM}_{2.5}$ 的日均浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

综上所述，本次现状监测各污染物 1 小时平均质量浓度和 24 小时平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

3.2.2 声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研发中心联合北京浩达建通技术检测有限公司于 2022 年 10 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址周围环境大气、噪声现状调查及评价报告》。

执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ/T 2.4-2009）；

——《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

——《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》（GB/T15190-2014）。

《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的标准限值见表 3.2-2。

除个别监测点外，厂外敏感点噪声监测值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类限值要求；除个别监测点外，陆域网格点噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类限值要求；厂界噪声监测值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 1 类限值要求；取排水管线噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 1 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。

超标原因分析

其中 31 监测点位第二天昼间（2022 年 1 月 15 日）等效声级为 63.8 dB（A），昼间噪声偏高的原因为监测期间有多辆中、大型运输车辆不间断经过，交通噪声是噪声主要来源。

D3 后腰鲁河街监测点位昼夜监测值均高于《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 4b 类标准；D3 监测点位是居住、商贸集市混合区，东侧毗邻 S242 省道，昼间商业活动较多，人声嘈杂，有大量车辆在商业街中行驶，商业和社会生活噪声和交通噪声是昼间噪声超标的主要原因；夜间工作生产和生活活动相对昼间较少，仍有部分商户营业至凌晨，商业街中车流量相较昼间有所减少，受省道 S242 影响的交通噪声也是夜间噪声来源的一部分，商业和社会生活噪声和交通噪声是夜间噪声超标的主要原因。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查和评价

本节内容主要参考《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址附近海域生态环境现状调查及分析评价（含渔业资源调查）报告》（2022 年 9 月，自然资源部第三海洋研究所）编制而成。

3.2.3.1 海水水质现状调查

（1）调查时间、范围及站位设置

现场调查安排在一年内四个季度代表月进行，并在春季增加一个小潮 / 大潮期观测。拟于夏季大潮期（2021年7月）、秋季大潮期（2021年10月）、冬季大潮期（2022年1月）、春季大潮期和小潮期（2022年4月）进行监测，合计5个航次。在工程海域邻近50km范围海域内布设48个水质大面调查站位、生态大面调查站位29个，沉积物质量大面调查站位24个，取水口连续站1个，布设于港池口门外，排水口连续站1个（排水口连续站位于排水口邻近海域（离岸约10km）），详见图3.2-1。

（2）监测项目

1) 调查海域水文要素

大面站和连续站均包括水温、水深、盐度、电导率、水色、透明度、浊度等。

2) 调查海域水环境化学要素

大面站：pH、总碱度、溶解氧、化学需氧量、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、活性磷酸盐、活性硅酸盐、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、重金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬）、砷、硒、余氯等。

连续站：pH、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、活性磷酸盐、活性硅酸盐、余氯等。

海洋沉积物质量调查：底质类型、粒度、含水率、pH、氧化还原电位(Eh)；污染物：重金属含量（汞、铜、铅、锌、镉、铬）、砷、有机碳、硫化物、有机氯、石油类等。

（3）实验和分析方法

样品采集、保存和分析方法分别按《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378.4-2007）海水分析分册中规定的有关方法进行。

3.2.3.2 海水质量评价

分析四季的大面积站及连续站海水水质调查结果，可得如下结论：

（1）夏季调查

本调查海区夏季水温、盐度、浊度、电导率、悬浮物分布未见异常；总碱度、活性硅酸盐、总氮、总磷含量均在合理范围内；pH、化学需氧量、石油烃、铜、锌、镉、铬、砷、硒、挥发性酚、氰化物和硫化物等参数均符合一类海水水质标准。

夏季溶解氧、非离子态氮个别样品符合二类海水水质标准，其余绝大部分符合一类海水水质标准；铅和汞大部分样品符合一类海水水质标准，少部分样品符合二类海水水质标准；生化需氧量不到半数样品符合一类海水水质标准，半数以上样品符合二类海水水质标准，表层个别样品符合三类海水水质标准。

夏季无机氮表层的半数样品，中层的全部样品及底层的大部分样品符合一类海水水质标准，表层和底层均有小部分样品分别符合二类和三类海水水质标准，表层的少量样品符合四类海水水质标准，个别样品超出四类海水水质标准。活性磷酸盐表层的大部分样品和中层底层的全部样品均符合一类海水水质标准，个别样品符合二、三类海水水质标准和四类海水水质标准，极少量样品超出四类水质标准。

夏季阴离子洗涤剂部分样品符合一类海水水质标准，其余样品符合二类海水水质标准；夏季氧化物均为未检出，余氯和挥发酚绝大多数样品为未检出。

夏季海水水质中pH、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硒、石油烃、硫化物、氧化物和挥发酚的单因子指数评价结果均小于1；化学需氧量和秋季溶解氧、非离子态氮的单因子指数评价结果也小于1；溶解氧、生化需氧量和阴离子洗涤剂的单因子指数除一个站，均小于1，占全部站位的97.9%。

非离子态氮和活性磷酸盐96.3%的样品单因子指数小于1，而76.3%的无机氮样品单因子指数小于1。超标要素主要为营养盐。

（2）秋季调查

本调查海区秋季水温、盐度、浊度、电导率、悬浮物分布未见异常；总碱度、活性硅酸盐、总氮、总磷含量均在合理范围内；pH、溶解氧、非离子态氮、石油烃、铜、锌、镉、铬、砷、硒、挥发性酚、氧化物和硫化物等参数均符合一类海水水质标准。

秋季铅和汞大部分样品符合一类海水水质标准，少部分样品符合二类海水水质标准；化学需氧量和阴离子洗涤剂半数样品符合一类海水水质标准，其余样品符合二类海水水质标准；生化需氧量大部分样品符合一类海水水质标准，其余样品符合二类海水水质标准。

秋季无机氮大部分样品超出四类海水水质标准，少部分样品符合四类海水水质标准；活性磷酸盐大部分样品符合四类海水水质标准，少部分样品符合二、三类海水水质标准，少量样品分超出四类海水水质标准。

阴离子洗涤剂有超半数样品符合一类海水水质标准；氧化物均为未检出，余氯和挥发酚绝大多数样品为未检出。

秋季海水水质中pH、溶解氧、非离子态氨铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硒、石油烃、硫化物、氰化物和挥发酚的单因子指数评价结果均小于1；秋季的化学需氧量、生化需氧量和阴离子洗涤剂除一个站，均小于1，占全部站位的97.9%。

秋季活性磷酸盐17.5%样品的单因子指数小于1，而全部无机氮样品的单因子指数均大于1。超标要素主要为营养盐。

（3）冬季调查

本调查海区冬季水温、盐度、浊度、电导率、悬浮物分布未见异常；总碱度、活性硅酸盐、总氮、总磷含量均在合理范围内；pH、溶解氧、非离子态氨、化学需氧量、石油烃、铜、锌、镉、铬、砷、硒、挥发性酚、氰化物、硫化物和阴离子洗涤剂均符合一类海水水质标准。

冬季铅和生化需氧量大部分样品符合一类海水水质标准，少部分样品符合二类海水水质标准；无机氮大部分样品符合一类海水水质标准，少部分样品符合二类海水水质标准，个别样品符合三类海水水质标准；活性磷酸盐大部分样品符合一类海水水质标准，少部分样品符合二、三类海水水质标准；氰化物、余氯和阴离子洗涤剂均为未检出，挥发酚绝大多数样品为未检出。

冬季海水水质中pH、溶解氧、化学需氧量、活性磷盐、非离子态氨、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硒、石油烃、硫化物、氰化物和挥发酚的单因子指数评价结果均小于1；冬季的生化需氧量和无机氮除一个站，均小于1，占全部站位的98.7%。

（4）春季调查

本调查海区春季水温、盐度、浊度、电导率、悬浮物分布未见异常；总碱度、活性硅酸盐、总氮、总磷含量均在合理范围内；pH、溶解氧、非离子态氨、化学需氧量、生化需氧量、石油烃、铜、锌、镉、铬、汞、砷、硒、硫化物、氰化物、挥发性酚、阴离子洗涤剂以及小潮活性磷酸盐等参数均符合一类海水水质标准。

春季小潮期无机氮绝大部分样品符合一类海水水质标准，个别样品符合二类海水水质标准；大潮期无机氮大部分样品符合一类海水水质标准，少部分样品符合二类海水水质标准，小部分样品符合三类海水水质标准，个别样品符合四类海水水质标准；春季大潮期活性磷酸盐绝大部分样品符合一类海水水质标准，个别样品符合二类海水水质标准。

春季大小潮期铅大部分样品符合一类海水水质标准，少部分样品符合二类海水水质标准；氰化物、挥发酚均为未检出，绝大部分余氯、阴离子洗涤剂以及半数的硫化物为未检

出。

春季大潮期海水水质所有参数单因子指数评价结果也小于 1；小潮期除无机氮和活性磷酸盐其余参数的样品单因子指数均小于 1，89.5%的无机氮样品单因子指数小于 1，98.7%的活性磷酸盐样品的单因子指数小于 1，超标要素主要为营养盐。

水质调查不符合功能区划要求参数多为营养盐，对照以往调查研究以及同时期国控点数据，该海域营养盐均存在符合三、四类海水水质标准，甚至超出四类海水水质标准的情况。该情况可能与调查海区周边工业废水和生活污水大量排入海以及沿海大量富含营养物质的农业和水产养殖业污水的输入有关。34号站夏、秋、冬三季生化需氧量，夏、秋季阴离子洗涤剂，夏季溶解氧含量与周边海水基本一致，符合二类海水水质标准，超出该功能区划一类水质标准要求。以往调查研究中，均存在个别溶解氧、生化需氧量、化学需氧量等参数超标的情况，详细原因需进一步深入研究。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订，2017 年 10 月 1 日施行）
- 《核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ 808-2016）
- 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2011）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2005）
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）
- 《监测报告》（HDJT-2022-DC-0001，2022 年 2 月，A 版）

3.2.4.2 调查内容及范围

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

（2）射频综合场强：调查范围为本工程厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

3.2.4.3 监测方法

依据相应监测标准进行现场监测，具体监测方法及要求如下：

（1）工频电场/工频磁场强度

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

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

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

- 监测工频磁场时，监测探头用一个小的电介质手柄支撑，并由监测人员手持。

（2）射频综合场强

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

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

3.2.4.4 监测仪器

本次监测仪器见表 3.2-3。

3.2.4.5 监测时间及天气

2022 年 1 月 12 日~1 月 19 日对本项目厂址周围电磁环境进行了现场调查。由表 3.2-9~3.2-14 可知，监测期间气象条件符合监测规范及仪器使用要求。

3.2.4.6 电磁辐射源调查

根据现场踏勘资料，厂址半径 5km 范围内现有电磁辐射源有徐圩新区 500kV 变电站，220kV 芦田线输电线，500kV 徐盐/徐都线，500kV 田徐/田圩线，220kV 徐瀛线，220kV 徐东 2EO 线，220kV 徐区/徐西线，220kV 徐香/徐炼线，220kV 徐东 46P 线，220kV 徐孔/沿徐线。另有通信基站 19 个。

3.2.4.7 监测点设置

a) 厂区监测点设置

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：

厂区共设置 9 个监测点，在厂区边界设 4 个（东南西北），厂区内 5 个。编号 1~9，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。监测点名称、编号见表 3.2-4 和图 3.2-2。

b) 开关站监测点设置

本项目拟建 2 个开关站和 1 个已建徐圩新区 500kV 变电站，在每个开关站（变电站）东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。开关站共设置 12 个监测点，编号 10~21。开关站监测点设置情况见表 3.2-5 和图 3.2-3。

c) 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。

分别对本项目拟建的 3 个主变进行监测，监测点编号见表 3.2-6 和图 3.2-3。

d) 输电线路监测点设置

在厂址半径 5km 范围内拟建输电线路两条为：拟建 500kV 出线输电线路和拟建 220kV 应急输电线路；已建输电线路 9 条分别为：220kV 芦田线输电线，500kV 徐盐/徐都线，500kV 田徐/田圩线，220kV 徐瀛线，220kV 徐东 2EO 线，220kV 徐区/徐西线，220kV 徐香/徐炼线，220kV 徐东 46P 线，220kV 徐孔/沿徐线，由于出现多条输电线路出线方位相同，出线走向一致，因此共设 9 处监测断面。P1 为拟建 500kV 出线输电线路监测断面，P2 为拟建 220kV 应急输电线路监测断面，P3 为厂址区域现有 220kV 芦田线输电线路监测断面，P4 为 220kV 徐孔/沿徐线输电线路监测断面，P5 为 220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/徐香/徐炼线输电线路监测断面，P6 为 220kV 徐东 46P 线输电线路监测断面，P7 为 500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都线输电线路监测断面，P8 为 500kV 徐盐/徐都线输电线路监测断面，P9 为 220kV 徐瀛线输电线路监测断面。

分别在各已建和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

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

(2) 平行方向的监测断面点位设置

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

对监测点进行逐一编号（P1-1~P1-28、P2-1~P2-28、P3-1~P3-28、P4-1~P4-28、P5-1~P5-28、P6-1~P6-28、P7-1~P7-28、P8-1~P8-28、P9-1~P9-28）。本项目输电线路监测断面设置情况见图 3.2-3 和图 3.2-4。

e) 厂区外环境敏感区和通信基站监测点设置

在本项目厂区外居民点共设置 49 个监测点，编号 22~70，每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。在厂区外通信基站共设置 19 个监测点，监测射频综合场强。监测点设置情况见表 3.2-7~表 3.2-8 和图 3.2-5~图 3.2-6。

3.2.4.8 电磁辐射现状监测数据

厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-9。

厂址区域拟建开关站和已建变电站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-10。

拟建主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果见表 3.2-11。

输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果见表 3.2-12。

厂址区域环境敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-13。

厂址区域通讯基站射频综合场强监测结果见表 3.2-14。

厂区监测值统计情况见表 3.2-15。

输电线路监测值统计情况见表 3.2-16。

厂址区域环境敏感区和通信基站监测值统计情况见表 3.2-17。

3.2.4.9 电磁辐射现状评价标准评价标准

(1) 工频电场强度、工频磁场强度

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

(2) 射频综合场强

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

3.2.4.10 电磁辐射现状监测质量保证措施

本次调查及评价工作严格按照《江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址区域电磁辐射本底测量和现状评价质量保证大纲》，采取的主要质量措施有：

(1) 监测方法采用国家和行业标准，监测人员经考核并持有资格证上岗。

(2) 质保人员进行现场数据采集同步跟踪和同步记录，确保监测数据的有效性。

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

(4) 保存反映各监测点原貌的文字及图片等资料。

(5) 提交的项目成果应符合技术任务书的要求。

3.2.4.11 电磁辐射现状监测结果评价

a) 厂区内电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

厂区工频电场/工频磁场强度监测值统计情况见表 3.2-15。厂区内所有监测点工频电场强度监测值范围 0.06V/m~0.40V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0050 μ T~0.0090 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

2) 射频综合场强

厂区射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-15。厂区内所有监测点射频综合场强监测值在 0.10 V/m~0.33 V/m 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的 12V/m 标准限值。

b) 开关站（变电站）电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

开关站工频电场/工频磁场强度监测值统计情况见表 3.2-15。本项目 2 个拟建开关站和 1 个已建徐圩新区 500kV 变电站，所有监测点工频电场强度监测值范围 0.09V/m~295.49V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0024 μ T~0.0775 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

2) 射频综合场强

开关站射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-15。厂区开关站所有监测点的射频综合场强监测值在 0.12V/m~0.55V/m 之间，所有监测值都小于《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。

c) 主变压器监测结果分析与评价

主变压器工频电场/工频磁场强度监测值统计情况见表 3.2-15。所有监测点工频电场强度监测值范围 0.04V/m~0.20V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0030 μ T~0.0080 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m 标准要求和 0.1mT（100 μ T）的标准限值，符合标准要求。

d) 输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路监测值统计情况见表 3.2-16。所有输电线路监测点的工频电场强度监测值范围在 0.04V/m~1395.64V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0027 μ T~4.9998 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

e) 厂区外环境敏感区和通信基站电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

厂址区域环境敏感区工频电场/工频磁场强度监测值统计情况见表 3.2-16。所有监测点工频电场强度监测值在 0.42V/m~3.74V/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 0.0038 μ T~0.0296 μ T 之间，小于标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

2) 射频综合场强

环境敏感区射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-16。环境敏感区所有监测点监测值在 0.21 V/m ~0.55 V/m 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

通信基站射频综合场强监测值统计情况见表 3.2-17。所有监测点监测值在 0.42V/m~0.76 V/m 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1 环境放射性本底初步调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频 度	调查范围	采样 点数	样品 个数	平行 样品数	总个数
1	环境 贯穿辐 射	地表	γ 辐射剂量率	2 次	20km	50	100	0	100
			累积剂量	1 次	20km	30	30	0	30
2	气溶胶		总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^7Be	1 次	10km	3	3	0	3
3	空气		^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I	1 次	10km	3	3	0	3
4	土壤	表层土	^{90}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K	1 次	10km	8	8	1	9
	地表水沉积物			1 次	10km	3	3	1	4
5	陆地水 体	饮用水	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn	1 次	10km	2	2	0	2
		地下水		1 次	10km	3	3	0	3
		地表水		1 次	10km	3	3	1	4
6	受纳水 体	海水	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 。	1 次	排水口附近	3	3	1	4
		海洋沉积物	^{90}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K	1 次	排水口附近及 主要活动场所	4	4	1	5
7	合计	/	/	/	/	112	162	5	167

表 3.1-2 各项目核素分析仪器设备及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	γ 辐射剂量率	RP3000B 型高压电离室	HJ1157-2021 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB/T 10264-2014 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》
3	总 α	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T1075-1998 《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》
4	总 β	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T 900-1994 《水中总 β 放射性测定 蒸发法》
5	^3H	Quantulus 1220 低水平液闪	HJ1126-2020 《水中氚的分析方法》
6	空气 ^{14}C	Quantulus 1220 低水平液闪	EJ/T1008-1996 《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》
9	水 ^{90}Sr	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ815-2016 《水和生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法》
10	土壤、沉积物、气溶胶 ^{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》
11	空气 ^{131}I	HPGe γ 谱仪	GB/T 14584-1993 《空气中碘-131 的取样与测定》
12	水中 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 16140-2018 《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
13	土壤、沉积物 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 11743-2013 《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
14	气溶胶 γ 核素	HPGe γ 谱仪	HJ1149-2020 《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱法》

表 3.1-3（1/2） 各项目样品用量、探测限

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测限
1	气溶胶	1000m ³	总 α	100min	8.0×10 ⁻⁵ Bq/m ³
		1000m ³	总 β	100min	6.0×10 ⁻⁵ Bq/m ³
		10000m ³	⁹⁰ Sr	500min	4.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³
		10000m ³	γ 谱分析	80000s	¹³⁴ Cs: 5.8×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ¹³⁷ Cs: 5.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ⁶⁰ Co: 9.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ⁵⁴ Mn: 5.8×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ⁷ Be: 6.5×10 ⁻⁵ Bq/m ³ ¹³¹ I: 5.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³
2	空气	10m ³	HTO	1000min	8.0×10 ⁻³ Bq/m ³
		3 m ³	¹⁴ C	1000min	0.1Bq/g·碳
3	土壤、底泥、海洋沉积物	50g	⁹⁰ Sr	900min	0.15 Bq/kg
		300g	γ 谱分析	80000s	¹³⁷ Cs: 0.26Bq/kg ¹³⁴ Cs: 0.24Bq/kg ⁵⁸ Co: 0.22Bq/kg ⁶⁰ Co: 0.24Bq/kg ^{110m} Ag: 0.40Bq/kg ⁵⁴ Mn: 0.26Bq/kg ²³⁸ U: 10Bq/kg ²³² Th: 1.1Bq/kg ²²⁶ Ra: 0.69Bq/kg ⁴⁰ K: 4.5Bq/kg

表 3.1-3 (2/2) 各项目样品用量、探测限

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测限
4	地表水、地下水、 饮用水	3L	总 α	600min	2.0×10^{-3} Bq/L
		3L	总 β	600min	5.0×10^{-3} Bq/L
		250mL	^3H	1000min	0.18Bq/L
		50L	^{90}Sr	500min	1.5×10^{-4} Bq/L
		50L	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs : 1.6×10^{-3} Bq/L ^{134}Cs : 1.4×10^{-3} Bq/L ^{54}Mn : 1.5×10^{-3} Bq/L ^{58}Co : 1.3×10^{-3} Bq/L ^{60}Co : 1.7×10^{-3} Bq/L
5	海水	250mL	^3H	1000min	0.18Bq/L
		50L	^{90}Sr	500min	1.5×10^{-4} Bq/L
		50L	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs : 3.5×10^{-3} Bq/L ^{134}Cs : 1.0×10^{-3} Bq/L ^{58}Co : 9.0×10^{-4} Bq/L ^{60}Co : 1.1×10^{-3} Bq/L $^{110\text{m}}\text{Ag}$: 1.3×10^{-3} Bq/L ^{54}Mn : 1.0×10^{-3} Bq/L ^{106}Ru : 8.5×10^{-3} Bq/L

表 3.1-4 项目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	GR3019	2021.7.6	校字第[2021]-P1036	2 年
2	HPGe γ 谱仪	BE3830	2021.7.6	校字第[2021]-P1035	2 年
3	HPGe γ 谱仪	GMX-50S	2021.7.6	校字第[2021]-P1037	2 年
4	HPGe γ 谱仪	GEM40P4-76	2020.10.21	检字第[2020]-P029	2 年
5	HPGe γ 谱仪	GC4019	2021.7.7	校字第[2021]-P1038	2 年
6	低本底 α/β 测量仪	LB770	2020.3.2	检字第[2020]-D1001	2 年
7	低本底 α/β 测量仪	LB770	2020.10.19	检字第[2020]-D1026A	2 年
8	低水平液闪谱仪	Quantulus1220	2020.6.18	校字第[2020]-YS002	2 年
9	高压电离室	RP3000B	2021.11.16	检字第[2021]-L1299	1 年
10	电子天平	MS303S	2021.3.11	(2021)天字 15 号	1 年
11	电子天平	PL602-L	2021.3.11	(2021)天字 18 号	1 年
12	电子天平	PL602E	2021.3.11	(2021)天字 20 号	1 年

表 3.1-5 调查中使用的放射性标准物质

序号	名称	来源	证书号/编号	用途
1	^{241}Am , ^{40}K 粉末标准源	中国计量院	Fspa2000-12072	总 α 、总 β 测量
2	点源系列	英国 AMERSHAM	QCRI	γ 谱仪刻度
3	土壤放射性参考物质	美国 EML	QAP-9803	γ 谱测量
4	土壤放射性参考物质	美国 RESL	MAPEPEP-99-S6	γ 谱测量
5	沉积物放射性参考物质	IAEA	IAEA-384	γ 谱测量
6	放射性水溶液参考物质	美国 RESL	MAPEPEP-97-W5	γ 谱测量

表 3.1-6 2021 年参加 IAEA 比对项目

样品种类	分析项目
水 1	总 α 、总 β 、 γ 核素
水 2	总 α 、总 β 、 γ 核素、 ^{90}Sr 、 ^3H
水 3	总 α 、总 β 、 γ 核素、 ^{239}Pu
竹子	γ 核素
气溶胶	总 α 、总 β 、 γ 核素、 ^{239}Pu

表 3.1-7 平行样品测量结果统计

样品名称	平行样品组数	测量结果组数	相对偏差大于 30% 的个数	相对偏差大于标准要求的比例(%)
地表水	1	3	0	0
地表水沉积物	1	5	0	0
土壤	1	5	0	0
海水	1	4	0	0
海洋沉积物	1	5	0	0
合计	5	22	0	0

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值表

单位：mg/m³（标准状态）

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫（SO ₂ ）	年平均	20	60	μg/m ³
		24小时平均	50	150	
		1小时平均	150	500	
2	二氧化氮（NO ₂ ）	年平均	40	40	
		24小时平均	80	80	
		1小时平均	200	200	
3	一氧化碳（CO）	24小时平均	4	4	mg/m ³
		1小时平均	10	10	
5	颗粒物 （粒径小于等于10μm）	年平均	40	70	μg/m ³
		24小时平均	50	150	
6	颗粒物 （粒径小于等于2.5μm）	年平均	15	35	
		24小时平均	35	75	

表 3.2-2 声环境质量标准

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

注：0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

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

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

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

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

表 3.2-3 监测仪器一览表

仪器名称	工频电场/磁场强度测量仪	电磁场强测量仪
型号	LF-04 SEM-600	RF06 SEM-600
频率范围	1Hz~400kHz	100kHz~6GHz
分辨率	1mV/m, 0.01nT	0.01V/m
灵敏度	5mV/m, 1nT	0.1V/m
计量标定标号	XDdj2021-13787	XDdj2021-13805
有效期	2022年8月30日	2022年8月30日

表 3.2-4 厂区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
1	厂界东	6	拟建预留区
2	厂界南	7	拟建配电装置区
3	厂界西	8	拟建武警营房
4	厂界北	9	拟建循环水处理区
5	厂址中心	10	

表 3.2-5 开关站监测点设置

开关站名称	监测点设置	编号
拟建 500kV 出线开关站	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。	10~13
拟建 220kV 应急开关站		14~17
徐圩新区 500kV 变电站		18~21

表 3.2-6 拟建主变压器监测点编号一览表

监测点名称	拟建华龙 1#主变压器	拟建高温堆 3#主变压器	拟建华龙 2#主变压器
监测点编号	A1~A11	B1~B11	C1~C11

表 3.2-7 厂区外监测点设置情况

编号	名称	方位	距离 (km)	编号	名称	方位	距离 (km)	编号	名称	方位	距离 (km)
22	东隄 91 区	NE	2.1	39	鲁河村九组	ESE	2.1	56	大王庄	S	3.5
23	东隄 112 区	NNE	2.5	40	鲁河	SE	3.2	57	程场	SW	1.2
24	东隄 90 区	NE	3.4	41	鲁河七组	SE	3	58	候场	SW	1.1
25	东隄 89 区	ENE	4.3	42	鲁河五组	SE	3.6	59	陶庄	SSW	2.0
26	东隄 113 区	N	3.3	43	北五村	SE	3.8	60	兴四	SSW	2.3
27	东隄 103 区	NE	4.4	44	鲁河一组	SE	4.3	61	小王庄	S	4.3
28	东隄 88 区	NE	5	45	民治	SE	4.2	62	小滩	SW	2.3
29	西隄 80 区	NW	1.7	46	南兴六组	ESE	3.2	63	鲁南	SW	2.9
30	西隄 86 区	WSW	1.8	47	南兴一组	ESE	3.8	64	彭场	SW	3.2
31	西隄 79 区	NNW	2.9	48	南兴十二组	EDE	4.2	65	李庄	SSW	1.8
32	西隄 85 区	WSW	3.1	49	沈场	S	2.6	66	山北村	SSW	4.7
33	西隄 82 区	WNW	3.3	50	吴庄	ESE	1.3	67	顾庄	SSW	4.1
34	西隄 81 区	WNW	3.6	51	黄庄	SE	1.4	68	明兴	WSW	4.0
35	西隄 75 区	NNW	4.2	52	董庄	SSE	1.7	69	周场	ESE	3.6
36	西隄 84 区	WSW	3.8	53	吴赵	SE	2.1	70	吴场	SW	3.1
37	卞庄	SSE	2.4	54	兴三村八组	S	1.0	/	/		
38	后腰	SSE	4.6	55	温场	S	2.1	/	/		

表 3.2-8 厂区外通信基站监测点设置情况

编号	名称	方位	距离 (km)	编号	名称	方位	距离 (km)
T1	东辛农场 81 区联通通信基站	WNW	3.5	T11	王庄通信基站	SSW	4.2
T2	东辛农场 85 区电信通信基站	WSW	3.4	T12	吴赵村通信基站	SE	2.2
T3	东辛农场 85 区联通通信基站	WSW	3.4	T13	兴三村通信基站	SSW	2.7
T4	东辛农场 85 区移动通信基站	WSW	3.2	T14	东辛农场 113 区 通信基站	N	3.8
T5	东辛农场 87 区通信基站	NW	2.2	T15	东辛农场 88 区通信基站	NE	4.8
T6	卞庄通信基站	SSE	3.2	T16	东辛农场 91 区移动通信基站	NW	2.1
T7	鲁河九组通信基站	ESE	2.3	T17	东辛农场 75 区通信基站	NNW	4.3
T8	民治村通信基站	SE	4.1	T18	小滩通信基站	SW	2.2
T9	南兴村通信基站	SE	3.8	T19	山北村通信基站	SSW	4.4
T10	陶庄通信基站	SSW	1.8	/	/	/	/

表 3.2-9 拟建厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
1	厂界东	2022.01.12 10:40	0.13	0.0087	0.10	晴	2.5	37.9	103.14	1.4	东北
2	厂界南	2022.01.12 10:22	0.06	0.0054	0.15	晴	1.9	38.4	103.14	1.5	东北
3	厂界西	2022.01.12 10:59	0.06	0.0067	0.19	晴	2.6	36.5	103.18	1.9	北
4	厂界北	2022.01.12 10:10	0.16	0.0090	0.25	晴	1.7	38.8	103.12	2.5	北
5	厂址中心	2022.01.12 11:25	0.20	0.0090	0.27	晴	2.7	35.2	103.16	1.7	北
6	拟建预留区	2022.01.12 13:45	0.26	0.0050	0.27	晴	2.9	27.4	103.25	2.6	北
7	拟建配电装置区	2022.01.12 13:51	0.22	0.0067	0.32	晴	3.0	28.5	103.24	2.7	北
8	拟建武警营房	2022.01.12 13:59	0.24	0.0053	0.27	晴	3.2	28.4	103.23	1.1	北
9	拟建循环水处理区	2022.01.12 14:05	0.29	0.0064	0.33	晴	3.4	28.5	103.20	0.9	北

表 3.2-10 拟建开关站和变电站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
10	拟建 500KV 出线开关站北	2022.01.12 14:10	0.37	0.0073	0.30	晴	3.3	28.9	103.21	0.7	东北
11	拟建 500KV 出线开关站西	2022.01.12 14:19	0.24	0.0032	0.29	晴	3.3	29.3	103.20	0.9	东北
12	拟建 500KV 出线开关站南	2022.01.12 14:28	0.16	0.0024	0.24	晴	3.2	29.4	103.18	1.5	东北
13	拟建 500KV 出线开关站东	2022.01.12 14:38	0.25	0.0062	0.24	晴	3.0	29.9	103.17	1.4	北
14	拟建 220KV 应急开关站北	2022.01.12 14:45	0.40	0.0096	0.32	晴	2.8	30.1	103.16	1.4	北
15	拟建 220KV 应急开关站西	2022.01.12 15:00	0.13	0.0062	0.19	晴	2.4	30.4	103.15	1.6	北
16	拟建 220KV 应急开关站南	2022.01.12 15:12	0.09	0.0043	0.12	晴	2.3	30.6	103.15	1.2	东北
17	拟建 220KV 应急开关站东	2022.01.12 15:20	0.26	0.0054	0.32	晴	2.3	30.9	103.14	2.5	东北
18	徐圩新区 500KV 变电站东	2022.01.15 10:45	222.53	0.0711	0.40	晴	0.5	39.6	102.95	1.9	东北
19	徐圩新区 500KV 变电站南	2022.01.15 10:29	35.72	0.0133	0.35	晴	0.9	39.4	102.96	0.8	北
20	徐圩新区 500KV 变电站西	2022.01.15 10:15	295.49	0.0775	0.55	晴	1.0	39.4	102.96	3.3	北
21	徐圩新区 500KV 变电站北	2022.01.15 10:01	33.66	0.0108	0.29	晴	1.2	39.2	102.96	3.5	北

表 3.2-11 (1/3) 拟建主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
拟建华龙 1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (34 $^{\circ}$ 29'14.79"N 119 $^{\circ}$ 27'21.22"E)										
A1	拟建华龙 1#主变压器外 0m	2022.1.13 8:02	0.05	0.0040	晴	-1.1	36.4	103.04	1.5	东北
A2	拟建华龙 1#主变压器外 5m	2022.1.13 8:06	0.04	0.0041	晴	-1.0	36.3	103.04	2.0	北
A3	拟建华龙 1#主变压器外 10m	2022.1.13 8:08	0.08	0.0050	晴	-1.0	36.3	103.04	0.8	东北
A4	拟建华龙 1#主变压器外 15m	2022.1.13 8:10	0.11	0.0050	晴	-1.0	36.2	103.03	0.9	北
A5	拟建华龙 1#主变压器外 20m	2022.1.13 8:12	0.12	0.0049	晴	-1.0	36.2	103.03	1.5	北
A6	拟建华龙 1#主变压器外 25m	2022.1.13 8:14	0.08	0.0043	晴	-1.0	36.2	103.03	1.4	北
A7	拟建华龙 1#主变压器外 30m	2022.1.13 8:17	0.06	0.0040	晴	-1.0	36.2	103.04	1.7	东北
A8	拟建华龙 1#主变压器外 35m	2022.1.13 8:19	0.05	0.0039	晴	-0.9	36.2	103.04	1.4	东北
A9	拟建华龙 1#主变压器外 40m	2022.1.13 8:20	0.05	0.0041	晴	-0.9	36.1	103.04	1.2	东北
A10	拟建华龙 1#主变压器外 45m	2022.1.13 8:23	0.08	0.0044	晴	-0.9	36.1	103.04	1.3	东北
A11	拟建华龙 1#主变压器外 50m	2022.1.13 8:26	0.04	0.0030	晴	-0.9	36.1	103.04	1.5	东北

表 3.2-11 (2/3) 拟建主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)	天气	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
拟建高温堆 2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (34°29'18.13"N 119°27'30.17"E)										
B1	拟建高温堆 3#主变压器外 0m	2022.1.13 8:34	0.13	0.0064	晴	-0.8	36.1	103.04	1.0	东北
B2	拟建高温堆 3#主变压器外 5m	2022.1.13 8:35	0.16	0.0066	晴	-0.9	36.0	103.04	0.8	北
B 3	拟建高温堆 3#主变压器外 10m	2022.1.13 8:37	0.16	0.0070	晴	-0.9	36.1	103.04	0.9	东北
B 4	拟建高温堆 3#主变压器外 15m	2022.1.13 8:39	0.16	0.0074	晴	-0.8	36.0	103.03	1.4	北
B 5	拟建高温堆 3#主变压器外 20m	2022.1.13 8:42	0.16	0.0080	晴	-0.8	36.0	103.03	1.5	北
B 6	拟建高温堆 3#主变压器外 25m	2022.1.13 8:45	0.14	0.0066	晴	-0.8	35.9	103.03	1.1	北
B 7	拟建高温堆 3#主变压器外 30m	2022.1.13 8:47	0.11	0.0057	晴	-0.8	35.9	103.03	1.6	东北
B 8	拟建高温堆 3#主变压器外 35m	2022.1.13 8:49	0.09	0.0056	晴	-0.8	35.9	103.03	1.5	东北
B 9	拟建高温堆 3#主变压器外 40m	2022.1.13 8:50	0.12	0.0058	晴	-0.5	35.9	103.02	1.0	东北
B10	拟建高温堆 3#主变压器外 45m	2022.1.13 8:53	0.15	0.0064	晴	-0.5	35.9	103.02	0.9	东北
B11	拟建高温堆 3#主变压器外 50m	2022.1.13 8:55	0.13	0.0063	晴	-0.5	35.9	103.02	1.5	东北

表 3.2-11 (3/3) 拟建主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
拟建华龙 3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (34 $^{\circ}$ 29'20.23"N 119 $^{\circ}$ 27'19.71"E)										
C1	拟建华龙 2#主变压器外 0m	2022.1.13 8:59	0.08	0.0056	晴	-0.6	36.0	103.05	0.8	东北
C2	拟建华龙 2#主变压器外 5m	2022.1.13 9:00	0.10	0.0063	晴	-0.7	36.0	103.05	0.9	东北
C3	拟建华龙 2#主变压器外 10m	2022.1.13 9:02	0.06	0.0034	晴	-0.7	35.4	103.05	1.5	北
C4	拟建华龙 2#主变压器外 15m	2022.1.13 9:04	0.14	0.0046	晴	-0.6	35.5	103.05	1.4	北
C5	拟建华龙 2#主变压器外 20m	2022.1.13 9:06	0.15	0.0068	晴	-0.6	35.4	103.06	0.7	北
C6	拟建华龙 2#主变压器外 25m	2022.1.13 9:09	0.08	0.0044	晴	-0.6	35.3	103.06	1.2	北
C7	拟建华龙 2#主变压器外 30m	2022.1.13 9:12	0.15	0.0056	晴	-0.6	35.3	103.06	1.3	北
C8	拟建华龙 2#主变压器外 35m	2022.1.13 9:14	0.11	0.0040	晴	-0.6	35.3	103.06	1.2	北
C9	拟建华龙 2#主变压器外 40m	2022.1.13 9:15	0.17	0.0057	晴	-0.5	35.3	103.06	1.0	北
C10	拟建华龙 2#主变压器外 45m	2022.1.13 9:17	0.18	0.0062	晴	-0.5	35.3	103.07	0.8	北
C11	拟建华龙 2#主变压器外 50m	2022.1.13 9:19	0.20	0.0049	晴	-0.5	35.2	103.07	1.4	东北

表 3.2-12（1/23） 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
拟建 500kV 出线输电线路（P1 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测结果（34 $^{\circ}$ 29'11.18"N 119 $^{\circ}$ 27'14.15"E）										
P1-1	拟建 500kV 出线输电线路东边相下 0m	2022.1.12 9:01	0.08	0.0038	晴	0.5	43.5	103.08	1.5	东北
P1-2	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 5m	2022.1.12 9:02	0.07	0.0035	晴	0.4	43.5	103.08	1.6	东北
P1-3	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 10m	2022.1.12 9:04	0.05	0.0028	晴	0.4	43.4	103.08	1.7	东北
P1-4	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 15m	2022.1.12 9:07	0.04	0.0035	晴	0.4	43.4	103.08	1.5	东北
P1-5	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 20m	2022.1.12 9:09	0.06	0.0040	晴	0.5	43.2	103.08	1.2	东北
P1-6	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 25m	2022.1.12 9:12	0.09	0.0044	晴	0.5	43.2	103.08	1.4	东北
P1-7	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 30m	2022.1.12 9:15	0.13	0.0045	晴	0.5	43.0	103.08	1.5	东北
P1-8	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 35m	2022.1.12 9:17	0.12	0.0044	晴	0.5	43.0	103.08	2.0	东北
P1-9	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 40m	2022.1.12 9:19	0.09	0.0036	晴	0.5	43.1	103.08	2.1	北东
P1-10	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 45m	2022.1.12 9:21	0.11	0.0042	晴	0.6	43.0	103.08	2.5	东北
P1-11	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 50m	2022.1.12 9:24	0.08	0.0035	晴	0.6	42.8	103.08	2.0	东北
P1-12	拟建 500kV 出线输电线路西边相下 0m	2022.1.12 9:34	0.07	0.0029	晴	0.6	42.3	102.95	0.4	东北

表 3.2-12 (2/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P1-13	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 5m	2022.1.12 9:36	0.06	0.0033	晴	0.6	42.2	102.96	0.7	东北
P1-14	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 10m	2022.1.12 9:38	0.07	0.0033	晴	0.5	42.2	102.96	0.9	东北
P1-15	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 15m	2022.1.12 9:40	0.08	0.0030	晴	0.5	42.5	102.96	1.1	东北
P1-16	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 20m	2022.1.12 9:42	0.10	0.0037	晴	0.6	42.4	103.09	1.5	东北
P1-17	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 25m	2022.1.12 9:45	0.09	0.0033	晴	0.5	42.0	103.09	1.4	东北
P1-18	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 30m	2022.1.12 9:48	0.07	0.0030	晴	0.5	42.0	103.09	1.6	东北
P1-19	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 35m	2022.1.12 9:51	0.09	0.0033	晴	0.5	41.9	103.09	1.7	东北
P1-20	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 40m	2022.1.12 9:55	0.11	0.0038	晴	0.5	41.8	103.09	2.0	东北
P1-21	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 45m	2022.1.12 9:57	0.05	0.0033	晴	0.6	41.9	103.09	2.5	北
P1-22	拟建 500kV 出线输电线路西 边相外 50m	2022.1.12 9:59	0.05	0.0027	晴	0.6	41.9	103.09	1.5	北
拟建 500kV 出线输电线路 (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	拟建 500kV 出线输电线路东 边相外 20m(1)	2022.1.12 9:27	0.11	0.0038	晴	0.6	42.4	103.08	1.8	东北
P1-24	拟建 500kV 出线输电线路东 边相外 20m(2)	2022.1.12 9:30	0.07	0.0034	晴	0.6	42.5	103.09	1.7	东北

表 3.2-12 (3/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P1-25	拟建 500kV 出线输电线路东边相外 20m(3)	2022.1.12 9:31	0.05	0.0040	晴	0.6	42.4	103.09	0.5	东北
P1-26	拟建 500kV 出线输电线路西边相外 20m(1)	2022.1.12 10:02	0.05	0.0027	晴	0.7	41.9	103.09	1.9	北
P1-27	拟建 500kV 出线输电线路西边相外 20m(2)	2022.1.12 10:05	0.06	0.0031	晴	0.7	41.5	103.09	1.4	北
P1-28	拟建 500kV 出线输电线路西边相外 20m(3)	2022.1.12 10:08	0.05	0.0034	晴	0.8	41.6	103.09	1.4	北
拟建 220kV 应急输电线路 (P2 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测结果 (34$^{\circ}$29'10.32"N 119$^{\circ}$27'10.41"E)										
P2-1	拟建 220kV 输电线路东边相下 0m	2022.1.12 8:08	0.09	0.0050	晴	0.0	46.2	103.02	1.5	东北
P2-2	拟建 220kV 输电线路东边相外 5m	2022.1.12 8:09	0.10	0.0049	晴	0.0	46.1	103.02	1.5	东北
P2-3	拟建 220kV 输电线路东边相外 10m	2022.1.12 8:11	0.14	0.0056	晴	0.0	46.2	103.03	1.4	东北
P2-4	拟建 220kV 输电线路东边相外 15m	2022.1.12 8:15	0.13	0.0055	晴	0.0	46.2	103.04	1.2	北
P2-5	拟建 220kV 输电线路东边相外 20m	2022.1.12 8:17	0.13	0.0053	晴	0.0	46.0	103.04	1.0	北
P2-6	拟建 220kV 输电线路东边相外 25m	2022.1.12 8:19	0.08	0.0064	晴	0.1	46.0	103.04	1.4	北
P2-7	拟建 220kV 输电线路东边相外 30m	2022.1.12 8:21	0.11	0.0058	晴	0.1	45.7	103.04	1.5	北
P2-8	拟建 220kV 输电线路东边相外 35m	2022.1.12 8:23	0.09	0.0058	晴	0.0	45.7	103.04	2.0	北

表 3.2-12（4/23） 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P2-9	拟建 220kV 输电线路东边相 外 40m	2022.1.12 8:25	0.08	0.0053	晴	0.1	45.7	103.04	2.1	北
P2-10	拟建 220kV 输电线路东边相 外 45m	2022.1.12 8:28	0.09	0.0048	晴	0.1	45.6	103.05	1.9	北
P2-11	拟建 220kV 输电线路东边相 外 50m	2022.1.12 8:31	0.15	0.0064	晴	0.1	45.6	103.05	1.8	北
P2-12	拟建 220kV 输电线路西边相 下 0m	2022.1.12 8:40	0.12	0.0053	晴	0.2	45.5	103.05	0.4	北
P2-13	拟建 220kV 输电线路西边相 外 5m	2022.1.12 8:41	0.11	0.0045	晴	0.2	45.5	103.05	1.5	北
P2-14	拟建 220kV 输电线路西边相 外 10m	2022.1.12 8:43	0.16	0.0048	晴	0.2	45.3	103.05	1.2	北
P2-15	拟建 220kV 输电线路西边相 外 15m	2022.1.12 8:45	0.13	0.0053	晴	0.1	45.3	103.06	1.4	北
P2-16	拟建 220kV 输电线路西边相 外 20m	2022.1.12 8:46	0.12	0.0062	晴	0.2	45.2	103.06	1.3	北
P2-17	拟建 220kV 输电线路西边相 外 25m	2022.1.12 8:48	0.13	0.0058	晴	0.2	45.1	103.06	1.0	北
P2-18	拟建 220kV 输电线路西边相 外 30m	2022.1.12 8:49	0.05	0.0055	晴	0.2	45.2	103.07	1.1	北
P2-19	拟建 220kV 输电线路西边相 外 35m	2022.1.12 8:50	0.08	0.0063	晴	0.2	45.1	103.07	1.4	北
P2-20	拟建 220kV 输电线路西边相 外 40m	2022.1.12 8:51	0.11	0.0036	晴	0.2	45.0	103.07	1.5	北

表 3.2-12 (5/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P2-21	拟建 220kV 输电线路西边相 外 45m	2022.1.12 8:53	0.07	0.0044	晴	0.3	44.9	103.07	1.0	北
P2-22	拟建 220kV 输电线路西边相 外 50m	2022.1.12 8:55	0.09	0.0048	晴	0.3	44.7	103.07	1.4	东北
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	拟建 220kV 输电线路东边相 外 15m(1)	2022.1.12 8:33	0.15	0.0061	晴	0.1	45.7	103.05	1.4	北
P2-24	拟建 220kV 输电线路东边相 外 15m(2)	2022.1.12 8:35	0.13	0.0063	晴	0.2	45.6	103.05	0.5	北
P2-25	拟建 220kV 输电线路东边相 外 15m(3)	2022.1.12 8:37	0.14	0.0061	晴	0.2	45.5	103.05	0.9	北
P2-26	拟建 220kV 输电线路西边相 外 15m(1)	2022.1.12 8:56	0.12	0.0055	晴	0.3	44.4	103.07	1.0	北
P2-27	拟建 220kV 输电线路西边相 外 15m(2)	2022.1.12 8:58	0.14	0.0057	晴	0.4	44.2	103.07	0.8	北
P2-28	拟建 220kV 输电线路西边相 外 15m(3)	2022.1.12 9:00	0.13	0.0055	晴	0.4	44.2	103.07	0.7	北
220kV 芦田线输电线路 (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 (34$^{\circ}$29'7.57"N 119$^{\circ}$27'53.42"E)										
P3-1	220kV 芦田线输电线路南边 相下 0m	2022.1.18 8:40	792.23	0.3674	晴	4.4	61.7	103.05	0.8	东北
P3-2	220kV 芦田线输电线路南边 相外 5m	2022.1.18 8:43	633.45	0.3007	晴	4.4	61.7	103.05	0.9	东北
P3-3	220kV 芦田线输电线路南边 相外 10m	2022.1.18 8:47	500.37	0.2637	晴	4.4	61.5	103.05	1.1	东北

表 3.2-12（6/23） 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P3-4	220kV 芦田线输电线路南边 相外 15m	2022.1.18 8:50	400.28	0.2333	晴	4.4	61.5	103.05	1.4	北
P3-5	220kV 芦田线输电线路南边 相外 20m	2022.1.18 8:52	303.66	0.2102	晴	4.4	61.6	103.05	1.5	北
P3-6	220kV 芦田线输电线路南边 相外 25m	2022.1.18 8:55	222.44	0.1637	晴	4.5	61.5	103.05	1.6	北
P3-7	220kV 芦田线输电线路南边 相外 30m	2022.1.18 8:58	150.65	0.1204	晴	4.5	61.5	103.05	1.5	北
P3-8	220kV 芦田线输电线路南边 相外 35m	2022.1.18 9:00	100.37	0.0987	晴	4.5	61.4	103.05	1.5	北
P3-9	220kV 芦田线输电线路南边 相外 40m	2022.1.18 9:03	76.97	0.0778	晴	4.5	61.4	103.04	1.1	东北
P3-10	220kV 芦田线输电线路南边 相外 45m	2022.1.18 9:05	40.67	0.0596	晴	4.5	61.4	103.04	2.1	东北
P3-11	220kV 芦田线输电线路南边 相外 50m	2022.1.18 9:07	27.76	0.0326	晴	4.5	61.4	103.04	2.5	东北
P3-12	220kV 芦田线输电线路北边 相下 0m	2022.1.18 9:17	772.66	0.3484	晴	4.7	61.3	103.04	2.5	东北
P3-13	220kV 芦田线输电线路北边 相外 5m	2022.1.18 9:20	623.85	0.2798	晴	4.7	61.3	103.05	2.6	东北
P3-14	220kV 芦田线输电线路北边 相外 10m	2022.1.18 9:23	511.42	0.2584	晴	4.8	61.3	103.06	2.9	北
P3-15	220kV 芦田线输电线路北边 相外 15m	2022.1.18 9:25	422.52	0.2362	晴	4.8	61.3	103.07	1.4	北

表 3.2-12（7/23） 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P3-16	220kV 芦田线输电线路北边 相外 20m	2022.1.18 9:28	295.89	0.2014	晴	4.8	61.3	103.07	1.9	北
P3-17	220kV 芦田线输电线路北边 相外 25m	2022.1.18 9:31	238.14	0.1725	晴	4.9	61.2	103.07	1.8	北
P3-18	220kV 芦田线输电线路北边 相外 30m	2022.1.18 9:34	145.56	0.1358	晴	4.9	61.2	103.07	1.2	北
P3-19	220kV 芦田线输电线路北边 相外 35m	2022.1.18 9:36	95.37	0.0919	晴	4.9	61.2	103.08	0.5	北
P3-20	220kV 芦田线输电线路北边 相外 40m	2022.1.18 9:38	72.36	0.0682	晴	4.9	61.2	103.08	0.7	东北
P3-21	220kV 芦田线输电线路北边 相外 45m	2022.1.18 9:42	35.55	0.0512	晴	4.9	61.3	103.08	0.6	东北
P3-22	220kV 芦田线输电线路北边 相外 50m	2022.1.18 9:45	25.57	0.0310	晴	5.0	61.0	103.06	1.4	东北
220kV 芦田线输电线路（P3 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P3-23	220kV 芦田线输电线路南边 相外 15m(1)	2022.1.18 9:10	401.04	0.2387	晴	4.5	61.3	103.04	0.9	东北
P3-24	220kV 芦田线输电线路南边 相外 15m(2)	2022.1.18 9:13	410.28	0.2343	晴	4.6	61.3	103.04	0.8	东北
P3-25	220kV 芦田线输电线路南边 相外 15m(3)	2022.1.18 9:15	405.63	0.2394	晴	4.7	61.3	103.04	2.4	东北
P3-26	220kV 芦田线输电线路北边 相外 15m(1)	2022.1.18 9:50	400.40	0.2358	晴	5.0	61.0	103.06	0.8	东北
P3-27	220kV 芦田线输电线路北边 相外 15m(2)	2022.1.18 9:53	407.58	0.2306	晴	5.1	61.0	103.06	1.9	东北

表 3.2-12 (8/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P3-28	220kV 芦田线输电线路北边 相外 15m(3)	2022.1.18 9:58	411.66	0.2276	晴	5.1	61.0	103.07	1.1	东北
220kV 徐孔/沿徐线输电线路 (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 (34$^{\circ}$30'8.09"N 119$^{\circ}$27'59.17"E)										
P4-1	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相下 0m	2022.1.16 13:34	908.56	0.8317	晴	3.8	55.2	103.06	1.5	东北
P4-2	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 5m	2022.1.16 13:37	749.27	0.8267	晴	3.8	55.2	103.06	1.6	东北
P4-3	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 10m	2022.1.16 13:40	616.5	0.8104	晴	3.8	55.1	103.06	1.7	东北
P4-4	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 15m	2022.1.16 13:43	489.6	0.6835	晴	3.8	55.1	103.06	1.8	东北
P4-5	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 20m	2022.1.16 13:45	330.68	0.5241	晴	3.8	55.1	103.07	1.4	北
P4-6	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 25m	2022.1.16 13:49	299.65	0.3928	晴	3.9	55.1	103.07	1.5	北
P4-7	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 30m	2022.1.16 13:52	200.34	0.3107	晴	3.9	55.1	103.07	0.5	北
P4-8	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 35m	2022.1.16 13:55	135.87	0.2836	晴	3.9	55.1	103.07	0.7	北
P4-9	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 40m	2022.1.16 13:59	79.64	0.2190	晴	3.9	55.0	103.07	0.8	北
P4-10	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 45m	2022.1.16 14:02	38.39	0.1776	晴	3.9	55.0	103.07	0.9	北
P4-11	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 50m	2022.1.16 14:05	29.02	0.1265	晴	3.9	55.0	103.07	0.7	北

表 3.2-12 (9/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P4-12	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相下 0m	2022.1.16 14:18	922.44	0.8509	晴	4.0	55.0	103.08	1.4	东北
P4-13	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 5m	2022.1.16 14:21	763.49	0.8297	晴	4.1	55.0	103.08	1.1	东北
P4-14	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 10m	2022.1.16 14:24	601.44	0.8195	晴	4.1	54.9	103.08	1.2	东北
P4-15	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 15m	2022.1.16 14:27	472.35	0.6823	晴	4.1	54.9	103.08	1.1	东北
P4-16	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 20m	2022.1.16 14:30	361.35	0.5501	晴	4.1	54.9	103.09	1.5	东北
P4-17	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 25m	2022.1.16 14:34	311.47	0.3867	晴	4.1	54.9	103.09	1.5	东北
P4-18	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 30m	2022.1.16 14:37	198.36	0.3308	晴	4.0	54.9	103.09	1.4	东北
P4-19	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 35m	2022.1.16 14:40	117.44	0.2636	晴	4.0	54.9	103.09	1.1	东北
P4-20	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 40m	2022.1.16 14:44	71.05	0.2244	晴	4.0	54.8	103.09	1.2	东北
P4-21	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 45m	2022.1.16 14:49	36.23	0.1830	晴	4.0	54.8	103.09	0.9	东北
P4-22	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 50m	2022.1.16 15:00	25.31	0.1403	晴	3.8	54.7	103.09	0.8	东北
220kV 徐孔/沿徐线输电线路 (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	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 15m(1)	2022.1.16 14:08	479.65	0.6797	晴	3.9	55.0	103.07	0.9	北

表 3.2-12 (10/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P4-24	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 15m(2)	2022.1.16 14:11	488.29	0.6813	晴	3.9	55.0	103.07	1.5	北
P4-25	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 东边相外 15m(3)	2022.1.16 14:14	461.44	0.6610	晴	4.0	55.0	103.08	1.5	东北
P4-26	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 15m(1)	2022.1.16 15:02	480.23	0.6732	晴	3.8	54.7	103.09	1.5	北
P4-27	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 15m(2)	2022.1.16 15:05	460.48	0.6633	晴	3.9	54.7	103.09	1.4	北
P4-28	220kV 徐孔/沿徐线输电线路 西边相外 15m(3)	2022.1.16 15:08	478.74	0.6628	晴	3.8	54.7	103.09	1.1	北
220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/徐香/徐炼线输电线路 (P5 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据 (34$^{\circ}$30'27.97"N 119$^{\circ}$27'56.63"E)										
P5-1	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 下 0m	2022.1.13 13:14	688.10	0.9563	晴	2.5	33.2	103.14	1.2	东北
P5-2	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 5m	2022.1.13 13:17	576.95	0.7459	晴	2.5	33.2	103.14	1.4	北
P5-3	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 10m	2022.1.13 13:20	414.84	0.6028	晴	2.5	33.2	103.14	1.5	东北
P5-4	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 15m	2022.1.13 13:23	300.45	0.5217	晴	2.5	33.2	103.15	1.0	东北

表 3.2-12 (11/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P5-5	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 20m	2022.1.13 13:27	195.73	0.3910	晴	2.5	33.3	103.16	1.0	东北
P5-6	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 25m	2022.1.13 13:30	134.38	0.3438	晴	2.5	33.3	103.16	1.0	东北
P5-7	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 30m	2022.1.13 13:40	100.44	0.3107	晴	2.5	33.3	103.16	0.8	东北
P5-8	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 35m	2022.1.13 13:44	78.37	0.2813	晴	2.4	33.3	103.16	0.9	东北
P5-9	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 40m	2022.1.13 13:48	57.46	0.2257	晴	2.4	33.3	103.16	0.9	东北
P5-10	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 45m	2022.1.13 13:52	39.33	0.1822	晴	2.4	33.3	103.16	1.1	东北
P5-11	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 50m	2022.1.13 13:56	28.24	0.1127	晴	2.4	33.4	103.16	1.4	东北
P5-12	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 下 0m	2022.1.13 14:09	714.99	1.0516	晴	2.5	33.4	103.17	1.8	北

表 3.2-12 (12/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P5-13	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 5m	2022.1.13 14:13	624.76	0.7520	晴	2.6	33.4	103.17	1.4	北
P5-14	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 10m	2022.1.13 14:18	450.52	0.6084	晴	2.6	33.5	103.17	1.2	北
P5-15	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 15m	2022.1.13 14:24	330.37	0.5366	晴	2.6	33.5	103.17	1.0	北
P5-16	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 20m	2022.1.13 14:27	220.31	0.3983	晴	2.6	33.3	103.18	1.0	东北
P5-17	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 25m	2022.1.13 14:30	124.68	0.3309	晴	2.5	33.3	103.18	1.2	东北
P5-18	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 30m	2022.1.13 14:34	81.66	0.3188	晴	2.5	33.3	103.16	1.4	东北
P5-19	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 35m	2022.1.13 14:38	69.67	0.2938	晴	2.5	33.5	103.16	1.4	东北
P5-20	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 40m	2022.1.13 14:42	48.50	0.2380	晴	2.4	33.4	103.16	1.0	北

表 3.2-12 (13/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P5-21	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 45m	2022.1.13 14:46	30.37	0.1842	晴	2.4	33.6	103.15	0.9	北
P5-22	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 50m	2022.1.13 14:50	20.40	0.1210	晴	2.3	33.7	103.15	0.8	东北
220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/徐香/徐炼线输电线路输电线路（P5 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P5-23	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 15m(1)	2022.1.13 13:59	306.79	0.5028	晴	2.4	33.5	103.16	1.5	东北
P5-24	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 15m(2)	2022.1.13 14:02	301.80	0.5337	晴	2.5	33.5	103.17	1.4	东北
P5-25	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路东边相 外 15m(3)	2022.1.13 14:05	304.45	0.5180	晴	2.5	33.4	103.17	1.4	北
P5-26	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 15m(1)	2022.1.13 14:54	310.11	0.5336	晴	2.3	33.8	103.15	0.7	东北
P5-27	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 15m(2)	2022.1.13 14:57	300.33	0.5331	晴	2.3	33.9	103.15	0.8	东北

表 3.2-12 (14/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P5-28	220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/ 徐香/徐炼线输电线路西边相 外 15m(3)	2022.1.13 15:02	318.40	0.5332	晴	2.3	33.9	103.14	0.6	东北
220kV 徐东 46P 线输电线路 (P6 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据 (34$^{\circ}$30'7.34"N 119$^{\circ}$28'9.02"E)										
P6-1	220kV 徐东 46P 线输电线路 东边相下 0m	2022.1.18 10:10	714.46	0.3497	晴	9.6	46.5	101.36	1.5	东北
P6-2	220kV 倒送电输电线路东边 相外 5m	2022.1.18 10:12	521.44	0.3213	晴	9.6	46.4	101.36	1.5	东北
P6-3	220kV 倒送电输电线路东边 相外 10m	2022.1.18 10:15	375.32	0.2790	晴	9.6	45.2	101.36	1.4	东北
P6-4	220kV 倒送电输电线路东边 相外 15m	2022.1.18 10:19	234.48	0.2086	晴	9.7	45.1	101.36	1.1	东北
P6-5	220kV 倒送电输电线路东边 相外 20m	2022.1.18 10:23	95.39	0.1344	晴	9.8	45.0	101.36	1.0	东北
P6-6	220kV 倒送电输电线路东边 相外 25m	2022.1.18 10:25	66.58	0.1177	晴	9.8	44.9	101.37	0.8	东北
P6-7	220kV 倒送电输电线路东边 相外 30m	2022.1.18 10:30	57.25	0.1145	晴	10.2	44.8	101.37	0.7	东北
P6-8	220kV 倒送电输电线路东边 相外 35m	2022.1.18 10:33	48.60	0.1102	晴	10.3	44.7	101.37	0.5	东北
P6-9	220kV 倒送电输电线路东边 相外 40m	2022.1.18 10:37	40.22	0.1074	晴	10.4	44.6	101.37	1.4	东北
P6-10	220kV 倒送电输电线路东边 相外 45m	2022.1.18 10:40	33.63	0.1012	晴	10.5	44.5	101.38	1.2	东北

表 3.2-12 (15/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P6-11	220kV 倒送电输电线路东边 相外 50m	2022.1.18 10:43	22.07	0.0927	晴	10.7	44.4	101.38	1.9	北
P6-12	220kV 倒送电输电线路西边 相下 0m	2022.1.18 10:54	702.48	0.3415	晴	11.4	44.2	101.38	2.7	东北
P6-13	220kV 倒送电输电线路西边 相外 5m	2022.1.18 10:56	549.10	0.3060	晴	11.4	44.0	101.38	2.8	北
P6-14	220kV 倒送电输电线路西边 相外 10m	2022.1.18 10:59	398.07	0.2624	晴	11.4	43.8	101.39	1.5	东北
P6-15	220kV 倒送电输电线路西边 相外 15m	2022.1.18 11:01	259.06	0.2357	晴	11.5	43.5	101.39	1.4	东北
P6-16	220kV 倒送电输电线路西边 相外 20m	2022.1.18 11:04	119.32	0.1606	晴	11.5	43.4	101.39	0.9	东北
P6-17	220kV 倒送电输电线路西边 相外 25m	2022.1.18 11:07	75.31	0.1362	晴	11.5	43.4	101.39	0.8	东北
P6-18	220kV 倒送电输电线路西边 相外 30m	2022.1.18 11:10	45.12	0.1126	晴	11.5	43.3	101.39	1.4	东北
P6-19	220kV 倒送电输电线路西边 相外 35m	2022.1.18 11:14	37.33	0.1053	晴	11.5	43.3	101.39	1.1	东北
P6-20	220kV 倒送电输电线路西边 相外 40m	2022.1.18 11:17	31.37	0.1007	晴	11.5	43.3	101.39	0.2	东北
P6-21	220kV 倒送电输电线路西边 相外 45m	2022.1.18 11:19	25.89	0.0820	晴	11.5	43.3	101.39	1.4	东北

表 3.2-12 (16/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P6-22	220kV 倒送电输电线路西边 相外 50m	2022.1.18 11:20	18.66	0.0702	晴	11.6	43.2	101.39	1.1	东北
220kV 徐东 46P 线输电线路（P6 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P6-23	220kV 倒送电输电线路东边 相外 15m(1)	2022.1.18 10:46	234.25	0.2084	晴	10.8	44.4	101.38	1.5	北
P6-24	220kV 倒送电输电线路东边 相外 15m(2)	2022.1.18 10:50	224.59	0.2186	晴	11.2	44.4	101.38	1.6	东北
P6-25	220kV 倒送电输电线路东边 相外 15m(3)	2022.1.18 10:52	213.80	0.2061	晴	11.3	44.3	101.38	2.3	东北
P6-26	220kV 倒送电输电线路西边 相外 15m(1)	2022.1.18 11:24	218.62	0.2108	晴	11.6	43.2	101.40	1.5	东北
P6-27	220kV 倒送电输电线路西边 相外 15m(2)	2022.1.18 11:27	208.38	0.2091	晴	11.7	43.1	101.40	1.0	东北
P6-28	220kV 倒送电输电线路西边 相外 15m(3)	2022.1.18 11:30	238.29	0.2075	晴	11.7	43.0	101.40	0.5	东北
500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都线输电线路（P7 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据（34$^{\circ}$30'11.53"N 119$^{\circ}$27'42.97"E）										
P7-1	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 线输电线路南边相下 0m	2022.1.19 10:35	1235.81	4.7329	晴	5.4	60.7	103.07	1.4	东北
P7-2	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 5m	2022.1.19 10:38	1106.27	4.5359	晴	5.4	60.6	103.07	1.5	东北
P7-3	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 10m	2022.1.19 10:42	1000.54	4.3217	晴	5.5	60.6	103.07	1.6	东北
P7-4	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 15m	2022.1.19 10:45	866.66	3.8214	晴	5.5	60.6	103.07	1.1	东北

表 3.2-12 (17/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P7-5	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 20m	2022.1.19 10:47	621.23	2.7015	晴	5.5	60.6	103.07	1.1	北
P7-6	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 25m	2022.1.19 10:50	429.46	2.1166	晴	5.6	60.4	103.07	1.4	东北
P7-7	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 30m	2022.1.19 10:52	340.24	1.8886	晴	5.6	60.4	103.08	1.2	北
P7-8	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 35m	2022.1.19 10:55	250.45	1.2145	晴	5.7	60.4	103.09	1.5	北
P7-9	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 40m	2022.1.19 10:57	178.94	1.0086	晴	5.7	60.4	103.09	1.6	北
P7-10	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 45m	2022.1.19 10:59	100.65	0.6328	晴	5.8	60.4	103.09	1.9	北
P7-11	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 50m	2022.1.19 11:02	56.87	0.2415	晴	5.8	60.3	103.09	1.4	北
P7-12	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相下 0m	2022.1.19 11:15	1296.46	4.9318	晴	6.0	60.1	103.08	0.9	东北
P7-13	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 5m	2022.1.19 11:18	1186.28	4.6325	晴	6.0	60.0	103.09	0.8	东北
P7-14	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 10m	2022.1.19 11:21	1071.28	4.4267	晴	6.1	60.0	103.09	1.1	东北
P7-15	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 15m	2022.1.19 11:25	806.48	3.9217	晴	6.1	59.8	103.08	1.4	东北
P7-16	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 20m	2022.1.19 11:27	600.47	2.8065	晴	6.1	59.8	103.08	1.5	东北

表 3.2-12 (18/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P7-17	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 25m	2022.1.19 11:29	460.84	2.3202	晴	6.1	59.8	103.08	1.6	东北
P7-18	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 30m	2022.1.19 11:32	319.86	1.9895	晴	6.2	59.8	103.07	1.8	东北
P7-19	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 35m	2022.1.19 11:35	226.46	1.3146	晴	6.3	59.7	103.05	1.7	北
P7-20	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 40m	2022.1.19 11:38	160.47	1.1074	晴	6.4	59.7	103.05	1.4	北
P7-21	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 45m	2022.1.19 11:41	89.65	0.5333	晴	6.4	59.7	103.05	1.2	北
P7-22	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 50m	2022.1.19 11:44	59.58	0.2414	晴	6.4	59.6	103.04	2.0	东北
500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都线输电线路（P7 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P7-23	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 20m(1)	2022.1.19 11:05	631.52	2.6035	晴	5.8	60.2	103.09	1.0	北
P7-24	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 20m(2)	2022.1.19 11:09	622.95	2.7035	晴	5.9	60.2	103.08	0.9	东北
P7-25	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路南边相外 20m(3)	2022.1.19 11:12	620.95	2.7037	晴	5.9	60.1	103.08	0.8	东北
P7-26	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 20m(1)	2022.1.19 11:47	631.45	2.6026	晴	6.6	59.6	103.04	2.5	北
P7-27	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 20m(2)	2022.1.19 11:50	600.13	2.7005	晴	6.6	59.5	103.03	1.9	北

表 3.2-12 (19/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P7-28	500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都 输电线路北边相外 20m(3)	2022.1.19 11:56	610.55	2.6029	晴	6.6	59.5	103.03	1.7	北
500kV 徐盐/徐都线输电线路（P8 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据（34$^{\circ}$29'10.81"N 119$^{\circ}$26'46.64"E）										
P8-1	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相下 0m	2022.1.18 13:49	1395.64	4.9998	晴	7.6	58.4	103.04	0.9	东北
P8-2	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 5m	2022.1.18 13:52	1157.34	4.5236	晴	7.6	58.4	103.05	1.1	东北
P8-3	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 10m	2022.1.18 13:55	999.68	4.2217	晴	7.6	58.3	103.06	1.4	北
P8-4	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 15m	2022.1.18 13:58	822.36	3.8337	晴	7.7	58.2	103.06	1.2	北
P8-5	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 20m	2022.1.18 14:01	600.37	2.9966	晴	7.7	58.2	103.06	1.4	北
P8-6	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 25m	2022.1.18 14:05	433.46	2.4164	晴	7.7	58.2	103.06	1.5	北
P8-7	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 30m	2022.1.18 14:09	350.27	2.0954	晴	7.8	58.2	103.06	1.5	北
P8-8	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 35m	2022.1.18 14:11	240.66	1.4446	晴	7.9	58.1	103.07	1.3	东北
P8-9	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 40m	2022.1.18 14:15	179.65	0.8885	晴	7.9	58.2	103.07	1.2	东北
P8-10	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 45m	2022.1.18 14:18	99.69	0.5326	晴	7.9	58.3	103.08	1.1	东北
P8-11	500kV 徐盐/徐都线输电线路 东边相外 50m	2022.1.18 14:21	48.86	0.2836	晴	8.0	58.2	103.08	1.0	东北

表 3.2-12 (20/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P8-12	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相下 0m	2022.1.18 14:34	1360.36	4.7969	晴	8.4	58.0	103.08	1.2	东北
P8-13	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 5m	2022.1.18 14:37	1117.29	4.3226	晴	8.6	58.0	103.09	1.2	东北
P8-14	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 10m	2022.1.18 14:38	968.55	4.1210	晴	8.7	58.0	103.09	1.0	东北
P8-15	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 15m	2022.1.18 14:41	802.33	3.8333	晴	8.7	57.9	103.09	1.9	北
P8-16	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 20m	2022.1.18 14:45	621.04	3.1975	晴	8.8	57.7	103.08	1.2	东北
P8-17	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 25m	2022.1.18 14:47	455.27	2.5165	晴	8.9	57.5	103.08	0.8	东北
P8-18	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 30m	2022.1.18 14:49	370.42	2.1967	晴	8.9	57.4	103.07	0.5	东北
P8-19	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 35m	2022.1.18 14:52	234.33	1.5447	晴	8.8	57.4	103.06	1.4	北
P8-20	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 40m	2022.1.18 14:55	171.02	0.7896	晴	8.6	57.2	103.06	1.2	北
P8-21	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 45m	2022.1.18 14:57	86.47	0.5135	晴	8.6	57.2	103.06	1.0	北
P8-22	500kV 徐盐/徐都线输电线路 西边相外 50m	2022.1.18 15:00	41.66	0.2866	晴	8.5	57.3	103.05	2.4	东北
500kV 徐盐/徐都线输电线路 (P8 监测断面) 平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P8-23	500kV 徐盐/徐都线输电线路 南边相外 20m(1)	2022.1.18 14:24	610.24	2.9972	晴	8.1	58.2	103.08	1.9	东北

表 3.2-12 (21/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P8-24	500kV 徐盐/徐都线输电线路 南边相外 20m(2)	2022.1.18 14:28	601.28	2.8997	晴	8.1	58.1	103.08	1.2	东北
P8-25	500kV 徐盐/徐都线输电线路 南边相外 20m(3)	2022.1.18 14:31	620.55	2.9995	晴	8.2	58.0	103.08	1.4	东北
P8-26	500kV 徐盐/徐都线输电线路 北边相外 20m(1)	2022.1.18 15:03	607.45	2.8962	晴	8.5	57.3	103.05	2.1	东北
P8-27	500kV 徐盐/徐都线输电线路 北边相外 20m(2)	2022.1.18 15:07	601.42	2.9926	晴	8.5	57.4	103.05	1.8	北
P8-28	500kV 徐盐/徐都线输电线路 北边相外 20m(3)	2022.1.18 15:10	606.26	2.9904	晴	8.5	57.5	103.05	1.9	北
220kV 徐瀛线输电线路 (P9 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据 (34$^{\circ}$30'22.72"N 119$^{\circ}$27'30.16"E)										
P9-1	220kV 徐瀛线输电线路南边 相下 0m	2022.1.18 15:24	801.53	0.3687	晴	7.1	57.9	103.14	1.5	东北
P9-2	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 5m	2022.1.18 15:27	666.45	0.3099	晴	7.1	57.9	103.14	1.8	东北
P9-3	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 10m	2022.1.18 15:30	525.25	0.2832	晴	7.0	57.9	103.14	1.4	东北
P9-4	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 15m	2022.1.18 15:35	405.45	0.2554	晴	7.0	57.9	103.13	0.4	东北
P9-5	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 20m	2022.1.18 15:37	300.26	0.2198	晴	7.0	57.9	103.13	0.5	东北
P9-6	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 25m	2022.1.18 15:40	229.45	0.1775	晴	7.0	58.0	103.13	0.7	东北
P9-7	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 30m	2022.1.18 15:43	160.29	0.1297	晴	7.0	58.0	103.13	0.9	北

表 3.2-12 (22/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P9-8	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 35m	2022.1.18 15:45	105.45	0.0928	晴	6.9	58.0	103.13	0.7	北
P9-9	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 40m	2022.1.18 15:47	72.44	0.0722	晴	6.9	58.0	103.13	0.4	北
P9-10	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 45m	2022.1.18 15:49	41.04	0.0555	晴	6.9	58.0	103.13	0.5	北
P9-11	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 50m	2022.1.18 15:52	26.48	0.0333	晴	6.8	58.1	103.13	0.5	北
P9-12	220kV 徐瀛线输电线路北边 相下 0m	2022.1.18 16:04	780.45	0.3583	晴	6.8	58.2	103.13	1.1	北
P9-13	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 5m	2022.1.18 16:08	646.46	0.3045	晴	6.7	58.2	103.12	1.4	北
P9-14	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 10m	2022.1.18 16:10	504.45	0.2735	晴	6.7	58.2	103.12	1.5	东北
P9-15	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 15m	2022.1.18 16:12	416.65	0.2612	晴	6.7	58.4	103.12	1.2	东北
P9-16	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 20m	2022.1.18 16:15	320.03	0.2255	晴	6.7	58.4	103.12	1.2	东北
P9-17	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 25m	2022.1.18 16:18	234.67	0.1823	晴	6.6	58.4	103.12	0.9	东
P9-18	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 30m	2022.1.18 16:20	151.44	0.1393	晴	6.6	58.4	103.11	0.8	东
P9-19	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 35m	2022.1.18 16:23	105.67	0.0845	晴	6.6	58.6	103.11	0.7	东

表 3.2-12 (23/23) 输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
P9-20	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 40m	2022.1.18 16:25	65.67	0.0611	晴	6.6	58.6	103.11	0.8	东北
P9-21	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 45m	2022.1.18 16:28	40.14	0.0524	晴	6.5	58.6	103.11	1.2	东北
P9-22	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 50m	2022.1.18 16:31	24.45	0.0306	晴	6.3	58.6	103.11	1.5	东北
220kV 徐瀛线输电线路（P9 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P9-23	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 20m(1)	2022.1.18 15:55	405.58	0.2567	晴	6.8	58.1	103.13	1.4	北
P9-24	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 20m(2)	2022.1.18 15:58	406.74	0.2555	晴	6.8	58.1	103.13	1.1	北
P9-25	220kV 徐瀛线输电线路南边 相外 20m(3)	2022.1.18 16:01	400.05	0.2595	晴	6.8	58.1	103.13	1.1	北
P9-26	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 20m(1)	2022.1.18 16:34	397.86	0.2505	晴	6.2	58.7	103.11	1.4	北
P9-27	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 20m(2)	2022.1.18 16:37	400.44	0.2687	晴	6.1	58.7	103.11	1.0	北
P9-28	220kV 徐瀛线输电线路北边 相外 20m(3)	2022.1.18 16:40	402.02	0.2595	晴	6.1	58.7	103.11	0.9	北

表 3.2-13 (1/4) 厂区外敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
22	东隄 91 区	2022.1.14 09:27	34°30'6.59"N 119°28'22.69"E	0.86	0.0053	0.29	晴	1.5	57.3	102.49	1.5	北
23	东隄 112 区	2022.1.14 09:40	34°30'28.77"N 119°28'23.14"E	1.49	0.0087	0.45	晴	1.5	57.2	102.49	1.4	北
24	东隄 90 区	2022.1.14 09:54	34°30'30.23"N 119°29'1.97"E	1.39	0.0081	0.39	晴	1.6	57.1	102.48	1.3	北
25	东隄 89 区	2022.1.14 10:05	34°30'20.15"N 119°30'3.48"E	2.43	0.0190	0.49	晴	1.6	57.0	10.48	1.4	北
26	东隄 113 区	2022.1.14 10:10	34°31'2.66"N 119°27'52.42"E	1.45	0.0056	0.36	晴	1.6	57.0	102.48	1.5	北
27	东隄 103 区	2022.1.14 10:16	34°30'55.14"N 119°29'33.36"E	1.48	0.0095	0.39	晴	1.6	57.0	102.47	1.6	北
28	东隄 88 区	2022.1.14 10:29	34°30'56.52"N 119°30'5.65"E	0.99	0.0074	0.22	晴	1.6	56.9	102.47	1.2	北
29	西隄 80 区	2022.1.14 10:40	34°30'2.41"N 119°26'53.13"E	1.02	0.0078	0.30	晴	1.7	56.9	102.48	1.2	北
30	西隄 86 区	2022.1.14 10:46	34°28'56.61"N 119°26'11.72"E	1.45	0.0098	0.49	晴	17	56.9	102.48	1.0	北
31	西隄 79 区	2022.1.14 10:59	34°30'37.32"N 119°26'28.21"E	1.19	0.0069	0.35	晴	1.7	56.8	102.48	1.9	北
32	西隄 85 区	2022.1.14 11:14	34°29'19.38"N 119°25'32.57"E	1.30	0.0168	0.31	晴	1.8	56.8	102.48	1.4	北
33	西隄 82 区	2022.1.14 11:20	34°29'40.89"N 119°25'31.75"E	2.16	0.0285	0.45	晴	1.7	56.7	102.47	1.5	北

表 3.2-13 (2/4) 厂区外敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
34	西隄 81 区	2022.1.14 11:26	34°30'10.14"N 119°25'26.57"E	1.67	0.0201	0.34	晴	1.7	56.7	102.47	1.4	北
35	西隄 75 区	2022.1.14 11:34	34°31'13.65"N 119°25'59.59"E	1.09	0.0186	0.39	晴	1.8	56.7	102.47	1.8	北
36	西隄 84 区	2022.1.14 11:41	34°28'32.31"N 119°25'0.36"E	1.68	0.0077	0.40	晴	1.9	56.5	102.46	1.4	北
37	卞庄村	2022.1.14 11:54	34°27'45.96"N 119°28'18.32"E	2.17	0.0295	0.33	晴	1.9	56.5	102.45	1.2	北
38	后腰村	2022.1.14 12:09	34°27'16.34"N 119°28'27.6"E	3.74	0.0178	0.28	晴	2.1	56.2	102.46	1.1	北
39	鲁河九组	2022.1.14 14:29	34°29'14.87"N 119°28'51.95"E	3.14	0.0246	0.38	晴	3.1	54.2	102.46	1.4	东北
40	鲁河村	2022.1.14 14:40	34°28'22.96"N 119°29'2.78"E	3.67	0.0222	0.33	晴	3.2	54.3	102.46	1.2	东北
41	鲁河七组	2022.1.14 14:53	34°28'29.25"N 119°29'5.24"E	0.77	0.0136	0.46	晴	3.1	54.5	102.45	1.2	东北
42	鲁河五组	2022.1.14 15:07	34°28'11.87"N 119°29'0.42"E	0.97	0.0038	0.25	晴	3.1	54.5	102.45	1.9	东北
43	北五村	2022.1.14 15:17	34°27'47.85"N 119°29'4.18"E	0.87	0.0077	0.32	晴	2.8	54.5	102.45	0.8	东北
44	鲁河一组	2022.1.14 15:30	34°27'26.87"N 119°29'12.2"E	0.44	0.0056	0.42	晴	2.8	54.8	102.47	0.7	东北
45	民治村	2022.1.14 15:40	34°27'39.28"N 119°29'43.43"E	1.67	0.0077	0.34	晴	2.8	54.9	102.48	0.4	北

表 3.2-13 (3/4) 厂区外敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
46	南兴六组	2022.1.14 15:55	34°29'7.68"N 119°26'24.56"E	1.24	0.0171	0.34	晴	2.7	54.9	102.49	1.4	北
47	南兴一组	2022.1.15 11:07	34°28'22.85"N 119°29'50.41"E	1.28	0.0069	0.37	晴	4.8	65.0	102.42	1.2	东北
48	南兴十二组	2022.1.15 11:29	34°28'26.76"N 119°30'16.93"E	1.44	0.0128	0.32	晴	4.8	65.0	102.43	1.4	东北
49	沈场	2022.1.15 11:46	34°28'29.67"N 119°27'35.39"E	1.34	0.0179	0.42	晴	4.9	64.8	102.44	1.5	东北
50	吴庄	2022.1.15 11:59	34°29'2.33"N 119°28'22.99"E	1.01	0.0045	0.49	晴	4.9	64.7	102.44	1.0	北
51	黄庄	2022.1.15 14:05	34°28'45.82"N 119°28'7.66"E	1.69	0.0108	0.35	晴	6.3	62.8	102.53	0.8	北
52	董庄	2022.1.15 14:20	34°28'33.12"N 119°28'1.19"E	2.13	0.0217	0.42	晴	6.3	63.0	102.52	0.7	北
53	吴赵村	2022.1.15 14:40	34°28'22.65"N 119°28'16.72"E	3.13	0.0296	0.48	晴	6.2	63.1	102.51	0.8	北
54	兴三八组	2022.1.15 14:49	34°28'51.97"N 119°27'34.51"E	2.44	0.0196	0.42	晴	6.1	63.4	102.50	1.5	北
55	温场	2022.1.15 15:05	34°28'15.99"N 119°27'38.99"E	1.46	0.0115	0.37	晴	6.1	63.7	102.50	1.4	北
56	大王庄	2022.1.15 15:16	34°27'19.46"N 119°27'45.16"E	0.96	0.0132	0.25	晴	5.7	63.9	102.50	1.1	东北
57	程场	2022.1.15 15:29	34°27'19.88"N 119°27'34.42"E	0.87	0.0114	0.30	晴	5.6	63.9	102.52	1.2	东北

表 3.2-13（4/4） 厂区外敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
58	候场村	2022.1.15 15:41	34 $^{\circ}$ 28'48.98"N 119 $^{\circ}$ 27'6.77"E	0.68	0.0102	0.27	晴	5.4	64.0	102.52	1.3	北
59	陶庄	2022.1.15 15:54	34 $^{\circ}$ 28'16.39"N 119 $^{\circ}$ 27'4.09"E	0.72	0.0126	0.29	晴	5.3	64.1	102.53	1.4	东北
60	兴四村	2022.1.15 16:09	34 $^{\circ}$ 28'3.49"N 119 $^{\circ}$ 27'8.84"E	0.45	0.0144	0.32	晴	5.2	64.2	102.54	1.0	东北
61	小王庄	2022.1.16 09:19	34 $^{\circ}$ 27'1.91"N 119 $^{\circ}$ 27'11.6"E	1.44	0.0170	0.32	晴	2.6	55.7	103.07	1.8	东北
62	小滩村	2022.1.16 09:29	34 $^{\circ}$ 28'24.32"N 119 $^{\circ}$ 26'26.39"E	1.27	0.0088	0.21	晴	2.6	55.6	103.06	1.7	东北
63	鲁南村	2022.1.16 09:43	34 $^{\circ}$ 27'59.88"N 119 $^{\circ}$ 26'25.54"E	0.88	0.0087	0.47	晴	2.6	55.4	103.05	1.5	东北
64	彭场	2022.1.16 09:57	34 $^{\circ}$ 27'58.05"N 119 $^{\circ}$ 26'7.24"E	0.42	0.0047	0.55	晴	2.7	55.2	103.05	1.2	北
65	李庄	2022.1.16 10:10	34 $^{\circ}$ 28'23.96"N 119 $^{\circ}$ 27'11.05"E	0.77	0.0099	0.40	晴	2.7	55.2	103.05	2.2	北
66	山北村	2022.1.16 10:25	34 $^{\circ}$ 27'41.02"N 119 $^{\circ}$ 26'26.28"E	1.44	0.0090	0.36	晴	2.7	55.2	103.05	2.4	北
67	顾庄	2022.1.16 10:49	34 $^{\circ}$ 27'25.07"N 119 $^{\circ}$ 26'6.32"E	1.62	0.0125	0.46	晴	2.9	54.9	103.04	1.8	东北
68	明兴村	2022.1.16 11:07	34 $^{\circ}$ 28'13.1"N 119 $^{\circ}$ 25'31.38"E	1.10	0.0236	0.43	晴	3.0	54.9	103.03	1.4	北
69	周场	2022.1.16 11:20	34 $^{\circ}$ 28'55.81"N 119 $^{\circ}$ 29'38.79"E	0.86	0.0087	0.45	晴	3.1	54.8	103.04	1.1	东北
70	吴场	2022.1.16 11:34	34 $^{\circ}$ 28'18.52"N 119 $^{\circ}$ 26'2.85"E	0.67	0.0074	0.21	晴	3.3	54.7	103.04	1.5	北

表 3.2-14（1/2） 厂区外通信基站射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	经纬度	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 (°C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
T1	东辛农场 81 区 联通通信基站	2022.01.17 08:05	34°30'3.45"N 119°25'23.86"E	0.59	晴	2.8	67.5	103.26	1.5	东北
T2	东辛农场 85 区 电信通讯基站	2022.01.17 08:42	34°28'45.8"N 119°25'23.5"E	0.42	晴	2.9	67.4	103.26	1.4	东北
T3	东辛农场 85 区 联通通信基站	2022.01.17 08:59	34°28'49.67"N 119°25'23.1"E	0.49	晴	2.8	67.2	103.26	1.3	东北
T4	东辛农场 85 区 联通通信基站	2022.01.17 09:15	34°28'48.03"N 119°25'25.11"E	0.64	晴	3.2	67.0	103.26	1.2	东北
T5	东辛农场 87 区 通信基站	2022.01.17 09:32	34°29'33.34"N 119°27'0.28"E	0.63	晴	3.5	66.8	103.26	1.0	北
T6	卞庄通信基站	2022.01.17 09:45	34°27'36.72"N 119°28'24.26"E	0.45	晴	3.4	66.9	103.27	1.5	北
T7	鲁河九组通信基站	2022.01.17 09:59	34°29'11.86"N 119°28'53.5"E	0.67	晴	3.6	66.4	103.27	0.8	北
T8	民治村通信基站	2022.01.17 10:15	34°27'57.14"N 119°29'42.81"E	0.58	晴	3.8	66.2	103.27	0.9	北
T9	南兴村通信基站	2022.01.17 10:34	34°28'12.53"N 119°29'16.98"E	0.72	晴	4.0	66.0	103.28	1.4	北
T10	陶庄通信基站	2022.01.17 10:49	34°28'16.9"N 119°27'2.19"E	0.63	晴	4.1	65.0	103.28	1.6	北
T11	王庄通信基站	2022.01.17 11:05	34°27'3.27"N 119°26'39.37"E	0.65	晴	4.5	65.5	103.28	1.5	北
T12	吴赵村通信基站	2022.01.17 11:19	34°28'27.51"N 119°28'16.36"E	0.73	晴	4.7	65.6	103.28	2.0	北

表 3.2-14 (2/2) 厂区外通信基站射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	测量时间	经纬度	射频综合场强 (V/m)	天气	温度 (°C)	湿度 (%)	大气压 kPa	风速 (m/s)	风向
T13	兴三村通信基站	2022.01.17 11:35	34°27'41.4"N 119°27'41.92"E	0.66	晴	4.9	65.1	1023.28	1.8	东北
T14	东辛农场 113 区通信基站	2022.01.17 11:49	34°31'3.42"N 119°27'47.31"E	0.76	晴	5.1	65.0	103.28	1.1	北
T15	东辛农场 88 区通信基站	2022.01.17 12:00	34°30'53.8"N 119°29'52.04"E	0.55	晴	5.5	64.7	103.29	1.4	北
T16	东辛农场 91 管理区移动通信基站	2022.01.17 12:09	34°30'9.52"N 119°28'20.1"E	0.66	晴	6.0	64.4	103.29	1.0	北
T17	东辛农场 75 区通信基站	2022.01.17 12:12	34°31'8.01"N 119°26'2.75"E	0.54	晴	6.0	64.2	103.29	1.5	东北
T18	小滩通信基站	2022.01.17 12:14	34°28'30.41"N 119°26'25.07"E	0.67	晴	6.1	64.0	103.00	2.4	东北
T19	山北村通信基站	2022.01.17 12:17	34°27'32.26"N 119°26'24.02"E	0.50	晴	6.1	64.0	103.00	1.9	东北

表 3.2-15 厂区监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区	工频电场 (V/m)	0.06~0.40	0.40	4000
	工频磁场 (μ T)	0.0050~0.0090	0.0090	100
	射频综合场强 (V/m)	0.10~0.33	0.33	12
开关站 (变电站)	工频电场 (V/m)	0.09~295.49	295.49	4000
	工频磁场 (μ T)	0.0024~0.0775	0.0775	100
	射频综合场强 (V/m)	0.12~0.55	0.55	12
主变压器	工频电场 (V/m)	0.04~0.20	0.20	4000
	工频磁场 (μ T)	0.0030~0.0080	0.0080	100

表 3.2-16 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：0.04~0.13	0.13	4000
		平行监测断面：0.05~0.07	0.07	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.0027~0.0045	0.0045	100
		平行监测断面：0.0027~0.0040	0.0040	
拟建 220kV 输电线路（P2 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.05~0.16	0.16	4000
		平行监测断面：0.12~0.15	0.15	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.0036~0.0064	0.0064	100
		平行监测断面：0.0055~0.0063	0.0063	
220kV 芦田线输电线路（P3 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：25.57~792.23	792.23	4000
		平行监测断面：400.40~411.66	411.66	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.0310~0.3674	0.3674	100
		平行监测断面：0.2276~0.2394	0.2394	
220kV 徐孔/沿徐线输电线路（P4 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：25.31~922.44	922.44	4000
		平行监测断面：460.48~488.29	488.29	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.1265~0.8509	0.8509	100
		平行监测断面：0.6633~0.6813	0.6813	
220kV 徐东 2EO/徐区/徐西/徐香/徐炼线输电线路（P5 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：20.40~714.99	714.99	4000
		平行监测断面：300.33~318.40	318.40	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.1127~1.0516	1.0516	100
		平行监测断面：0.5028~0.5337	0.5337	
220kV 徐东 46P 线输电线路（P6 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：18.66~714.46	714.46	4000
		平行监测断面：208.38~238.29	238.29	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.0702~0.3497	0.3497	100
		平行监测断面：0.2061~0.2186	0.2186	
500kV 田徐/田圩/徐盐/徐都线输电线路（P7 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：56.87~1296.46	1296.46	4000
		平行监测断面：600.13~631.52	238.29	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.2414~4.9318	4.9318	100
		平行监测断面：2.6026~2.7037	2.7037	
500kV 徐盐/徐都线（P8 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：41.66~1395.64	1395.64	4000
		平行监测断面：601.28~620.55	620.55	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.2836~4.9998	4.9998	100
		平行监测断面：2.8962~2.9995	2.9995	
220kV 徐瀛线（P9 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：24.45~801.53	801.53	4000
		平行监测断面：397.86~406.74	406.74	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.0306~0.3687	0.3687	100
		平行监测断面：0.2505~0.2687	0.2687	

表 3.2-17 厂区外环境敏感区和通信基站监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区外监测点	工频电场 (V/m)	0.42~3.74	3.74	4000
	工频磁场 (μ T)	0.0038~0.0296	0.0296	100
	射频综合场强 (V/m)	0.21~0.55	0.55	12
通信基站	射频综合场强 (V/m)	0.42~0.76	0.76	12

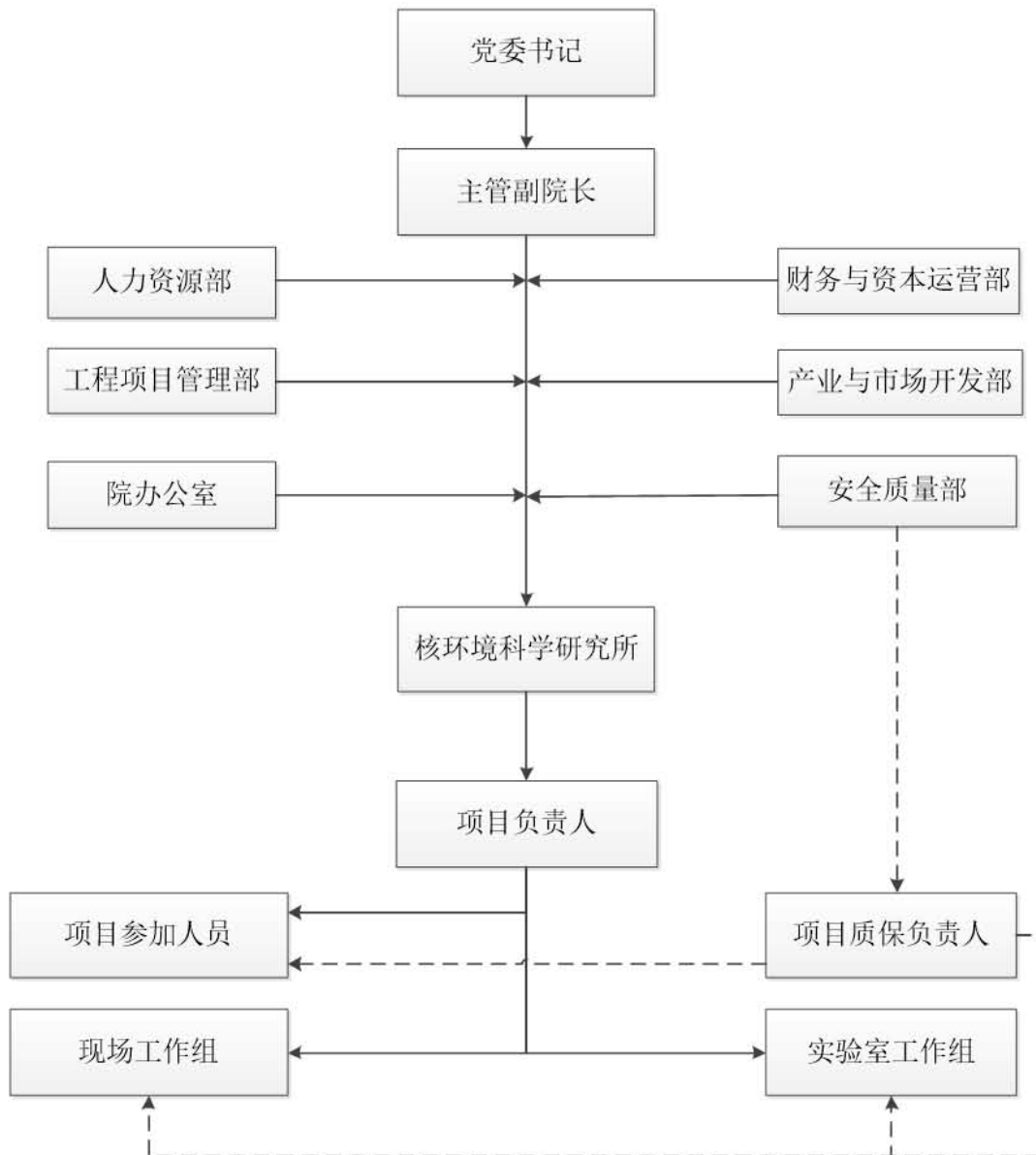


图 3.1-1 质量职能组织机构图

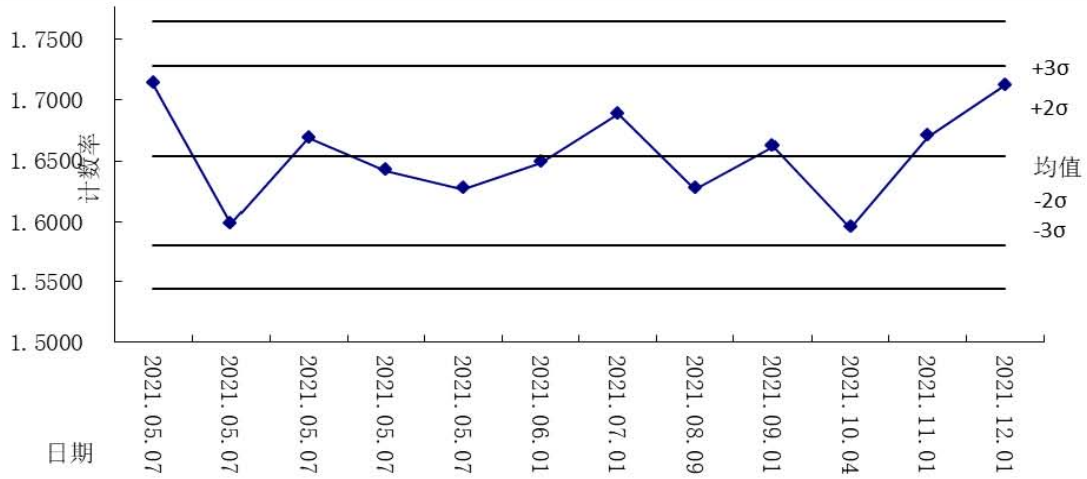


图 3.1-2 GR3019 γ 谱仪本底质控图

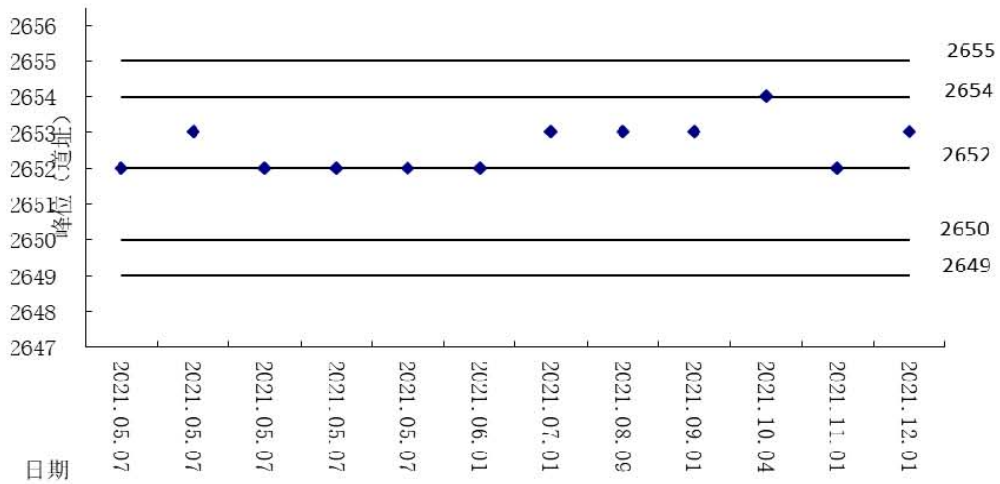


图 3.1-3 Gr3019 γ 谱仪峰位质控图

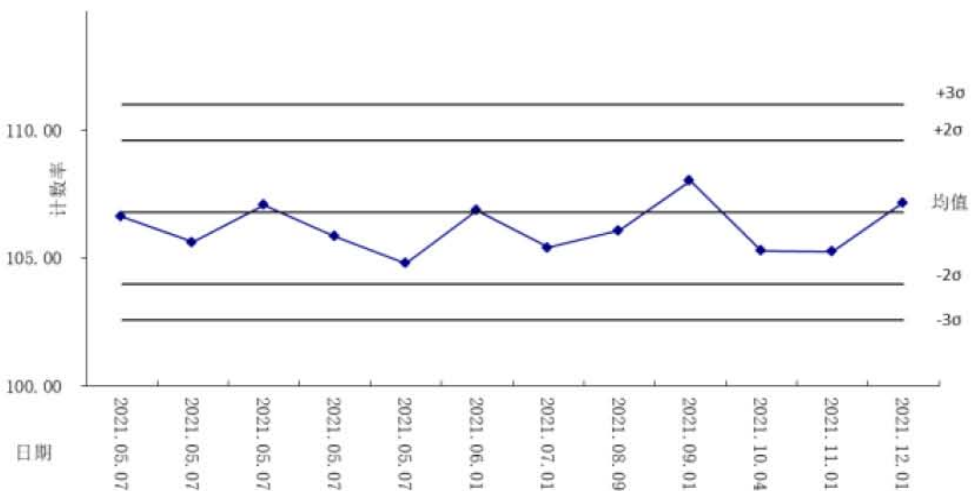


图 3.1-4 GR3019 γ 谱仪效率质控图

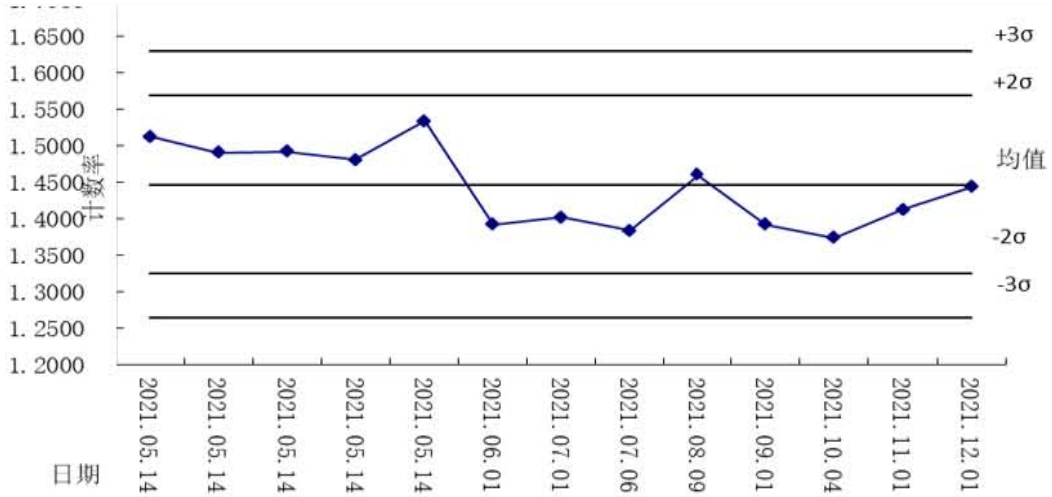


图 3.1-5 BE3830 γ 谱仪本底质控图

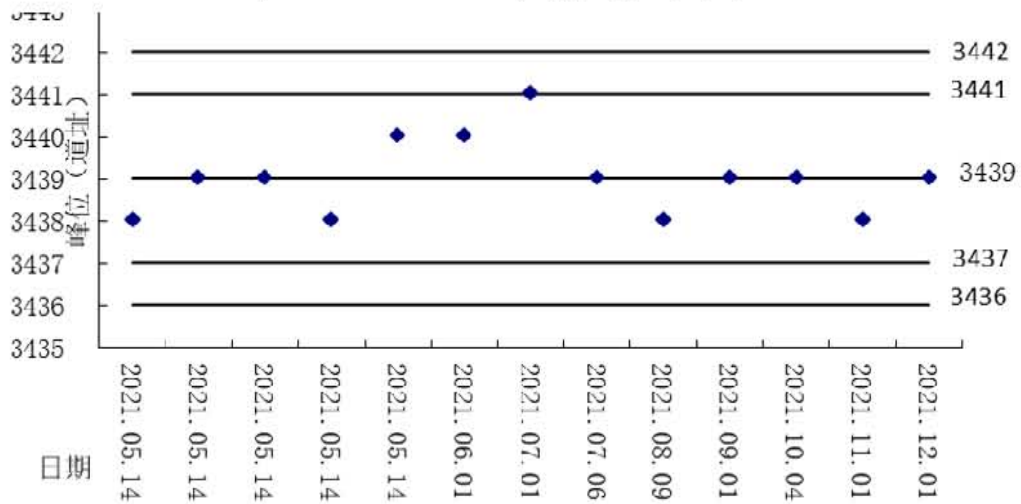


图 3.1-6 BE3830 γ 谱仪峰位质控图

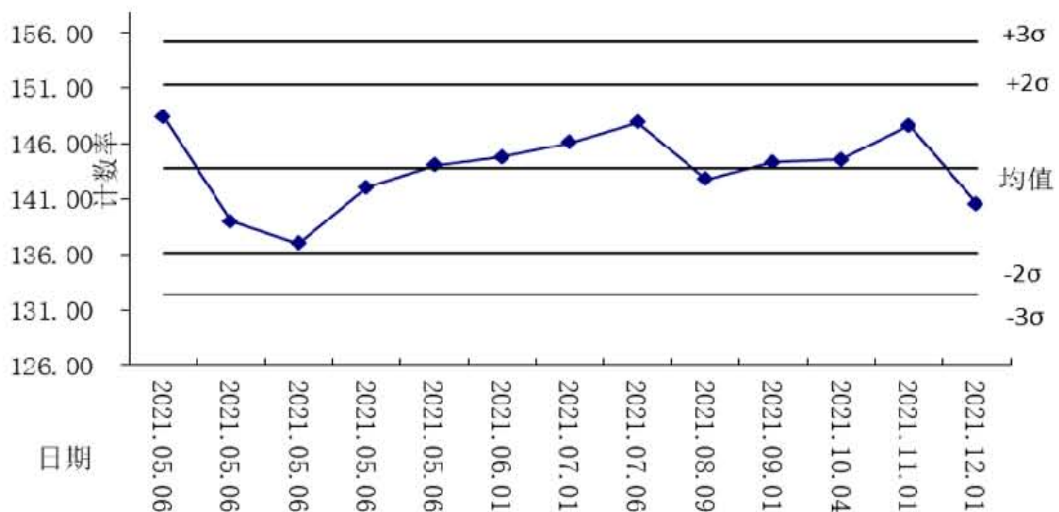


图 3.1-7 BE3830 γ 谱仪效率质控图

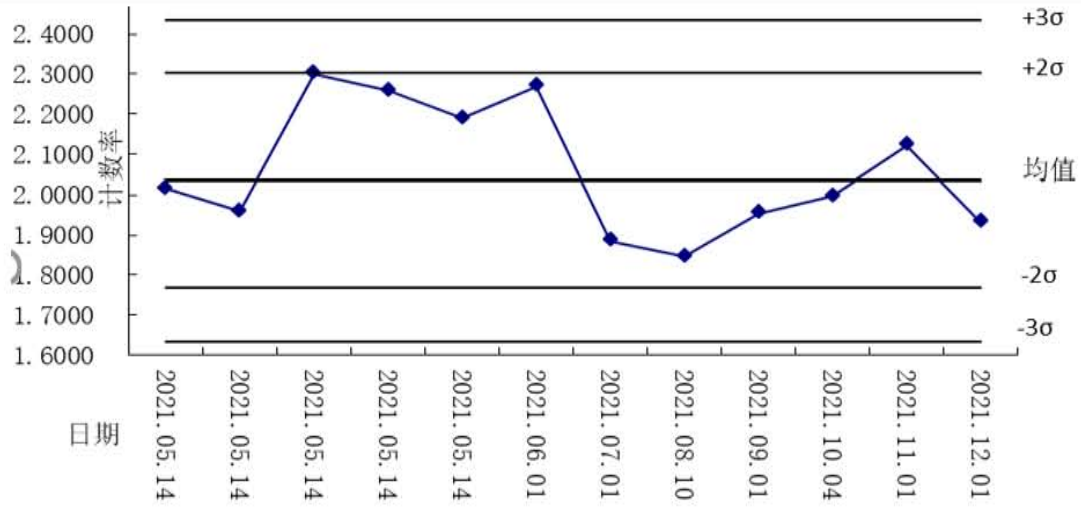


图 3.1-8 GMX50-S γ 谱仪本底质控图

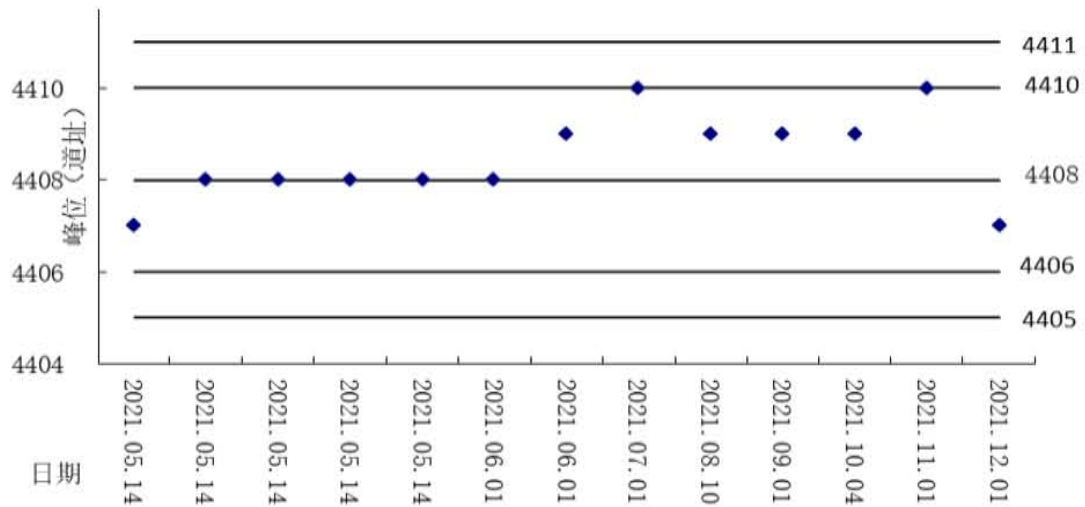


图 3.1-9 GMX50-S γ 谱仪峰位质控图

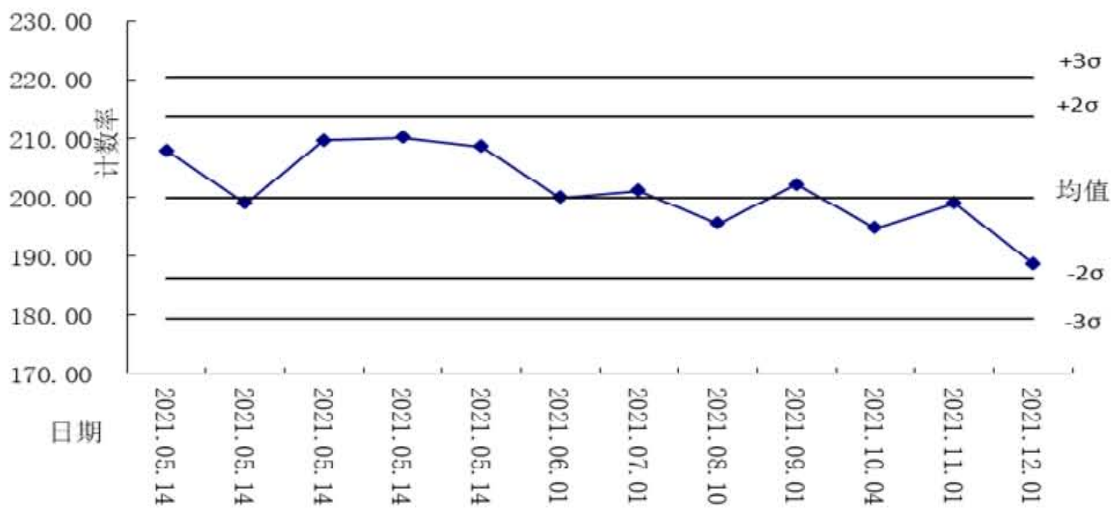


图 3.1-10 GMX50-S γ 谱仪效率质控图

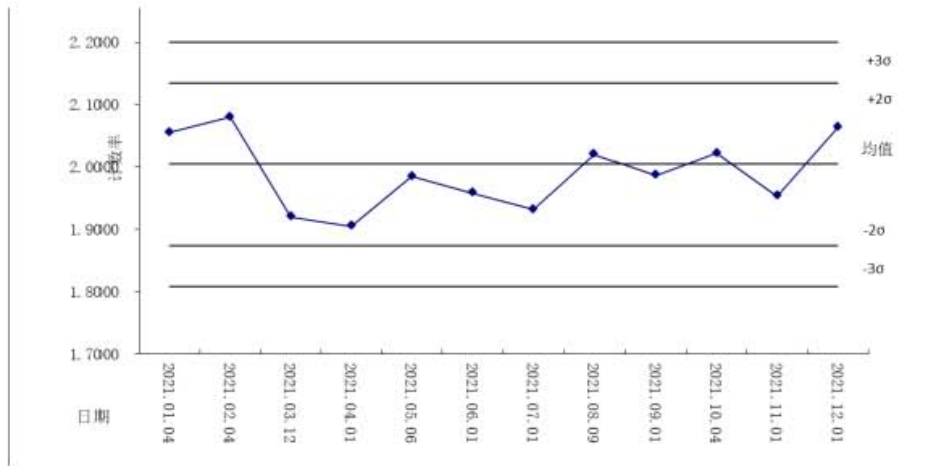


图 3.1-11 GEM40P4-76 γ 谱仪峰位质控图

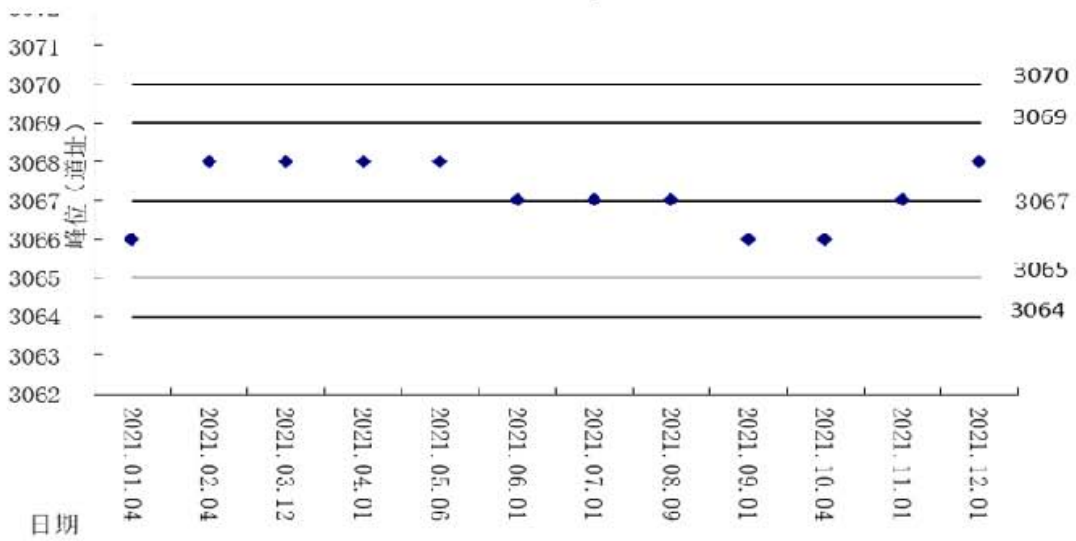


图 3.1-12 GEM40P4-76 γ 谱仪峰位质控图

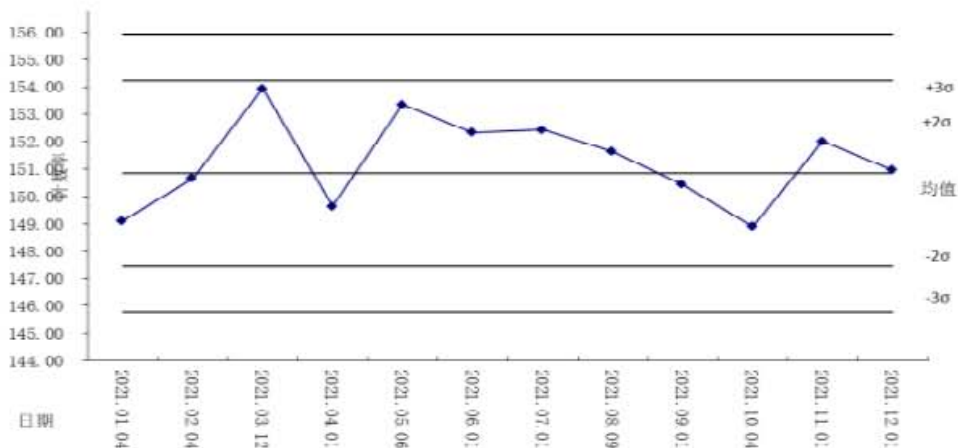


图 3.1-13 GEM40P4-76 γ 谱仪效率质控图

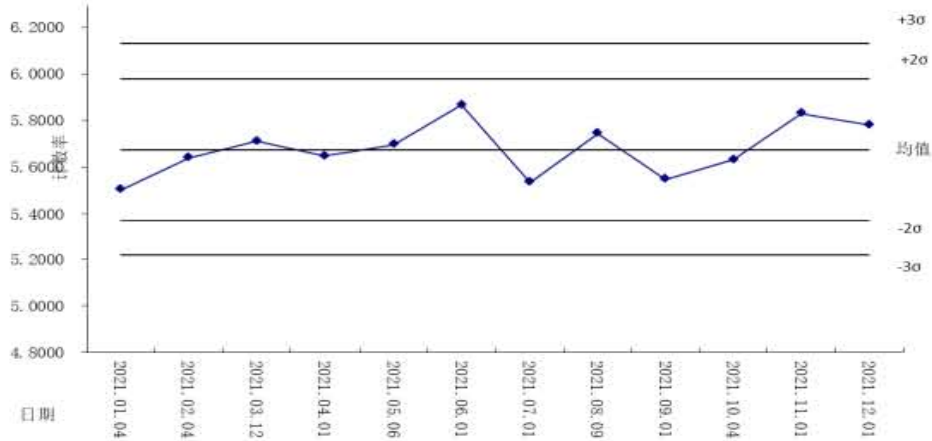


图 3.1-14 GC4019 γ 谱仪本底质控图

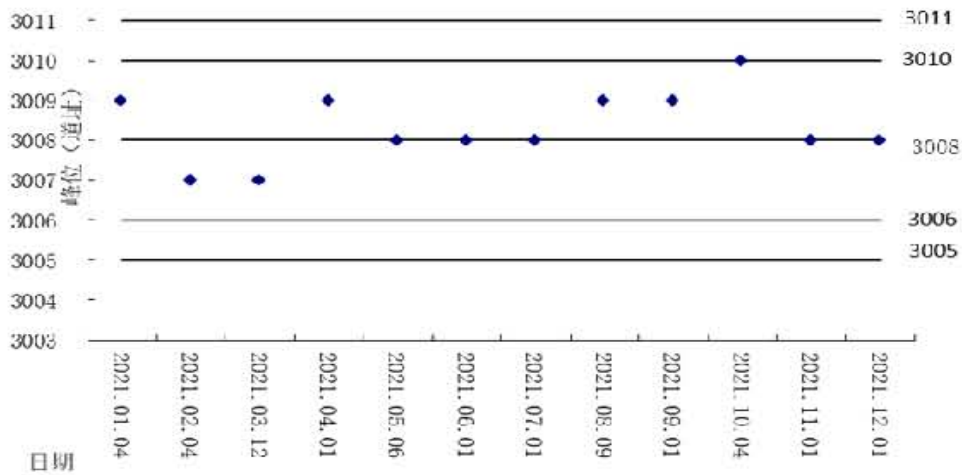


图 3.1-15 GC4019 γ 谱仪峰位质控图

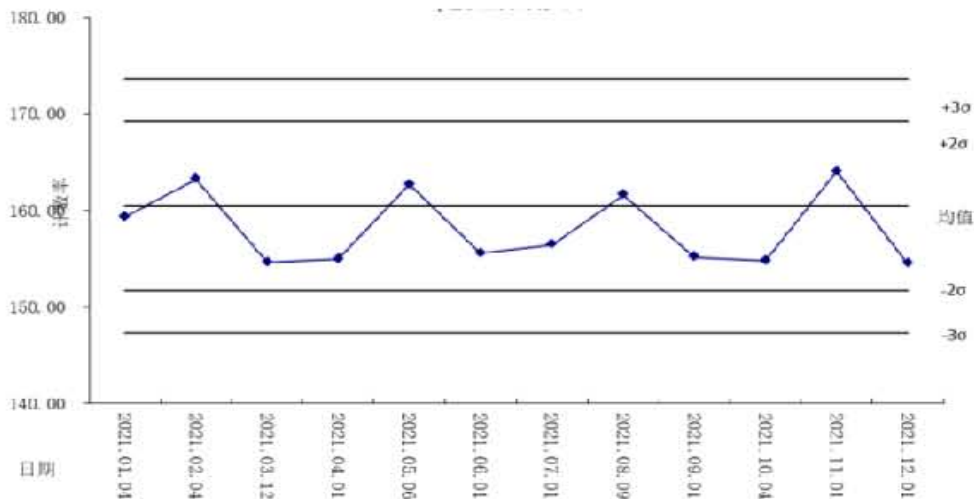


图 3.1-16 GC4019 γ 谱仪效率质控图

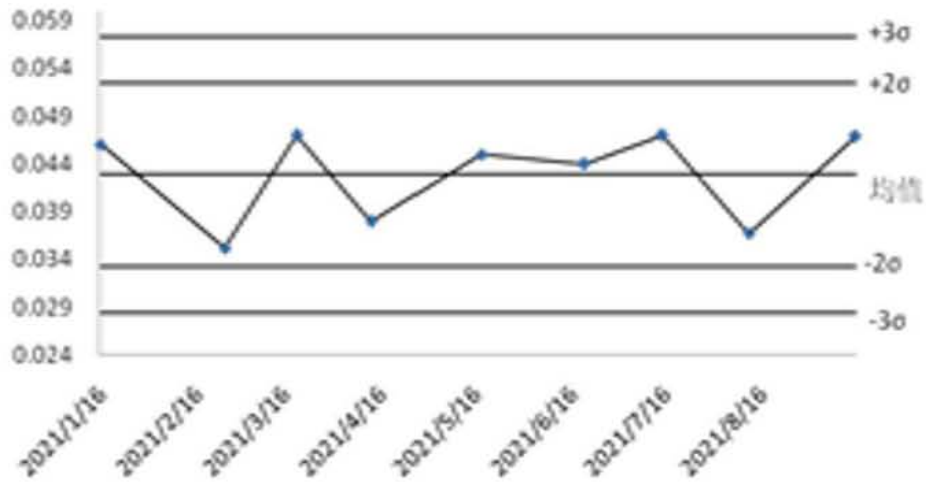


图 3.1-17 LB770 (6199) α/β 测量仪 α 本底质控图

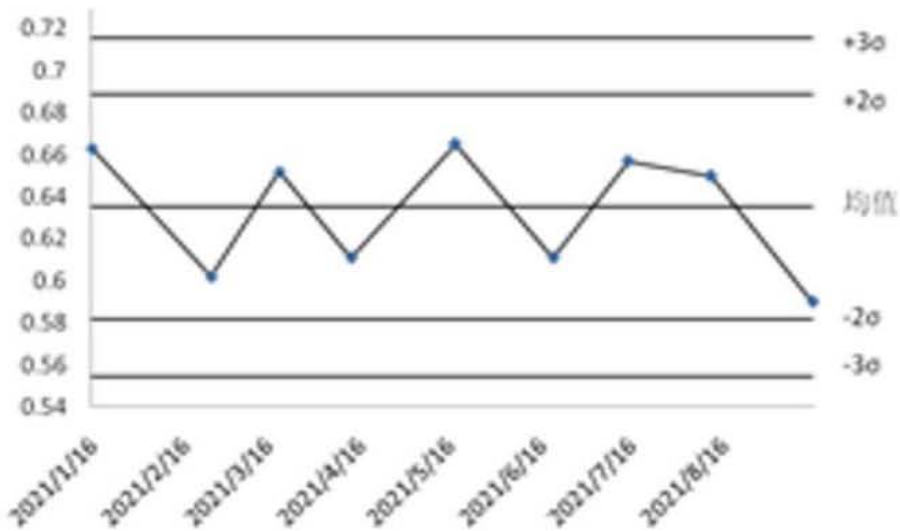


图 3.1-18 LB770 (6199) α/β 测量仪 β 本底质控图

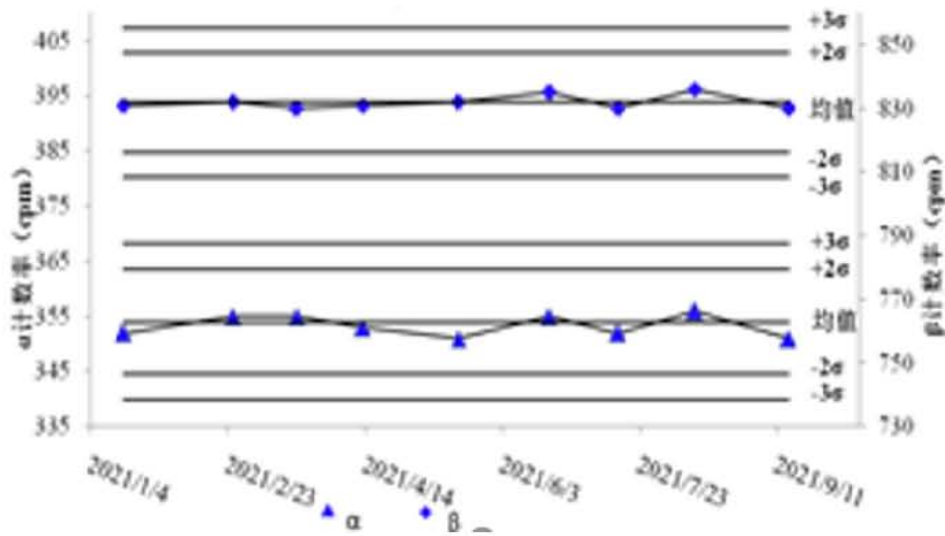


图 3.1-19 LB770 (6199) α/β 测量仪效率质控图

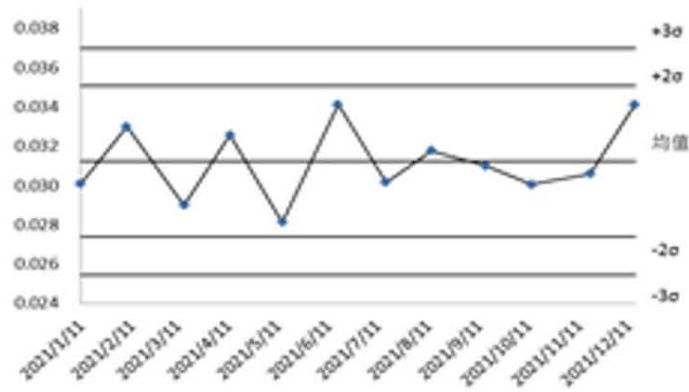


图 3.1-20 LB770（6483） α/β 测量仪 α 本底质控图

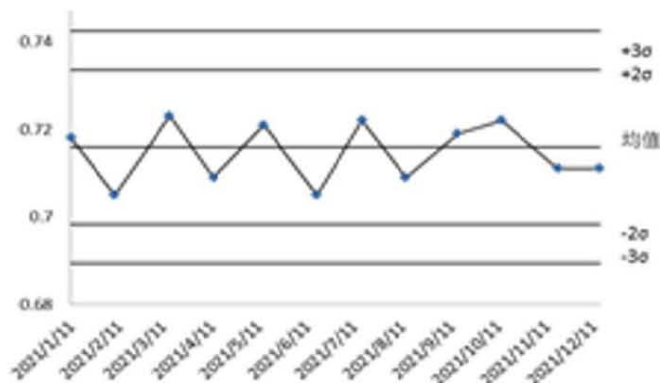


图 3.1-21 LB770（6483） α/β 测量仪 β 本底质控图

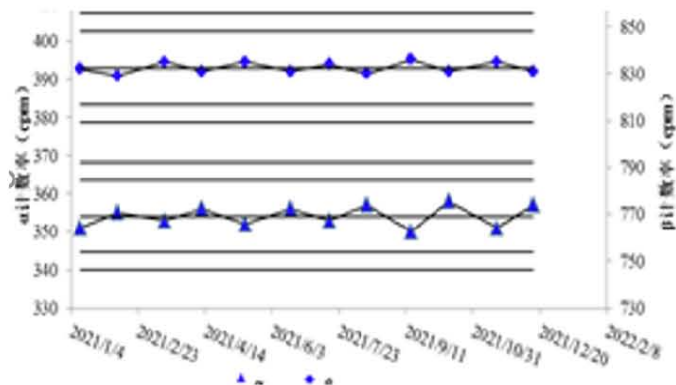


图 3.1-22 LB770（6483） α/β 测量仪效率质控图（1）

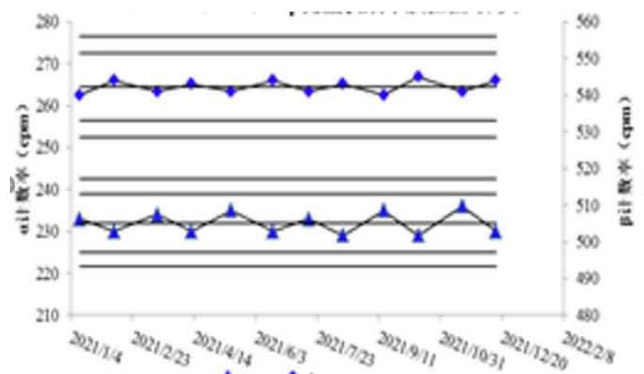
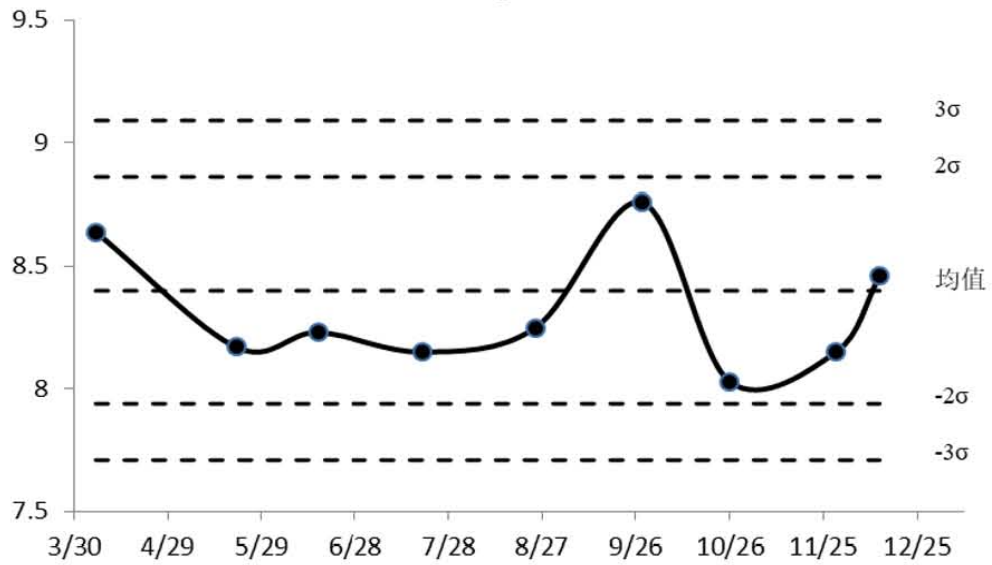
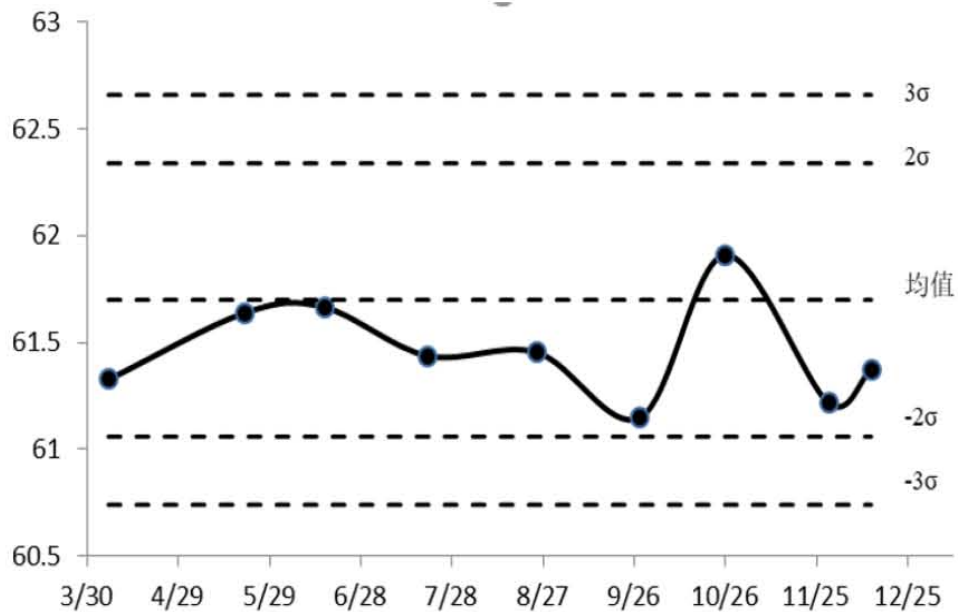
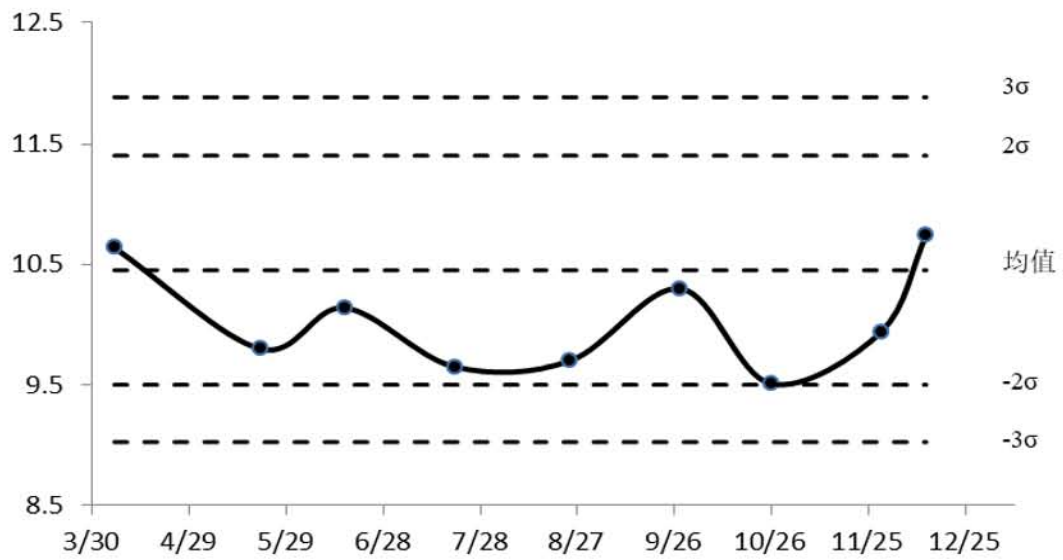
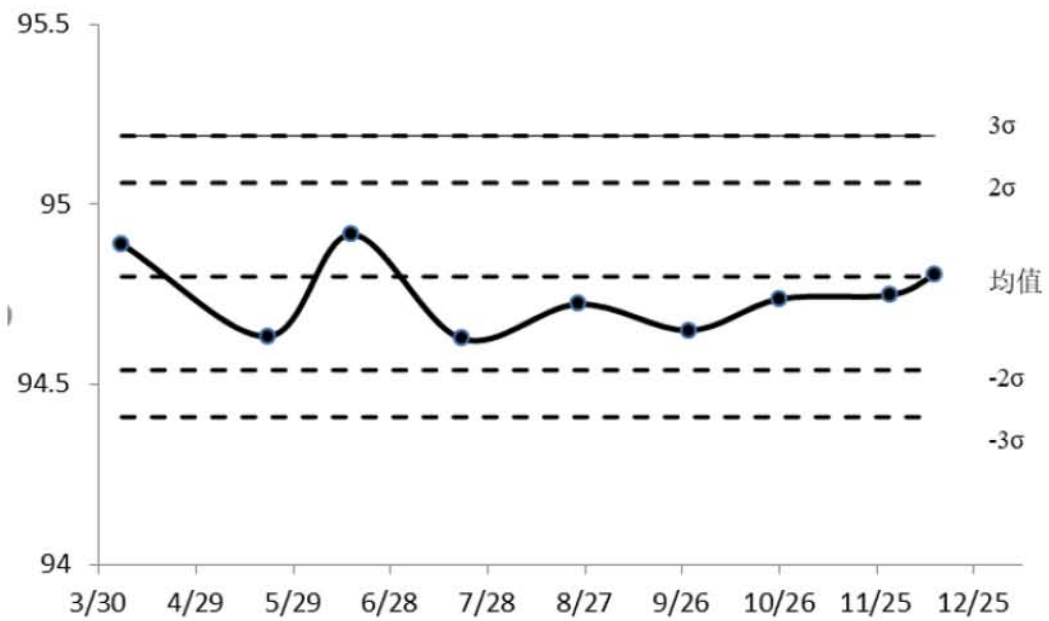


图 3.1-23 LB770（6483） α/β 测量仪效率质控图（2）

图 3.1-24 液闪 ^3H 本底质控图图 3.1-25 液闪 ^3H 效率质控图

图 3.1-26 液闪 ^{14}C 本底质控图图 3.1-27 液闪 ^{14}C 效率质控图

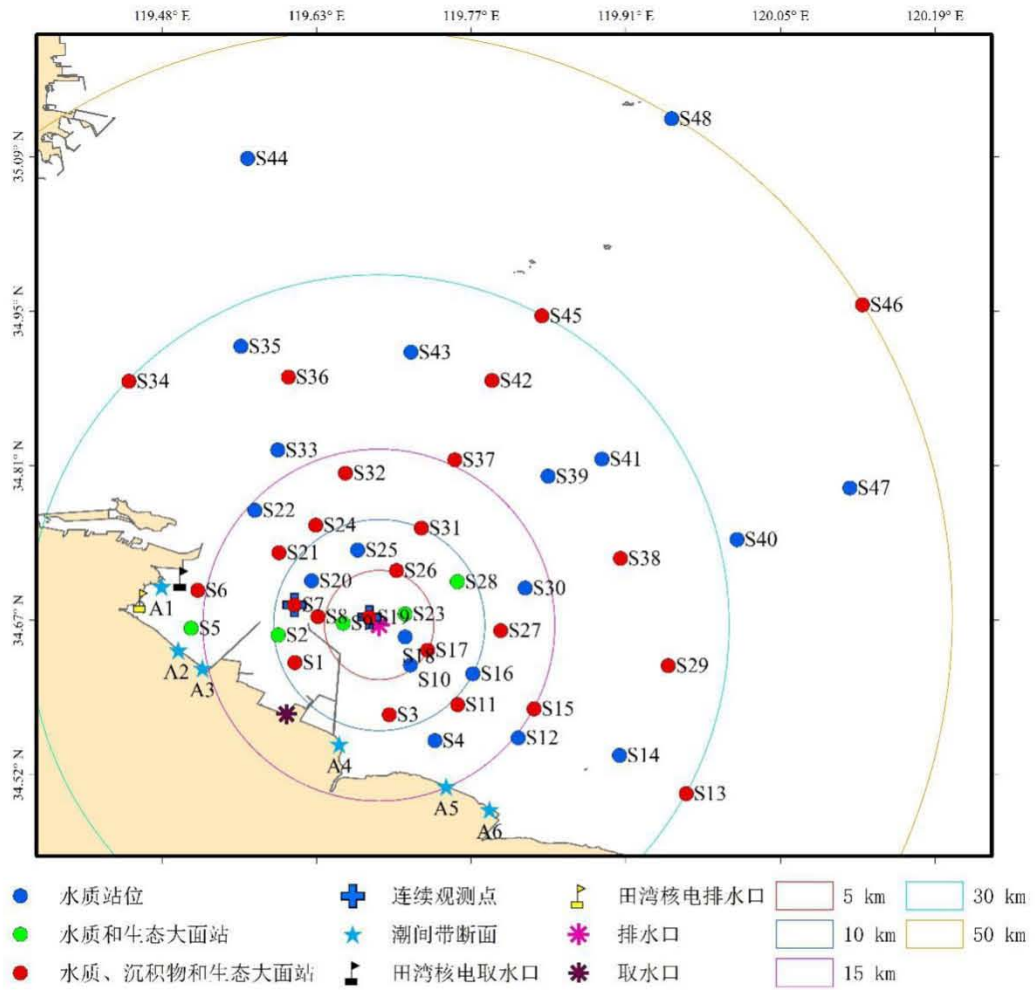


图 3.2-1 调查站位分布图



图 3.2-2 厂区内电磁辐射监测点分布情况

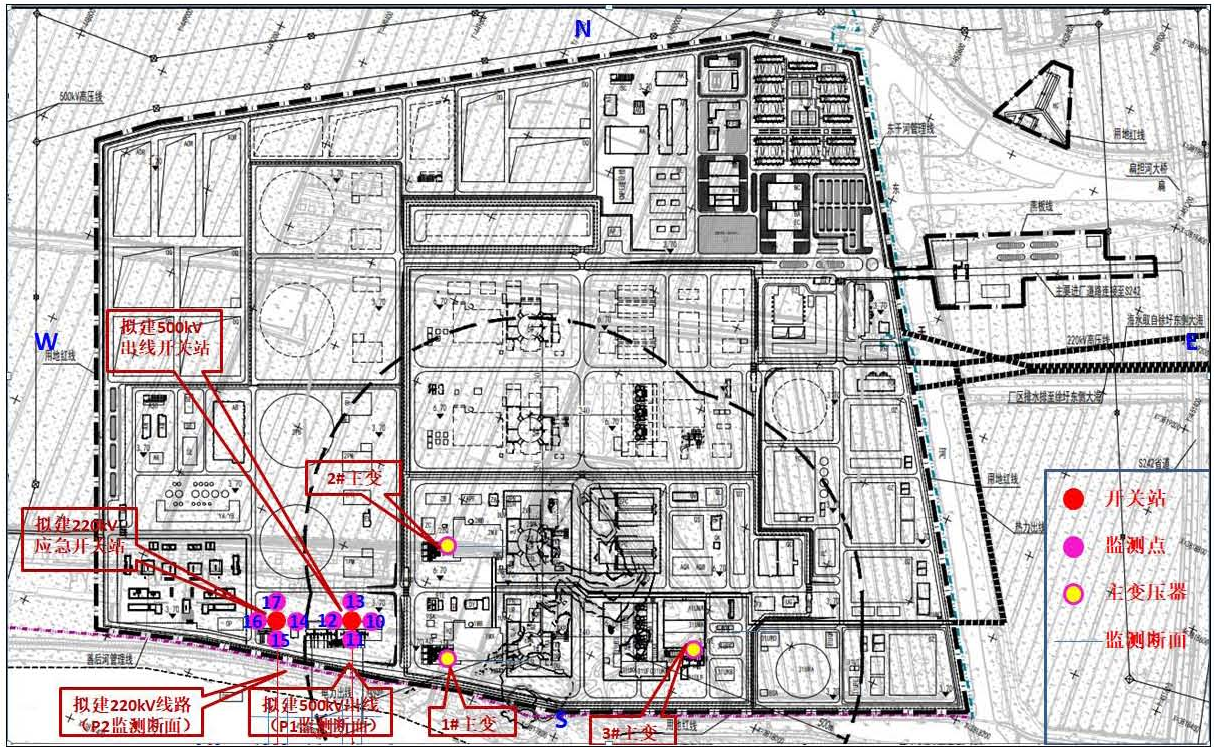


图 3.2-3 厂区内拟建开关站、主变、厂区内输电线路监测点设置示意图

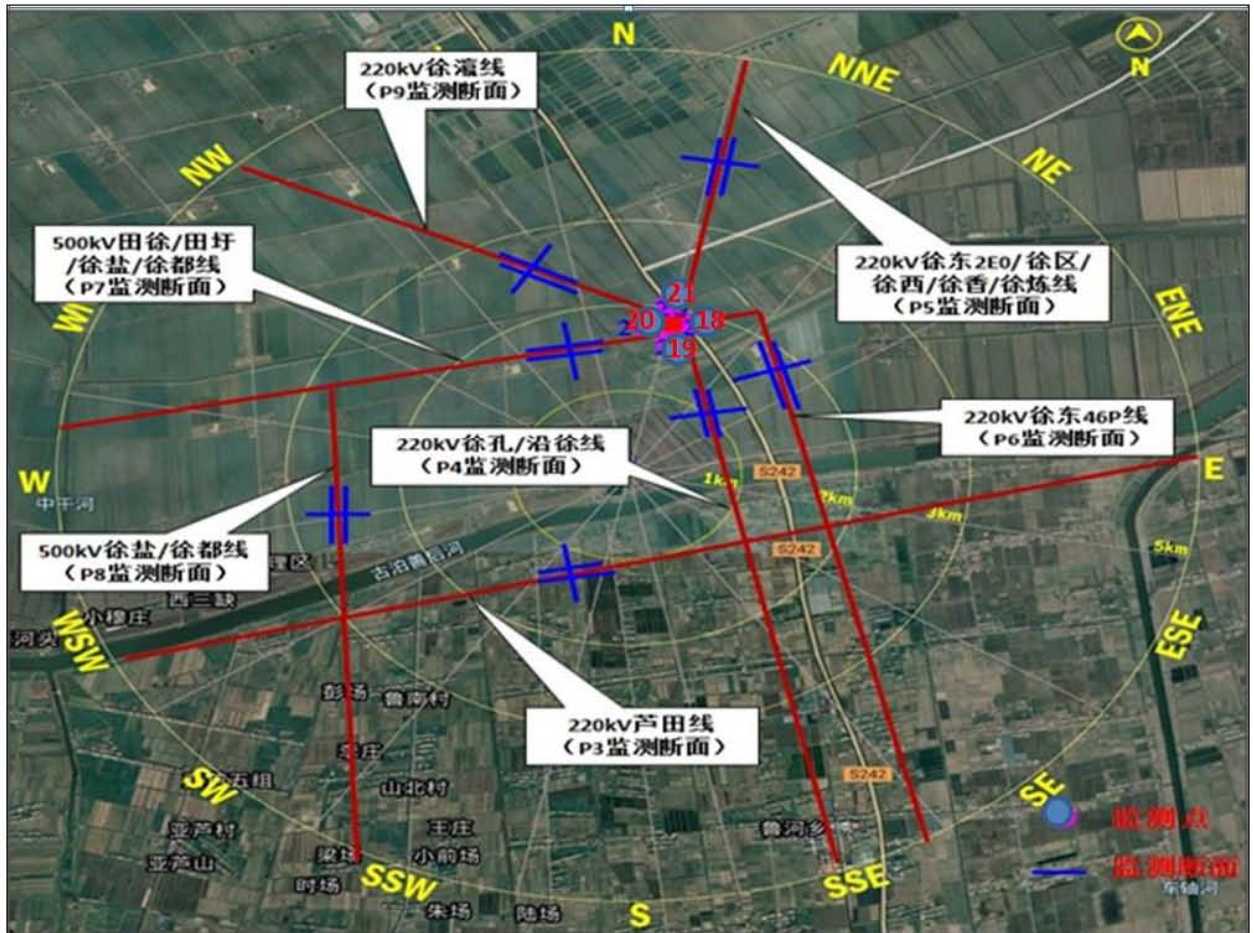


图 3.2-4 厂址区域已建输电线路监测断面设置示意图

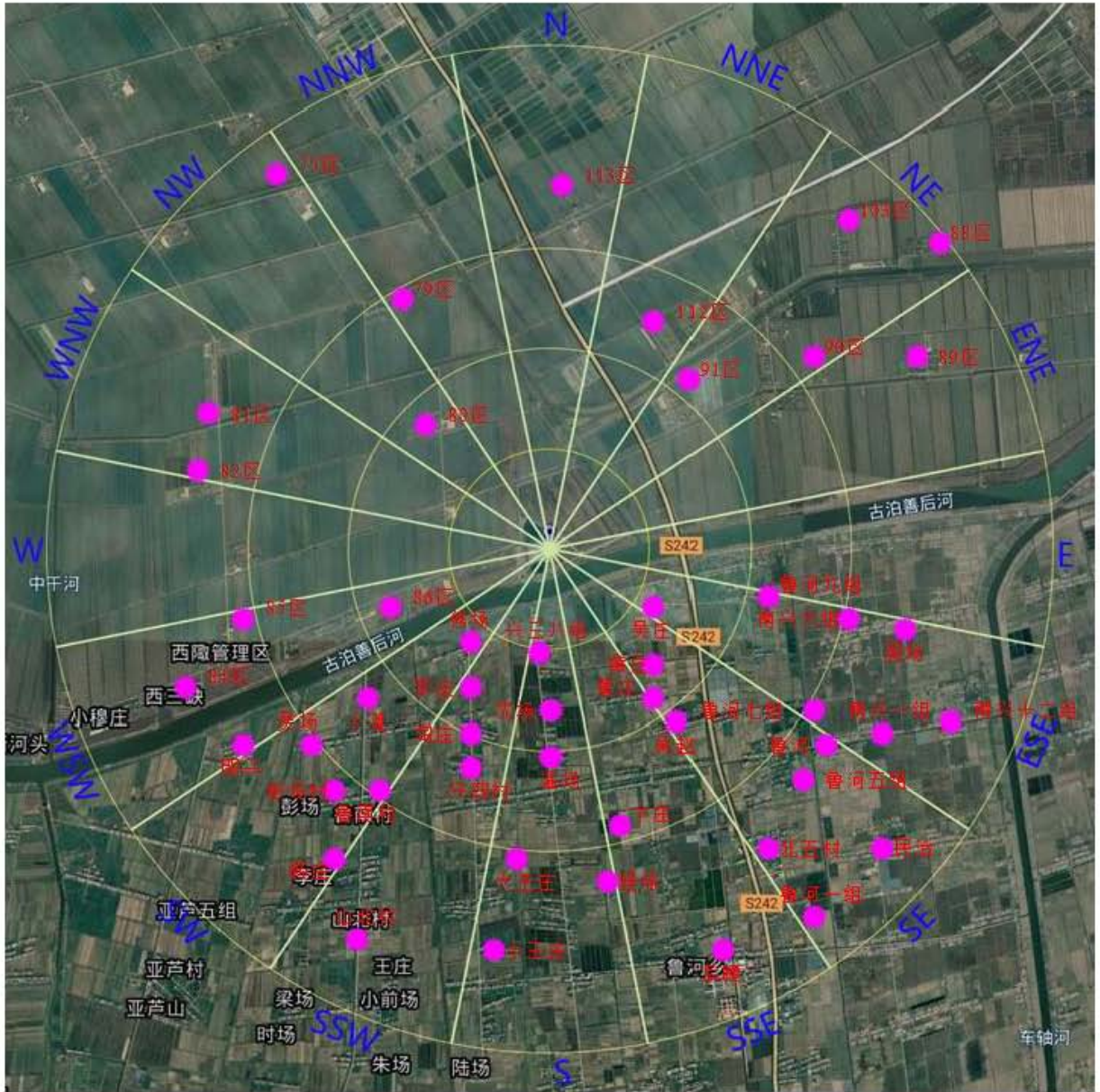


图 3.2-5 厂区外环境敏感区监测点设置情况示意图

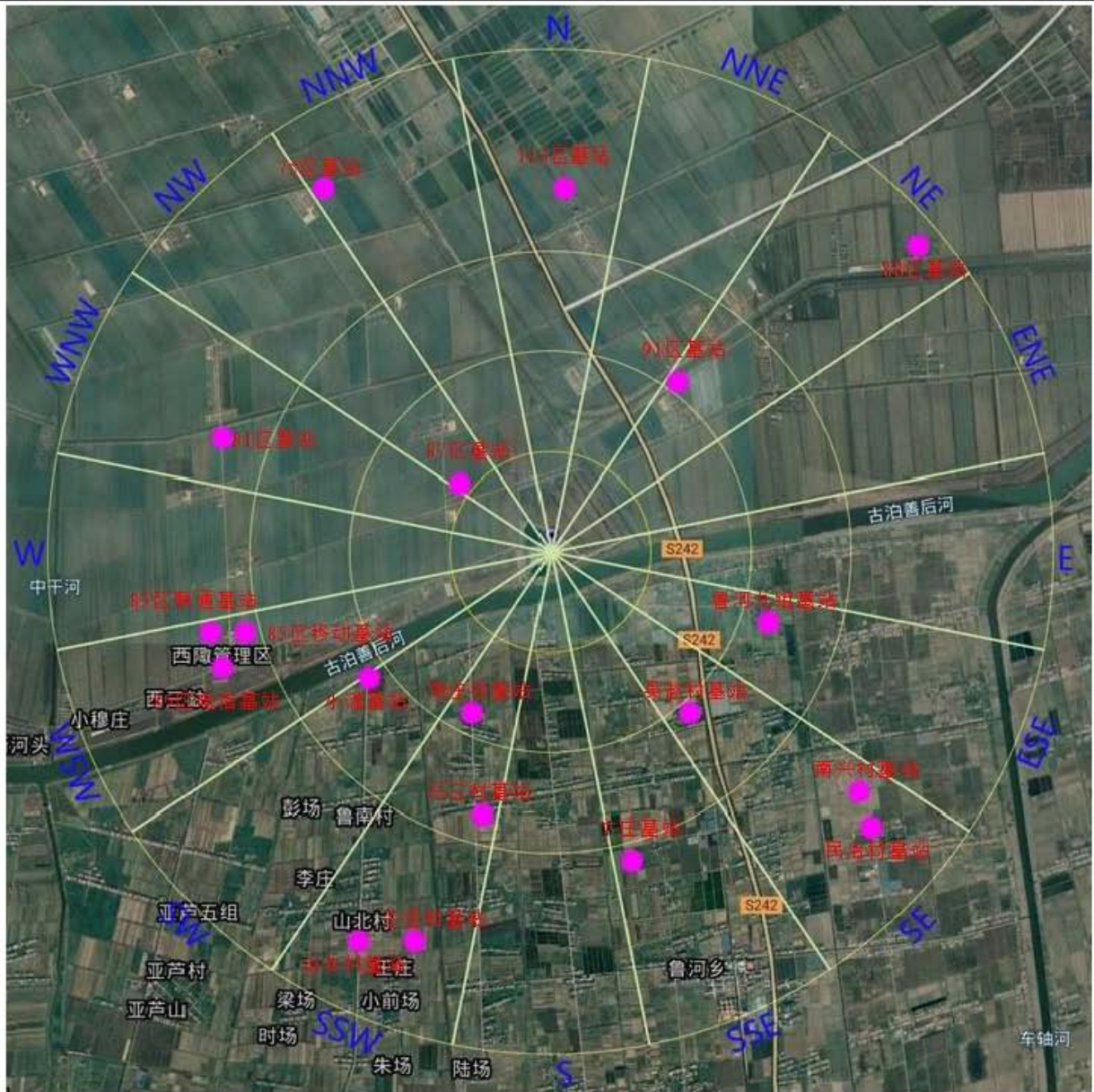


图 3.2-6 厂区外通信基站监测点设置情况示意图

第四章 核能供热厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.2 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 核能供热厂用水和散热系统

4.3.1 核能供热厂用水

4.3.2 核能供热厂散热系统

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 供热系统

4.6 专设安全设施

4.6.1 概述

4.6.2 安全注入系统

4.6.3 安全壳喷淋系统

4.6.4 蒸汽发生器辅助给水系统

4.6.5 安全壳隔离系统

4.6.6 舱室冷却系统

4.6.7 压力容器支承冷却系统

4.6.8 主控室非能动可居留性系统

4.6.9 蒸汽发生器事故排放系统

4.7 放射性废物系统和源项

4.7.1 放射性源项

4.7.2 放射性废液管理系统及源项

4.7.3 放射性废气处理系统及源项

4.7.4 放射性固体废物管理

4.7.5 乏燃料贮存系统

4.8 非放射性废物处理系统

4.8.1 化学污染物

4.8.2 生活废物

4.8.3 其他废物

4.9 放射性物质厂内运输

4.9.1 新燃料运输

4.9.2 乏燃料运输

4.9.3 放射性固体废物的运输

图：

图 4.2-1 全厂原则性热力系统流程示意图

图 4.6-1 舱室冷却系统流程图

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

本项目按4台华龙一号压水堆机组和2台HTR-PM600S高温气冷堆机组及其配套的辅助、附属设施进行厂址总体规划，一次规划，分期实施。一期工程建设2台华龙机组和1台HTR-PM600S高温气冷堆机组及其配套辅助设施。厂址区域场地较为完整，厂区主要由主厂房区、冷却水设施区、配电装置区、辅助生产设施区及厂前建筑区组成。

（1）厂坪设计标高的确定

综合考虑DBF、主厂房建筑群基础埋置深度、土石方工程量及循环冷却水供水方式等因素，主厂房区、重要厂用水设施区、三废区等核安全重要构筑物的室外散水标高（即厂坪设计标高，下同）暂定为6.70m，高于DBF；其余场地设计标高结合场地防洪、土石方工程量、场地雨排水及与进厂道路的顺畅衔接等多方面考虑，东侧场地设计标高暂定5.50m，主厂房西侧场地暂定3.70m，全厂采取台阶式布置。

（2）主厂房建筑群位置的确定

主厂房分为两部分，4台华龙机组并列布置在西隄山山体西侧，两台高温机组并列布置在西隄山山体东侧，呈对称布置。以靠近善后河的西隄山山体南端为固定端，按建设顺序分别对华龙及高温堆机组进行编号。4台华龙机组分别编号为1#、2#、5#、6#，两台高温机组分别编号为3#、4#。

（3）电力出线规划

电力出线暂定向南出线，主接线暂考虑采用4回出线与500kV电网连接；辅助开关站从电网暂按2回220kV线路作为核能供热厂辅助电源。

（4）供热规划

江苏徐圩核能供热厂为连云港徐圩新区石化产业基地供应工业蒸汽，解决企业用汽需求，同时剩余的产能用于发电。

江苏徐圩核能供热厂规划建设两套核能供热系统，一次规划、分期实施。本工程建设一套核能供热系统，供热系统利用华龙主蒸汽生产饱和蒸汽，再利用高温气冷堆对其进行过热。

（5）取排水设施规划

1) 海水水源

本工程取水口拟布置在徐圩港区东防波堤外侧，海水通过取水口、取水隧洞至滩涂泵房前池，加压后输送至核电厂区。排水口规划布置在徐圩港区东侧海域，向东排入徐圩港区东侧海域。

2) 淡水水源

本工程淡水原水拟取自善后河，经淡水处理站处理后输送至厂区。

(6) 对外交通运输规划

1) 主要进厂道路

新建主要进厂道路起点位于厂址东侧边界，向东接至 S242 省道，主要进厂道路采用二级公路标准，长度约 640m。

2) 次要进厂道路

次要进厂道路由厂址西侧县道燕板线经东沂线接至厂址西北方向的徐新公路，采用三级公路标准，路基宽度 9m，路面宽度 7m，改造道路长度约 14km。

3) 大件码头及大件运输道路

大件运输采用水运加公路运输的方式，设备在码头上岸后通过公路转运至厂址。

(7) 防排洪规划

厂址洪水设计基准洪水位 (DBF) 为 6.19m、200 年一遇洪水位值 3.67m。主厂区的厂坪设计标高 6.70m，高于设计基准洪水位；主厂区东侧场地设计标高 5.50m、主厂区西侧场地设计标高 3.70m，高于 200 年一遇洪水位值，全厂采取台阶式布置，均满足防洪要求。在厂区设置雨水排水管网、排水沟收集厂区雨水，有组织地就近排放。

(8) 场地平整及边坡工程规划

根据各功能区不同的防洪要求，采用台阶式布置形式。三个台阶场地设计标高分别暂定为：主厂区 6.70m、主厂区东侧场地 5.50m、主厂区西侧场地 3.70m。

(9) 厂址区域土地利用

以各反应堆厂房为中心，半径 500m 范围作为华龙机组与高温气冷堆机组非居住区边界。

以各反应堆厂房为中心，半径 5km 范围作为华龙机组与高温气冷堆机组规划限制区边界。

工程总用地面积约为 247.2hm²（不含海工工程、主要进厂道路、次要进厂道路、厂外设施及临时用地）。

(10) 拆迁

厂址占用西隄 87 管理区的部分区域，西隄 87 管理区目前户籍人口数为 223 人，常住人口 18 人。后续建设单位将结合用地红线及非居住边界进行实际调查，核算准确的拆迁人口。

(11) 核能供热厂与附近城镇总体规划的关系

依据《连云港<徐圩新区>控规编制单元划分说明书》，徐圩新区产业基地规划范围位于 5km 规划限制区以外，与本项目无冲突。

4.1.2 平面布置

4.1.2.1 建设规模及项目组成

本期工程建设2台华龙机组及1台高温气冷堆机组及其配套辅助设施。

4.1.2.2 厂区总平面布置

（1）厂区总平面规划

1) 主厂房区规划

为充分利用有限的基岩条件，主厂房区沿西隰山山体进行布置。1#、2#华龙机组核岛东向、常规岛西向，并列布置在西隰山山体西侧，3#高温气冷堆机组核岛西向、常规岛东向布置在西隰山山体东侧。

2) 配电装置区规划

配电装置区集中布置在厂区西南、拟向南出线。

3) 冷却水设施区规划

冷却水设施区主要包括（重要）厂用水设施区和循环冷却水设施区。

1#、2#机组重要厂用水设施区布置2#核岛厂房东侧，均采用二次循环方式，利用淡水进行补水。3#机组的厂用水设施区布置在高温气冷堆常规岛东侧，采用二次循环方式，利用淡水补水。

1#、2#机组的循环冷却水设施区布置在厂区西侧，3#机组的循环冷却水设施区布置在厂区东侧，均采用带冷却塔的二次循环供水方式，补水取自海州湾的海水。

4) 辅助生产区规划

辅助生产区集中布置在重要厂用水设施区东侧及一期主厂房西北角。

5) 厂前及其他设施区规划

厂前建筑区及其它设施区全厂统一规划，布置在厂区东北部和东部。

（2）竖向设计

主厂房区、重要厂用水设施区等核安全重要构筑物厂坪设计标高暂定为 6.70m，东侧场地的设计标高暂定为 5.50m、西侧场地的设计标高暂定为 3.70m，全厂采取台阶式布置。

（3）实物保护规划

厂区实物保护围栏分为控制区围栏、保护区围栏、要害区围栏。

（4）厂内道路规划

为适应厂外运输及厂内厂房（车间）与厂房（车间）之间的货流及人行需要，厂区设主干道、次干道、车间引道及人行道。

（5）绿化

在保护区外、控制区内的场地可以栽种行道树、花木及加铺草坪等，以改善环境，充分运用和发挥绿化功能，为职工提供良好的工作环境。

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。

4.1.2.3 环境保护相关设施的布置

本期工程中，与环境保护相关的设施有核岛厂房、放射性辅助生产设施、废、污水处理设施、应急指挥中心、环境监督监测设施及取、排水口。

（1）核岛厂房

4台华龙机组并列布置在西隰山山体西侧，两台高温气冷堆机组并列布置在西隰山山体东侧，呈对称布置。

（2）放射性辅助生产设施

放射性辅助生产区集中布置在重要厂用水设施区东侧，位于主导风向的下风向。

（3）废、污水处理设施

废、污水处理设施，包括污水系统油水分离器、污水处理构筑物、常规岛废水处理站。污水系统油水分离器规划布置2座，分别布置在1#机组常规岛西侧及3#机组常规岛东侧；污水处理构筑物规划布置2座，分别布置在厂前区及厂区西侧；常规岛废水处理站规划布置1座，布置在厂区西侧。

（4）应急指挥中心

应急指挥中心，规划布置在厂前区。

（5）环境监督监测设施

环境监督监测设施，包括布置在厂区内的厂区地下水监测井及布置在厂区外的环境实验室、监督性监测前沿站、监督性流出物实验室、环境监测站、监督性监测子站。

（6）取、排水口

本工程海水取水口规划布置在徐圩港区东防波堤外侧、排水口规划布置在徐圩港区东侧海域，向东排入徐圩港区东侧海域。淡水原水拟取自善后河，经淡水处理站处理后输送至厂区。

4.1.2.4 环境保护措施

环境保护方面的措施主要有：

(1) 在厂区保护区外可绿化区域，充分绿化，并宜采用多种绿化方式，包括立体绿化、屋顶绿化等。

(2) 在施工区相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润。

(3) 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护。

(4) 加强施工管理，合理调度运输车辆等。

4.1.3 排放口布置

(1) 废液排放口

海域排水采用循环冷却水和液态流出物混排的方式，排水口位于埭子河口外侧、徐圩港区东防波堤东侧水深约-5.0m 处。

(2) 废气排放口

华龙机型气态流出物排放点为核辅助厂房气体排放口（烟囱），绝对标高为75.1m。高温堆机组设置1座烟囱进行气态流出物的排放，烟囱位置拟设置在核辅助厂房侧，绝对标高为49.2m。

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

江苏徐圩核能供热厂采用华龙一号核电机组与高温气冷堆组合供热。该核电机组由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛组成。

华龙一号改进型核电机组反应堆堆芯由 177 组燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，堆芯活性段高度 3.66m。为了展平功率分布，首循环按铀-235 富集度的不同分四区装载；后续循环使用固体可燃毒物钐，并采用低泄漏或部分低泄漏的装载方式。堆芯燃料各区平均富集度将根据最终的堆芯燃料管理方案来确定。

由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在核能供热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。江苏徐圩核能供热厂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、维修和运行核能供热厂。所有构筑物、系统和部件都要根据其安全功能及重要程度进

行安全分级，针对不同级别采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同的质量保证措施。在第一层次防御中还包括了按经过实践考验的规程进行核电站的在役检查、维护和试验。设计中也考虑了进行这些活动时的可达性和必要的装备和工具。

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

——第三层次防御是必须提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如应急硼注入系统、安全壳喷淋系统、快速卸压系统、蒸汽发生器辅助给水系统以及它们的支持系统，这些专设安全设施在事故工况时自动投入运行以控制事故产生的后果。

——第四层次防御的目的是针对设计基准可能已被超过的严重事故，以保证放射性的释放保持在尽可能低的水平。这一层次最重要的目的是保护包容功能。除了事故管理规程之外，还可以由防止事故进展的补充措施与规程，以及减轻选定的严重事故后果的措施来达到。

——第五层次即最后层次防御的目的是减轻可能由事故工况引起潜在的放射性物质释放造成的放射性后果。在设计中，要求有适当装备的应急控制中心并编制厂内和厂外应急响应计划。

4.2.2 核岛

4.2.2.1 堆芯部件

江苏徐圩核能供热厂一期工程项目按照华龙一号+高温气冷堆机组建设，其中华龙一号机组堆芯由 177 组 AFA3G 燃料组件及其相关组件组成，高温气冷堆机组堆芯活性区由陶瓷堆内构件围成圆柱状空腔内堆积的、可流动的约 42 万个球形燃料元件构成。

4.2.2.1.1 AFA3G 燃料组件及其相关组件

AFA3G 燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架由 24 根导向管部件、1 根仪表管、11 个格架（2 个端部格架、6 个结构搅混格架及 3 个中间搅混格架）、上管座部件、下管座部件和相应的连接件组成。AFA3G 燃料组件的相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和节流塞组件，用于反应堆的启停堆、变更功率、改善功率分布等。

4.2.2.1.2 球形燃料元件

本工程高温气冷堆机组采用的球形燃料元件由燃料包覆颗粒弥散在石墨基体内组成

的，包括直径约为 50mm 的燃料区和厚度约为 5mm 的同样基体材料的无燃料区构成的球体。每个球形燃料元件含 7g 铀，约含 12,000 个燃料包覆颗粒。

燃料元件的包覆颗粒采用 TRISO 型结构，它由 UO_2 燃料核芯和疏松热解炭层、内致密热解炭层、碳化硅（SiC）层和外致密热解炭层构成。

包覆颗粒均匀弥散在石墨基体里，制成直径约为 50mm 的球形燃料区。

无燃料区与燃料区石墨基体采用相同的材料制成，其中没有包覆颗粒，和燃料区石墨基体之间没有物理上的分界面。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

4.2.2.2.1 华龙一号

1) 系统功能

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

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

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

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

2) 系统描述

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

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

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

稳压器上部设有两条喷淋管线，此两条管线从两条主传热环路的冷段（反应堆冷却剂

泵的出口）经总管接到稳压器的汽相空间。

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

为了在严重事故下执行快速卸压功能，在稳压器上部还设置有快速卸压管线，分为两个冗余的系列，每个系列的排量为 525t/h（为超压保护管线三组安全阀排量之和）。每个系列由一台电动闸阀和一台电动截止阀组成。两个系列都排放到稳压器安全阀的排放环管上，最终通过稳压器排放总管排到稳压器卸压箱。

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

反应堆冷却剂系统的主要参数如下：

反应堆堆芯额定功率：	3180 MWt
NSSS 额定热功率：	3190 MWt
环路数：	3
运行压力：	15.5 MPa（绝对压力）
每条环路流量：	
最佳估计	24680 m ³ /h
热工设计	23500 m ³ /h
机械设计	25670 m ³ /h

反应堆冷却剂温度（热工设计流量下）：

反应堆压力容器入口	291.2 °C
反应堆压力容器出口	328.8 °C
设计压力：	17.2 MPa（绝对压力）
设计温度：	343 °C

（稳压器设计温度 360 °C）

3) 主要设备

(1) 蒸汽发生器

蒸汽发生器用于生产饱和蒸汽。每台蒸汽发生器按满负荷运行时传递三分之一的反应

堆热功率设计。蒸汽发生器的设计应能够在设计污垢系数及设计堵管量的条件下使核能供热厂以额定的功率运行，蒸汽发生器出口处的压力达到 6.73MPa（绝对压力）。

本工程的蒸汽发生器为 ZH-65 型，是立式自然循环 U 形管式。蒸汽发生器由两大部分组成，即用于使给水加热产生饱和蒸汽的蒸发段部分和用于将所产生的汽水混合物进行分离的汽水分离段部分。

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

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

(2) 反应堆冷却剂泵

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

主要部件包括泵壳、叶轮、隔热屏、下部径向轴承、密封件及电动机。

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

(3) 稳压器

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

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

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

(4) 卸压箱

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

卸压箱是一个卧式、带有椭圆形封头的圆筒形容器。

(5) 反应堆冷却剂管道

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

反应堆冷却剂系统共有三条环路，每条环路由三段管道组成。根据流体流动的方向，它们分别是：

热 段：即反应堆压力容器与蒸汽发生器之间的管段；

过渡段：即蒸汽发生器与反应堆冷却剂泵之间的管段；

冷 段：即反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器之间的管段。

稳压器波动管与反应堆冷却剂管道的一条热段相连接。

4.2.2.2.2 高温气冷堆

单台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组的核岛部分由 6 个标准化的核蒸汽供应系统(NSSS) 模块及配套的辅助、附属设施构成。6 个核蒸汽供应系统(NSSS) 模块采用并列布置方式。每个 NSSS 模块可独立运行，每 2 个 NSSS 模块为一组可轮流停堆检修，共享乏燃料厂房和共用厂房。

每座反应堆由球形燃料元件组成的球床堆芯、陶瓷堆芯支承结构、金属堆芯支承结构、控制棒及其驱动机构、吸收球系统和反应堆压力容器等组成。

反应堆堆芯是由陶瓷堆内构件砌体构成的近似圆柱形的腔室，保证堆芯活性区等效高度 11.00m，外直径约 3.00m。平衡态堆芯内装球形燃料元件约 420,000 个。

陶瓷堆内构件分为内部的石墨反射层和之外的碳砖结构。石墨反射层又分为顶部反射层、侧反射层、底部反射层三部分。石墨反射层结构主要作为活性区的中子反射层，外层碳砖因其导热系数较小，含有热中子吸收材料硼，因此它具有隔热和吸收热中子的作用。整个石墨反射层结构在高度方向由多层石墨块组成，每层石墨块在圆周方向又等分成 30 块，各石墨块之间由石墨销键联接，起到定位和减少氦气漏流的作用，并使石墨砌体形成一个整体结构。每块侧反射层石墨砖有 1 个冷氦气孔道。顶反射层中有冷氦气联箱。底反射层下部有热气混合室，由堆芯出来温度不均匀的热氦气经热气混合室的环道结构混合后再经热气导管通入蒸汽发生器。整个堆芯陶瓷结构设置在金属堆芯壳内，堆芯壳支承在反应堆压力容器内，堆芯壳与反应堆压力容器与 250°C 的冷氦气接触，以保证金属结构不承受高温。

燃料元件为全陶瓷型包覆颗粒球形燃料元件，直径为 60mm，其中直径为 50mm 的球芯为均匀地弥散了燃料包覆颗粒的石墨基体，元件的外区为 5mm 厚的不含燃料的石墨球壳。燃料包覆颗粒的核芯为 0.5mm 的 UO₂ 小球，²³⁵U 的富集度为 8.5%，外面包有三层热解炭和一层 SiC，包覆后的颗粒直径为 0.92mm。每个燃料元件的重金属含量为 7g，设计

的平均卸料燃耗为 90GWd/tU，燃料元件通过多次循环使乏燃料元件达到的燃耗比较均匀。

反应堆采用球形燃料元件连续装卸的运行方式。装料管穿过反应堆压力容器顶盖进入压力容器内，通过反射层上部，从堆芯上部将燃料元件装入堆芯，燃料元件在堆芯球床内按特定的流线和速度自上向下流动，由堆芯底部通道进入卸料管，通至反应堆压力容器外，然后通过单列器使燃料元件球单列化排出，通过碎球分离器将可能的少量破损燃料元件的碎片和形状或尺寸不符合要求的燃料元件分选出来，送至碎球贮存罐贮存；完好的燃料元件通过燃耗测量装置进行燃耗测量，将一部分未达到设计燃耗值的燃料元件重新装入堆芯作再循环，将另一部分已达到设计燃耗的燃料元件输送到乏燃料贮罐贮存。在反应堆运行期间，燃料元件连续不断地循环，在平衡态满功率运行条件下，每天每个堆循环燃料元件总数为 6000 个，其中需加入新燃料元件 400 个，相应每天卸出的乏燃料元件也为 400 个。

每个反应堆设置一套控制棒系统和一套吸收球系统。控制棒系统由设置在侧反射层孔道内的 24 根控制棒组件组成，吸收体为烧结的 B₄C 环形块，包壳材料为不锈钢。控制棒驱动机构装在反应堆压力容器顶盖上，它采用步进电机驱动，通过与减速装置相连接的链条机构使控制棒提升或下降，在失去电源时控制棒可以在重力作用下落到其最低位置，使反应堆停堆。控制棒系统的反应性当量能满足功率调节、热停堆的要求。

在侧反射层中还有 6 套碳化硼吸收球孔道。吸收球系统驱动装置设置在堆芯顶部、反应堆压力容器内，直径为 6mm、B₄C 质量含量为 25%的吸收球放置在堆内构件上部的贮球罐中。当反应堆需要冷停堆时，存放在堆芯上部贮球罐中的吸收球，依靠重力落入吸收球孔道，使反应堆从任何状态进入冷停堆状态，当反应堆要重新启动时，吸收球可以通过气体输送系统被回送至贮球罐内。

反应堆压力容器为立式的圆柱形壳体，总高度 25m，压力容器顶盖与下部筒体用法兰联接，并采用 Ω 环焊接密封结构。压力容器顶盖上设有控制棒驱动机构的接管结构；压力容器上设置燃料装卸管、吸收球系统输气管和测量仪表管的接头或贯穿件；其侧面在热氦气混合腔室高度，有一个大孔与热气导管壳体用法兰相联接。反应堆压力容器的 4 个支承架均匀地布置在热气导管接口中心线的水平面上，支承在一回路舱室混凝土壁上。

反应堆压力容器与蒸汽发生器壳体、热气导管壳体构成为阻止放射性释放的第二道屏障。压力容器属于安全 1 级、抗震 I 类部件。反应堆压力容器的在役检查周期参照我国压水堆核电站压力容器在役检查的规定，检查方法包括压力试验、体积探伤和表面检查等。

每座反应堆的额定热功率为 250MW，堆芯平均功率密度为 3.22MW/m³。反应堆堆芯用氦气作为冷却剂，一回路系统氦气工作压力为 7MPa，额定工况下冷却剂质量流量为 96kg/s。温度为 250℃的冷氦气由一回路主氦风机压送入反应堆压力容器后，通过侧反射

层石墨块内的 30 个冷却剂孔道自下而上进入堆芯顶部，然后自上而下流过堆芯球床，被加热后进入堆芯底部的热气混合室。由堆芯球床出来的不同温度的热氦气在热气混合室中充分混合后，平均温度为 750°C 的热氦气通过热气导管进入蒸汽发生器，传热给二回路水和水蒸汽后，再通过主氦风机升压后送回堆芯，完成闭合循环。

在高温气冷供热堆的设计中主要体现了以下的设计特点：

(1) 采用包覆颗粒构成的“全陶瓷型”球形燃料元件，该元件具有在不高于 1620°C 温度下阻止放射性裂变产物释放的能力，构成反应堆的第一道安全屏障。

(2) 采用燃料元件连续装卸和多次循环方式，使堆芯的功率分布和卸料燃耗分布比较均匀。

(3) 反应堆具有较大的燃料和慢化剂负反应性温度系数，并且在正常运行工况下燃料元件的最高温度与其允许的温度限值之间还有相当大的裕度，因此借助于负的反应性温度系数所提供的反应性补偿能力，反应堆可以依靠自身的负反应性温度系数和大的温升裕度实现自动停堆。堆芯设计保证在事故情况下，燃料元件的最高温度不超过其安全限值 1620°C，从而保证不会发生堆芯熔化和放射性大量释放的严重后果。

(4) 在正常停堆的工况下，一回路主氦风机以小流量运行，堆芯余热可通过蒸汽发生器传给二回路的启动停堆回路，再传到最终热阱。在事故停堆的工况下，堆芯余热可以借助于热传导、热辐射、对流等自然机理，从球床，再经过反射层石墨砌体、碳砖砌体、堆芯壳和反应堆压力容器，非能动地传导到反应堆压力容器外，再将热量通过热辐射和对流发生传至设置在堆舱混凝土壁面上的舱室冷却系统水冷壁，最后通过自然循环方式把热量传至最终热阱大气。

(5) 设置一套控制棒系统与一套吸收球系统。控制棒驱动机构装在压力容器顶盖上，它采用步进电机驱动，通过与减速装置相连接的链条机构使控制棒提升或下降，在失去电源时控制棒可以在重力作用下落到其最低位置，使反应堆停堆。吸收球系统采用手动触发，可使反应堆从任何工况进入并维持冷停堆状态。

(6) 反应堆堆芯装在反应堆压力容器内，蒸汽发生器与主氦风机装在蒸汽发生器壳体内，两者由热气导管壳体相联接，形成“肩并肩”的布置。这种布置使设备部件的检修比较方便，同时在蒸汽发生器传热管发生破裂的事故情况下，使水更不容易进入堆芯，缓解进水事故的后果。

(7) 反应堆压力容器、蒸汽发生器壳体与热气导管壳体构成一回路压力边界，是反应堆的第二道安全屏障。第三道安全屏障是通风型低耐压式安全壳，即一回路舱室，它执行如下功能：在事故工况和以后，限制放射性物质从堆芯和反应堆冷却剂系统释放到周围

环境。

反应堆正常运行时安全壳各舱室通过负压通风系统保持负压的状态，气体通过气体过滤器以后排出；当发生一回路失压事故时，部分氦气冷却剂被排放到安全壳，使安全壳压力升高，通过爆破膜直接排放到环境中，直接排放结束后，再建立负压通风环境，进行过滤排放，以保证气体有控制的释放，使对环境的影响降到最小。

4.2.2.3 主要辅助系统

4.2.2.3.1 华龙一号改进型核电机组反应堆辅助系统

华龙一号改进型核电机组反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、反应堆硼和水补给系统、余热排出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

反应堆辅助系统确保下列功能：

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

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

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

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

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

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

4.2.2.3.2 高温气冷堆反应堆辅助系统

4.2.2.3.2.1 氮净化与氮辅助系统

高温气冷堆的氮净化系统正常列按 2 列/模组、事故冷却除湿列按 1 列/模组设置；每模组氮净化系统正常列共用 2 台隔膜压缩机。氮净化再生子系统、氮辅助系统抽真空子系统、氮辅助排气子系统、氮辅助废气子系统每模组共用 1 套。高温气冷堆设置液氮供应贮存系统设置 1 套，配备 2 台液氮储罐。氮供应与贮存系统配置 3×2 台隔膜压缩机和 3 台氮气缓冲罐（0.5m³/台），8 台氮气贮存罐（51m³/台）。

（一）氮净化系统

为控制冷却剂氮中化学杂质的水平，保持其必要的纯度，高温气冷堆设有氮净化和再生系统氮辅助系统。

（1）系统功能

氮净化系统的主要功能是在反应堆正常运行时，连续地去除一回路冷却剂中的气态杂质和固体颗粒，特别是去除 H₂O、CO、CO₂、O₂、N₂、H₂、CH₄，以确保一回路氮气的纯度。氮净化再生系统的功能是使净化系统中已吸附饱和的净化床恢复净化功能。

（2）设计基准

氮净化系统应具有足够的净化能力，使得反应堆正常运行时，一回路氮气中的杂质不超过许可浓度。

为此，设定以下设计基准：

a.氮净化系统正常列按 2 列/模组、事故冷却除湿列按 1 列/模组设置，每模组氮净化系统正常列共用 2 台隔膜压缩机。

b.氮净化系统正常净化列（或净化设备）设计参数如下：

氮流量	5%堆内氮总装量/h
-----	------------

净化设备对杂质的去除效率 $\geq 95\%$

除尘过滤器对粒度 5μ 以上固体颗粒的过滤效率 $\geq 95\%$

c.事故净化列的设计参数如下：

氦流量 10%氦总装量/h

d.氦净化与氦辅助系统安全级别为 NS，抗震类别为 NA，质保等级为 NC。氦辅助排水子系统中的含氦废水贮存罐为抗震 I 类，质保等级 NC。

e.氦净化再生系统每模块设置一套，由氦净化系统的二个正常净化列（或净化设备）共用。再生系统再生氦净化系统的一条正常净化列的时间应为 ~ 200 小时。

（3）系统描述

氦净化模块

氦净化系统每模组包含二条正常净化列和一条事故净化列，每个 NSSS 模块通常各有一条正常净化列为之服务，事故净化列模组内共用。

在正常运行工况下，每条正常净化列通常只与一座反应堆相连，但在一条正常净化列需要再生或需要检修的条件下，另一条正常净化列可以与模组内两座堆中的每一座单独相连，也可与两座堆同时相联，进行净化运行。

事故净化列仅在初装堆芯、反应堆进水事故后或反应堆检修后需除水的条件下使用。它可以与任一正常净化列及与之相连的反应堆相连。

①工艺流程

正常净化列主要由过滤器、分子筛床、低温吸附器（内置活性炭床）以及为确保它们的工作条件而设置的加热器、水/氦冷却器、气/水分离器等组成。

正常净化工艺流程如下：

净化流在一回路主氦风机压头的驱动（主氦风机停运行时由隔膜式压缩机驱动）下，经除尘过滤器被滤掉固态颗粒，在 250°C 的氧化铜床中，所含的杂质 H_2 和 CO 被转化 H_2O 和 CO_2 、 O_2 与 Cu 反应被消耗掉。被冷却至 $\sim 10^{\circ}\text{C}$ 后，过饱和水在气/水分离器中被分离并排往正常排水系统，接着氦中的 H_2O 和 CO_2 在后面的分子筛床中被吸附掉， CH_4 、 N_2 、 Kr 、 Xe 等在 $\sim -190^{\circ}\text{C}$ 下的低温吸附器中被活性炭吸附。最后，净化流经低温氦/氦热交换器（回热到 $>0^{\circ}\text{C}$ ）、隔膜压缩机（或旁路）、中温氦/氦回热换热器（回热到 $\sim 180^{\circ}\text{C}$ ）返回一回路。

事故净化列由过滤器（用正常净化列的）、水/氦冷却器和气/水分离器等组成。净化流（ $\sim 250^{\circ}\text{C}$ ）经除尘过滤器滤掉固态颗粒，被冷却至 $\sim 10^{\circ}\text{C}$ 后，氦中的过饱和水在事故气/水分离器中被分离并被排往事故排水系统，最后，净化流在隔膜式压缩机驱动下回一回路。

②系统运行

●正常净化运行

氦净化系统的两个正常净化列各为一座堆服务。由一回路主氦风机出口引入，进入氦净化系统，经净后再回到一回路。

一回路增压调压时，将停止从一回路引入净化流，而是从氦供应和贮存系统引入净化流经净化后送往一回路。一回路降压调压时，从一回路引入净化流，经净化后不回一回路，而是送往氦供应和贮存系统。

●事故净化运行

需除水的反应堆处停堆状态，与之相连的正常净化列也停止运行。事故净化列将在氦净化系统两台膜压机的驱动下，从一回路引入净化流，经除水后再回到一回路。

●再生运行

与待再生的正常净化列相连的反应堆将与另一正常净化列相连，形成一列正常净化列同时为两座堆或轮流为它们服务的运行方式。待再生的正常净化列停止运行，需再生的净化设备依次与再生系统相连，进行再生工艺运行。

隔膜压缩机模块

隔膜压缩机是容积式压缩机。本模块包含两台并联的隔膜压缩机，通常一台使用，另一台备用。隔膜压缩机是作为驱动气体定向流动的循环压缩机，它的最大压升为 1.1MPa，额定质量流量为 150kg/h。正常净化列工作时，由一回路主氦风机提供压头，驱动氦气流经氦净化正常列。当一回路主氦风机停机而又需要氦净化系统运行时，可用隔膜压缩机驱动。

事故除湿列模块

每个模组的两座反应堆共享该模块，主要由水/氦冷却器和气/水分离器组成。可通过一回路压力泄放系统、气力输送系统、吸收球系统分别与反应堆一回路相连。与它们或它们的一部分分别组成冷却、除湿回路，形成所需的流程，执行冷却和除湿功能。事故净化最大流量设定为 3960 kg/h。除了为初装堆一回路和进水事故后的一回路冷却除湿外，事故冷却除湿列还具有为紧急停堆后的小流量主动冷却、冷却吸收球系统的驱动氦气的功能。氦净化系统事故冷却除湿列主要由水/氦冷却器 1、2 和气水分离器组成。

（二）氦净化再生系统

①工艺流程

再生系统主要由水/氦冷却器、气/水分离器、隔膜压缩机、加热器等组成。

再生系统工艺流程如下：

再生氮气流在隔膜式压缩机驱动下，经加热器被加热到 ~ 80 、 250 、或 150°C （分别对氧化铜床、分子筛床或低温吸附器）后进入待再生的净化设备，返回后经水/氮冷却器冷却至 $\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，过饱和的水在气/水分离器中被分离并被排往正常排水系统，最后返回隔膜式压缩机吸口。

接着，再用氮辅助系统的抽真空系统对再生中的净化设备进行抽真空工艺过程。

②系统运行

再生系统对净化设备的再生，以及随后的抽真空工艺将是一个个依次进行。

（三）氮辅助系统

为了对一回路压力进行调节，以及冷却剂氮气有关功能的实现，设置一回路压力调节和氮辅助系统。它包括氮供应与贮存系统、液氮供应与贮存系统、抽真空系统、排水系统与排气系统。

（1）系统功能

氮供应与贮存系统的功能是为反应堆贮备和提供纯净氮气，与氮净化系统一起为反应堆一回路进行压力调节。

液氮供应与贮存系统提供足够的液氮，使净化系统中的低温吸附器保持低温工作条件。

抽真空系统用于净化设备的再生工艺，也用于氮气系统和设备充氮之前的抽真空。

排水系统用来收集和处置正常运行期间从一回路氮冷却剂中分离出的含氚废水和发生进水事故后由事故净化列分离出来的废水。

排气系统的功能是接收各工艺系统排出的氮气，并将其加压送往氮净化系统净化后复用。

（2）设计基准

a.氮供应与贮存系统的设计，应能贮存反应堆正常运行时一回路氮气总量的 ~ 2.8 倍。排空一回路系统所需的时间应为 ~ 50 小时。系统为非安全级和常规抗震类别。

c.液氮供应与贮存系统的设计，应贮存足够所需的液氮，且应使系统、系统部件及系统管道引起的液氮消耗尽可能少。系统为非安全级和常规抗震类别。

d.氮辅助系统的抽真空系统设计，其抽真空能力应能在24小时内，使氮辅助系统中的气体压力从 0.1MPa 降到 0.1kPa 。系统为非安全级和常规抗震类别。

e.氮辅助系统的排水系统应这样设计，正常运行期间的冷凝水贮存罐至少应能容纳整个反应堆寿期内所产生的冷凝水。进水事故后的冷凝水贮存罐，至少应能容纳最大可信进水量。系统为非安全级和常规抗震类别。

f.氮辅助系统的排气系统设计，应能满足反应堆运行、检修和事故情况下工艺排气的

暂存、集送和排放要求。应设计得使工艺过程中的氮气损失尽可能少。系统为非安全级和常规抗震类别。

（3）系统描述

a. 氮供应和贮存系统

① 工艺流程

氮供应和贮存系统由氮气贮存罐和隔膜式压缩机等组成。

● 接收并贮存从一回路排来的氮气

一回路氮气在主氮风机、或隔膜压缩机、或自身压力的驱动下经氮净化系统净化后被引入氮供应和贮存系统进气侧，再经减压阀减压、隔膜压缩机加压（或者靠自身压力）分别送往各氮气贮存罐。

● 往一回路输送氮气

分别由各氮气贮存罐（具不同压力的高压氮气）经氮净化系统净化后，送往一回路。

或者由各氮气贮存罐（具不同压力的低压氮气）经氮供应和贮存系统进气侧被送到隔膜压缩机进口（或者经减压到隔膜压缩机进口），被隔膜压缩机加压（经氮净化系统净化后）送往一回路。

● 接收新购来的氮气

在自身压力或经隔膜压缩机加压后，被分别送到各氮气贮存罐（罐中本就容有不同压力的氮气）。

或者氮气在自身压力或隔膜压缩机的驱动下，经氮净化系统净化后送往一回路。

② 系统运行

据不同操作要求，按上述流程自动或手动控制运行。

b. 液氮供应与贮存系统

① 工艺流程

液氮供应与贮存系统由液氮贮罐、管道和阀门等组成。

液氮靠自增压力由液氮贮罐出口被注入低温吸附器液氮槽。

② 系统运行

氮净化系统正常运行时，液氮将自动间歇地被注入氮净化系统低温吸附器液氮槽中，以满足低温吸附器的低温工作要求。

c. 氮辅助系统的排气系统

① 工艺流程

系统由低压氮气接收暂存罐和隔膜式压缩机等组成。

可复用的氦气靠自身压力排入低压氦气接收暂存罐，再经隔膜式压缩机压入氦净化系统净化后复用。

②系统运行

反应堆正常运行期间，氦辅助系统的排气系统将可同时接收与暂存从燃料装卸系统、气体采样分析系统、一回路冷却剂放射性测量系统、排水系统等排出的可复用的低压氦气。

当暂存罐中氦气集聚达一定压力值时，隔膜式压缩机将自动起动，把暂存罐中氦气即送入氦净化系统净化后复用。

d.氦辅助系统的抽真空系统

①工艺流程

氦辅助系统的抽真空系统由真空泵、阀门及管道组成。

由抽真空系统真空泵对被抽系统或设备排气。

②系统运行

根据操作要求，自动或手动完成抽真空过程。

e.排水系统

①工艺流程

氦净化系统的排水系统由前级贮水罐、后级贮水罐、阀门及管道组成。

氦净化系统正常净化列的或再生系统的气/水分离器分离出的水，将靠重力被有控制地排入前级贮水罐，再靠压力转送到后级贮水罐。

②系统运行

氦净化系统正常净化运行或再生系统再生运行时，气/水分离器将自动间歇地把分离收集到的含氚废水排往后级贮水罐。

f.事故工况排水系统

①工艺流程

氦净化系统的事故工况排水系统由事故贮水罐、阀门及管道组成。

氦净化系统事故气/水分离器分离出的水，将靠重力被有控制地被排入事故贮水罐。

②系统运行

氦净化系统事故净化运行时，事故气/水分离器将自动间歇地把分离收集到的废水排往事故贮水罐。

4.2.2.3.2.2 气体采样与分析系统

（1）系统功能

a.用气体分析的方法，检测样品气体中，有可能对反应堆石墨堆芯结构造成腐蚀的若

干种主要气态杂质的浓度，从而确定反应堆一回路中氮气的化学品质；

b.气体采样和分析系统用于对氮净化与氮辅助系统中的介质进行取样和分析，监测氮气中的各种杂质浓度是否满足设计要求；

c.对氮净化系统正常列的净化设备的净化效率进行监测，为净化设备是否需要再生提供数据支持。

d.对氮净化再生系统的再生气体进行杂质浓度检测。

（2）设计基准

a.设计准则

核安全导则 HAD102/14—核电厂安全有关仪表和控制系统；

核安全导则 HAD102/12—核电厂辐射防护设计；

核安全导则 HAD401/01—核电厂放射性排出流和废物管理。

b.安全等级

非安全级。

c.抗震类别

抗震 II 类。

d.设计要求

本系统的设计除了应遵守“安全导则”中的各项规定之外还应该：

（1）满足高温堆系统工艺提出的气体测量点分析要求。

（2）为避免放射性气体泄漏进入室内，将取样装置和取样操作阀门均安装在密封的通风柜中。

（3）各系统氮气中的杂质分析基本上是痕量分析，因此，试样要有代表性，要求测量方法准确、可靠，取样点距分析仪器的距离要尽可能短，以缩短测量的滞后时间。

（4）气体分析采用在线测量与间歇在线取样分析两种方式。

（5）放射性核素测量采用在线测量与间歇在线取样分析两种方式。

（6）系统管路布置在满足安全要求的情况下尽可能简单，减少死角，避免造成样品气之间相互交叉污染。

（二）系统描述

（1）测点位置和主要测量内容

气体采样和分析系统在以下几个系统内设置测量点：氮净化系统尘埃过滤器入口；氧化铜床入口；氧化铜床出口；分子筛床出口；氮净化系统正常列净化后；气体采样和分析系统在每个净化列中设置相同的取样点，因此，取样点数量为 30 个。此外，在氮净化再

生子系统的水氨冷却器入口还设置了一个取样点。测量内容主要包括非放射性气体杂质 H_2 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 。

a. 一回路（氨净化系统进出口）的监测

正常运行时，通过连续和间断取样方式分析氨净化入口的氨气杂质含量监测一回路氨气品质。

当发生蒸发器破管事故时，泄漏进入的水在堆内高温条件下会与石墨发生化学反应，产生 CO 、 CO_2 、 H_2 。可用连续监测仪器监测一回路出口氨气中的 CO 含量。

判断是空气漏入还是 H_2O 漏入可以通过分析其中的 N_2 或 H_2 气体含量来确定。

b. 氨净化系统氧化铜床、分子筛床的监测

在氧化铜床出口的主要监测 H_2 、 CO 的含量，以判断氧化铜床的氧化效果。

在氧化铜床再生时，对 O_2 的测量判断再生过程是否完毕。

在分子筛床后的测点主要监测 H_2O 和 CO_2 的含量，以检验分子筛床的净化效果。

（2）系统组成、测量方法和仪器

本系统由取样管路、取样阀门和气体分析仪器组成。

高温气冷堆氨气各系统的杂质分析基本上是痕量分析，要求测量方法准确可靠，测量仪器具有很高的灵敏度和精确度，测量滞后时间尽量短，以便及早发现问题。

分析系统不仅要完成正常情况下的测量任务，同时还有满足事故和停堆情况下的测量要求。因此测量方法和仪器要具备适应性和一定的冗余度。本着上述考虑，采用在线测量和间断取样测量相结合的方法选择仪器，且自动化程度要求较高。

（3）气体采样分析系统总流程

氨净化系统中各取样点管路压力经减压阀后降低为 $0.1MPa$ 。取样管从氨净化系统厂房穿楼板至气体采样和分析系统厂房后进入通风壁柜，再经取样阀至各测量仪器。系统为每个净化列配置了一台气相色谱仪、一台光腔衰荡光谱法微量水分析仪、一台电容式微量水分析仪、一台 CO 红外分析仪和一台 CO_2 分析仪，一台微量氧分析仪为两个净化列共用。操作取样阀门可切换管路，对两个净化列的各取样点进行取样测量。气相色谱仪和水分析仪还可通过阀门切换实现对某一净化设备的出、入口气体同时进行取样分析，以监测该设备的净化效率。

正常运行工况下，两台气相色谱仪用于对每个净化列进行间断性在线取样分析。为每个净化列配置的一台光腔衰荡光谱法微量水分析仪、一台电容式微量水分析仪、一台 CO 红外分析仪和一台 CO_2 分析仪用于连续对选定的取样点取样测量。微量氧分析仪为两个净化列共用一台，通过阀门切换完成对某一取样点的取样。

每一取样管路末端均设置一组吹扫阀，其作用是在将每台仪器的取样阀门打开之前，或在一台仪器的取样管路需要切换时，先用样品气对取样管路进行一定时间的吹扫，以改变取样管路内的样品气氛，缩短测量的滞后时间。

每台监测仪器的出口均有两个支路，可通过阀门切换选择将被测气体排往氦辅助系统的排气子系统收集或排往通风系统。

本系统的取样阀门非常多。为减小操作人员在切换阀门时的出错概率，减少其在辐射场所内的停留时间，本系统配置了一台专用的 DCS 系统操纵员站。该站对取样阀门的切换程序组态后，操作人员可通过软手操界面完成取样阀的切换动作和观察阀门状态。气相色谱仪的测量结果由操作人员录入 DCS 系统操纵员站，其他仪器的输出信号接入 DCS 系统。系统内气动阀门的气源由压缩空气系统提供。

4.2.2.3.2.3 屏蔽冷却水系统

（一）系统概述

屏蔽冷却水系统室用于控制反应堆舱室混凝土温度和反应堆舱室上部气氛温度的一套大规模水冷管道回路系统。

（二）功能

（1）在反应堆正常运行期间，保证舱室混凝土的温度（除第（2）条所述局部区域外）不超过 65°C；

（2）在反应堆正常运行期间，保证舱室混凝土上的贯穿件、孔洞、预埋件等局部区域的温度不超过 90°C；

（3）在反应堆正常运行期间，保证反应堆舱室上部（顶绝热层上部分），其气氛温度低于 90°C。

（三）安全级别与抗震类别

屏蔽冷却水系统安全级别为 NS 级，抗震 NA 类系统。

（四）系统描述

屏蔽冷却水系统以屏冷水为工作介质，通过泵的驱动，将常温屏冷水送至每个反应堆舱室内部的水冷管道系统内；该水冷管道系统吸收了舱室内的热量，控制了混凝土和局部舱室气氛的温度；屏冷水吸热升温后被送到板式换热器，在板式换热器中与厂用水进行换热，把舱室的热量传递给厂用水系统，屏冷水通过板式换热器后返回泵的入口，如此往复循环，即实现了反应堆舱室混凝土和反应堆舱室上部气氛温度的功能。

屏蔽冷却水系统主要由三部分组成，即（1）位于屏蔽冷却水设备间内的泵、阀和板式换热器，及其相关的管道；（2）位于每个反应堆压力容器舱室内的 12 套混凝土冷水管

系统。

4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及厂房内的系统和设备。

4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

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

华龙一号拟采用单轴、半转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个双流高压缸和两个双流低压缸组成，它与 24kV（暂定）、三相、50Hz 的交流发电机直接相连，汽轮发电机组转速为 1500rpm。供设计热负荷时，汽轮发电机出力约 729.7MW。

高温气冷堆拟采用单轴、全转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个反流布置的高压缸和两个双流低压缸组成，它与 22kV（暂定）、三相、50Hz 的交流发电机直接相连，汽轮发电机组转速为 3000rpm。考虑项目特点，在满足供热需求的前提下，充分利用核岛热功率进行汽轮机配置，汽轮机容量约为 350MWe，供设计热负荷时，汽轮发电机出力 193.5MW。

蒸汽-电力转换系统流程示意图见全厂原则性热力系统流程示意图 4.2-1。

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

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

为了保护低压缸，减少对低压缸叶片的刷蚀，提高系统热经济性，在华龙一号汽轮机高压缸和低压缸之间设置了汽水分离再热器（两级再热），在高温堆汽轮机高压缸和低压缸之间设置汽水分离一级再热器。其主要作用是将湿度较大的高压缸排汽经分离段除去水份，然后进入位于分离段上方的一级再热器、二级再热器接受再热，使蒸汽在流入低压缸之前，温度得到提高。

凝结水系统是汽机热力系统的一个主要组成部分，它的主要功能是将凝结水从热井抽出，升压后送至低压加热器进行加热，同时向汽轮机低压缸喷水系统、凝汽器旁路扩散装置等提供减温水。

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

汽轮机旁路系统的主要功能是在汽轮机启动和停运、甩负荷、跳闸和反应堆紧急停堆等工况下，可将过量的主蒸汽排至凝汽器，为反应堆提供一个人工负荷，平衡反应堆与汽

轮机之间的功率差，确保机组的安全运行。

汽轮机回热抽汽系统的主要功能是利用汽轮机抽汽对凝结水和主给水进行加热，提高机组的热经济性，同时确保供至蒸汽发生器的主给水温度满足核岛的要求。华龙一号机组配置 7 级回热抽汽，分别是两级高压加热器、四级低压加热器和一级除氧器。高温堆机组配置 7 级回热抽汽，分别是一级高压加热器、五级低压加热器和一级除氧器。

4.2.3.2 凝汽器

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

凝汽器的热工设计符合美国热交换协会的法规和标准要求。凝汽器系双壳体、单流程、单背压表面式凝汽器，每个低压缸下部配有单独布置的凝汽器，两个凝汽器的热井由连接管相连。凝汽器是由喉部、壳体、水室、热井等组成的全焊接结构。凝汽器喉部与低压缸排汽口刚性连接，底部与混凝土基础采用弹簧支撑。

凝汽器壳体由碳钢制成。两台 1 号和 2 号复合低压加热器布置在凝汽器喉部。

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

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

为保证凝汽器冷却管的表面清洁，达到设计的换热效果，每组管束配备一套胶球清洗装置，用以对冷却管内表面进行定期清洗。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水。

热废水为常规岛管道、设备等放水，排至热废水坑，经泵升压送至常规岛液态流出物排放厂房进行处理。

非放射性含油废水为汽机房检修、运行中产生的含油废水，经厂区管网排放至污水系统油水分离器。

4.3 核能供热厂用水和散热系统

4.3.1 核能供热厂用水

江苏徐圩核能供热厂一期工程用水分为机组用水和供热用水。

4.3.1.1 机组用水

江苏徐圩核能供热厂一期工程机组用水主要分为海水用水和淡水用水。

4.3.1.1.1 海水用水

海水取自海州湾，其主要功能是向循环水系统提供冷却水补水；向循环水处理系统中电解海水制氯装置和海水淡化系统提供生产原水。

本项目循环水系统采用带海水冷却塔的二次循环冷却方式，每台机组通过两条独立管道向凝汽器和辅助冷却水系统提供必需的冷却水。

热电联产情况下，一期工程循环冷却水补水总用水量约 $3.64\text{m}^3/\text{s}$ ，全厂规划循环水系统冷却水补水用水量约 $7.29\text{m}^3/\text{s}$ 。远期供热负荷消失纯发电工况下，一期工程循环冷却水补水总用水量约 $4.99\text{m}^3/\text{s}$ ，全厂规划循环水系统冷却水补水用水量约 $9.98\text{m}^3/\text{s}$ 。循环水处理系统中电解海水制氯装置的源水取自海水，一期用水量约 $50\text{m}^3/\text{h}$ ；全厂规划用水量约 $75\text{m}^3/\text{h}$ 。海水淡化系统将原海水经预处理、反渗透膜处理后，向供热用除盐水生产系统提供原水。一期工程海水淡化系统的设计规模为 $103200\text{m}^3/\text{d}$ ，设计取水量约 $3.52\text{m}^3/\text{s}$ ；全厂规划海水淡化系统的设计规模为 $206400\text{m}^3/\text{d}$ ，设计取水量约 $7.03\text{m}^3/\text{s}$ 。一期工程海水总取水量约 $7.17\text{m}^3/\text{s}$ ，全厂规划海水总取水量约 $14.34\text{m}^3/\text{s}$ 。远期供热负荷消失的纯发电工况下，一期工程海水总取水量约 $5.00\text{m}^3/\text{s}$ ，全厂规划海水总取水量约 $10.00\text{m}^3/\text{s}$ 。

一期工程海水总排水量约 $4.2\text{m}^3/\text{s}$ ，全厂规划海水总排水量约 $8.3\text{m}^3/\text{s}$ 。远期供热负荷消失的纯发电工况下，一期工程海水总排水量约 $2.6\text{m}^3/\text{s}$ ，全厂规划海水总排水量约 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ 。

4.3.1.1.2 淡水用水

江苏徐圩核能供热厂一期工程淡水用水主要包括施工期间的生产用水、人员生活用水、消防用水和施工现场的降尘、洗车用水等，以及运行期间生产用水、生活用水、华龙一号机组重要厂用水系统补水和高温气冷堆机组厂用水系统补水、消防用水、道路浇洒、洗车及绿化用水等。

（1）淡水用水量

1) 施工期间用水量

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

江苏徐圩核能供热厂施工期间施工生产用水最大日用水量为 $3600\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场湿法作业、降尘和洗车用水量为 $2520\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $8070\text{m}^3/\text{d}$ 。

2) 运行期间用水量

运行期间的淡水供水系统主要包括饮用水系统、生产水系统、除盐水系统。

饮用水系统主要供给运行期人员的生活用水、常规岛热废降温水、锅炉降温水、水泵轴封水、空调冷冻机组冷却水的补充水、其他生活水水质的生产用水以及消防水池补充水等。

生产水系统主要供给除盐水系统原水、华龙一号机组重要厂用水系统补水和高温气冷堆机组厂用水系统补水，并作为常规岛热废降温水、锅炉降温水、空调冷冻机组冷却水的补充水、厂区内其他子项生产用水以及消防水池补充水等的备用水源。

考虑管网漏损水量和未预见用水等，江苏徐圩核能供热厂一期工程运行期正常运行日用水量约为 $15332\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量约为 $22145\text{m}^3/\text{d}$ 。

按照纯发电功率折算，不含供热用水和重要厂用水/厂用水系统补水，江苏徐圩核能供热厂正常运行设计耗水指标为 $0.043\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 。

（2）供水水源

江苏徐圩核能供热厂淡水用水取自地表水源，拟在善后河善后新闻上游河段设置取水口取水，在厂区内新建淡水处理站，供给江苏徐圩核能供热厂机组运行所需淡水。施工期淡水处理站运行前所需淡水拟由市政水源供给。

江苏徐圩核能供热厂淡水处理站设计规模为 $40000\text{m}^3/\text{d}$ ，淡水处理站一期工程设计规模 $24000\text{m}^3/\text{d}$ ，其供水能力可满足本工程除供热用水外的淡水用水需求。

4.3.2 核能供热厂散热系统

（1）冷却水系统

本项目华龙一号和高温气冷堆机组循环水系统均采用带冷却塔的二次循环供水方式，补水取自徐圩港区港池的东侧海域，经取水泵房及输水管线至厂区海水加压泵房，后经预处理进入冷却塔集水池；循环水由冷却塔冷却后经回水管沟进入循环水泵房，由循环水泵加压后经供水压力管进入凝汽器，经过换热后由排水压力管进入冷却塔竖井，如此循环。4台华龙一号机组采用一机一塔配置方式，每台机组配一座自然通风海水冷却塔（共4座）。两台高温气冷堆机组每台配置一座自然通风海水冷却塔（共2座）。

本项目华龙一号机组重要厂用水系统采用带有机械通风冷却塔的二次循环冷却方式，通过机械通风冷却塔将设备冷却水系统收集的热负荷输送到最终热阱——大气。每台机组设置2座鼓风机式钢筋混凝土结构机械通风冷却塔，每个重要厂用水系列对应1座冷却塔。正常运行工况下补水由淡水厂进入重要厂用水补水池后，由位于重要厂用水泵房的补水泵提升进入机械通风冷却塔集水池，重要厂用水补水池储存事故工况下所需30天的补水量。

本项目高温气冷堆机组厂用水系统采用带有机械通风冷却塔的二次循环冷却方式，通

过机械通风冷却塔将热负荷输送到大气。每台高温气冷堆机组配置 3 座抽风式玻璃钢结构机械通风冷却塔（两用一备）。正常运行工况下补水由淡水厂进入厂用水补水池后，由位于厂用水泵房的补水泵提升进入机械通风冷却塔集水池，厂用水补水池储存事故工况下所需 3 天的补水量。

（2）取排水方案

本工程采用暗管取水、暗管排水方案，在海堤公路外侧岸滩鱼塘处设取水泵房。厂区至泵房段取水工程与厂区至转换井段排水工程均采用顶管施工工艺，泵房至取水头部段采用盾构隧洞施工方式，转换井至排水头部段采用盾构隧洞方式。

1) 取排水口

本工程采用暗管取水、暗管排水方案，取水头部为钢圆筒外壁内衬现浇钢筋混凝土结构，圆形取水头部直径为 28m，在取水头部四周设取水窗口。头部后方设两条内径 2.6m 的取水盾构隧洞取水，在两条隧洞入口处各设置一个止水闸门，闸门关闭后可对隧洞内部进行干检修。取水口位于现状水深-6.4m 处（岸滩演变稳定后-6.2m），为保证取水安全，在取水头部周围设防撞拦污设施及警示标识。取水头部外围设置一道拦污网。

本项目拟采用暗管排水方式，排水口拟布置在埭子河口外侧、徐圩港区东防波堤东侧水深约-5.0m 处。排水采用海下多点式排水，排水扩散器位于管道末端。

2) 厂区一泵房段取排水工程

厂区一泵房段每条管线长约 19.2km，取水采用双管方案，内径为 2.4m。排水拟采用 2 根 2.2m 管径的排水管道，2 根液态流出物管道分别内置在 2 根冷却水排水管内，液态流出物管道暂按盖板沟形式进行敷设。排水管线沿途一定间隔设置监测装置。排水管线与取水管线并线布置。

通过对施工方式及管材比选，综合考虑管线使用要求、运行维护、施工便利性、经济性等因素，推荐出厂区至泵房段（长约 19.2km）取排水管线采用顶管施工方案，管材拟采用预应力混凝土顶管+水泥砂浆+内衬玻璃钢管。

3) 泵房（转换井）—取排水口段取排水工程

将取水泵房布置在海堤公路外侧岸滩鱼塘处，取水采用纯暗管取水方式，取水泵房至取水头部的管线布置在港区达标尾水深海排放管东侧。取水头部至取水泵房段单根管线长约 7.6km，采用两根内径 2.6m 的隧洞取水，推荐采用盾构隧洞施工方式。

转换井设于泵房内，转换井至海域排水口采用 1 根 3.6m 内径的盾构排水管，单根长约 6.4km，推荐采用盾构隧洞方案。排水采用海下多点式排水，盾构隧洞的终端设置 3 个

排水立管，立管上部设置钢筋混凝土排水头部。排水头部采用 $\varnothing 7000\text{mm}$ 墩式沉箱结构，每个沉箱壁设置4个排水窗口，排水窗口尺寸 $3500\text{mm}\times 900\text{mm}$ 。

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

江苏徐圩核能供热厂共建设两套供热工程，供热工程按“2台华龙一号机组+1台高温气冷堆机组”建设为一套，首套工程3台机组以发电机—变压器组单元接线方式升压至500kV接入系统，发电机与主变压器之间装设发电机出口断路器。

本工程500kV配电装置选用SF₆气体绝缘的全封闭组合电器（GIS）（暂定），采用一个半断路器接线。本期工程拟建成3回进线，2回出线，共2个完整串及1个不完整串，第二套供热工程完工后，最终建成6回进线，4回架空线出线。

本期工程辅助电源暂按220kV考虑，采用双母线接线方式。首套工程拟建设3回辅助变压器进线接入220kV系统，形成3回进线2回架空线出线，第二套供热工程完工后，最终建成6回进线，2回架空线出线。

最终接入电压等级、主接线方案以接入系统、辅助电源接入系统审查意见为准。

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

当高温堆失去优先电源时，厂用负荷切换到厂外辅助电源（220kV辅助电源）。在机组正常运行时，如中压母线失去厂用进线电源，则由厂外辅助电源（220kV辅助电源）通过辅助变向厂用负荷供电。

当华龙一号失去优先电源时，常备厂用设备切换到厂外辅助电源（220kV辅助电源）。在机组正常运行时，如中压母线失去厂用进线电源，则由厂外辅助电源（220kV辅助电源）通过辅助变向厂用负荷（常备厂用设备）供电。

在机组检修时，220kV辅助电源可作为检修电源。

4.4.2 开关站的选型和布置

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

主变压器、高压厂用变压器及其辅助变压器布置在汽轮机厂房附近。

4.4.3 与电力系统的连接

本工程以500kV主开关站作为发电和配电的连接枢纽，建设4回架空线，与外电网相连。

最终接入电压等级、主接线方案、架空线路数量以接入系统审查意见为准。

4.5 供热系统

供热系统利用 4 台华龙一号与 2 台高温气冷堆机组组合供热，其中 2 台华龙一号与 1 台高温气冷堆组合构成 1 套供热系统，全厂规划共有 2 套相同的供热系统。

每套供热系统中的 2 台华龙一号及 1 台高温气冷堆机组均为热电联供。每台华龙一号机组和每台高温气冷堆机组各配一座常规岛；每套供热系统的 2 台华龙一号及 1 台高温气冷堆机组共用一个供热厂房。

全厂设计对外供汽规模为 8164t/h，一期设计供热对外供汽能力 4082t/h。外供蒸汽参数分类见下表：

全厂“4 台华龙一号压水堆机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”

供热组合的热负荷参数

蒸汽类型	压力 (MPa (a))	温度 (°C)	设计热负荷 (t/h)	最小热负荷 (t/h)
中压	5.1	480	3540	2502
次中压	3.8	340	1559	1074
低压	2.8	340	3065	1912
合计			8164	5488

全厂原则性热力系统流程示意图见图 4.2-1。

供热系统技术路线采用蒸汽转换技术，利用华龙一号和高温气冷堆的二回路蒸汽经过蒸汽转换装置生产工业蒸汽。

供热系统的主要流程如下：除盐水经过供热厂房的疏水冷却器进行预热，预热后的水，通过除氧器、给水泵和给水加热器后达到饱和水的温度，通过蒸发器汽化为蒸汽后，再经过各级过热器后达到供热所需出厂参数，为徐圩新区石化产业基地供应合格的工业蒸汽。

供热系统的热源分别为华龙一号主蒸汽和高温气冷堆主蒸汽。自华龙一号主蒸汽系统抽取部分主蒸汽送至供热厂房，经过成套蒸汽转换设备中的蒸发器凝结成水，再依次经过各级预热器冷却后，返回华龙一号汽轮机系统的回热系统，经过汽轮机的回热系统加热后，返回核岛。高温气冷堆的主蒸汽一部分引送至高温堆常规岛进入汽轮机发电，一部分引送至供热厂房，进入各类工业蒸汽的过热器和凝结水换热器经过冷却后返回高温气冷堆汽轮机系统的冷凝器，再经过汽轮机给水回热系统加热后，返回核岛。

供热系统及设备不产生放射性废物。在供热系统及设备运行及检修过程中产生热废水，

热废水为管道、设备等放水，排至热废水坑，经泵升压送至常规岛液态流出物排放厂房进行处理。

4.6 专设安全设施

4.6.1 概述

华龙一号改进型核电机组专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水系统、安全壳隔离系统。高温气冷堆专设安全设施主要包括舱室冷却系统、压力容器支承冷却系统、主控室非能动可居留性系统、蒸汽发生器事故排放系统。

4.6.2 安全注入系统

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

（1）冷却堆芯

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

- 燃料包壳的最高温度不超过1204℃；
- 燃料包壳的最大氧化厚度在各处都不超过包壳氧化前总厚度的17%；
- 水（或蒸汽）与包壳化学反应产生的氢气总量不超过假定所有包壳金属都起反应所能产生的氢气量的1%；
- 堆芯几何形状的任何改变都应能保持对堆芯进行冷却的能力；
- 堆芯能长期维持在足够低的温度（排出余热）。

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

（2）堆芯补水

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

（3）反应性控制

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

安全注入系统的主要设备有：

- 2台中压安注泵；
- 3个安注箱；
- 2台低压安注泵；

— 1台水压试验泵。

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱（IRWST）取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

水压试验泵用于反应堆冷却剂系统压力试验，并且在核电机组丧失全部交流电源时用来给主泵的轴密封供水。

4.6.3 安全壳喷淋系统

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

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

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

（1）系统设计的考虑

1) 排热能力考虑：

—该系统设计得能长期工作，可达几个月，这取决安全壳完整性对它的要求。

—喷嘴的设计能使液滴的直径符合最大限度地排热和尽可能高效除碘的要求。

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

—按热阱温度等于历史记录的最高温度计算系统的热交换能力。

—支撑喷嘴的喷淋环尽可能布置在穹顶下最高处，使水滴落差尽可能大。

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

2) 对化学考虑

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

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

3) 单一故障准则的应用

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

喷淋子系统由两个容量为 100%且相互独立的系列组成。

热交换器的冷却由设备冷却水系统与重要厂用水系统二个容量 100%的独立的系列来确保。

供电由两列独立电源保证，并由应急柴油发电机组作备用。

两列电源和两列冷却水各自之间都有实体分隔和布置上的分离。

（2）系统描述

安喷系统由两个子系统组成：喷淋子系统和化学添加剂子系统。

1) 喷淋子系统

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

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

2) 化学添加剂子系统

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

3) 系统运行方式

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

4.6.4 蒸汽发生器辅助给水系统

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

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

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

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

辅助给水泵子系统主要设备包括：

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

每台电动泵都各自配置下列管道：

——吸水管线（来自辅助贮水池）；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线（包括调节阀和电动隔离阀）。

如果热停堆时间超过 8 小时，辅助贮水池的正常贮水量不能满足要求。此时，可由除氧装置向辅助贮水池补水，以保证有足够的水带走一回路热量。

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

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

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

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

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

4.6.5 安全壳隔离系统

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

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

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

安全壳还应能承受由于安喷系统误投入运行造成的内部负压。

内层壳为带密封钢衬里的预应力钢筋混凝土结构，外层壳为钢筋混凝土结构。

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

安全壳隔离系统的安全功能为：

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

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

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

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

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

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

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

在排放之前，内层安全壳和外层安全壳的泄漏要经过过滤。

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

4.6.6 舱室冷却系统

舱室冷却系统主要执行反应堆正常运行期间舱室冷却功能。在事故工况和主传热系统失效情况下，也可由反应堆舱室冷却系统将停堆后的堆芯剩余发热载出。本系统执行堆芯热量载出的安全功能，为安全级系统。

系统采用非能动设计思想，依靠辐射、导热和自然对流将热量载出，不依靠外动力即可将余热排至最终热阱——大气。

（一）系统功能

（1）反应堆正常运行期间执行舱室冷却功能，和屏蔽冷却水系统一起保证混凝土温

度低于规定限值；

(2) 事故条件下将反应堆的剩余发热载出堆舱并输送至最终热阱，保证反应堆舱室混凝土、反应堆压力容器温度低于规定限值；

(二) 设计基准

(1) 舱室冷却系统采用非能动设计思想，依靠辐射、对流、导热等非能动的自然机制实现余热排出功能；

(2) 舱室冷却系统采用非能动运行原则，反应堆正常运行时执行堆舱冷却及压力容器支座冷却功能，停堆后不需要进行任何操作即可继续运行，排出余热；

(3) 舱室冷却系统满足单一故障准则。每座反应堆均由三列独立回路组成，两列同时运行即能满足排出余热的要求；

(4) 舱室冷却系统设计遵循美国国家标准 ASME 规范第 III 卷 ND 篇及 NF 篇有关规定；

舱室冷却系统为安全 3 级，抗震 I 类、质保 QA2 级系统。

(三) 系统描述

每个模块设有一套舱室冷却系统，其设计能力为 1200kW，由三列相互独立的冷却系统（3×50%）所组成。只要其中两列系统正常工作，即可满足排出余热的要求。

(1) 工艺流程

图 4.6-1 是系统流程简图。每列由独立的水冷管、上下联箱、空气冷却器、膨胀水箱及空冷塔等部分组成。

水冷壁是置于反应堆舱室混凝土屏蔽墙内侧，环绕反应堆压力容器的圆筒壁，由水冷管和钢板相间焊制而成。三列水冷管依次相间分布，每列的水冷管上下各联接到一个环形联箱。上、下联箱通过管道与空冷器、膨胀水箱联接。水冷管内的水加热后向上自然循环，进入空气冷却器管侧并和管外空气进行热交换。

空冷塔布置在反应堆厂房上方。

每列舱室冷却系统的空气冷却器斜放于各自空冷塔内，依靠空气在塔内形成的自然循环压头将空气通过进风百叶窗抽入空冷塔，经空气冷却器的管侧热流体加热后，从上方两扇排风百叶窗排出塔外，将热量排到大气的最终热阱。

空冷器上、下方分别设置有上、下风门和过滤网，进风百叶窗内设有密封门。同时，空冷塔上还设有防火检修门与室内相通。

每列舱室冷却系统各设一台膨胀水箱，以补偿系统运行过程中温度变化造成的水体积变化，保持系统有较为平稳的运行压力和运行温度。系统的排气管、水处理和补水管道也

由水箱引出。

（2）系统运行

压力容器支承结构从水冷管中穿过，对水冷壁起一定支撑作用，同时利用管中冷却水对压力容器支承结构进行冷却。

事故停堆后，反应堆剩余发热从堆芯传给石墨反射层再传到碳砖层，经反应堆压力容器壁通过辐射、对流传热将热量传至固定在反应堆舱室屏蔽混凝土壁上的水冷壁的水管中，管内被加热的水经自然循环流至设置在空冷塔中的空气冷却器的管侧被冷却，冷空气由空冷塔的底部抽入，流经空气冷却器壳侧，被加热的空气经空冷塔上部的百叶窗将热量散至最终热阱——大气。

4.6.7 压力容器支承冷却系统

高温气冷供热堆压力容器支承冷却系统用于冷却反应堆压力容器底部的承重支承。每个反应堆压力容器下部布置有四个承重支承。

（一）功能

（1）反应堆正常运行期间执行反应堆压力容器支承冷却的功能，保证支座处的混凝土温度低于 65°C。

（2）在事故工况下，保证反应堆压力容器支承处的混凝土温度满足 ASME 规范要求。

（二）设计准则

（1）压力容器支承冷却系统采用非能动自然循环。系统吸收反应堆压力容器支承结构的热量，通过自然循环将热量散至最终热阱，保证在各种事故工况下反应堆压力容器支承处的混凝土结构的温度不超过 ASME 规范限值。

（2）压力容器支承冷却系统满足单一故障准则，设计能力为 23kW/堆，每堆的冷却系统由两套独立的冷却列组成，每列单独运行即能满足 100%的设计能力。

（3）压力容器支承冷却系统设计采用非能动原则，不需要进行任何操作即可持续运行，冷却反应堆压力容器支承结构。

（4）压力容器支承冷却系统设计遵循美国机械工程师协会 ASME 规定第 III 卷 ND 篇有关规定。

舱室冷却系统为安全 3 级，抗震 I 类、质保 QA2 级系统。

（三）系统描述

压力容器支承冷却系统单堆功率 23kW/堆，设计压力为 1MPa，设计温度 100°C。

压力容器支承冷却结构主要由冷却通道，热水连接分管，热水连接总管，冷水连接分管，冷水连接总管，空冷器，空冷塔，膨胀水箱等组成。

冷却水流经支承结构内的冷却通道时吸收支承系统内的热量，温度升高，密度降低，由浮升力驱动沿热水连接分管向上流动，汇集到热水连接总管，然后流至空冷器，冷却水在空冷器内被冷却后密度升高，由重力驱动沿冷水连接总管和分管流回至冷却通道继续吸收热量，如此循环。

每座反应堆的压力容器支承冷却系统由两套冷却列，每列由管道、阀门、空冷器和膨胀水箱组成。

4.6.8 主控室非能动可居留性系统

（一）功能

主控室非能动可居留性系统通过执行以下安全功能为主控制室提供应急可居留性：

（1）通风

为主控室人员提供呼吸用气。

（2）加压

维持主控室相对于周围空气处于相对正压，以防止放射性污染空气侵入。

（3）冷却

利用围护结构的热容，为在设计基准事故后必须运行的设备和设施提供非能动冷却。

（4）过滤

为主控室压力边界内空气提供安全有关的非能动过滤功能，移除所有渗透进入主控室压力边界的潜在污染物。

（二）设计基准

（1）系统应具有设备冗余，以确保其即使在任何假定设计基准事故和最大限制的单一故障同时发生的小概率事件中也可执行安全有关的功能；

（2）设备应根据与其预定有关的安全功能和质保等级进行设计、加工、制造；

（3）系统的设计应满足在适当的时候进行试验和检查的要求；

（4）系统的储气罐应储存和提供呼吸级空气，空气的最低等级应为《室内空气质量标准》GB/T18883-2002 的要求；

（5）系统可防火灾、内部飞射物、以及管道破裂的影响；

（6）系统应能防止地震、水淹、龙卷风等自然灾害的影响；

（7）除了一次性阀门动作外，系统为非能动；

（8）系统的设计应考虑冗余和多样性；

（9）系统对渗透主控室压力边界的潜在污染气体具有过滤功能；

（10）系统应能保证操作员控制台附近的噪声尽量低。

（三）主要设备

高温气冷供热堆每模組都设置一个主控室，每一个模組的主控室配备一套主控室非能动可居留系统。以下介绍的是每套系统的设备配置情况。

（1）应急压缩空气储罐

系统共有 4 个空气储存罐，储存罐按 ASME 规范 VIII 卷第一部分和附录 22 准则设计和制造。由锻造无缝钢管制成，无焊缝。空气储存罐设计压力 27.58MPa，全部 4 个储存罐共有 1160m³（15.6℃，1atm）的最低空气储存量，可向主控制室提供 120m³/h 的风量至少 8 小时。

（2）诱导器

诱导器安装在应急压缩空气储存罐的送风管线出口处，连接至非能动过滤管线。压缩空气通过一个特殊设计的管嘴诱导一定量的室内空气进入非能动过滤管线。诱导器至少可以诱导 1000m³/h 的室内空气。

（3）非能动空气过滤机组

非能动空气过滤机组由一台 HEPA 过滤器、一台活性炭过滤器和一台后置过滤器组成，在系统运行时去除空气中的放射性粒子和以减少潜在的控制室放射性剂量。

（4）消声器

消声器设置于非能动过滤管线诱导器的上下游，用于降低噪声。

（5）送风隔离阀

这些平时常闭、失效打开的电磁阀位于主送风管线压力调节阀的下游，用来隔离主控制室和应急压缩空气送风管线，打开为主控制室提供应急送风。

（6）压力调节阀

这些平时常开、工艺系统流体本身控制的调压阀用于维持流量处于测量孔上游阀门出口管线内的恒定压力，以保证主控制室的恒定送风量。

（7）流量控制孔板

压力调节阀的下游（旁通送风管线上）设置一个节流孔板，与压力调节阀一起维持恒定的送风量。

（8）卸压隔离阀

这些平时常闭、失效打开的电动风阀位于主控制室压力边界内，用来打开卸压风阀的气流通道，进行主控制室压力控制。

（9）呼吸装置

作为后备保护措施，在主控制室压力边界内需准备自储式便携呼吸装置。每一套自储

式便携呼吸装置均自带一个压缩空气瓶，每个空气瓶储存的呼吸级空气总量需够 1 人呼吸半小时。

（四）系统描述

系统由应急空气储存罐以及相关的阀门、管道、诱导器、非能动过滤机组、风管和必要的仪表组成，为主控制室通风、加压和空气过滤。

系统与厂房的土建结构通过两种途径相互影响。首先，系统利用钢筋混凝土材料的墙体、地板以及带散热片的顶板所提供的热容为电气部件和室内人员提供过热保护；其次，系统对于构成主控制室压力边界的围护结构有气密性要求。

4.6.9 蒸汽发生器事故排放系统

（一）系统功能

蒸汽发生器事故排放系统是一个与反应堆安全有关的系统。其主要功能是在发生蒸汽发生器断管事故，主给水与主蒸汽隔离阀隔离后，将蒸汽发生器内、主蒸汽隔离阀上游的主蒸汽管道内以及主给水隔离阀下游主给水管道内的储水/蒸汽排到专用的排放容器，即排放罐中，减少进入反应堆内的汽水量，避免蒸汽进入堆芯造成反应性事故和对堆芯的损坏。

（二）系统设计特点

为保证执行其功能，系统设计特点如下：

- （1）自动投入运行，不需人工投入；
- （2）排放过程是依靠压力差和高度差进行的，不需要动力源；
- （3）排放阀的双阀并联设计，保证在一阀门失效的情况下系统仍能完成其功能；
- （4）系统设备是按可能发生的最危险工况设计，具有承受可能发生的最大压力变化的能力。

（三）系统设计

（1）设计依据与安全级别

排放罐设计压力与容积的设计依据：二回路设计压力、事故后一回路与排放罐的平衡压力以及事故后的水、汽最大排量，并留适当裕量。

本系统中安全 2 级的管道和设备质保等级为 QA1，安全 3 级的管道和设备质保等级为 QA2，其余为 NC。

（2）系统概况

蒸汽发生器事故排放系统按一模块一套的原则共有三套组成完全相同的排放系统，由排放罐、阀门及管道组成。

排放管道的上端与主给水管相连，接口位于主给水管隔离阀与蒸汽发生器之间。排放管道的下端与蒸汽发生器排放罐相连，排放管道的设计压力为 18MPa，设计温度为 250℃，采用 DN70（Φ76×10mm）的不锈钢管。

在排放管上装有排放阀，在反应堆正常运行时排放阀关闭，当需要启动蒸汽发生器事故排放系统时，由反应堆安全保护系统触发开启。系统采用排放阀双阀并联的设计，以保证在一个阀门不能开启的情况下，系统仍能实现其功能。排放管上并联的排放阀前装有一检修阀，是常开的截止阀，在检修排放阀期间关闭该检修阀，使排放系统与给水系统隔离。在主控制室内，有排放阀和检修阀的开、关状态指示，并且在反应堆启动和运行期间保证检修阀为开启状态。

蒸汽发生器排放罐是密闭的承压容器。其功能是在蒸汽发生器汽-水回路的主蒸汽管和给水管隔离后，收集由蒸汽发生器内排出的水、蒸汽以及水和蒸汽夹带出来的一回路氦气。排放罐的容积为 22.8m³，罐的设计压力为 18MPa，设计温度为 250℃，一次事故中可能的最大汽水排放量为 6.49m³。排放罐内预装 9.76m³ 的冷却用水，足以将 0.83t 的蒸汽与 5.15 吨的高温水冷凝并降温到 150℃的水，冷凝降温后的全部水容积为 16.25m³，排放罐的设计容量裕度取 25%。

在排放罐上接有排气管和排液管，排气管与反应堆厂房通风和空调系统相连，用于事故后的废气排放，排液管通过地漏与反应堆厂房弱放水贮存与排水系统相连，用于事故后的废液排放。

在排放罐上设有压力、温度和液位测点，在主控制室内可观察这些测量参数的指示；在排放罐上有就地液位指示器、压力表，这些参数用于对系统的监视和控制。在排放罐底部设有放净管，用于对排放罐内液体的放净排空。

（3）排放过程

在发生蒸汽发生器断管事故后，水和蒸汽向一回路泄漏引起一回路系统的湿度增高，当湿度检测值超过湿度保护限值，由湿度探测信号触发反应堆停堆，并关闭主给水与主蒸汽隔离阀，同时快速打开蒸汽发生器事故排放系统的排放阀，利用一回路与排放罐之间的压力差将蒸汽发生器内的汽、水向排放罐排放。在系统启动前排放罐内为常压，随着排放过程的进行，排放罐内压力逐渐升高，当排放罐内压力与一回路压力平衡后，排放过程结束，关闭排放阀，使蒸汽发生器处于待检状态。系统的排放阀是电动截止阀，它由保护系统触发开启。

（4）系统的运行特性

在一般情况下，包括反应堆处于停堆状态、功率运行、运行瞬态下，蒸汽发生器事故

排放系统均处于不运行的待役状态。系统靠截止阀与主给水管道隔开，截止阀下游的设备和管道处于常温常压状态，排放罐液位处于正常液位范围。在反应堆运行期间，对排放罐的液位和压力进行监测。

在蒸汽发生器发生传热管破裂事故后，反应堆保护系统触发开启排放阀。这时，排放罐与蒸汽发生器连通，在高压力驱动下，蒸汽发生器中的水和蒸汽通过排放管排到蒸汽发生器排放罐中，随着水、蒸汽以及夹带的氦气排入排放罐，排放罐内的液位、温度和压力都升高。达到压力平衡时，排放过程停止，关闭排放阀。

4.7 放射性废物系统和源项

4.7.1 放射性源项

4.7.1.1 高温堆放射性源项

本工程堆芯采用石墨基体球形燃料元件（也称燃料球），每个燃料元件直径约 6cm，反应堆运行时 1 个反应堆堆芯共有约 420000 个燃料元件。燃料元件中包含 UO_2 包覆燃料颗粒，平衡堆芯新鲜燃料中的 ^{235}U 富集度为 8.5%。反应堆采用不停堆连续换料方式，球形燃料元件多次通过堆芯，每天都有一定数量的燃料元件经卸料系统卸出，经过燃耗测量后，将已达到目标燃耗的燃料元件作为乏燃料送到乏燃料贮存罐中，其余的连同新补充的新鲜燃料元件一起再投入堆芯，堆芯中燃料元件数维持不变（平衡堆芯）。

4.7.1.2 华龙一号放射性源项

放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，裂变产生的放射性核素基本上都包容在燃料元件芯块与包壳之内，只有极少量的裂变产物会由于燃料元件破损而泄漏到反应堆冷却剂中，或者由极少量的燃料元件加工制造过程中的表面铀沾污而直接进入主冷却剂。同时裂变产生的中子使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、硼酸和其它材料受到活化而产生中子活化及活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化及活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关辅助系统的主要放射性来源。

4.7.2 放射性废液管理系统及源项

本工程的华龙一号放射性废液系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核能供热厂正常运行期间（包括发生预期运行事件时）产生的放射性废液。其废液管理系统由下列系统组成：

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

— 核岛疏水排气系统（RVD）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

— 化学和容积控制系统（RCV），

— 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），

— 蒸汽发生器排污系统（TTB），

— 常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

本工程的 HTR-PM600S 高温气冷堆的放射性废液系统的主要功能为控制、分类、收集、输送 HTR-PM600S 高温气冷堆核岛厂产生的放射性废液，将分类收集的废液在水满后，全部送往全厂共用的废液处理设施进行集中处理。

HTR-PM600S 高温气冷堆的核岛液体放射性废物收集和贮存系统（KPK）收集 HTR-PM600S 高温气冷堆核岛内控制区排放的放射性废液，KPK 系统包括地漏、接管、排水管道及核疏水系统的废液集水池、水罐。水池和地坑集满后，一次性输送到厂址废物处理设施进行处理。

4.7.2.1 硼回收系统（ZBR）

硼回收系统（ZBR）对来自化学和容积控制系统（RCV）和核岛疏水排气系统（RVD）的含氢反应堆冷却剂，先利用过滤、除盐和除气装置进行净化处理。然后，利用蒸发装置进行硼水分离处理，制取补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回反应堆硼和水补给系统（RBM），复用于反应堆。

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

（1）设计基准

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

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

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

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

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

— 冷停堆 6 小时；

— 温度升至反应堆零功率时的温度并保持反应堆零功率 1 小时；

- 返回冷停堆并保持此工况 6 小时；
- 升到满功率。

本系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。冷凝液含硼量低于 5ppm ，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。当一回路氘的浓度高于控制值时，ZBR 冷凝液根据取样分析结果送往 ZLT 处理或者 ZLD 系统监测排放；浓缩液含硼量为 7000ppm ，质量合格时可作为 4%硼酸溶液复用。

（2）系统描述

ZBR 系统由三部分组成：

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

反应堆排出的含氢反应堆冷却剂由两个前贮槽（001BA 或 008BA）接收。然后，用前贮槽泵（001PO, 002PO）经除盐预过滤器（001FI）、阳床除盐器（001DE）、混床除盐器（003DE）、树脂滞留过滤器（003FI）净化后，进入除气塔（001DZ）进行脱气。去除了裂变气体、氢气和氮气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵（003PO, 004PO）输送，经再生热交换器（001EX）与除气塔液体冷却器（001RF）冷却后进入中间贮槽（002BA、003BA 或 004BA）暂时贮存。

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

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

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

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

ZBR 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

（3）系统运行

a) 正常运行

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

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

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

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

前贮槽的正常液位控制在 10~32m³ 之间，以确保前贮槽在净化部分不能使用时，仍能贮存反应堆以最大排放速率 (31.4m³/h) 送来的冷却剂至少半小时的量。

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

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

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

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

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

— 如果冷凝液的水质满足反应堆补给水要求，则由冷凝液泵 012PO (013PO) 将其直接送到反应堆硼和水补给系统(RBM)作补给水使用；

— 如果冷凝液中硼含量略高，则将其送到未被污染的混床除盐器 006DE 进一步除硼后送 RBM 系统作补给水使用；

— 如果冷凝液不合格，需再处理时，则用冷凝液泵 013PO (012PO) 打回中间贮槽，重新经蒸发处理；

— 为了维持反应堆冷却剂中合适的氚浓度，当冷凝液放射性浓度低于排放限值送到核岛液态流出物排放系统 (ZLD) 排放，高于排放限值则送往废液处理系统 (ZLT) 处理。

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

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

- 如果浓缩液合格，则用浓缩液泵 014PO 送到 RBM 系统作为补给硼酸用；
- 如果浓缩液不合格（硼含量远小于 7000ppm，但其他指标合格），则经浓缩液泵（014PO）返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；
- 如果浓缩液不合格，送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理；

b) 特殊运行

- 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

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

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

- 用蒸发器对除盐水分系统（WND）的除盐水除氧。

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

- 对氧含量高的 RBM 系统补给水除氧。

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

4.7.2.2 废液处理系统（ZLT）

本工程华龙一号的废液处理系统收集、贮存和监测核能供热厂正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统（ZLD）向环境排放。

（1）设计基准

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

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

（2）系统描述

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

单台“华龙一号”机组的放射性废液产生量如下：

- 地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力

为 $27 \text{ m}^3/\text{h}$ 。地面排水量约为 $5000 \text{ m}^3/\text{a}$ ，服务排水量约为 $1250 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

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

— 化学排水放射性浓度高，化学物质含量也高，用蒸发方法处理，处理能力为 $4\text{t}/\text{h}$ ，去污因子为 10000 ，处理废液量约为 $1500 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

— 各类废液经上述处理后，经过取样分析如满足排放限值要求则送往监测槽。若处理后废液超标则收集在深度净化供料槽，送往膜处理单元进行深度净化，后进入监测槽。对监测槽内废液取样后，若其放射性活度浓度低于排放控制值时，则送往核岛液态流出物排放系统（ZLD）进行在线监测排放。

同时，ZLT 系统还接收并处理 HTR-PM600S 高温气冷堆的核岛液体放射性废物收集与贮存系统（KPK）送来的核岛放射性废水，单台 HTR-PM600S 高温气冷堆单机组的 KPK 系统输送至 ZLT 系统的总放射性废液量约为 $2040 \text{ m}^3/\text{a}$ 。HTR-PM600S 高温气冷堆机组在运行及检修期间放射性废水的来源有化学排水、系统排水、地面排水、洗衣及淋浴排水等。通常，系统排水、地面排水、洗衣及淋浴排水的放射性活度浓度较低。可采用与华龙一号地面排水、服务排水一致的处理工艺进行处理。化学排水的放射性活度浓度可能较高，可采用与华龙一号化学废液一致的处理方式进行处理。

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

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

a) 除盐工艺包括：

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

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

— 一台预过滤器 ZLT004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

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

— 一台活性炭床 ZLT001DE，经上游注入絮凝剂后，通过 001DE 去除废液中的悬浮

物、胶体和部分离子。

— 四台串联的除盐器 ZLT002/003/004/005DE。

— 一台树脂滞留过滤器 ZLT005FI。

经过处理后的废液进入监测槽 ZLT009/010BA。

b) 蒸发工艺包括：

— 三个化学排水接收槽 ZLT006/007/008BA，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和预处理。

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

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

— 蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵 ZLT005PO、蒸发器预过滤器 ZLT001FI、一级预热器 ZLT003RE，二级预热器 ZLT006RE、加热器 ZLT010RE、蒸发器 ZLT001EV、蒸汽发生器 ZLT009ZE、蒸汽压缩机 ZLT003CO、冷凝液冷却器 ZLT003RF、冷凝液缓冲槽 ZLT040BA 和冷凝液泵 ZLT040PO。

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

蒸馏液由两个监测槽（ZLT009/010BA）接收。

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

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

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

c) 过滤工艺包括：

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

— 地面排水泵 ZLT002PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

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

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

d) 精处理工艺包括：

- 一台深度净化供料槽 ZLT030BA，用于对经过滤、蒸发和处理处理后废液的收集、贮存、混和、取样分析。
- 两台深度净化供料泵 ZLT031/032PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。
- 两列并联使用的深度净化膜处理装置 ZLT031/032DE 和 ZLT033DE/ZLT034DE。净化后的废液进入监测槽 ZLT009/010BA，处理过程中产生的浓缩液进入化学排水接收槽待后续蒸发处理。精处理单元的处理能力为 20m³/h，去污因子约为 10。
- 当深度净化供料槽内废液的放射性浓度高于排放管理限值时，可采用蒸发工艺处理，或由除盐单元处理。
- 当深度净化供料槽内废液的放射性浓度低于排放管理限值时，可直接送往监测槽 ZLT009/010BA，后续送往 ZLD 系统进行监测排放。

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

(3) 系统运行

ZLT 系统总的运行原则如下：

- ZLT 系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可在 IAW 工作站监测系统的运行。
- 每类废液的接收槽（包括工艺排水接收槽、化学排水接收槽及地面排水接收槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。接收槽充满后，要对槽内废液进行搅拌和取样。
- 根据取样分析结果，废液经过滤单元、蒸发净化单元或除盐净化单元处理后，送往精处理供料槽进行深度净化后进入监测槽。监测槽内取样后，若不超过监测排放控制值，则送往 ZLD 系统监测、排放，否则返回进行再处理。
- 蒸发净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。
- 除盐器是手动启动的，运行稳定后，即进入自动控制状态。
- 深度净化单元是手动启动的，运行稳定后，即进入自动控制状态。

4.7.2.3 核岛液态流出物排放系统（ZLD）

(1) 设计基准

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

① 放射性液态流出物

- 硼回收系统（ZBR）：蒸发产生的满足排放限值的冷凝液。
- 废液处理系统（ZLT）：包括过滤、蒸发、除盐处理后的液态流出物。

- 放射性废水回收系统（WSR）满足排放限值的废水。
- 核岛疏水排气系统（RVD）满足排放限值的排水。
- 核岛液态流出物排放系统（ZLD）地坑疏排水。
- 固体废物处理系统（ZST）的疏水。

② 常规废水

- 蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

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

- c) 将超过排放限值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

ZLD 系统设置三个 1000m³ 的废液排放槽 ZLD001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时破裂溢出的全部流出物量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

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

地坑泵 ZLD004/005PO 安装在地坑 ZLD001PS 内，地坑泵 ZLD007PO 安装在地坑 ZLD003PS 内。地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

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

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线及管线上的设备均为不锈钢。

（3）系统运行

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

排放管上的 IRM 监测系统对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

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

ZLD 系统和 WQB 系统相连，互为备用。当 ZLD 系统的排放槽不能接收废水时，WQB

的备用排放槽将用于接收核岛的液态流出物。

4.7.2.4 放射性废水回收系统（WSR）

（1）设计基准

本系统有选择地收集下列场所产生的放射性废液或可能带放射性的废液：

— 核岛厂房内卫生出入口产生的放射性废液，

— 核岛辅助设施（BOP）的放射性机修及去污车间（QC 厂房）产生的机械去污废液和化学去污废液，

— 核岛辅助设施（BOP）的厂区试验楼（QL 厂房）产生的废液，

— 核岛辅助设施（BOP）的废物处理中心（QS 厂房）产生的洗衣废液。

收集的废液经贮存和取样分析后，废液被送往 ZLT 系统、ZLD 系统或 ZST 系统。

（2）系统描述

WSR 系统收集下列系统及场所的废液：

UR 厂房热淋浴间和热更衣间的地面排水靠重力收集于废水贮槽 WSR001/002BA 中。WSR001/002BA 内的废液经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其经核岛疏水排气系统（RVD）送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放限值，则直接由泵 WSR001/002PO 送往 ZLD 系统排放。

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

WSR 系统 BOP 部分为全厂共用，收集下列系统及场所的废液：

a) 放射性机修车间及去污车间排放废液

放射性机修及去污车间排放的化学去污废液靠重力流入化学去污水疏水箱 WSR202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵 WSR202PO 送往 ZLT 系统的化学排水接收槽处理或送往 ZST 系统的浓缩液槽待后续处理。

放射性机修及去污车间排放的机械去污废液靠重力流入机械去污水疏水箱 WSR201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 WSR201PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

b) 厂区试验楼排放废液

厂区试验室排放废液靠重力流入厂区试验室疏水箱 WSR203BA，经过混匀和取样分析后，由厂区试验室排水泵 WSR203PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

c) 废物处理中心排放废液

洗衣房洗衣废水，经粗过滤后借助于重力流入废水贮槽中，经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放限值，则直接送往 ZLD 系统监测排放。

(3) 系统运行

— 核岛部分

当废水贮槽 WSR001/002BA 的液位达到高液位时，泵 WSR001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 WSR001/002PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

— BOP 部分

a) 放射性机修及去污车间排放的化学去污废液

化学去污水疏水箱 WSR202BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员进行必要的处理后，根据取样分析结果，将废液送到 ZST 系统的浓缩液贮槽或 ZLT 系统的化学排水槽。出现低液位信号时，自动停泵。可以注入化学试剂调节废液的 pH 值，以防止沉淀物在回路中沉积。

b) 放射性机修及去污车间排放的机械去污废液

机械去污水疏水箱 WSR201BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员可进行必要的处理，根据取样分析结果，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽或 ZLD 系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

c) 厂区试验楼排放废液

厂区试验室疏水箱 WSR203BA 的高液位信号自动启动泵。根据取样分析结果，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽或 ZLD 系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

d) 废物处理中心排放废液

当废水贮槽的液位达到高液位时，排水泵泵自动启动。当槽中液位达到低液位时，排水泵自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

4.7.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

- 机组正常运行；
- 换料停堆、维修停堆各阶段及随后的启动；
- 设备维修及维修前设备排水；

- 正常泄漏和事故泄漏；
- 各种瞬态。

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

（1）设计基准

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

RVD 系统采用的设计基准如下：

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

（2）系统描述

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

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

b) 工艺疏水子系统

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

- 送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵输送到 ZLT 系统；
- 由 ZLT 系统直接收集；
- 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RVD008PS、009PS、012PS、013PS、508PS、509PS、512PS、513PS）的高放废液再注入反应堆厂房。

c) 地面疏水子系统

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

- 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；
- 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）；
- 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；

核岛放化实验室来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到 ZLT 系统；

— 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）和安全厂房地面疏水坑（RVD014PS、514PS）的高放射废液再注入反应堆厂房。

d) 化学疏水子系统

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

这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。

除反应堆厂房的地面疏水被直接送到 ZLT 化学排水接收槽（ZLT006BA、007BA、008BA），通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑（RVD003PS），再由泵输送到 ZLT 化学排水接收槽。

e) 含氢废气子系统

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

f) 含氧废气子系统

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

(3) 系统运行

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

b) 工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

在反应堆厂房标高在-6.70m 以上的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RVD003BA），再用泵（RVD014PO）将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）。工艺疏水箱（RVD003BA）有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑（RVD031PS）。

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

— 送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵（RVD023PO、RVD024PO）输送到 ZLT 系统。

— 靠重力直接送到 ZLT 系统。

c) 化学疏水子系统

本系统靠重力收集疏水，这些废水被送到化学疏水坑（RVD003PS），再用泵输送到 ZLT 化学排水接收槽。

d) 地面疏水子系统

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

反应堆厂房标高-3.40m 以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD011PS），疏水坑装有多个水位探测器，根据预先设定的高高和低低液位整定值来分别控制泵的启动和关闭（逻辑）。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

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

反应堆厂房标高-6.70m 以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD031PS），这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

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

燃料厂房和安全厂房中的地面疏水通过重力收集到各自厂房的疏水坑，再用泵送至 ZLT 系统地面排水接收槽（ZLT003、004、005BA）。

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

e) 含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

f) 含氧废气子系统

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

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

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

4.7.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

（1）设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCS）提供以下服务：

- 反应堆冷却剂容积控制；
- 反应堆冷却剂化学控制：
 - 与硼和水补给系统（RBM）共同完成硼浓度的调节，从而控制反应性；
 - 控制气体的浓度；
 - 净化和过滤；
 - 含氧量和 pH 值的控制（与 RBM 系统一起）。
- 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

- 为稳压器提供辅助喷淋；
- 稳压器满水时控制 RCS 压力；
- 为余热排出系统（RHR）的投运作准备；
- 为 RCS 系统充水、排水和进行水压试验。

（2）系统描述

RCV 系统由两个子系统组成：上充、下泄、密封水子系统和反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

a) 上充、下泄、密封水子系统

化学和容积控制系统的上充和下泄功能用于保持反应堆冷却剂系统稳压器中的水位，从而在核能供热厂所有的运行阶段内保持适当的反应堆冷却剂的容量。

反应堆冷却剂的下泄流从反应堆冷却剂回路的冷段排到化学和容积控制系统中，在流过再生热交换器的壳侧时将流经管侧的上充流加热。然后，下泄流流过下泄孔板进行降压，再流过下泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄

阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄阀的功能是调节下泄孔板后压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

下泄流流过两台混床除盐装置中的一台进行净化，去除离子态腐蚀产物和多数裂变产物。在需要降低反应堆冷却剂中的铯和过量的锂时，可以再流过阳床除盐装置。

下泄流流过反应堆冷却剂的过滤器并从容积控制箱顶部的一条喷淋接管进入容积控制箱。氢气连续不断地供给容积控制箱，以扫除容控箱气相空间的裂变气体和控制堆芯处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

两台离心式上充泵从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水。它在泵轴承和密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷却剂流通过密封水热交换器到上充泵吸入端。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂密封低压密封引漏离开泵体并引入 RVD 疏排水系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入 RCS 系统。

b) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

化学和容积控制系统与反应堆硼和水补给系统共同完成对反应堆冷却剂中硼浓度的控制，以补偿因温度变化、燃耗和氙毒变化所引起的反应性的慢变化。

去除反应堆冷却剂中的腐蚀产物和裂变产物，以便将反应堆冷却剂中的杂质含量及放射性水平控制在允许的范围内。

控制反应堆冷却剂的 pH 值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

(3) 系统运行

在反应堆启动时，化学和容积控制系统可为反应堆冷却剂系统充水、加压及排气。在充水和排气操作完成后，即可建立化容控制系统的上充和下泄流量。在反应堆启动和冷却剂系统升温时，利用余热排出系统和化容系统的低压下泄管线控制反应堆冷却剂的压力。

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

在停堆过程中，在堆芯冷却期间，由于冷却剂的收缩要求增加上充流量进行补偿。同期，将硼浓度提高到冷停堆的数值。在达到冷停堆状态之前，如果必须打开反应堆压力容器，则通过用氮气置换容积控制箱中的氢气使反应堆冷却剂的氢含量降到 5mL/kg 以下，定期将容积控制箱的气体排到废气处理系统，释放出溶解的氢气。在核能供热厂停堆时，如果要进行换料或维修操作，可利用化容系统的除盐装置净化放射性离子并采用扫气去除裂变气体，从而降低反应堆冷却剂的放射性水平。

4.7.2.7 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）

（1）设计基准

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统的冷却回路要满足单一故障准则的要求。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。

a) 乏燃料水池冷却回路

冷却回路取决于乏燃料水池中乏燃料组件的剩余功率，乏燃料水池剩余功率将根据换料工况和乏燃料组件贮存情况确定。

换料操作采用“全卸全装”的方式，即每次卸料时将堆芯的燃料组件全部卸入乏燃料水池。

在正常工况下，反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）或两个冷却系列（两台泵和两台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过 50°C（按设备冷却水系统水温为 35°C 考虑）。

热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

b) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60°C；

处理能力：60m³/h；

过滤孔径：除盐装置前置过滤器过滤粒度为 5μm，除盐装置后过滤器过滤粒度为 25μm。

c) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为 100m³/h，过滤器的过滤粒度为 5μm。

（2）系统描述

a) 服务于乏燃料水池的设施

乏燃料水池分为 4 个部分：燃料转运舱、乏燃料水池、乏燃料容器装载井、乏燃料容器冲洗井。

— 冷却回路：水泵 001PO、002PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF、002RF，然后返回到乏燃料水池。

— 过滤和除盐回路

— 表面撇沫和过滤回路

— 充水回路

b) 服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

— 过滤回路

— 反应堆换料水池充水和排水

当反应堆换料水池需急速充水时，使用低压安注泵；缓慢充水则可用该系统的 002PO 水泵。

反应堆换料水池排水采用重力排水，直接排入内置换料水箱的方式，排水过程可根据池壁喷淋清洗的要求随时终止，并在池壁喷淋清洗之后恢复。反应堆换料水池排空后，必须将水池排水管上的隔离阀切换至开启。

（3）系统运行

乏燃料贮存水池通常是充满水的。在换料时，反应堆换料水池和燃料转运舱需充满水。当反应堆压力容器进行检查时，反应堆换料水池也需充满水。反应堆堆内构件存放区单独充水时，可用水闸门与反应堆换料水池隔离。

系统正常运行：

— 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

从乏燃料组件贮存在乏燃料水池起，冷却回路开始连续运行，水池的水温不高于 50℃。用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池。

冷却回路的流量为 450m³/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 510m³/h，其中 60m³/h 提供给过滤和除盐回路。

过滤和除盐回路连续运行，其处理流量 60m³/h 由流量计监测，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

回路最高工作温度根据树脂要求定为 60℃。当温度高于 60℃时，温度控制器发出报警信号，要求隔离过滤和除盐回路。

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

— 反应堆换料水池和附属回路

在整个反应堆压力容器开盖和换料水池充水过程中，应通过余热排出系统、化学和容积控制系统和硼回收系统对反应堆冷却剂进行去污处理，但要防止降低换料水池操作时的硼浓度。裂变气体和溶解的氢则通过化学和容积系统的容积控制箱和硼回收系统的除气塔去除。

当反应堆压力容器封头打开，反应堆换料水池充水后，过滤回路投入连续运行，过滤水量为 100m³/h，由流量计监测。

余热排出系统保持反应堆换料水池的冷却剂最高温度为 60℃。

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

4.7.2.8 蒸汽发生器排污系统（TTB）

（1）设计基准

a) 在正常运行时，TTB 系统水处理设计流量最高能达到 76.5t/h，三台蒸汽发生器的排污量是相同的，每台蒸汽发生器的最大排污量约为额定蒸汽流量的 1.2%（即 25.5t/h）。

b) 经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

（2）系统描述

蒸汽发生器排污系统分为排污水收集、冷却、减压、处理、回收或排放五部分，主要由热交换器、减压和流量控制阀、过滤器、离子交换器以及相应的管道和阀门等组成。

每台蒸汽发生器的排污水是靠两个径向对称的支管段在管板上收集的，并在其中的一根支管上设置一根取样接管，供取样分析用。两根支管在安全壳内合并后穿过安全壳。在安全壳外的排污管上设置了一根供蒸汽发生器保养用的氮气接管，并在每一根排污管上安装了一个无泄漏的隔离阀和一个手动流量控制阀，操作人员可以根据二次侧水质的好坏通过此阀控制排污量的大小。在功率运行时，排污量在 10~76.5 t/h 之间变化。

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热交换器，或非再生热交换器。一般来说，在核能供热厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热交换器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热交换器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热交换器进行冷却。再生热交换器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热交换器的冷却水则为设备冷却水。

排污水由热交换器冷却至与离子交换树脂相适应的温度（即 45~56°C 左右）之后，通过一个减压和流量控制阀，将热交换器下游的压力限制到 1.4MPa（表压）。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 5 μm 的过滤器，然后通过一条或两条并联的离子交换管路进行净化处理，每条管路均串联有一台阳离子交换器、一台混床离子交换器和一个手动流量调节阀。处理过的排污水再通过一台过滤粒度为 25 μm 的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

在反应堆冷却剂系统向二回路泄漏之后的一台或多台蒸汽发生器的疏水情况下，处理后的排污水不能返回到凝汽器，而排往液态流出物排放系统。

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

- 处理设施失效；
- 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

在处理设施失效的情况下，排污水要进行连续的放射性监测，然后再送到液态流出物

排放系统。

（3）系统运行

a) 正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热交换器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~76.5t/h 之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

b) 特殊稳态运行

① 使用非再生热交换器

在再生热交换器不可用或是冷凝器和凝结水泵不可用的情况下，排污水经过非再生热交换器冷却，一般排污流量限制在 37t/h。

② 向常规岛液态流出物排放系统的排放

当向凝汽器的排污循环不可用时，排污将引向常规岛液态流出物排放系统的排放槽，进行分析后向环境排放，或者输送到废液处理系统待处理。

③ 特殊瞬态运行

— 蒸汽发生器的疏水

当热交换器或减压阀失效时，可用临时接管旁通失效设备进行疏水，也可利用重力疏水，还可经过安全壳隔离阀下游的支路进行疏水。

— 蒸汽发生器传热管断裂

当蒸汽发生器传热管断裂时，该蒸汽发生器必须切断给水供应，保持最大排污流量以便完全排空。

4.7.2.9 常规岛液态流出物排放系统（WQB）

（1）设计基准

本系统收集以下来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地向环境排放：

— 常规岛废液收集系统（WLC）的液态流出物：冷凝器热阱的疏水、汽轮机厂房汽水回路的疏水和排气冷凝液、疏水回收池中收集的排水、冷凝液集水坑中收集的疏水。TTB 系统排放的液态流出物。

— 其它：如 WQB 泵房间（QB201）地坑内的废液。

— 在异常情况下，WQB 系统的贮槽在三个 ZLD 系统的排放槽充满时收集核岛排放的液态流出物。

当要求延迟排放或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存液态流出物；

将超过允许排放限值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽 WQB001~003BA，容积为 1000m³ 的排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，第三个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵 WQB001~003PO，用于在取样和分析之前搅拌槽内液态流出物，也用于废液排放或将废液送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 WQB007PO 安装在泵房地坑 WQB001PS 内。地坑泵 WQB008PO 安装在滞留池地坑 WQB002PS 内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往 ZLT 的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪（IRM902MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

（3）系统运行

正常运行时，三个 WQB 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，第三个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。

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

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

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

4.7.2.10 核岛液体放射性废物收集和贮存系统（KPK）

HTR-PM600S 高温气冷堆的核岛液体放射性废物收集和贮存系统（KPK）用于高温气冷堆核岛内控制区产生的放射性废液进行分类收集和贮存，之后将废液送往“华龙一号”的废液处理系统（ZLT）进行处理。

（1）设计基准

本系统根据我国国家标准及核安全局法规的有关规定进行设计，设计所采用的标准规范如下：

- | | |
|--------------|------------------|
| HAD401/01 | 核电厂放射性排出流和废物管理 |
| HAD401/02 | 核电厂放射性废物管理系统的设计 |
| GB18871-2002 | 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 |

本系统分级为非安全级、常规质保、常规抗震级别。

（2）系统描述

HTR-PM600S 高温气冷堆核岛内相关系统产生的放射性废液依据来源不同，通过系统地漏、排水管、排水沟收集汇集到废液水池、核疏水坑、废水罐内。在水池（罐）附近设置提升泵，并设计管道达到取样、转送、提升输送到华龙一号的核岛废液处理系统（ZLT）进行处理的功能。

满水后，启动水泵，在核岛收集的放射性废液和液态流出物经放射性废液管沟分别输送到华龙一号的废液处理系统（ZLT）进行处理和监测排放。

（3）系统运行

a) 正常运行

设备为保证高温气冷堆核岛排水的重要设备，为了确保所收集的放射性废液可以及时排出，需要定期检修水泵、阀门。

系统常年运行，一旦达到排放液位应尽快取样、输送。系统设备非能动部分使用年限按照 60 年考虑，为了加大设备的腐蚀余量，系统设备设计压力定位 1MPa，实际工作压力不超过 0.12MPa。水泵、阀门、仪表等易损坏部件考虑冗余，同时考虑便于检修和更换。

b) 特殊运行

废液池上设有监测系统，对贮槽废液进行辅助监测。放置水罐的房间留有足够的滞留空间，并设有监测系统，对贮槽废液进行辅助监测。如果遇到水罐破损事故，滞留空间可以容纳所有废液，并由液位计发出警报。

4.7.2.11 放射性废液排放源项

4.7.2.11.1 华龙一号放射性废液排放源项

放射性废液的排放量取决于：

- 主回路冷却剂中的放射性浓度；
- 与液体放射性释放有关的核能供热厂设备性能，特别是泄漏率和净化工序的去污因子等；
- 废液的运输、收集、滞留、处理期间的衰变。

液态放射性流出物排放源项分两种工况（现实和保守）考虑：现实工况假设整个循环中主冷却剂比活度都处于 0.1GBq/t I-131 当量下，其结果称为现实排放源项；保守工况假设整个循环主冷却剂比活度都处于 4.44GBq/t I-131 当量下，其结果称为保守排放源项。

液态放射性流出物的排放途径主要来自于硼回收系统、废液处理系统和二回路相关系统。

“华龙一号”液态放射性流出物的年排放量（单台机组），现实工况下一台机组除氙、

C-14 外其他核素的排放量为 $1.35\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，液态氚为 39.3TBq/a ，液态 C-14 为 10GBq/a ；保守工况下一台机组除氚、C-14 外其他核素的排放量为 $9.51\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，液态氚为 46.0TBq/a ，液态 C-14 为 26.9GBq/a 。

4.7.2.11.2 高温堆放射性废液排放源项

本工程高温堆运行及检修期间产生的放射性废液主要包括以下六类：

A 类废水为实验室排放的化学废水，C 类废水为集水坑和泄漏的废水、来自去污间的废水和设备去污及地面冲洗废水，其年产生量和活度都较难估计。本工程参考 HTR-PM 的安全分析，每年单机组产生 A 类废水 5m^3 ，C 类废水 450m^3 。

B 类废水为系统工艺排水，包括舱室冷却系统、屏蔽冷却系统、支承冷却系统、设备冷却水系统。该类废水化学成分简单。

D 类废水为洗衣房废水和淋浴及卫生间排水，由于其放射性浓度很低，一般不作降低放射性浓度的处理。预计 D 类废水单机组年产生及排放量约 $800\text{m}^3/\text{a}$ 。

E 类废水主要是含氚废水，将排放到核辅助厂房中专用的贮存罐中贮存，反应堆寿期内不排放到环境，待本工程退役时再作处理。

F 类废水主要含氚，其中的氚是在反应堆运行期间从一回路通过蒸汽发生器传热管壁渗透进入二回路的。

高温堆核岛废液由华龙一号废液处理系统处理并排放。

高温堆单台液态放射性流出物的年排放量为 $2.29\text{E}+05\text{Bq/a}$ ，液态氚为 $2.77\text{E}+13\text{Bq/a}$ 。

4.7.3 放射性废气处理系统及源项

本工程中华龙一号和 HTR-PM600S 高温气冷堆的放射性废气分别在各自的厂房内收集、分类、处理，处理净化达标后，经通风系统管道排放到环境中去。

4.7.3.1 华龙一号

4.7.3.1.1 废气处理系统（ZGT）

（1）系统功能

本工程华龙一号的废气处理系统（ZGT）的功能是对核能供热厂产生的放射性惰性气体、卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的放射性废气年释放量、核电站工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低到可合理达到尽量低”的水平。

ZGT 系统不直接履行安全功能。但由于 ZGT 系统处理的废气带有放射性，尤其是含氢放射性废气，除辐照危害外并存在爆炸和引起火灾的危险性，故在进行 ZGT 系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

（2）设计基准

废气处理系统（ZGT）的设计基准如下：

- ZGT 系统提供足够的处理能力，使气态流出物中的放射性排放低于国家标准 GB6249-2011《核电厂环境辐射防护规定》中规定的限值；
- ZGT 系统是按照中华人民共和国核安全法规中的有关规定进行设计，并且满足了国家标准 GB/T22158-2008《核电站防火设计规范》的要求；
- ZGT 系统能在正常运行期间提供足够的处理能力，含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 $2 \times 100\%$ ；
- ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成屏障 3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；
- ZGT 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气分析仪防范系统内潜在的氢氧混合爆炸危险。整个含氢废气子系统都保持正压，并且整个子系统和每个主要设备都有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体；
- ZGT 系统为单机组设置。主要设备位于 NH 厂房内。

（3）系统组成

华龙一号的 ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

1) 含氢废气子系统

含氢废气主要是由氢气、氮气、衰变过程中产生的放射性惰性气体（例如 Xe, Kr）和碘等组成。

这类废气有如下两个来源：

①来自装有反应堆冷却剂的容器，即反应堆冷却剂系统（RCS）的稳压器卸压箱、化学和容积控制系统（RCV）的容积控制箱和核岛疏水排气系统（RVD）的反应堆冷却剂疏水箱。这类气体流量大，但每月只有一、两次。

②来自硼回收系统（ZBR）的除气单元。这类气体流量小，约 $1.2\text{m}^3(\text{STP})/\text{h}$ ，但排气次数较多。

该类废气进入本系统后采用压缩、贮存衰变的方法降低废气的放射性浓度。贮存期满后进行分析，如符合要求即可将废气排至 NH 厂房的通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

2) 含氧废气子系统

含氧废气主要由空气、少量放射性碘及其同位素组成。

这类废气来自容器的排气（并可能含有放射性气体）。该类废气由核岛疏水排气系统

(RVD) 收集于含氧废气母管中，进入本系统后经碘吸附器进行除碘处理后排至通风系统 (VNA)，经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱（不经贮存）。

(4) 系统运行

1) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RVD 系统收集至缓冲罐 (ZGT001BA)。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行稳定，从而向含氢废气压缩机提供平稳的气流，并分离废气中夹带的冷凝水。来自 RVD 系统集气管的含氢废气中的氧含量由缓冲罐进气总管上的两台氧分析仪连续监测。当氧浓度达到 1.5%至 3.5%时，触发主控制室内的报警信号，并在主控制室内记录该测量值。

正常运行时，含氢废气压缩机 (ZGT001/002CO) 可以根据缓冲罐上的压力测量装置的设定值，进行自动操作（启动或停运）：

- ① 当缓冲罐压力上升达到 0.025MPa（表压）时，第一台含氢废气压缩机启动。
- ② 如果缓冲罐压力继续上升到 0.03MPa（表压）时，第二台含氢废气压缩机自动启动。
- ③ 在含氢废气压缩机运行时，当缓冲罐内压力回落到 0.005MPa（表压）时，正在运行的压缩机停运。

压缩后的气体经由压缩气体冷却器 (ZGT001/002RF) 冷却后，送至衰变箱 (ZGT002/003/004/005BA)。

衰变箱在进气、衰变贮存、排气时的阀门操作均由远传手动进行。

在向烟囱排放前，衰变箱内的废气要进行取样分析和在线监测，测其放射性浓度等与安全排放有关的参数。只有当两个串联的远传阀门已经被手动打开时，才能控制排放阀进行废气排放。

如果 VNA 系统碘吸附器出现故障，NH 厂房的烟囱放射性超过阈值，或者假如正在排放的衰变箱内的压力下降到 0.02MPa（表压）时，则自动停止排放。衰变箱内压力低于 0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在 5~84 个小时内以预定的流量排放到 NH 厂房 VNA 系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

在衰变箱排放总管上还设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放阈值时，发出报警信号，并连锁关闭排放阀 028/029VY，废气停止排放。

在基本负荷运行工况下，含氢废气在衰变箱内有 60 天的贮存期；在废气量大而放射性浓度低的负荷跟踪运行工况下，贮存期为 45 天。

2) 含氧废气子系统

正常运行时，一台电加热器，一台碘吸附器和一台排气风机串联投入运行。当第一台风机停运后，第二台风机即自动启动（包括与之相关的电加热器和碘吸附器）。

含氧废气干管内的负压由止回式调节阀门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

含氧废气以及经由调节阀门引入的空气，可经电加热器加热，用以降低气体的相对湿度，以保护碘吸附器中活性炭的活性。

经过碘吸附器处理后的含氧废气，经 VNA 系统的主排风稀释后，排向 NH 厂房的烟囱。

4.7.3.1.2 核岛厂房通风系统（HVAC）

（1）设计目的

通风系统对每个厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个良好的室内环境，确保人员的安全健康以及设备的有效运行。

本工程华龙一号的核岛厂房处理带放射性空气的主要通风系统如下：

— 反应堆厂房

- 安全壳连续通风系统（CCV）
- 安全壳空气净化系统（CUP）
- 安全壳大气监测系统（CAM）
- 安全壳换气通风系统（CSV）
- 环形空间通风系统（CAV）

— 安全厂房

- 安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

— 核燃料厂房

- 核燃料厂房通风系统（VFL）

— 核辅助厂房

- 核辅助厂房通风系统（VNA）

— 核废物厂房

- 核废物厂房通风系统（VRW）

— 附属厂房

- 卫生出入口通风系统（WCV）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

- 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；
- 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；
- 没有沾污的房间每小时换气次数为 0.5 次。

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

- 蓄电池房间事故工况下每小时换气次数为 12 次。

（2）设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风进风口。

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环。

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中。

所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，并通过烟囱排放至室外环境中。

在厂外电源丧失时，所有与安全相关的能动部件（包括仪表）分别备有 1E 级的 AC 电源。

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

（3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

·进风预过滤器

为送风气流中的大气除尘设置了预过滤器。这些过滤器的效率较低，但至少为 85%。

·排风预过滤器

排风预过滤器设在高效空气粒子过滤器（或 HEPA 过滤器）上游，用来收集气流中粗颗粒灰尘，以提高高效过滤器的使用寿命，这些过滤器效率至少为 85%。

·高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为 95%。

·高效空气粒子过滤器（HEPA）

高效空气粒子过滤器用来捕集气流中超细小的颗粒灰尘。这些过滤器净化系数至少为 3000。

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

·碘吸附器

碘吸附器用于不同的 HVAC 系统，用来吸附气流中气载放射性碘。这些过滤器吸附分

子碘的净化系数至少为 5000。

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

a) 安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统冷却安全壳内的设备。

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

b) 安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳空气净化系统的设计，考虑了反应堆厂房内部发生放射性污染时，要减少空气中放射性污染浓度，以便工作人员在一定时间范围内有可能进入。

CUP 系统吸入安全壳内的部分空气，经初效过滤器、高效空气粒子过滤器（HEPA）和碘吸附器进行净化来确保其功能。为了防止 CUP 高效空气粒子过滤器（HEPA）过早阻塞，空气吸自 CCV 送风干管，使其能利用安全壳连续通风系统（CCV）的预过滤器。只有在污染情况下，工作人员进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统。为维修人员提供保证安全工作的条件。

CUP 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由安装在混凝土小室内的净化机组和环形区的两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100%的净化回路组成，包括：

- 电动隔离阀；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；
- 碘吸附器（净化系数（对分子碘）>5000）；
- 手动平衡阀。

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

c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下三个子系统组成：

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

- 降低安全壳内空气放射性水平；
- 在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差。

- 安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa 时，进行安全壳排气。

- 泄漏试验子系统，使用压缩空气系统（WAS）的空气给安全壳加压。

- 安全壳大气监测子系统。本系统能够完成下述功能：

- 监测安全壳大气的温度和压力。

- 用 IRM（电厂辐射监测系统）辐射监测设备监测安全壳的空气放射性污染水平。

d) 安全壳换气通风系统（CSV）

每个机组的反应堆厂房中，CSV 系统设计成：

- 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度。

- 减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便在冷停堆期间尽可能快地允许工作人员持续进入。

- 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐（RVD 002BA）处在轻微负压状态下。

CSV 系统是直流式通风系统，从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统（VNA）排至烟囱后向大气排放。

e) 环形空间通风系统 CAV

CAV 系统是连续运行的，保证内外壳之间空间（环形空间）的负压，保证来自内层安全壳内部的空气在排放前经过过滤，避免被污染的空气直接流向环境。

在事故后为减少释放到周围环境中的放射性，设置了两个系列的事事故排风子系统（一用一备），满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

- 带有隔离阀和防火阀的排风管；

- 一个正常排风子系统；

- 两个事故排风子系统；

- 共用静压箱的密封连接的风管。

CAV 包括以下两个子系统：

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

2) 两个事故排风子系统的组成均包括：

- 一台电加热器；

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效粒子空气过滤器（净化系数 >3000 ）；
- 一台碘吸附器（净化系数（对分子碘） >5000 ）；
- 一台 100%容量并联的排风机，并配有止回阀。

f) 安全厂房控制区通风系统（VMO）

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

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能：

— 正常运行工况下，保证安全厂房控制区房间内的设备正常工作和运行人员进入所需的环境温度；

— 在设备维修和定期试验时维持适当的环境条件，允许人员进入电机房进行维修；

— 在应急硼注泵运行时，启动循环冷却机组保持应急硼注泵间正常温度条件；

— 在堆腔注水冷却泵运行时，启动循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，失电时，一列由接 WSC 系统的循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，另一列由直接蒸发式冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件；

— 接到安注指令时，正常送排风系统停运，低流量排风分系统启动，保证相应区域负压，防止放射性物质外泄。排风经碘过滤机组排至烟囱。

VMO 系统由主控制室远距离控制。

VMO 系统的正常通风子系统组成如下：

— 两台并联连接的 100%容量的空气处理机组（过滤器、冷却盘管、送风机），配有止回阀；

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

— 三台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；

— 两台并联连接的 100%容量的排风机，配有止回阀；

— 送、排风管道；

— 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

— 两台串联的 100%容量的加热器；

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

子碘) >5000);

- 两台并联连接的 100%容量的排风机，配有止回阀；
- 排风管道；
- 防火阀。

g) 核燃料厂房通风系统 (VFL)

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤系统运行。在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。在 LOCA 情况时，低流量排风与 RHR 泵及 CAM 贯穿件房间的通风相连接。

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统的设计都能保持其功能。同时，事故工况下使用的低流量排风子系统设有应急电源。

VFL 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

- 预过滤器（过滤效率：85%）；
- 高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000）；
- 平衡阀；
- 两台 100%容量并联的排风机，装有逆止阀；
- 一支通向烟囱的排气管，配有两个冗余设置的快速关闭阀门，在事故时把系统与室外隔离。

h) 核辅助厂房通风系统 (VNA)

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行或工作人员的健康要求；
 - 按辐射防护分级，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；
 - 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；
 - 减少释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；
 - 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；
 - 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统 (CSV) 所需要的风量及过滤要求；
 - 在厂房火灾的情况下，从核辅助厂房的电气房间排烟。
- 房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

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

① 正常送风机组

正常送风机组由以下部件组成：

— 四台 50%冗余配置的空调机组，每台空调机组包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）

— 一台高效过滤器（其效率至少为 95%）

— 一台冷却盘管

— 一台风机

— 止回阀；

— 一台加热盘管，服务于 CSV 系统，由 WHD 系统提供热水；

— 加配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管道；

② 电气柜房间循环冷却机组

循环冷却空调机组，包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）

— 一台风机

— 一台冷却盘管，由 WSC 系统提供冷水

— 带有平衡阀和防火阀的通风管道。

③ 碘排风机组

两个容量为 100%的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

— 两台电加热器；

— 一台过滤器箱体，每台过滤器箱体包括：

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；

— 一台碘吸附器（净化系数>5000）；

— 一台配有止回阀的风机；

— 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

④ 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

— 四台并联的过滤器箱体,每台过滤器箱体包括：

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

⑤ 排风烟囱

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

在烟囱中设有一个监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

⑥ 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电散热器和电加热器，以防止发生任何结晶的可能。

i) 核废物厂房通风系统（VRW）

VRW 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

— 反应堆正常运行期间，维持核废物厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行和工作人员的健康要求；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VRW 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统组成。

⑦ 正常送风子系统

正常送风子系统由 2 台 100% 容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管路组成，每台空调机组包括：

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

⑧ 正常排风子系统

正常排风子系统由 2 台 100% 容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管路组成，每台空调机组包括：

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

⑨ 碘排风子系统

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

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；
- 一台碘吸附器（净化系数>5000）；
- 一台配有止回阀的风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

j) 卫生出入口通风系统（WCV）

本系统为卫生出入口采暖通风与空调，为运行人员及维修人员提供进出通道。该系统三个独立的子系统：

- 冷区通风子系统
- 热区通风子系统
- 制冷机房通风子系统

本系统的主要功能如下：

——保证附属厂房运行服务人员及维修人员进入所需的环境温度和房间内的设备正常工作；

- 为房间提供适当的换气次数；
- 发生制冷剂泄漏事故时，保证 WNC 制冷机房的排风。

冷区通风子系统采用一次回风的方式连续运行，包括主通风管路、回风管路和排风管路。

主通风管路包括下列主要设备和阀门，包括：

- 一台 100%风量的空调机组，包括：
 - 一台预过滤器；
 - 一台高效过滤器；
 - 一台加热器；
 - 一台冷却盘管；
 - 一台送风机及相应阀门；

回风管路包括：

- 一台回风机及相应阀门；

排风管路包括：

- 一台直排风机及相应阀门；

热区通风子系统采用直流式全新风系统，该子系统包括：

- 一台 100%风量的送风空调机组，包括：

一台预过滤器；

一台高效过滤器；

一台加热器；

一台冷却盘管；

一台送风机及相应阀门；

- 一台过滤器箱体包括：

一台预过滤器；

一台高效空气粒子过滤器；

- 一台排风机及相应阀门；

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

4.7.3.1.3 放射性废气排放源项

气载放射性流出物主要来源于主冷却剂脱气（含氢废气）和各厂房的通风排放（含氧废气），具体为：

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；
- 辅助厂房通风；
- 核废物厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放。

气载放射性流出物排放源项也分现实排放源项和保守排放源项两种方法考虑，计算中使用主冷却剂比活度的假设与液态同。

“华龙一号”机组惰性气体、气载碘、气载粒子的年排放量。现实工况下一台机组的惰性气体排放量为 $1.04\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为 $1.15\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为 $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为 $3.93\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为 220GBq/a ；保守工况下一台机组的惰性气体排放量为 $6.06\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为 $5.81\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为 $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为 $4.60\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为 366GBq/a 。

4.7.3.2 高温气冷堆

4.7.3.2.1 放射性废气处理系统

（1）系统功能

HTR-PM600S 高温气冷供热堆在正常运行工况下，涉及到放射性废气的系统主要包括：氦辅助排气子系统、一回路抽真空系统、氦辅助废气子系统、氦辅助抽真空子系统。

（2）设计基准

参照我国国家标准及核安全局法规的有关规定进行设计，设计所采用的标准规范如下：

- HAF401 放射性废物安全监督管理规定
- HAD401/01 核电厂放射性排出流和废物管理
- HAD401/02 核电厂放射性废物管理系统的设计
- GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB6249-2011 核动力厂环境辐射防护规定
- GB14500-2002 放射性废物管理规定

（3）系统组成

高温气冷堆放射性废气处理由以下系统组成：氦辅助排气子系统、一回路抽真空系统、氦辅助废气子系统、氦辅助抽真空子系统、固体放射性废物处理系统排气、固体放射性废物暂存库排气。

（4）系统运行

a) 氦辅助排气子系统

氦辅助排气子系统能同时接收燃料装卸气氛切换系统、氦辅助排水子系统、工艺辐射监测系统和气体采样分析系统排出的可重复利用的氦气，并通过本系统膜压机输送到氦净化系统正常列净化后复用；其他不可复用的氦气通过通风系统释放到环境中去。

氦气可否复用，是通过采样分析和放射性测量的结果判断。

b) 一回路抽真空系统

整个一回路系统和与之相连的充氦系统在充氦气以前必须抽真空。这样做的目的是为了在启动之前把气体杂质减小到规定的浓度。

为了在役检查，在反应堆压力容器打开之前要抽出堆芯壳支撑上方和堆芯壳与压力壳之间的氦气。其后，在反应堆压力壳上盖后，抽出空气。另外，为进行堆芯壳等的整体泄漏试验，也要求在对压力壳打开之前把该空间抽空。

因为一回路系统抽真空次数有限，系统将是临时设置的，完成任务后就撤除。反应堆

运行期间，一回路抽真空系统不与一回路系统相连。

经一回路抽真空系统抽出的一回路气体排放到蒸发器舱室，再通过通风系统释放到环境中去。

c) 氦辅助废气子系统

高温气冷供热堆电站氦净化系统再生时收集到的放射性废气在释放之前分别贮存在每个模块专用的储罐内，使短寿命核素充分衰变，从而减小向环境的释放量，根据测量的放射性水平，达到允许排放标准以下才进行排放。

d) 氦辅助抽真空子系统

本系统用于氦净化与氦辅助系统的抽真空，其具体功能如下：

在氦净化系统正常列的氧化铜床、分子筛床、低温吸附床、低温氦/氦热交换器再生时，执行抽真空工艺。

在氦净化与氦辅助系统充氦气前，对系统和设备抽真空，以确保没有超量的空气残留在系统和设备中。

经氦辅助抽真空子系统抽出的气体通过通风系统释放到环境中去。

4.7.3.2.2 放射性废气排放源项

高温堆正常运行工况下向环境释放的气载放射性物质主要来源有：

(1) 安全壳中空气的活化；

安全壳中空气的活化产生放射性物质，主要指反应堆和蒸发器舱室空气中 Ar-40 受到从反应堆压力容器逸出的中子作用而活化产生的 Ar-41，通过安全壳负压排风系统排放。

(2) 一回路冷却剂系统的泄漏；

一回路氦气冷却系统各设备在正常运行工况下总会有一定的泄漏，泄漏出的气载放射性物质进入周围房间，房间通风把它们排到环境中去。一回路冷却剂系统周围房间的气载放射性核素或直接来自一回路的泄漏，或来自该房间中其它核素的衰变(例如 Kr-88 衰变成 Rb-88)，在计算中分别加以考虑。

(3) 氦净化系统再生时的污染氦气释放；

该来源的放射性物质来自氦净化与氦辅助系统，通过核岛厂房排风系统的负压排风系统排放。

(4) 对受放射性污染设备进行保养和检修时的排放。

此项排放的是污染设备中的污染氦气以及相应设备房间中的污染空气等，很难估计，但根据德国 AVR 高温堆的运行经验表明，此部分放射性释放量很小，相对于前面几项的

释放量可以忽略不计。但为保守估计这部分释放量，计算时假设此项释放量为前 4 项释放量总和的 10%，并以此量加到总释放量中去。

在计算气载放射性物质排向大气环境的释放量时，不考虑过滤器的过滤，故计算结果偏保守。

高温堆单台正常运行工况下气载放射性向环境的释放量，除 H-3、C-14 及 Ar-41 释放量较大外，较长寿命惰性气体核素的释放主要来自再生气体的释放，较短寿命惰性气体核素的释放主要来自一回路冷却剂的泄漏。

计算结果表明，本工程高温堆单组每年释放到环境的惰性气体(包括 Ar-41)的活度为 $5.10\text{E}+12\text{Bq}$ ，碘为 $1.18\text{E}+10\text{Bq}$ ，长寿命气载粒子为 $7.00\text{E}+06\text{Bq}$ ，氟为 $9.80\text{E}+12\text{Bq}$ ，C-14 为 $5.95\text{E}+11\text{Bq}$ 。

4.7.4 放射性固体废物管理

放射性固体废物管理主要包括固体废物处理系统、废物最小化以及废物最终处置三部分内容。

4.7.4.1 固体废物处理系统

4.7.4.1.1 系统功能

华龙一号固体废物处理系统（ZST）的主要功能是收集、贮存、处理和整备本项目在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

本系统处理下列几种类型的废物：

- 废树脂；
- 废活性炭；
- 浓缩液；
- 废过滤器芯；
- 杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）。
- 废排风过滤器芯；
- 废弃零部件；
- 其他杂物；
- 氦净化系统尘埃过滤器；
- 燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘。

废树脂由下列系统的除盐器产生：化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（ZBR）、蒸汽发生器排污系统（TTB）、乏燃料水池净化系统（RFT）和废液处理系统（ZLT）。

废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的活性炭床。

浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器。

废过滤器芯来自核辅助厂房（NH）和核废物厂房（QF）内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可压实废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和不可压实的金属部件组成，收集在塑料袋内。

ZST 系统考虑了接收和处理 HTR-PM600S 高温气冷堆产生的废物。废弃零部件来自于各系统的设备检修、更换；其他废物来自于 HTR-PM600S 高温气冷堆运行和检修过程中被放射性玷污的各种纸张、擦拭布、废弃的工作服、手套、口罩、鞋和塑料布等。反应堆厂房负压排风系统产生废排风过滤器芯。氦净化系统尘埃过滤器及燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘为 HTR-PM600S 高温气冷堆的特种废物。

4.7.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备本项目在运行及检修时产生的放射性固体废物达到适宜运输、贮存和处置的要求。

固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

本系统设计所采用的主要标准规范：

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| — 《核动力厂环境辐射防护规定》 | GB 6249-2011 |
| — 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》 | GB 9132-2018 |
| — 《放射性物质安品运输规程》 | GB 11806-2019 |
| — 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》 | GB 12711-2018 |
| — 《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》 | EJ 1042-2014 |
| — 《低、中水平放射性固体废物容器-钢箱》 | EJ 1076-2014 |
| — 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》 | GB14589-93 |
| — 《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》 | GB 36900.2-2018 |

4.7.4.1.3 系统描述

（1）固体废物处理系统组成

本工程的华龙一号机组 ZST 系统由核辅助厂房（NH）内部分、核废物厂房（QF）内部分、废物处理中心（含固体废物暂存库）组成。根据不同类型废物的性质分别对其进行处理。

（2）固体废物处理工艺描述

ZST 系统对各种固体废物根据各自的性质进行处理。

ZLT 系统产生的浓缩液收集在 QF 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至废物处理中心内的固体废物暂存库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

废树脂和废活性炭收集在核岛厂房的废树脂贮槽中，用屏蔽运输车送到废物处理中心的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在废物处理中心厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用送到废物处理中心厂房内的固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在华龙一号机组的 NH 厂房直接装入 200L 钢桶。然后，送到废物处理中心厂房内的固体废物暂存库贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NH 厂房的废树脂贮槽中，然后送到废物处理中心进行烘干后装入 200L 金属桶。

将核岛厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心将装有废过滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖和剂量检测后送至废物处理中心厂房内的固体废物暂存库暂存。

通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到废物处理中心厂房内固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控。

杂项干废物、废弃零部件、其他废物均用专用运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可压实干废物、需要烘干的潮湿干废物和不可压实废物进行处理：杂项干废物→分拣→烘干（必要时）→剪切（必要时）→初级压实→超级压实→水泥固定→200L 钢桶封盖→表面剂量率和表面污染检测→送废物处理中心厂房内固体废物暂存库暂存。废排气过滤器在废物处理中心进行水泥固定，经封盖和剂量检测后送至废物处理中心厂房内的固体废物暂存库暂存。

氦净化系统尘埃过滤器及燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘为 HTR-PM600S 高温气冷堆的特种废物，根据目前已有资料，将氦净化系统尘埃过滤器装入 FA-III 钢箱中，通过屏蔽运输车转运至废物处理中心进行水泥固定，随后转运至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘装入 200L 钢桶通过屏蔽运输车转运至废物处理中心厂房内固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

（3）固体废物暂存库

废物处理中心厂房内固体废物暂存库用于暂存 4 台华龙一号机组与 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯、TTB 废树脂桶的临时贮存场所。

固体废物暂存库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

废物暂存库贮存区域包括 HIC 废物包贮存室、HIC 废物包贮存区、200L 废物桶贮存室、200L 废物桶贮存区、TTB 废树脂桶贮存区、轻微污染设备贮存区。

表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存室和 HIC 废物包贮存室；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存区和 HIC 废物包贮存区。贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。轻微污染废物贮存部分贮存 TTB 废树脂桶、轻微污染的大尺寸废物和通风废过滤器芯。

贮存的放射性废物贮存一定年限后（不超过 5 年），转运到放射性固体废物处置场进行处置。

4.7.4.1.4 系统运行

(1) 浓缩液的处理

浓缩液收集于 QF 厂房的浓缩液贮槽内，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至废物处理中心内固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

(2) 废树脂和废活性炭的处理

产生在 NH 厂房的废树脂用水力输送至 NH 厂房的废树脂贮槽，产生在 QF 厂房的废树脂和废活性炭用水力输送至 QF 厂房的废树脂贮槽，再用废树脂运输车运送到废物处理中心废树脂接收槽。最后将废树脂和废活性炭用锥形干燥器干燥后装入 200L 钢桶，送至废物处理中心厂房内固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

(3) 废过滤器芯的处理

废过滤器芯是用一个过滤器芯更换转运容器（衬铅容器）来拆卸的，拆卸后通过下降通道装入事先放置在辊道上的 200L 钢桶中，钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯定位，并保证均匀的生物防护，再通过屏蔽运输车和辊道送到水泥固定装置进行水泥固定。处理后产生的钢桶废物包送到废物处理中心厂房内固体废物暂存库暂存。

(4) 杂项干废物的处理

杂项干废物、废弃零部件、其他废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到废物处理中心进行分拣、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的废物包送到废物处理中心厂房内固体废物暂存库暂存。

(5) 废物包暂存

废物处理中心厂房内固体废物暂存库设有检测装置用于检测入库废物包表面剂量率、核素组成、重量和表面污染。然后，根据废物包的表面剂量率及包装类型，通过数控起重机将废物包吊运到指定的区域码放贮存。

(6) 废弃零部件、其他废物的处理

废弃零部件来自于 HTR-PM600S 高温气冷堆各系统的设备检修、更换；其他废物来自于核能供热厂运行和检修过程中被放射性沾污的各种纸张、擦拭布、废弃的工作服、手套、口罩、鞋和塑料布等。以上废物分别被收集在不同颜色塑料袋内，然后送到废物处理中心厂房内经过压实后装入 200L 钢桶，进行水泥固定处理后，送至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。

(7) 废排气过滤器芯的处理

HTR-PM600S 高温气冷堆产生的废排气过滤器芯通过专用运输车转运至废物处理中心厂房，在废物处理中心厂房装入 200L 钢桶进行水泥固定，随后转运至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。

(8) 高温气冷堆特种废物的处理

氮净化系统尘埃过滤器装入 FA-III 钢箱中，通过屏蔽运输车转运至废物处理中心进行水泥固定，随后转运至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘装入 200L 钢桶通过屏蔽运输车转运至废物处理中心厂房内固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

4.7.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

● 华龙一号固体废物源项

1) 浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯的源项

浓缩液、废树脂和废活性炭源项计算依据的主冷却剂裂变产物源项分为现实工况和设计工况两类；对于活化腐蚀产物，也考虑现实工况和设计工况两类。

在分析固体废物源项的过程中，现实工况对应的主冷却剂源项能够在一定的保守范围内，反映机组正常运行过程中的现实状态，因此，在分析正常运行工况固体废物源项的过程中，可以考虑用于固体废物现实源项的分析。

设计工况对应的主冷却剂源项能够在一定的范围内，包络机组运行过程中可能出现的各种预期运行事件，因此，在分析预期运行事件时固体废物源项的过程中，可以考虑用于固体废物设计源项的分析，该设计源项可用于固体废物总量估算以及废物管理的辅助决策。

结合现实源项和设计源项的考虑，对 ZBR、ZLT、RCV、RFT 和 TTB 系统产生的放射性废物采用现实源项和设计源项进行了分析和计算，确定了上述系统浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯整备前后的活度水平。

2) 杂项干废物

核能供热厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑

料和金属部件等），“华龙一号”单台机组年产生杂项干废物产量设计值为 140m^3 ，其中 119m^3 为可压实废物， 15.75m^3 为可直接压实废物， 5.25m^3 为不可压实废物。它们在产生地分类收集在塑料袋内后送到废物处理中心厂房压实装桶或装桶水泥固定。

根据国内核电站的运行数据得出杂项干废物（包括可压实废物和不可压实废物）的放射性水平，取 $1.5\text{E}+06\text{Bq/kg}$ 作为处理前杂项干废物的设计源项，取 $7.50\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 作为处理前杂项干废物的现实源项。

根据国内核电厂统计数据，假设可压实干废物处理前密度为约 150kg/m^3 ，采用超级压实工艺处理，则处理后可压实干废物的比活度设计值为 $5.05\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为 $2.53\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

不可压实废物直接进行水泥固定处理，假设不可压实废物堆积密度为 500kg/m^3 ，则处理后不可压实废物的比活度设计值为 $4.28\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为 $2.14\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

● 高温气冷堆固体废物源项

固体放射性废物主要包括废弃零部件、氦净化系统尘埃过滤器的固体废物、燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘以及其他压缩打包的固体废物。

单台 HTR-PM600S 高温气冷堆处理前放射性固体废物每年产量约为 89m^3 （不含氦净化系统尘埃过滤器和燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘）。

(1) 废过滤器芯

反应堆厂房负压排风系统产生废排风过滤器芯，每年更换下来的此种废过滤器芯上总放射性活度为 $5.42\times 10^6\text{Bq}$ ，活度浓度 $\leq 1.1\times 10^6\text{Bq/m}^3$ 。

(2) 氦净化系统尘埃过滤器的固体废物

氦净化系统设有 12 台尘埃过滤器，单个重量 550kg ，预计每 10a 更换一次。

(3) 燃料装卸系统的粉尘收集罐中收集的粉尘

— 燃料装卸系统过滤器粉尘罐：容积 0.5 立方米（ 150kg ），预计 3 年更换或抽吸。

— 燃料装卸系统卸料暂存装置粉尘罐：容积 0.2 立方米（ 60kg ），预计 20 年更换或抽吸。

— 乏燃料贮存系统过滤器集尘罐：该集尘罐容积 300L ，满载粉尘重量 90kg ，预计 1 年更换或抽吸。

(4) 其它杂物

核电站运行和检修过程中被放射性玷污的各种纸张、擦拭布、废弃的工作服、手套、口罩、鞋和塑料布等。活度浓度 $\leq 3.7\times 10^5\text{Bq/m}^3$ 。

(5) 废弃零部件

废弃零部件压缩装桶后，活度浓度 $\leq 5.3 \times 10^7$ Bq/m³。

4.7.4.2 废物最小化

4.7.4.2.1 废物最小化原则

在核能供热厂设计、建造、运行和退役过程中，通过废物的源头控制、再循环与再利用、清洁解控、优化废物处理和强化管理等措施，经过代价利益分析，使最终放射性固体废物产生量（体积和活度）可合理达到尽量低。

废物最小化应以确保安全为前提，以废物处置为核心，通过技术和管理措施实现废物最小化，遵循源头控制优先、全过程管理、全员责任和持续优化的原则。

4.7.4.2.2 设计阶段的废物最小化

废物最小化主要通过源头控制、合理分类收集处理和改进处理工艺来实现，拟采取以下主要措施：

(1) 源头控制

— 核岛内 16"以下管道法兰密封不采用含银垫片，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

(2) 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到废物处理中心厂房内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清洁解控水平后，进行清洁解控。

— 将干废物根据不同的性质进行分类处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶水泥固定。

— 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在废物处理中心厂房内固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，可在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

(3) 改进处理工艺

— 浓缩液采用减容效果更为明显的处理工艺。浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块。

— 废树脂和废活性炭采用减容效果更为明显的处理工艺。废树脂和废活性炭用锥形

干燥器烘干后装入 200L 钢桶。

- RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用尺寸较小的过滤器芯，ZST 系统使用 200L 钢桶作为废过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

4.7.4.3 废物最终处置

计划定期向规划中的放废物处置场运输一次（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。放射性固体废物的运输起点为江苏徐圩核能供热厂的废物处理中心厂房内固体废物暂存库，运输终点为规划中的放射性固体废物处置场。放射性废物运输必须遵守国标 GB 11806-2019 《放射性物品安全运输规程》和 GB 12711-2018 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》。

由于处置场尚未确定，待处置场确定后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。

4.7.5 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，按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》及其应用说明相关章节的要求进行，保证乏燃料元件在贮存中各方面的安全。

4.7.5.1 华龙一号系统描述

乏燃料组件从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车吊运乏燃料组件，垂直存放在水下的乏燃料贮存格架中。破损的燃料组件装入破损燃料组件贮存小室内存放。需要定量检查辐照燃料组件的破损程度时，采用离线啜吸检测装置进行检测。当乏燃料组件贮存一定时间需要外运时，将组件装入乏燃料运输容器，经过清洗，检查乏燃料容器的表面辐射水平和污染水平满足运输标准规定后，可运往乏燃料后处理厂。

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道关闭并隔离换料水池与转运舱，只有换料时才打开。

乏燃料贮存水池侧壁是混凝土屏蔽墙，使水池周围相邻区域的辐射水平满足相应辐射区域的设计标准。

在乏燃料贮存水池内设有乏燃料贮存格架，分为两个区。I 区用于装载新燃料组件、破损燃料组件、未达到规定燃耗限值的乏燃料组件和换料时全堆芯的燃料组件。II 区用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面有否渗漏。

在正常情况下乏燃料贮存水池充满含硼水，以保证乏燃料贮存水池内燃料组件的冷却

和水面以上的辐射水平满足设计要求。在池底不设任何排水管道，防止池水流失。

在乏燃料贮存水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

以上三个水池彼此相通，水池之间的混凝土隔墙上有密闭的水闸门，平时是关闭的，使用时才打开。靠近容器装载井的另一侧还设有一个乏燃料运输容器准备井，用作乏燃料运输容器的准备工作。

4.7.5.2 华龙一号设计准则

乏燃料贮存设计按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》相关章节的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

(1) 乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行故障期间，或者是在特定设计基准事故期间或以后，乏燃料组件的贮存均应满足规定的次临界状态。在设计中摒除了事故工况下置信部分水池中可溶硼的方法来保证临界安全，即在 I 区贮存格架装载最高预期富集度的新燃料组件，而 II 区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，有效增殖系数 $k_{\text{eff}} \leq 0.95$ ；

(2) 乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料组件和装卸工具掉落的冲击；

(3) 防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

(4) 贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；

(5) 贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

(6) 必须提供贮存破损燃料组件的设施；

(7) 贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；

(8) 应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

(9) 乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

(10) 乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；

(11) 乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；

(12) 乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；

（13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部危险的防护措施；

（14）乏燃料贮存水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件；

（15）在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全；

（16）在乏燃料贮存水池中设有多道水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

4.7.5.3 华龙一号乏燃料水池的冷却和处理

乏燃料水池的冷却和处理系统用于保证对核能供热厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为反应堆换料水池、堆内构件存放池、乏燃料贮存水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

1) 系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料贮存水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

当反应堆冷却剂系统打开，且余热排出系统完全失效时，反应堆换料水池及乏燃料贮存水池冷却和处理系统可作为余热排出系统的备用。这种备用同样允许对余热排出系统进行维修，而不降低装置的安全水平。

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

2) 系统的设计基准

该系统设有两台冷却泵；由柴油发电机组作为它们的应急电源。泵之间的切换或电源之间的切换均采用手动方式。

乏燃料贮存水池冷却系统的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7.5.4 高温气冷堆系统描述

乏燃料贮存系统（FAB）是 HTR-PM600S 高温气冷堆的重要系统之一，用于乏燃料贮存、堆芯排空燃料贮存和乏燃料转运。

乏燃料元件贮存在不锈钢材质的乏燃料贮罐中，采用地车、屏蔽罩和乏燃料装料装置对贮罐进行转移、吊装和装料。装满乏燃料的贮罐贮存在乏燃料贮存库的竖井内，每个竖井可放置 5 个贮罐，1 个乏燃料暂存库初步设计有 48 个竖井，可贮存 240 个贮罐。

用于贮存乏燃料贮罐的厂房(乏燃料暂存库)为功能独立的厂房，每台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组设置 1 座乏燃料暂存库。从机组各反应堆模块排出的乏燃料元件，通过元件输送管道输送到乏燃料厂房的装料间，由乏燃料装料装置装入乏燃料贮罐内。用于乏燃料提升装料的空气辅助系统为闭式循环的空气提升系统，保证乏燃料装料系统的密封性。装满后的乏燃料贮罐，经过密封后，由地车和屏蔽罩转移至乏燃料暂存库内的缓冲贮存区进行暂时贮存。乏燃料暂存库内分为 4 个区：缓冲贮存区 I、缓冲贮存区 II、中间贮存区 I、中间贮存区 II。

4.7.5.5 高温气冷堆设计准则

乏燃料贮存设计按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》及其应用说明相关章节的要求进行，保证乏燃料元件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

（一）安全要求

- （1）防止意外临界；
- （2）防止过量的照射；
- （3）防止放射性物质不可接受的释放；
- （4）设计必须保证正常运行下乏燃料元件能得到充分冷却，以排出乏燃料元件的余热；
- （5）贮存容器设计温度不得低于正常运行时整个壁厚所出现的平均温度的最高值，并应考虑可能存在的内热源和控制系统的误差等的影响而留有适当的裕量；
- （6）为防止屏蔽材料损坏，必须使自然或强制冷却不论何时都能满足要求，对强制循环冷却系统的偶然故障或者中断应采用预防措施。

（二）库房布置

- （1）几何形状，尺寸和结构材料选取必须满足次临界要求，在设计计算时，应按预期的最高富集度的新燃料在最佳慢化条件下作临界计算，要求 $K_{eff} \leq 0.95$ ；
- （2）必须防止其它提升机构在贮存容器上面移动；
- （3）厂内贮存库分期建造，前期设计容量若干年，并留有足够的扩大空间，以满足电站全寿期运行的贮存要求，贮存库设计还必须为贮存容器的安全装卸及去污提供空间；
- （4）厂内贮存库必须设计成不得是通往其它操作区出入通道的一部分，未经许可的人员不能进入。

（三）设备

（1）用于乏燃料元件贮存的主要设备

- a.乏燃料贮罐
- b.自动转枪焊机
- d.吊车、地车
- e.屏蔽转运容器
- f.摄像头

（2）贮存容器的设计要求

- a.容器的几何形状、尺寸、结构材料和燃料元件的装载量必须保证在任何状态下均不发生临界；
- b.具有足够的强度，使得在发生预计运行事件和事故工况下仍能保持机械完整性；
- c.燃料元件容易装入和取出；
- d.与环境相容，易于去污。

（3）必须提供乏燃料元件贮存区的冷却和净化系统，防止余热造成乏燃料元件不可接受的温升；

（4）乏燃料贮存区必须配备实用的辐射监测设备，安装通风和过滤设备。

（四）安全设施

（1）厂内贮存库必须具有防止意外临界的措施；

（2）必须有通风和过滤设备，使放射性裂变气体释放保持在可接受的限值内；

（3）使用自然循环或强制循环冷却乏燃料元件贮存容器，使乏燃料元件的最高温度不超过所要求的限值；

（4）在正常操作过程中和事故工况期间必须限制对容器的机械载荷，以保证不引起乏燃料元件和乏燃料贮存容器的破损或意外临界；

（5）防水淹；

（6）防火；

（7）必须考虑正常工况和事故工况下材料与环境的相容性，便于表面去污；

（8）必须采取防震措施；

（9）在贮罐容器外壁安装热电偶，并配备相应的测温热工仪表，以检测容器外壁的温度变化。

4.7.5.6 高温气冷堆乏燃料贮存系统的冷却和处理

乏燃料贮存系统有乏燃料余热排出等功能。缓冲贮存区内的贮罐在正常运行期间采用

风机强制通风排出乏燃料的余热，在风机失效的事故工况下，也可以通过自然通风排出余热，均能保证各类工况下的余热排出安全；在缓冲贮存区内存放和冷却之后，乏燃料贮罐可转移到中间贮存区，中间贮存区内的贮罐通过自然通风排出乏燃料余热。

经过暂存后的乏燃料贮罐，余热降低到很小的值，可以将暂存库内的乏燃料贮罐通过屏蔽运输容器转移至专门设置的乏燃料中间贮存库进行长期中间贮存或运至后处理厂进行处置，乏燃料中间贮存库为自然通风的干式竖井贮存库。该贮存库可在核能供热厂运行之后，根据需要建造，以满足核能供热厂运行产生乏燃料的贮存需求。经过中间贮存后，乏燃料贮罐可再通过屏蔽运输容器运送至其它位置进行后处理或最终的地质贮存。

4.8 非放射性废物处理系统

4.8.1 化学污染物

为满足江苏徐圩核能供热厂一期工程的运行要求，需对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海水也需要进行一定的预处理。

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

4.8.1.1 化学处理系统设计

江苏徐圩核能供热厂一期工程释放到环境中的化学物质主要产生于海水淡化系统、淡水处理系统、除盐水生产系统、循环水处理系统、循环水补水预处理系统、凝结水精处理系统、废液处理系统等。

（1）海水淡化系统

海水淡化系统的原水取自海水，海水淡化系统采用“气浮池+卧式机械过滤器+超滤+海水反渗透+二级反渗透”工艺。江苏徐圩核能供热厂一期工程海水淡化系统浓盐水最大排放量约为 $1.72 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

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

经过海水反渗透装置处理的一级产水再经二级反渗透处理后供向供热用除盐水生产系统。

（2）淡水处理系统

淡水处理系统的原水取自善后河，淡水处理系统采用“混凝-沉淀-过滤-消毒”的常规处理工艺。淡水处理系统加入的化学物质主要为聚合氯化铝、聚丙烯酰胺、盐酸、氯酸钠、

二氧化氯、氢氧化钠，淡水处理系统处理出水达标后供全厂机组运行所需的淡水用水。

（3）除盐水生产系统

江苏徐圩核能供热厂除盐水生产系统包括核电机组用除盐水生产系统及供热用除盐水生产系统。

机组用除盐水生产系统为 4 台华龙一号机组及 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组提供符合水质水量要求的除盐水。供热用除盐水生产系统为供热系统提供符合水质水量要求的除盐水。

机组用除盐水生产系统原水来自淡水厂，经过超滤、反渗透、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。超滤、反渗透装置化学清洗废水、树脂再生后的酸碱废液收集于废水中和池，废液经过中和处理后，pH 值达到 6~9 后排放，排放水质指标符合《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）。

此外在除盐水的制取过程中还需加入其它一些化学物质，如聚合氯化铝，用于去除原水中的悬浮物；还原剂 NaHSO_3 ，它用于除去进入反渗透系统中的余氯；阻垢剂，用于防止反渗透膜浓水侧结垢；氨水，用于调节混合离子交换器产水 pH。

供热用除盐水生产系统原水来自海水淡化系统产水，再经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。树脂再生后的酸碱废液收集于废水中和池，废液经过中和处理后，pH 值达到 6~9 后排放，排放水质指标符合《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）。

（4）循环水处理系统

为保证二次循环冷却方案的正常运行，本工程循环水处理系统采用电解海水或电解工业盐水制氯的方法获得杀菌剂——次氯酸钠溶液，并将其投加至循环冷却水回路中。同时向海水淡化厂房提供次氯酸钠药剂，以保证海水淡化工艺超滤装置正常运行。

同时在循环冷却系统中投加阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂等药剂，以防止或减少系统管道、设备等发生腐蚀、垢类析出沉积，防止水质恶化。

在每座自然通风冷却塔附近的循环水泵房进水渠道投加次氯酸钠，浓度为 0.5 mg/L，每天连续或者间断投加 10 小时。阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂等药剂浓度、种类暂未确定。

单台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组厂用水系统在冷却塔处的集水池投加次氯酸钠，每天 2 次，加药量 4mg/L，每次 3h。阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂等药剂浓度、种类暂未确定。

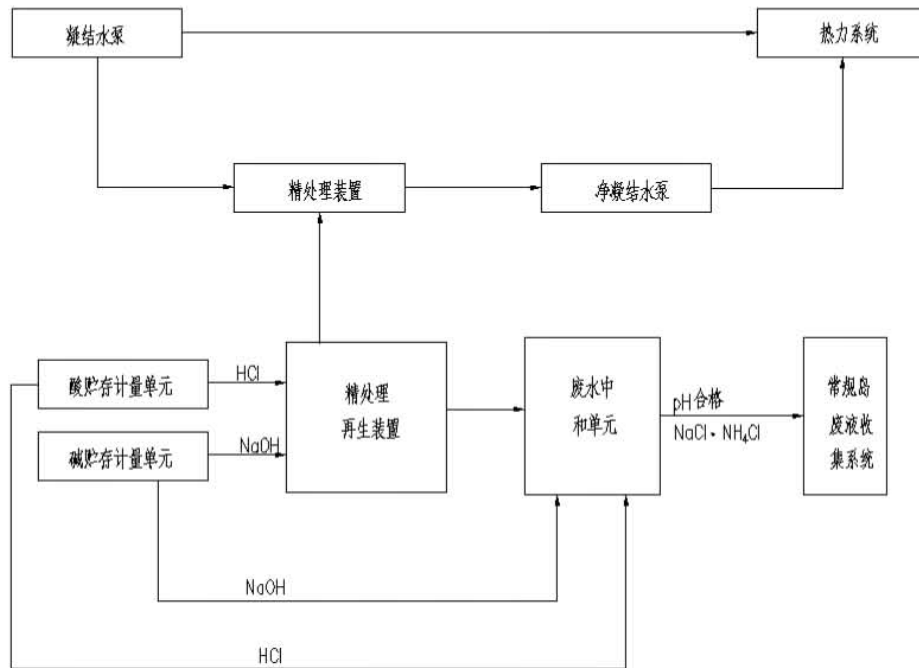
上述投加的化学物质最终与循环水系统排水一起排放至大海。

（5）循环水补水预处理系统

循环水补水预处理系统的原水取自海水，采用“混凝+沉淀+过滤”处理工艺。系统产水浊度小于 5NTU，悬浮物的含量小于 10 mg/L，出水重力流至清水池及循环水系统海水自然通风冷却塔集水池。系统加入的化学物质主要为聚合氯化铝、聚丙烯酰胺、次氯酸钠。

（6）凝结水处理系统

凝结水精处理系统包含化学物质使用及排放的工艺流程简图如下：



（7）废液处理系统

废液处理系统在对废液进行处理时会进行取样，必要时注入酸碱以调节其 pH，以确保处理后的液态流出物达标（pH 调节至 6~9）后排放。

高温气冷堆运行过程中产生的放射性废液经分类后送往华龙一号的废液处理系统进行进一步分类处理。其中，高温气冷堆运行过程产生的 B 类系统排水在华龙一号 ZLT 系统做地面排水并进行进一步处理；A 类化学排水、C 类地面排水和超标的 D 类服务排水在华龙一号作化学排水处理。

4.8.1.2 废水来源与排放

江苏徐圩核能供热厂一期工程排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 海水淡化系统的浓盐水、酸碱等化学废水；
- 淡水处理系统；
- 除盐水生产系统的酸碱废水；

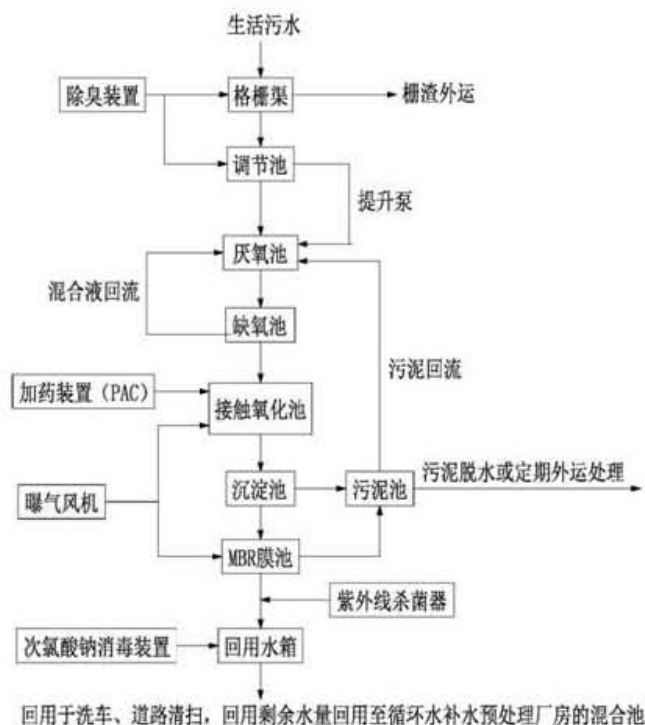
- 循环水处理系统；
- 凝结水精处理系统；
- 废液处理系统；
- 热洗衣房系统；

4.8.2 生活废物

江苏徐圩核能供热厂一期工程产生的生活废物包括非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。江苏徐圩核能供热厂运行期间新增生活垃圾产生量约为 3.4 吨/天。

生活污水来自厂前区、主厂区的各个厂房、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的排水。主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至主厂区的污水处理构筑物，厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至厂前区的污水处理构筑物。主厂区和厂前区污水处理构筑物收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）车辆冲洗标准后，回用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量回用至循环水补水预处理厂房的混合池。主厂区污水处理构筑物的设计规模为 200m³/d，厂前区污水处理构筑物的设计规模为 900m³/d。本工程正常运行时生活污水产生量为 507m³/d，大修和启动时增加 202m³/d。污水处理构筑物主要工艺流程如下：

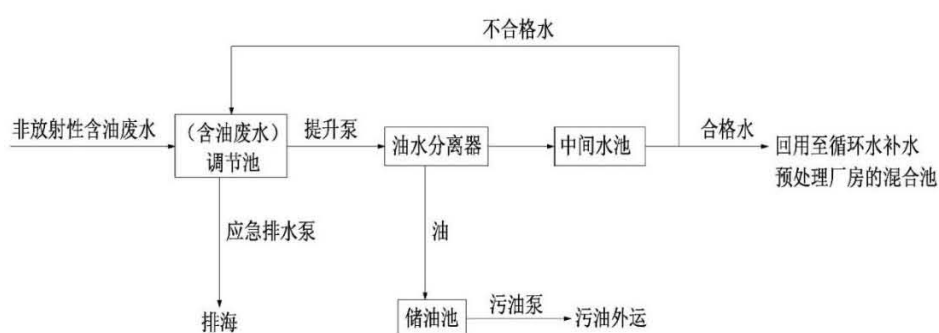


4.8.3 其他废物

本工程运行期产生的其它废物主要为非放射性含油废水、废油、固体废物等。

4.8.3.1 非放射性含油废水、废油

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，排入室外生产废水管网，最终回用至循环水补水预处理厂房的混合池；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工艺设备总处理能力为 10m³/h，每套设备设计处理能力为 5m³/h。非放射性含油废水处理流程图如下：



4.8.3.2 固体废物

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业废物和危险废物。

一般工业废物主要为淡水处理过程、海水淡化预处理过程中产生的污泥，以及生活污水处理过程中产生的污泥，污水处理构筑物、污水系统油水分离器调节池前格栅拦截的污物，废弃的膜组件和离子交换树脂。本工程海水淡化气浮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。淡水处理过程、生活污水处理过程中产生的污泥量与原水水质和药剂添加量有关，污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。污水处理构筑物、污水系统油水分离器格栅拦截的污物定期外运处理。

海水淡化系统工艺设计采用超滤膜组件和反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，超滤膜元件、反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经海水淡化处理工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

除盐水生产工艺设计采用反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经除盐水生产工艺用过的废弃膜元件不

含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

除盐水生产过程中采用离子交换树脂，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。经除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，废弃蓄电池，机械设备、变压器维修过程中产生的、废弃的润滑油、液压油、变压器油、矿物油等，含油废水处理过程中产生的废油、废油泥，过期、废弃的底漆、面漆、油漆，厂房照明损坏、更换的含汞荧光灯管，核应急准备过期失效药品。本工程设置危险废物集中暂存设施，集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

4.9 放射性物质厂内运输

运进核电站的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电站的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

4.9.1 新燃料运输

4.9.1.1 华龙一号燃料供应

本项目选用 AFA 3G 型燃料组件，组件由中国原子能工业有限公司（CNEIC）供应。新燃料组件采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至本项目的燃料厂房。

4.9.1.2 华龙一号新燃料运输容器

新燃料组件特性：

·物理状态	固体
·主要成份	UO ₂
· ²³⁵ U 富集度	
首炉装料	1.8%， 2.4%， 3.1%， 3.9%
平衡循环	4.45%， 4.95%
·每个燃料组件中燃料重量	约 460kg

首循环 177 组燃料组件，总重量约 118.21 吨。平衡循环每次换料 72 组，总重量 48.08 吨。

新燃料运输容器特性：

·货包类型	A (F)
·燃料组件装载后货包剂量率	
货包表面	$< 2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

离货包表面 1 米处

 $< 1 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

新燃料运输容器由上、下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上、下壳体的连接用螺栓锁紧。上壳体设有吊装环、下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装载新燃料组件。支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量装置，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两组组件，两组组件间设有中子吸收板，容器内充以保护性气体，以避免污染。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

燃料组件供货数量，以及备用组件的数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足平衡换料循环的要求。每台新燃料容器可装载 2 组新燃料组件，每台机组采用 36 台容器运输，每一年半运输一次，可满足要求。

4.9.1.3 高温气冷堆燃料供应

新燃料元件包括低富集度和高富集度两种，富集度分别为 4.2% 和 8.5%。组件由中国原子能工业有限公司（CNEIC）供应。新燃料采用集装箱平板车厂外运输方式运送至本工程核岛的辅助厂房。其他运输条件参照现有元件运输制定。

4.9.1.4 高温气冷堆新燃料运输容器

新燃料特性：

·物理状态	固体
·主要成份	UO ₂ 、石墨基体
· ²³⁵ U 富集度	
初装堆芯	4.2%
平衡循环	8.5%
·每个燃料元件中燃料重量	约 7g

根据连续换料制以及堆物理计算，初装堆芯需要装入石墨球 22.4 万/堆和低富集度燃料 19.6 万/堆，后续陆续采用低富集度燃料替换石墨球，低富集度燃料用量共计 42 万/堆，临界后，低富集度燃料逐步替换为高富集度燃料，临界 3 年后堆芯内全部为高富集度燃料。

新燃料运输容器特性：

·货包类型	A (F)
·燃料元件装载后货包剂量率	
货包表面	$< 2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

离货包表面 1 米处

 $< 1 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

新燃料运输容器主要由罐体和顶盖构成，顶盖可用螺栓紧固到罐体上。

新燃料运输容器罐体由主体框架、四块侧板、一块底板、内部隔板、法兰及四个吊装交角件组成。主体框架的八个角点安装有标准尺寸的集装箱角件，用于容器的吊装和固定；四块侧板和底板分别安装在框架的四周和底部，侧板和底板围成的空间由内部隔板分为相同尺寸的四个空间，用于放置 4 台新燃料贮存容器；法兰设置在主体框架内部上方，与主体框架和四块侧板的钢结构焊接。

顶盖外壳采用钢板焊接而成，内部填充聚氨酯泡沫。顶盖四周有法兰与罐体法兰配合，顶部凹槽内，设置有四个用于顶盖吊装的角钢形吊耳，顶盖下方的四个突起，用于限制贮存容器的纵向位移。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

新燃料供货数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足在线换料的数量要求，并留有适量的库存燃料。每台新燃料运输容器可装运 4 台新燃料贮存容器，贮存容器间设有隔板和框架定位。

4.9.2 乏燃料运输

4.9.2.1 华龙一号乏燃料运输

从核电站卸下的乏燃料在乏燃料贮存水池暂存若干年后，将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池作后处理前的暂存。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要做经常性的运输，需要换下来的可以存放在乏燃料贮存水池内，在反应堆退役时作为废弃物运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，平衡循环每 18 个月平均换料 72 组燃料组件。按平衡换料数量考虑，使用装载 21 组组件的乏燃料运输容器，2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

乏燃料运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。如果后处理厂选在中核四〇四有限公司，运输方式拟采用陆路或公铁海联运的运输方式。如果选在沿海地区，待厂址确定后再确定运输方式及运输路线。

4.9.2.2 高温气冷堆乏燃料运输

高温气冷堆设计寿命为 60 年，每台机组寿期内产出乏燃料约为 4204.8 万个；机组退役时，需要排空的燃料元件共计 261 万个，乏燃料贮罐容量为 4 万个燃料元件，共需贮罐

为 1120 个，可在反应堆退役时，统一运输。

乏燃料运输的运输起点为本工程乏燃料中间贮存库和乏燃料厂房。当乏燃料在中间贮存库贮存到规定容量或年限后，将乏燃料元件贮存罐从中间贮存库中取出，将乏燃料元件进行石墨减容整备送往处置场处置，也可根据条件将中间贮存后的燃料元件运往合适的后处理厂处置。

乏燃料运输必须遵守下列标准：国务院令第 562 号《放射性物品运输安全管理条例》，HAF 501《中华人民共和国核材料管制条例》，GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》，GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，GB/T 17230-1998《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》。

后处理厂或最终地质贮存地还在进行调研，待厂址或贮存地确定后再确定运输方式和运输路线。

4.9.3 放射性固体废物的运输

江苏徐圩核能供热厂运行期间华龙一号产生的废树脂来自 RCV、ZBR、TTB、RFT 和 ZLT 系统的除盐器；废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器；废过滤器芯来自 NH 和 QF 内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。高温气冷堆产生的放射性固体废物包括反应堆厂房负压排风系统产生的废排风过滤器芯、各系统的设备检修、更换产生的废弃零部件、可压缩干废物（废弃防护服、手套等）和高温气冷堆的特种废物。HTR-PM600S 高温气冷堆的特种废物主要包括氦净化系统尘埃过滤器及燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘。

华龙一号产生的废树脂和废活性炭收集在 NH 厂房和 QF 厂房的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到废物处理中心进行处理，经封盖和剂量检测后再转运至废物处理中心内固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废树脂、废活性炭的槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂在通过软管输送过程中发生泄漏。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收

和运输时受到的剂量。

华龙一号产生的浓缩液收集在 QF 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经处理后通过浓缩液屏蔽运输车转运至废物处理中心内固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心处理后送至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。废过滤器芯和浓缩液屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个内置废滤芯定位装置的 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过 2mSv/h，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 10 μ Sv/h，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

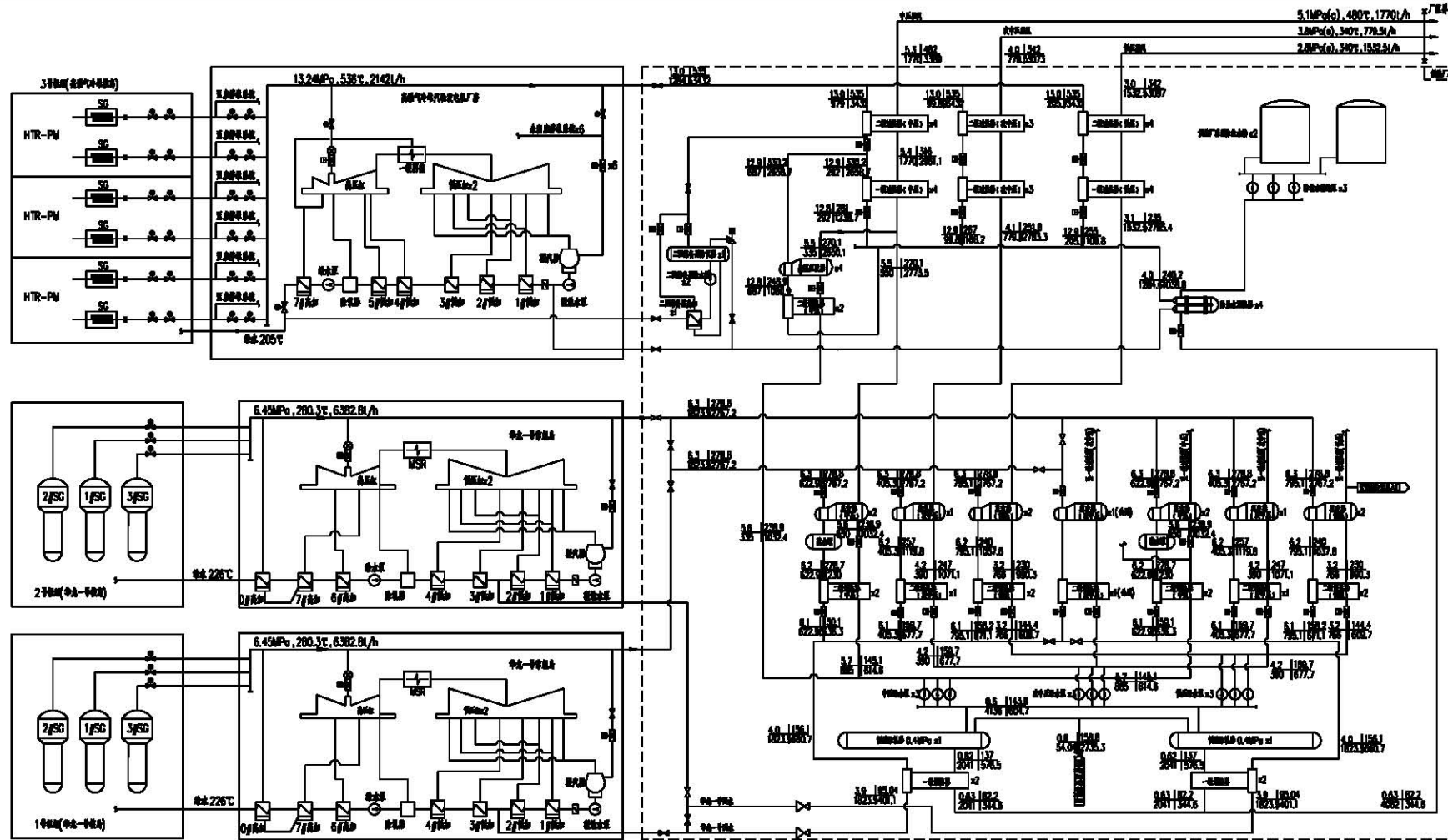
华龙一号产生的杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后送至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。

高温气冷堆核岛厂房内产生的废弃零件以及其他废物在产生源头按照性质进行分类、收集，汇总后通过专用运输车辆运送到华龙一号废物处理中心处理后，再送至固体废物暂存库。废排风过滤器芯通过干废物专用运输车转运到华龙一号废物处理中心处理后，在送至固体废物暂存库。氦净化系统尘埃过滤器及燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘为高温气冷堆的特种废物。根据目前已有资料，初步考虑将氦净化系统尘埃过滤器装入 FA-III 钢箱中，通过屏蔽运输车转运至废物处理中心进行水泥固定。燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘装入 200L 钢桶并封盖处理后，通过屏蔽运输车送至废物处理中心厂房内固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

江苏徐圩核能供热厂产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有烘干后的废树脂和废活性炭、干燥后的浓缩液盐块以及装有燃料装卸系统的粉尘收集罐的混凝土 HIC，装有水泥固定的废过滤器芯、水泥固定的尘埃过滤器以及超级压实后水泥固定的杂项干废物的 200L 钢桶。厂外运输的是 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包。其中，表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

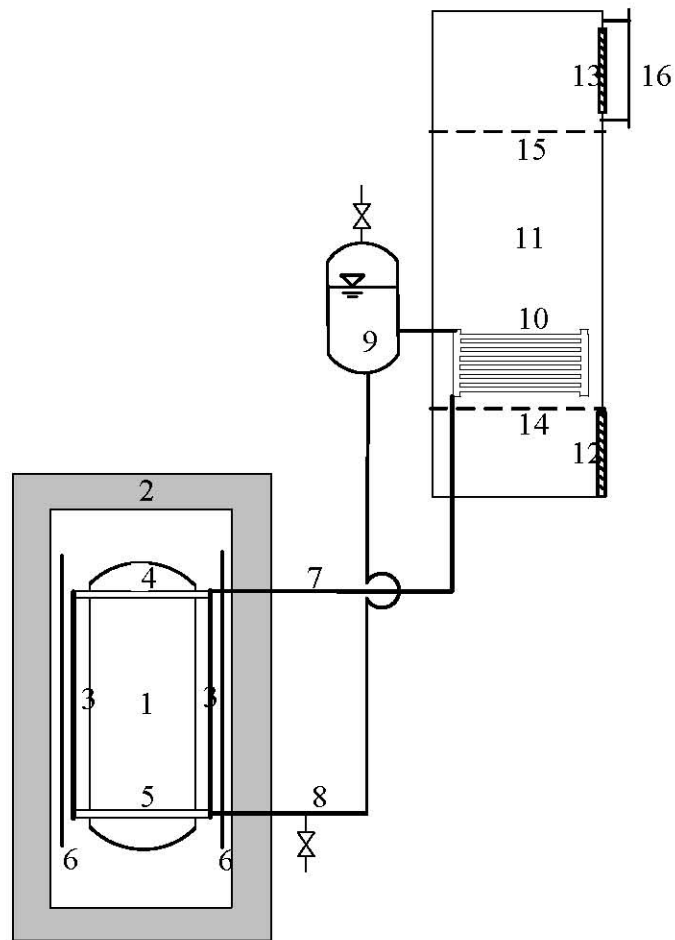
首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为江苏徐圩核能供热厂的废物处理中心内固体废物暂存库，运输终点为规划中的放射性固体废物区域处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。由于目前阶段处置场尚未确定，待处置场确定后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》。钢箱的设计和制造满足 EJ 1076-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢箱》的要求。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》的要求。



- 说明：
- 1、本图为原则性流程图，仅用于表示本工程在正常工况下各系统间的热力设备之间的连接关系。
 - 2、图中仅示意了一些有控制或特殊要求的阀门。
 - 3、图中标注流量表计位置仅表示其安装位置，不作为设计依据。

图 4.2-1 全厂原则性热力系统流程示意图



- 1、堆芯；2、舱室；3、水冷壁；4、热水联箱；5、冷水联箱；
 6、遮热板；7、热水管；8、冷水管；9、膨胀水箱；10、空冷器；
 11、空冷塔；12、进口百叶窗；13、出口百叶窗；
 14、进口丝网；15、出口丝网；16、挡风板

图 4.6-1 舱室冷却系统流程图

第五章 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 施工活动对水体环境和水资源利用的影响
- 5.2.2 海域施工对水环境的影响
- 5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

5.3 施工影响控制

- 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施
- 5.3.2 施工扬尘的控制措施
- 5.3.3 施工噪声的控制措施
- 5.3.4 场地回填的控制措施
- 5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施
- 5.3.6 放射源的管理措施
- 5.3.7 设计地形地貌的改造措施
- 5.3.8 水土保持措施
- 5.3.9 施工期的节水措施
- 5.3.10 施工期的大气噪声监测方案

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

一期工程建设时拟按六台机组规模进行场地平整，场地分台阶进行平整，标高分别为 6.70m（1985 国家高程标准）、5.50m 和 3.70m。本工程为填方厂址，欠方量约 917.8 万方。

土石方开挖与回填会损坏原有地形地貌和植被，会使施工区域尘土飞扬、大气粉尘含量增高。

主要进厂道路连接至 242 省道、占用部分农田，用地申请正在办理；次要进厂道路利用已有道路，对周边土地基本无影响。临时道路规划暂未确定。

一期工程施工场地将充分利用二期工程预留用地，同时考虑部分场地外部租用。施工场地需要布置混凝土搅拌站、砂石料加工厂等设施，在施工建设过程中可能局部对周围环境产生影响，主要有砂石料加工和混凝土搅拌对生态环境的影响、对土地的占用及由施工期车辆行驶噪声、汽车尾气和施工期机械噪声对周围环境的影响等。但由于厂址远离居民点、生态区因此施工建设对环境的影响较小。

5.1.2 施工建设占用土地情况

（1）厂址用地规模

本工程厂址地产业界限只涉及陆域用地不涉及征海，厂址总用地面积为 247.2hm²（不含海工工程、主要和次要进厂道路及厂外设施用地、临时用地）。

（2）土地利用合理性分析

1) 本工程已被列入国家有关能源电力规划，也是江苏省能源建设的重点项目。徐圩新区位于 5km 规划限制区以外，与本项目无冲突。

2) 厂址用地位于善后河及东干河管理线以内，距离北侧、西侧的 500kV 高压线均满足相关规范要求。

3) 满足“4 台华龙一号压水堆机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”的建设要求。

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.3.1 对地形地貌的影响

本工程场地平整一次完成，场地分为 6.70m（1985 国家高程标准）、5.50m 和 3.70m 三个台阶，均为填方。在工程建设期间，通过进行必要的工程防护措施，优化施工工序，可以有效防止水土流失。同时结合厂区绿化美化，施工场地使用完毕后进行还绿等措施，对地形地貌改造的影响是局部的。

5.1.3.2 水土流失

工程建设过程中会产生一定数量的水土流失，主要发生在厂区负挖期间，形成了负挖和填筑裸露面，裸露面表层结构疏松，无植被覆盖，造成区域内土壤抗侵蚀能力下降。同时，土石方的搬运和堆置也带来了水土流失。通过有效的工程措施（防洪排导工程、挡土墙、护坡等）、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

5.1.3.3 对生态环境的影响

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

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

5.1.3.4 对大气环境的影响

参考田湾核电站 7、8 号机组相关监测类比。根据 2020 年~2022 年的 7 次施工期大气环境监测。其中厂区内无组织排放源的 SO₂、NO_x 和颗粒物等污染物的浓度小于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”。厂区外 SO₂、NO₂、NO_x、CO、TSP、PM_{2.5}、PM₁₀，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准要求。

由于田湾核电站 7、8 号机组与本工程厂址位置相对较近，厂址及气候条件较为类似，经类比分析，本工程无组织排放预计满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”，厂外敏感点预计满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准要求。

后续本工程将根据工程进度适时开展施工期监测工作，如遇相关监测指标超标，会通过现场项目部反馈施工单位整改。施工过程中，由于负挖的爆破、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

参考田湾核电站 7、8 号机组相关监测类比。根据 2020 年~2022 年的 7 次施工期噪声监测。声环境施工场界噪声监测结果昼夜符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》

（GB12523-2011），厂区外敏感区噪声监测点昼夜符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准，公路噪声监测点符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a类标准。

由于田湾核电站7、8号机组与本工程厂址位置相对较近，厂址及气候条件较为类似，经类比分析，声环境施工场界预计符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），厂区外敏感区预计符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）中标准。

后续本工程将根据工程进度适时开展施工期监测工作，如遇相关监测指标超标，会通过现场项目部反馈施工单位整改。土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。距离厂址最近的自然村距离厂址0.4km，预计不会出现扰民现象。因此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和施工生产废水。

施工临建区的生活污水通过相应污水管网汇集至主厂区或厂前区的污水处理构筑物，经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）车辆冲洗标准后，用于施工场地降尘和洗车等。部分与厂区距离较远的施工临建区的生活污水由施工承包商外运处理。污水处理构筑物建成前设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

施工期的生产废水主要来自石料加工场和冲洗机具排水，经沟渠进入沉淀池，经二级沉淀、澄清后回用于混凝土养护等。部分生产废水外运处理。

施工期生活污水、生产废水不排入环境，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

施工现场垃圾清运原则是每天清运到现场规划的临时垃圾堆场，最后由所委托的专业队伍定期清运至当地环卫部门指定的垃圾场。施工期间的一般工业废物主要是生活垃圾、建筑垃圾和危险废物。本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。本工程施工期产生危险废物的主要施工单位将签订危险废物处置合同，现场设置危险废物集中暂存设施，集中分类暂存后，委托有资质单位外运处理。

因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

（1）对周围环境的影响

1) 对交通的影响

施工期间大量的运输车辆进入厂区，与进厂道路连接且具备运输条件的只有 S242 省道，在施工期间会造成该路段运输压力的局部增加，交叉口区域可能造成拥堵。业主可协商当地交管部门，在交叉口区域设置信号灯或其他措施进行疏导，缓解局部路段的拥堵问题。

2) 对周围河流的影响

由于本工程距离善后河、东干河较近，在施工期间需要避免建筑垃圾、生活垃圾的随意丢弃、倾倒、污染河道。可以采取设置警示牌、发布相应的规章制度及巡检措施，进行有效控制。

3) 对土地资源的影响

场地平整前，对占用耕地、草地等可剥离表土的场地进行表土剥离，表土集中堆放。在临时堆土期间，如临时防护不到位，强降雨会产生滑塌，大风天气会产生局部扬沙，加大水土流失。

考虑到核电施工工期较长，临时租用场地用来堆放堆土，不仅会长期占用土地资源，对周边景观环境影响大，而且存在一定的安全隐患。如果临时堆土长期大量的堆放在厂区内，会影响施工。为此，可考虑留足厂区后期绿化用土量，多余土方（含淤泥）全部外运，由外单位（或政府）进行综合利用。留用厂区绿化的表土集中堆放，并采取临时防护措施。

（2）对居民生产生活的影响

本工程在建设期间需要大量的工程施工人员，这些外来施工人员进驻施工现场，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 施工活动对水体环境和水资源利用的影响

（1）施工期用水

施工期用水主要为淡水，主要包括施工生产用水和施工生活用水。施工生产用水供给混凝土浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘等施工用水。施工生活用水供给施工人员生活用水，其水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。

（2）施工期用水量

江苏徐圩核能供热厂施工期间施工生产用水最大日用水量为 $3600\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量为 $2520\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $8070\text{m}^3/\text{d}$ 。

（3）供水水源

江苏徐圩核能供热厂淡水用水取自地表水源，拟在善后河善后新闸上游河段设置取水口取水，在厂区内新建淡水处理站，供给江苏徐圩核能供热厂所需淡水。淡水处理站设计规模为 $40000\text{m}^3/\text{d}$ ，淡水处理站一期工程供水能力 $24000\text{m}^3/\text{d}$ ，其供水能力可满足施工期的淡水用水需求。

施工期淡水处理站运行前所需淡水拟由市政水源供给，可以满足施工期全部淡水用水需求。

（4）施工期用水对周围水用户的影响

依据《江苏徐圩核能供热厂一期工程水资源论证报告书》（报批稿），根据古泊善后河 1980~2020 共 40 年的监测资料以及特枯年引调江淮水量资料，经过水量调节计算可知，依托江苏省南水北调和江水东引引调水工程体系的调度，本项目施工期用水能够得到满足，施工期供水保证率可达到 90%，且本项目施工期取水不影响生活、工业和农灌等其他用户。

5.2.2 取排水工程施工对环境的影响

（1）海域施工

本节主要依据《江苏徐圩核能供热厂一期工程施工期悬沙与溢油数模分析计算报告》（2022 年 10 月，交通运输部天津水运工程科学研究所）编制。

本项目海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取、排水工程建设以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。海域工程施工对水环境的影响主要表现为悬浮泥沙对海洋水质环境和生态的影响。工程施工将引起海域悬浮泥沙颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

根据《江苏徐圩核能供热厂取排水工程可行性研究报告》，海域取水工程产生施工期悬浮泥沙的环节主要为取水头部及其外部拦污网施工。排水工程悬浮泥沙产生环节主要包括：排水头部工程沟槽开挖、排水头部工程沟槽回填。

本工程周边环境敏感目标主要包括：海洋公园、海洋牧场、农渔业区、旅游休闲娱乐

区、海洋特别保护区、养殖区、种质资源保护区、海洋生态红线。根据计算得到的施工期悬浮泥沙增量总包络图可知，工程施工过程中引起的悬浮泥沙扩散范围集中在取排水工程附近水域，浓度 $\geq 10\text{mg/L}$ 的悬浮泥沙影响只影响工程局部水域的养殖区，对其它环境敏感目标没有影响。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。

（2）陆域施工

陆域取排水管线施工期环境影响主要包括如下几个方面：

1) 大气环境

土石方堆放过程为分段进行，施工时间较短，作业带内产生的扬尘为无组织面源排放，可采取合理化管理、作业面和土堆适当喷水、土堆和建筑材料遮盖、大风天停止作业等措施，降低管道施工扬尘对周围保护目标的影响。施工机械废气量较小，且施工现场均在野外，有利于空气的扩散，同时废气污染源具有间歇性和流动性，因此对局部地区的环境影响较小。

施工机械废气量较小，且施工现场均在野外，有利于空气的扩散，同时废气污染源具有间歇性和流动性，因此对局部地区的环境影响较小。

2) 声环境

管线沿线两侧 200m 范围内，具有少量的村庄，在施工期会受到施工噪声的影响，距管线较近的村庄噪声值会超过标准限值；但是，施工噪声是短暂的且具有分散性，一般在白天施工，不会对夜间声环境产生影响。

3) 地表水环境

本项目采取顶管隧洞施工，在穿越河流时基本不会对地表水体产生影响。项目施工期生活污水处理可依托当地生活污水处理设施，对沿线水环境无影响。施工生产废水经处理后回用，不会对地表水体产生影响。冲刷废水经沉淀处理后排入周边沟渠，对地表水体的影响有限。

4) 固体废物

施工期产生的固体废物主要有废水处理污泥、弃土（渣）、施工废料和生活垃圾。

由于施工废料全部得到有效的处理和处置，故施工废料对环境的影响较小。

5) 生态环境

施工期，工程占地范围内的农作物、人工林和果园等被去除，这部分破坏的植被分布范围集中，导致占地范围内的植被覆盖率、植物物种量和生物量短时期内会降低。由于永久占地占用了少量耕地，对占地区域的农田生物量也会造成一定的损失。

5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

(1) 减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

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

(2) 减轻施工过程对海域环境影响的环保措施

- a. 施工过程中合理安排施工进度和选用施工器具，如在不影响施工进度情况下尽可能选用较小的抓斗，设置拦污屏等防护措施，尽量将悬沙影响和溢油风险降至最低。
- b. 开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发现，应立即采取措施。

3) 施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

- a. 施工船舶含油污水不能随意排放，对于未安装油水分离器的小型船舶，可考虑施工期在岸上增设油水分离和处理设施。
- b. 施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。
- c. 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。
- d. 根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达 GB3552《船舶污染物排放标准》要求后到港外排放，禁止在港内排放。
- e. 重件码头到港船舶未配备油水分离处理设施，或因故障未能正常运行的，应直接交予有资质的含油污水接收处理船接收处理。

5.3 施工影响控制

5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

厂址勘察深度范围内地下水主要包含松散岩类孔隙水（潜水、承压水）及基岩裂隙水两大类型。1) 松散岩类孔隙水：潜水主要赋存于上部的黏土、淤泥及少量素填土层中，厚

7.0~24.0m，平均 14.62m，施工期间水位标高 1.60~2.00m；承压水主要赋存于第四系上更新统的粉细砂和中细砂、第四系下更新统的粉细砂及中细砂层中，场区大部分分布厚 1.10~25.30m，平均 8.53m，施工期间水位标高-0.60m 左右。2）基岩裂隙水主要赋存于全风化~微风化片麻岩层中，分布于西隄山及其周边下伏基岩中富水性弱。

华龙反应堆厂房基础埋深 14.4m，机械通风冷却塔及辅助泵房基础埋深约 20m；高温堆核岛厂房群基础埋深 18.55m，厂用水泵房和厂用水补水池基础埋深 11.5m；供热厂房基础埋深 3m，循环水泵房基础埋深 11.5m、海水自然通风冷却塔基础埋深 4.3m，BOP 区、厂前区建（构）筑物基础埋深暂定 3m。

厂区地下水水位埋深浅，基坑边坡稳定性差，可采用排桩式锚杆挡墙支护，基坑开挖施工应采取适当的止水、降水措施。负挖所产生的土石方统一调配，用于场地低洼地填方，厂区内不考虑基础土方临时堆存。

厂区场地平整前剥离的表土集中堆放在临时堆土场内，便于后期场地植被恢复。临时堆土场采取临时防护措施。

5.3.2 施工扬尘的控制措施

（1）施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；

（2）严格控制行车速度；

（3）改善道路路面；

（4）尽量减少土方的临时堆置时间；

（5）渣土临时堆放场应加盖布条进行防护；

（6）水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；

（7）加强施工管理，合理调度运输车辆等；

（8）在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘。

5.3.3 施工噪声的控制措施

为尽量减少对附近居民的影响，应总结前期施工降噪经验，用于本期工程施工建设中；应严格遵守土石方爆破《爆破安全规程（GB6722-2014）》的相关规定。施工期间将采取以下措施，确保将施工噪声控制在相关规定的限度内：

（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) 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，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。施工噪声的控制应满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），并按照GB12523-2011 进行建筑施工场地边界线处的等效声级测量。

5.3.4 场地回填的控制措施

场地回填的控制措施如下：

- (1) 回填前应做好回填区域内临时排水系统的总体规划，并注意与原排水系统相适应；
- (2) 填方施工取料、运料、铺填、压实等各道工序应连续进行，并设置临时围挡设施；
- (3) 雨期施工的工作面不宜过大，应逐段、逐片的分期完成；
- (4) 雨期施工时，雨前应及时压完已填土层或将表面压光，并做成一定坡度，以利排除雨水；
- (5) 天气条件恶劣，影响回填质量时，应中止回填；

(6) 凡具备绿化条件的地段，均应及时绿化。

5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施

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

本工程主厂区各子项和部分施工临建区的生活污水通过相应污水管网汇集至主厂区的污水处理构筑物，厂前区各子项和部分施工临建区的生活污水通过相应管网汇集至厂前区的污水处理构筑物。本工程施工建设期间部分施工临建区的生活污水通过相应污水管网汇集至主厂区或厂前区的污水处理构筑物，经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中车辆冲洗水质标准后，回用于施工场地降尘和洗车等。污水处理构筑物主要工艺详见 4.8.2 节。部分与厂区距离较远的施工临建区的生活污水由施工承包商外运处理。污水处理站建成前设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

江苏徐圩核能供热厂施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。本工程施工期产生危险废物的主要施工单位将签订危险废物处置合同，现场设置危险废弃物集中暂存设施，集中分类暂存后，委托有资质单位外运处理。

5.3.6 放射源的管理措施

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

(1) 放射源的使用

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

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

调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围

栏圈出非安全区，并派专人监查。

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

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

佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

（2）放射源的贮存

在放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库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 设计地形地貌的改造措施

厂址区除西隰山外地形整体上较为平坦，水渠纵横密布，善后河位于厂址南侧。西隰山山体已被地方开辟为采石场，采石场现地面标高一般为-3.0~4.8m，北侧采石坑坑底标高约为-31.46m~-20.03m，南侧采石坑坑底标高约为-12.32m~-7.39m。南侧仅有小部分山体未被开挖，最高点标高为 18.02m。

场地平整将西隰山人工边坡挖除。大部分场地现状地面标高一般在 2.1~2.8m，主厂区厂坪设计标高为 6.70m，场地平整后回填形成的边坡，高度一般在 0.9~4.4m，边坡坡率按《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）选用。

5.3.8 水土保持措施

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

对临时堆土场采取临时拦挡、密目网苫盖、排水和沉沙措施。

施工场地内设置临时排水沟。

厂区场地排水采用有组织的管道排水系统。

厂区分台阶布置，场地内高差设置边坡防护，坡高约 1.2~3.0m，长度约 3280m。厂区与厂外周边形成长约 6100m 的填方边坡。

在厂区保护区，除道路、广场外，均采用碎石铺地。

施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆和全面治理，采取乔灌草结合的方式恢复植被。

5.3.9 施工期的节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

- (1) 采用用水量少、耗水量低的施工工艺，降低用水量。
- (2) 采用新型管材，推广节水器具。
- (3) 提高水的重复利用率。
- (4) 加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.10 施工期的大气噪声监测方案

5.3.10.1 施工期大气环境监测

根据中国核电工程有限公司 2022 年 4 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程施工期大气环境和噪声监测分析及评价方案报告》。

场地平整及土建阶段应每个季度至少进行一次施工期大气环境监测，每次监测保证至

少 7 天有效数据。监测应选择施工高峰期间进行，特别是爆破施工、负挖施工等对大气环境质量造成很大影响的施工活动比较密集、频繁且施工车辆较多的时间进行监测。

安装阶段应每个季度进行一次施工期大气环境监测，每次监测保证 7 天有效数据。监测应尽量选择施工高峰期间进行，特别是如有部分未完成的土建施工等对大气环境质量造成较大影响的施工期间进行监测。

调试阶段可每个季度或半年进行一次施工期大气环境监测，每次监测保证 7 天有效数据。监测尽量选择施工高峰期间进行。

5.3.10.2 施工期声环境监测

根据中国核电工程有限公司 2022 年 4 月完成的《江苏徐圩核能供热厂一期工程施工期大气环境和噪声监测分析及评价方案报告》。

场地平整及土建阶段应每个季度至少进行一次施工期噪声监测。监测应选择施工高峰期间进行，特别是爆破施工、负挖施工、填海施工等噪声很大的施工活动比较密集、频繁且施工车辆较多的时间进行监测。

安装及调试阶段应每个季度进行一次施工期噪声监测。监测应尽量选择施工高峰期间进行。

第六章 核能供热厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

- 6.1.1 散热系统方案
- 6.1.2 散热系统对水体的物理影响
- 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响
- 6.1.4 冷却塔的影响
- 6.1.5 取排水管线的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

- 6.2.1 流出物排放源项
- 6.2.2 照射途径
- 6.2.3 计算模式与参数
- 6.2.4 大气弥散和水体弥散
- 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度
- 6.2.6 公众的最大个人剂量
- 6.2.7 非人类生物的辐射剂量
- 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径
- 6.2.9 辐射影响评价

6.3 其他环境影响

- 6.3.1 化学污染物的环境影响
- 6.3.2 其它污染物的环境影响

表：

- 表 6.1-1 降水量与直观觉察的对照
- 表 6.2-1 本工程 2 台华龙一号机组运行状态下气载流出物排放量设计值
- 表 6.2-2 本工程 2 台华龙一号机组运行状态下气载流出物现实排放源项
- 表 6.2-3 本工程 2 组高温堆机组运行状态下的气载流出物年排放量设计值
- 表 6.2-4 本工程 2 台华龙一号机组运行状态下的液态流出物年排放量设计值
- 表 6.3-1 江苏徐圩核能供热厂与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

图：

- 图 6.1-1 可见雾羽范围

图 6.1-2 雾羽数学模型

图 6.1-3 一期工程全年平均地面沉积水量分布

图 6.1-4 一期工程四个季度平均地面沉积水量分布

图 6.1-5 一期工程全年平均盐沉积分布

图 6.1-6 一期工程两台华龙一号机组全年平均雾羽长度频率分布

图 6.1-7 一期工程两台华龙一号机组全年累计荫屏小时数

图 6.1-8 一期工程两台华龙一号机组太阳辐射损失百分比

图 6.1-9 一期工程一台高温气冷堆机组全年平均雾羽长度频率分布

图 6.1-10 一期工程一台高温气冷堆机组全年累计荫屏小时数

图 6.1-11 一期工程一台高温气冷堆机组太阳辐射损失百分比

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

本项目循环水系统采用海水介质二次循环冷却方式，系统补水取自海州湾的海水，水源充足可靠。取排水方案拟采用港池东侧取排水、陆域路由并线方案。

将取水泵房布置在海堤公路外侧岸滩鱼塘处，厂区一泵房段每条管线长约 19.2km，取水采用双管方案，内径为 2.4m。排水拟采用 2 根 2.2m 管径的排水管道，2 根液态流出物管道分别内置在 2 根冷却水排水管内，液态流出物管道暂按盖板沟形式进行敷设。排水管线沿途一定间隔设置监测装置。排水管线与取水管线并线布置。厂区至泵房段取排水管线采用顶管施工方案，管材拟采用预应力混凝土顶管+水泥砂浆+内衬玻璃钢管。

取水采用纯暗管取水方式，取水头部至取水泵房的管线布置在港区达标尾水深海排放管东侧，单根管线长约 7.6km，采用两根内径 2.6m 的隧洞取水，推荐采用盾构隧洞施工方式。排水转换井设于泵房内，转换井至海域排水口采用 1 根 3.6m 内径的盾构排水管，单根长约 6.4km。排水采用海下多点式排水，盾构隧洞的终端设置 3 个排水立管，立管上部设置钢筋混凝土排水头部。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

采用 MIKE3FM 软件的温盐模块开展本项目三维温排水研究。本节主要根据《江苏徐圩核能供热厂温排水三维数值模拟研究报告》（南京水利科学研究院，2022 年 10 月）编制。根据温排水数模计算成果可知：

(1) 由于徐圩核能供热厂总的排热很小、排水口处水深较浅（约 5m），温排水由排水口排出后迅速稀释、扩散，垂向分层现象不显著，排水口近区底层温升范围略大于表层。

(2) 总体而言，温排水影响范围较小，不同水文条件下呈现差异，具体为：

夏季典型潮水文条件下，全厂 1°C 温升最大包络面积为 0.12km²（夏季小潮），夏季半月潮水文条件下，1°C 温升最大包络面积为 0.08km²。一期工程夏季大、中、小潮及半月潮 1°C 温升最大包络面积均小于 0.01km²。不同工况下 4°C 温升最大包络面积均小于 0.01km²。

冬季典型潮水文条件下，全厂 2°C 温升最大包络面积为 0.09km²（冬季小潮），冬季半月潮水文条件下，全厂 2°C 温升最大包络面积为 0.12km²。一期工程冬季大、中、小潮及半月潮 2°C 温升最大包络面积小于 0.02km²。不同工况下 4°C 温升最大包络面积均小于 0.01km²。

(3) 不同水文条件下取水口温升均较小，全厂最大取水温升为 0.12°C（冬季小潮、半月潮），全厂平均取水温升最大为 0.10°C（冬季小潮）；一期工程最大取水温升为 0.06°C（冬季小潮、半月潮），一期工程平均取水温升最大为 0.05°C（冬季小潮）。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 生态环境调查

厂址邻近海域海洋生物及其生态环境调查结果见 2.3.3 节内容。

6.1.3.2 温排水对海洋生态的影响

1) 对功能区划的影响

根据已批复的《江苏省海洋功能区划（2011-2020 年）》，现阶段取排水工程及温排水影响区不满足现状海洋功能区划的要求。目前正在进行海洋功能区划调整，待厂址附近的海洋功能区划调整后，执行调整后的海洋功能区划相关要求。

2) 对海洋生态环境的影响

在表层水中，温度是影响鱼类分布重要的环境因子。热排放进入受纳水体后，会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布，引起群落结构的变化。不同增温区对鱼类的影响也不同，特别是夏季增温对某些鱼类分布的影响比较明显。而在其他季节，特别是冬季，增温对某些暖水性鱼类可能会表现出有利的影响，一定范围内种群数量随水温升高而提高，并且鱼类种类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。

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

综上所述，在夏季，工程引起排放口附近温升 4°C 范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，但仅限于排放口附近，排放口以外海域由于温升均小于 4°C ，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。

3) 对养殖业的影响

温排水在不同季节对养殖的影响不同，有有利的一面，也有不利的一面，有直接影响，也有间接的影响。目前业主已上报用海申请，本工程将会按照海域使用行政许可的要求对周边海域的养殖场进行补偿、征收等工作。

6.1.3.3 卷吸效应和机械损伤

营运期对海洋生物的卷吸效应（*entrainment*），其定义为核能供热厂取、排水过程对于水体中能通过滤网系统而进入冷凝器的浮游生物、鱼卵仔鱼、小型生物及鱼类幼体造成的损害。

1) 机械卷吸对生物的影响

本项目取排水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取排水产生

的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类的幼体产生伤害，但不会对整个海州湾的海洋生态环境造成大的影响。

2) 减小机械卷载效应措施

针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。控制取水流速是指通过对取水头部尺寸、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。

6.1.4 冷却塔的影响

循环水系统采用带自然通风冷却塔的海水二次循环冷却方式，正常运行条件下，冷却塔对周边环境存在着影响。环境影响主要包括冷却塔运行产生的雾羽和荫屏、飘滴和沉降、盐沉积等对局地气象的影响，以及噪声的影响。

6.1.4.1 工程分析

本项目规划建设“4台华龙一号压水堆机组+2台HTR-PM600S高温气冷堆机组”及其配套的辅助、附属设施，一次规划，分期实施。一期工程建设“2台华龙一号压水堆机组+1台HTR-PM600S高温气冷堆机组”。

本阶段初步确定4台华龙一号机组采用一机一塔配置方式，每台机组配一座自然通风海水冷却塔（共4座）。两台高温气冷堆机组循环水系统每组配置一座自然通风海水冷却塔（共2座）。

冷却塔的影响将从一期工程和全部规划工程两个阶段纯发电工况给出相关环境影响评价。

6.1.4.2 预测与评价方法

1) 冷却塔对大气的影响

(1) 建立数学模型

雾羽的范围主要包括可见雾羽的长度、抬升高度与可见雾羽的范围如图6.1-1所示。雾羽抬升数学模型如图6.1-2所示，雾羽模型截面分为动量、温度、湿度三层，分别对应不同的动量、温度、湿度值。雾羽抬升过程中，雾羽薄层 Δs 与周围空气 Δm 混合，同时满足质量、水平动量、垂直动量、热焓和总水量守恒约束条件。结合一定的气象条件，通过求解下列常微分流量函数方程组从而得到雾羽抬升形态和分布预测。

假定质量为 Δm 的空气与长度为 Δs 的雾羽混合，混合期间，雾羽的饱和状态不发生改变，夹带速率常数 μ 和雾羽夹带速率 V_e 通过以下公式定义：

$$\frac{d\phi_m}{ds} = \mu\phi_m, \quad \mu = \frac{2}{R} \frac{\rho_a}{\rho_p} \frac{V_e}{V}, \quad V_e = \alpha |V - U \cos \theta| + \beta U \sin \theta \dots\dots\dots(6.1-1)$$

式中：

ϕ_m ——雾羽截面的质量通量， $\phi_m = \pi R_m^2 \overline{\rho_p} V$ ，单位为千克每平方米秒(kg/m²·s)；

R_m ——雾羽的动量半径，单位为米(m)；

$\overline{\rho_p}$ ——雾羽的平均密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；

V ——雾羽速度， $V = (W^2 + V_x^2)^{1/2}$ ，单位为米每秒(m/s)；

W ——雾羽垂直速度，单位为米每秒(m/s)；

V_x ——雾羽水平速度，单位为米每秒(m/s)；

μ ——夹带速率常数；

s ——沿雾羽中心线的距离，单位为米(m)；

V_e ——雾羽夹带速率，单位为米每秒(m/s)；

U ——周围空气速度，单位为米每秒(m/s)；

α ——第一携带系数；

β ——第二携带系数；

R ——雾羽的温度半径（可见雾羽半径），单位为米(m)；

θ ——雾羽中心线与水平面夹角，单位为度(°)；

ρ_a ——周围空气密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；

x ——距冷却塔中心下风向距离，单位为米(m)。

$$\frac{d\phi_{hm}}{ds} = (\mu\phi_m)U ; V_x = U \quad (6.1-2)$$

式中：

ϕ_{hm} ——雾羽水平动量通量， $\phi_{hm} = V_x \phi_m$ ，kg/m·s²。

$$\frac{d\phi_{vm}}{ds} = \phi_m \frac{g}{vV} \left(\frac{T_p - T_a}{T_a} - \lambda\sigma \right) \quad (6.1-3)$$

式中：

ϕ_{vm} ——雾羽垂直动量通量， $\phi_{vm} = W \phi_m$ ，单位为千克每米平方秒(kg/m·s²)；

g ——重力加速度，9.8m/s²，单位为米每平方秒(m/s²)；

v ——动量羽面积与温度羽面积的比值；

T_p ——雾羽温度，单位为摄氏度(°C)；

T_a ——环境温度，单位为摄氏度(°C)；

λ ——湿度羽面积与温度羽面积的比值；

σ ——雾羽与周围空气中的液态水混合率。

$$\frac{d\phi_e}{ds} = -C_p \frac{W}{vW} \phi_m \gamma_d \frac{\rho_a}{\rho_p} + \frac{\mu}{v} (C_p T_a + \lambda L_v X_a) \phi_m \dots\dots\dots(6.1-4)$$

式中：

ϕ_e ——雾羽热焓通量， $\phi_e = \frac{C_p T_p + \lambda L_v X_p}{v} \phi_m$ ，单位为焦耳每千克平方米秒(J/kg·m²·s)；

C_p ——干空气比热容，单位为焦耳每千克摄氏度(J/kg·°C)；

γ_d ——干绝热递减率，约为0.01°C/m；

ρ_p ——雾羽中空气的密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；

L_v ——水蒸发潜热，单位为焦耳每千克(J/kg)；

X_a ——周围空气的水蒸发混合速率（mixing ratio of water vapor in ambient），单位为千克每千克(kg/kg)。

$$\frac{d\phi_{tw}}{ds} = \mu \phi_m \frac{\lambda}{v} X_a \dots\dots\dots(6.1-5)$$

式中：

ϕ_{tw} ——雾羽的液态水通量， $\phi_{tw} = \frac{\lambda \sigma}{v} \phi_m$ ，单位为千克每平方米秒(kg/m²·s)。

$$\frac{d\phi_{tw}}{ds} = \frac{C_p \phi_m}{L_v v} \frac{\chi}{1 + \chi} \left\{ \left(\gamma_d \frac{\rho_a}{\rho_p} + \frac{\Pi}{\tau} \right) + \mu \left[(T_p - T_a) - \frac{X_p - X_a}{\tau} \right] \right\} \dots\dots\dots(6.1-6)$$

式中：

$\tau = \frac{\partial Q_s}{\partial T}$ ， Q_s ——温度为 T (K)、压力为 p (Pa) 时的饱和混合率；

$\chi = \frac{\lambda L_v \tau}{C_p}$ ；

X_p ——雾羽的水蒸发混合速率（mixing ratio of water vapor in plume），单位为千克每千克(kg/kg)。

$\Pi = \rho_a g \left(\frac{\partial Q_s}{\partial p} \right)$ ， p ——大气压强。

$$\frac{dz}{dt} = W \dots\dots\dots(6.1-7)$$

$$\frac{dx}{dt} = V_x \dots\dots\dots(6.1-8)$$

$$\frac{dS}{dt} = V \quad (6.1-9)$$

$$R = R_0 + \alpha_z \quad (6.1-10)$$

$$R^3 - R_0^3 = \frac{3\alpha}{U^2} \int_0^z UR^2 W dx \quad (6.1-11)$$

式中：

R_0 ——冷却塔出口半径，单位为米(m)；

z ——雾羽距冷却塔出口处的垂直距离，单位为米(m)。

(2) 飘滴和沉降

相对湿度小于 100%时，由于蒸发作用飘滴缩小，在到达地面前可能全部蒸发，因此需考虑由于蒸发而造成飘滴粒径与质量的变化，单位时间内飘滴粒径与质量可由下式计算：

$$\frac{dm}{dt} = -\pi\delta(q_d - q_e)D\rho_a Sh \quad (6.1-12)$$

$$Sh = 2 + 0.553 Re^{1/2} / (\delta / \nu)^{1/3} \quad (6.1-13)$$

式中：

m ——飘滴质量，单位为克(g)；

δ ——飘滴扩散系数， $0.24\text{cm}^2/\text{s}$ ；

q_d ——飘滴表面比湿，单位为克每克(g/g)；

Sh ——舍伍德数(Sherwood number)；

Re ——飘滴雷诺数；

ν ——空气动力学粘度，单位为平方厘米每秒(cm^2/s)。

$$\frac{q_d - q_e}{q_e} = \frac{\left\{ 1 + i \left(\frac{M_0}{M_s} \right) \left[\frac{m_s}{m - m_s} \right] \right\}^{-1} - RH}{RH + [L^2 \delta M Sh \rho q_e / (R_g T^2 K_t Nu)]} \quad (6.1-14)$$

式中：

R_g ——常数， 8.32×10^7 尔格/mol·K；

m_s ——溶液的质量，单位为克(g)；

M_s ——溶液的分子量，单位为克每摩尔(g/mol)；

M_0 ——水的分子量，单位为克每摩尔(g/mol)；

M ——飘滴重量，单位为克 (g)；

L ——凝结潜热，单位为焦耳每克 (J/g)；

ρ ——雾羽中飘滴的密度，单位为克每立方厘米(g/cm^3)；

RH ——相对湿度，(0~1)；

i ——范特霍夫因子（van't Hoff factor），（1~2）；

$$Nu=2+0.552Re^{1/2}(\nu/k_t)^{1/3};$$

k_t ——空气的热扩散率，在300K时取0.24cm²/s。

$$V_t = \begin{cases} 3.02 \times 10^5 D^2 & (D < 0.0093 \text{ cm}) \\ 6816 \times D^{1.177} & (0.0093 \text{ cm} < D < 0.068 \text{ cm}) \\ 2155 \times D^{0.746} & (0.068 \text{ cm} < D < 0.26 \text{ cm}) \\ 1077 \times D^{0.224} & (0.26 \text{ cm} < D) \end{cases} \dots\dots\dots(6.1-15)$$

式中：

D ——粒子粒径，单位为厘米（cm）。

V_t ——某一粒径粒子沉降末速度，单位为厘米每秒（cm/s）。

某一距离范围内（ $x_a \sim x_b$ ），飘滴小时沉积通量可由下式计算：

$$\omega = \frac{M_j f_i}{\varphi(x_b^2 - x_a^2)} \tag{6.1-16}$$

$$f_i = \frac{V_t(\Delta x_i / U)}{2R} \tag{6.1-17}$$

式中：

ω ——飘滴沉积通量，单位为千克每平方千米小时（kg/km²·h）；

f_i ——飘滴脱离出去或沉下去的成数；

M_j ——在间隔（ $\Delta x_i = x_b - x_a$ ）里离开雾羽飘滴的质量，单位为千克（kg）；

φ ——雾羽水平方向扩散的角度，一般取 10°~20°，单位为度（°）。

飘滴年、季或月沉积通量可由下式计算：

$$\omega_i = h_i f \omega \tag{6.1-18}$$

式中：

ω_i ——年、季或月飘滴沉积通量，单位为千克每平方千米年或千克每平方千米季或千克每平方千米月（kg/km²·a 或 kg/km²·season 或 kg/km²·mon）；

h_i ——年、季或月小时数，单位为小时（h）；

f ——年、季或月不同风向条件下风频。

（3）盐沉积计算方法

盐的小时地面沉积通量采用下式计算：

$$\omega_{Na} = \omega C_{Na} \tag{6.1-19}$$

式中：

ω_{Na} ——盐的小时地面沉积通量，单位为千克每平方千米小时（kg/km²·h）；

C_{Na} ——冷却塔循环水的含盐量，单位为克每克(g/g)。

盐年、季或月沉积通量可由下式计算：

$$\omega_{iNa} = h_i f \omega_{Na} \quad (6.1-20)$$

式中：

ω_{iNa} ——盐的年、季或月地面沉积通量，单位为千克每平方千米年、千克每平方千米季或千克每平方千米月(kg/km²·a、kg/km²·season 或 kg/km²·mon)；

h_i ——年、季或月小时数，单位为小时(h)；

f ——年、季或月不同风向条件下风频。

(4) 计算雾羽、飘滴对局地气象的影响

a.计算不同水滴粒径(2μm~100μm)形成的雾羽随气流扩散轨迹和影响范围；

b.描述雾羽在后续雾羽的夹带和重力的双重作用下，出现一系列的阻尼振荡过程，达到稳定高度后，在大气中传输扩散的过程情况；并给出雾羽中水汽、液态水的质量浓度；

c.计算不同水滴粒径(10μm~2000μm)形成的飘滴随气流扩散轨迹和影响范围；

d.分析雾羽及飘滴形成的水的沉积量；

e.分析雾羽及飘滴阻挡阳光造成的荫屏给周围环境带来的影响；分析冷却塔周围各距离上和区域内全年太阳辐射累积损失量、影响范围及其影响时间等。

2) 噪声传播的计算方法

冷却塔噪声主要是水滴下落冲击水池水面产生的连续性噪声，同时水滴在冷却水回收池、淋水板及支柱等表面上冲击也产生冲击性噪声，这些噪声通过冷却塔下部吸风口传出。

(1) 声源

落水噪声声源为内置水面，属于中偏高频率成分为主的噪声。冷却塔腔体内声波通过进风口向外传播，进风口为声源边缘，弧面出声口附近区域遵循面声源和线声源的距离衰减规律。受声点（测点）外移至在冷却塔环形进风口之外的后方，声波遵循点声源的距离衰减规律。

冷却塔点声源起始位置 D ： $D=A^{1/2}/4$ （式中 A 冷却塔底部集水池面积 m^2 ）

(2) 噪声衰减

①点声源随传播距离增加引起的衰减：

$$\Delta L = 10 \lg \frac{1}{4\pi r^2} \quad (6.1-21)$$

式中： ΔL —距离增加产生衰减值，dB；

r —点声源至受声点的距离，m。

②无指向性点源几何发散衰减:

$$L(r) = L(r_0) - 20 \lg(r/r_0) \quad (6.1-22)$$

式中： $L(r)$ — r 处的声级；

$L(r_0)$ — r_0 处的声级。

③大气吸收引起的衰减:

$$A_{atm} = \frac{a(r-r_0)}{1000} \quad (6.1-23)$$

式中： a 为温度、湿度和声波频率的函数，取值参考《环境影响评价技术导则声环境 HJ2.4-2009》

④地面效应衰减:

$$A_{gr} = 4.8 - \left(\frac{2h_m}{4}\right) \left[17 + \left(\frac{300}{r}\right)\right] \quad (6.1-24)$$

式中： r —声源到预测点的距离， m ；

h_m —传播路径的平均离地高度， m 。

⑤构筑物引起的衰减

由于冷却塔西南侧有厂区构筑物群（如综合办公楼等），冷却塔东侧有高约3m的围墙，因此考虑构筑物引起的噪声衰减。按保守考虑，将构筑物群简化为位于构筑物群边界处的有限长薄屏障，该声屏障所引起的衰减按下式计算：

$$A_{bar} = -10 \lg \left[\frac{1}{3 + 20N_1} + \frac{1}{3 + 20N_2} + \frac{1}{3 + 20N_3} \right] \quad (6.1-25)$$

式中 N — $N=2\delta/\lambda$ 为菲涅尔数， δ 为声程差， λ 为波长。

(3) 噪声叠加

$$L_p = 10 \lg \left(\sum^n 10^{0.1L_{pi}} \right) \quad (6.1-26)$$

式中： L_p —叠加后受声点噪声， dB ；

L_{pi} —第 i 噪声源在受声点的声级， dB ；

n —声源总数。

6.1.4.3 一期工程环境影响预测与评价

6.1.4.3.1 华龙一号机组海水自然通风冷却塔

基于2台纯发电华龙一号机组和1台纯发电高温气冷堆机组计算，其中每台纯发电华龙一号机组配一座16500m²海水自然通风冷却塔（共2座），1台纯发电高温气冷堆机组

江苏徐圩核能供热厂一期工程环境影响报告书（选址阶段） 第六章 核能供热厂运行的环境影响 版次：B
机组配一座 9500m² 海水自然通风冷却塔（共 1 座），通过计算得到 3 座冷却塔的环境影响，具体如下。

1) 冷却塔对局地大气的影响预测与评价

根据江苏徐圩核能供热厂冷却塔基本参数和 2022 年 1 月至 2022 年 12 月的逐时相关气象资料，预测冷却塔对局地大气环境的影响，主要包括以下三个方面。

（1）飘滴和沉降预测结果

循环冷却水在冷却塔内溅落过程中，产生大量的细小水滴，被上升气流顶托带出塔外，形成飘滴。飘滴不但损失了循环水，而且对局地环境造成一定的影响。飘滴的环境影响和气象条件密切相关，环境气温高或湿度低，小粒径飘滴容易蒸发消失，对环境影响明显减少；在温度低或湿度大的气象条件下，则影响加强。

通过 FLUENT 三维计算模型，研究冷却塔出口热空气和飘滴的运动特性，统计飘滴降落区域，计算在全年正常工况下冷却塔飘滴和沉降对局地气候带来的影响，图 6.1-3 给出了年度地面飘滴沉积分布，最大水沉积量在距离厂址中心 2.5km 附近，约为 $0.075 \times 10^{-4} \text{mm/h}$ ，与表 6.1-1 对比可知，此时飘滴产生的影响：用试纸较难观测。因此，飘滴产生的水沉积，不会对环境产生影响。同时图 6.1-4 给出了四个季度地面飘滴沉积分布，最大水沉积量发生在秋季，距离厂址中心 2.5km 附近，约为 $0.095 \times 10^{-4} \text{mm/h}$ ，与表 6.1-1 对比可知，此时飘滴产生的影响：用试纸较难观测。因此，各季度飘滴产生的水沉积，不会对环境产生影响。此外江苏徐圩核能供热厂厂址区域年平均降水量约为 892.0mm，飘滴引起的水汽沉降量远小于该地区的年平均降水量。因此，江苏徐圩核能供热厂一期工程 2 台纯发电华龙一号机组冷却塔和 1 台纯发电高温气冷堆机引起的降水不会对该范围内的农田等产生影响。

（2）盐分沉积的预测结果

冷却塔的循环冷却水一般包含有各类杂质，包括各类可溶固体、悬浮物及其它化合物。这些物质会随飘滴降落在冷却塔周边区域，在地面上产生相应的沉积。

通过计算流体软件 FLUENT 进行冷却塔三维数学模型的求解。针对自然通风湿式冷却塔，动量方程中浮力是主要作用力，需要考虑浮力效应。空气流动、传热、雨滴蒸发以及水蒸气扩散需耦合求解。离散方程的求解采用分离变量法，速度与压力的解耦采用 SIMPLEC 算法。速度和温度场的离散格式采用 QUICK 格式。计算外边界的第二类边界、填料的阻力特性、雨区以及填料区的雨滴蒸发利用 FLUENT 软件提供的二次接口，编写 UDF 实现。

图 6.1-5 给出了核能供热厂附近地面盐沉积量全年累计分布。根据图 6.1-5 可知，全年

盐沉积量峰值为为 $250 \text{ kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，出现在西偏南约 15° 方位，与冷却塔中心的径向距离 $2\sim 3\text{km}$ 区域内。主厂区内盐沉积量小于 $100 \text{ kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ 。此外善后河处全年盐沉积量峰值约为 $250 \text{ kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，位于厂址南侧的善后河西段局部，不会对善后河产生明显影响。

在植物生长期的任意一个月盐沉积量达到或超过 $1000 \text{ 千克}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ 可能导致很多种类植物叶片损坏，一期两座纯发电华龙一号机组海水自然通风冷却塔和一座纯发电高温气冷堆机组海水自然通风冷却塔同时运行时，3 月份的盐沉积峰值最大，为 $400 \text{ kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，盐沉积量均小于 $1000 \text{ kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，基本不会对植物产生危害。

（3）雾羽和荫屏的影响

湿式冷却塔内在水、空气交换的过程中产生大量湿热水汽，水汽排出后与周围空气混合，其中一部分可能冷凝形成白色的羽状雾气，即称“雾羽”。雾羽中的雾滴的粒径大约在 $10\sim 700\mu\text{m}$ 之间，由于粒径小，重量轻，可以在自然风的吹送下达到一定距离，并在一定范围内影响太阳辐射，形成阴影，即称“荫屏”，从而减弱到达地面的太阳辐射的能量。通过 CTI 软件分别计算一期 2 台纯发电华龙一号机组和 1 台纯发电高温气冷堆机组在全年正常工况下冷却塔雾羽和荫屏造成的太阳辐射损失量，计算结果如下。

针对江苏徐圩核能供热厂一期 2 台纯发电华龙一号机组，图 6.1-6 给出了冷却塔雾羽长度在各个方位上的频率分布，图 6.1-7 给出了全年中雾羽造成冷却塔周围地面“荫屏”小时数，图 6.1-8 给出了冷却塔周围各距离上全年太阳辐射累积损失量及其分布。

江苏徐圩核能供热厂一期 2 台纯发电华龙一号机组正常运行时，在冷却塔附近：

a) 最大的阴影时间位于冷却塔中心（华龙一号机组一期工程北向第一座冷却塔中心）位置 NW 方位约 200m 处，全年最大阴影时间约为 1814.8 小时，相应减少的太阳辐射能量约为 $13264.3 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ，约占总太阳辐射损失的 25.6% 。

b) 在 1000m 处，各方向中最大的全年太阳辐射损失为 $1715.9 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ，约占太阳总辐射损失的 3.3% 。

c) 在 3000m 处，各方向中最大的全年太阳辐射损失约为 $261.0 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ，约占太阳总辐射能的 0.5% 。

根据预测结果对冷却塔雾羽和荫屏带来的影响进行分析发现，江苏徐圩核能供热厂一期 2 台纯发电华龙一号机组冷却塔正常运行时雾羽的扩散与主要风向一致，W、N 方向受影响的程度最大；雾羽扩散范围主要集中在厂区内的有限范围。全年最长荫屏时间为 1814.8 小时，位于冷却塔中心位置 NW 方位约 200m 处， 1814.8 小时相应引起最大的太阳辐射能量损失为太阳辐射量的 25.6% 。雾羽的扩散范围、荫屏引起太阳辐射能量损失基本处于厂区的内部，因此，预计江苏徐圩核能供热厂一期 2 台纯发电华龙一号机组冷却塔形

成雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响。

针对江苏徐圩核能供热厂一期 1 台纯发电高温气冷堆机组，图 6.1-9 给出了冷却塔雾羽长度在各个方位上的频率分布，图 6.1-10 给出了全年中雾羽造成冷却塔周围地面“荫屏”小时数，图 6.1-11 给出了冷却塔周围各距离上全年太阳辐射累积损失量及其分布。

江苏徐圩核能供热厂一期 1 台纯发电高温气冷堆机组正常运行时，在冷却塔附近：

a) 最大的阴影时间位于冷却塔中心（高温气冷堆一期工程冷却塔中心）位置WNW方位约200m处，全年最大阴影时间约为1807.2小时，相应减少的太阳辐射能量约为12975.4MJ/m²，约占总太阳辐射损失的25.1%。

b) 在1000m处，各方向中最大的全年太阳辐射损失为1421.3MJ/m²，约占太阳总辐射损失的2.7%。

c) 在3000m处，各方向中最大的全年太阳辐射损失约为207.2MJ/m²，约占太阳总辐射能的0.4%。

根据预测结果对冷却塔雾羽和荫屏带来的影响进行分析发现，江苏徐圩核能供热厂一期 1 台纯发电高温气冷堆机组冷却塔正常运行时雾羽的扩散与主要风向一致，W、N 方向受影响的程度最大；雾羽扩散范围主要集中在厂区内的有限范围。全年最长荫屏时间为 1807.2 小时，位于冷却塔中心位置 WNW 方位约 200m 处，1807.2 小时相应引起最大的太阳辐射能量损失为太阳辐射量的 25.1%。雾羽的扩散范围、荫屏引起太阳辐射能量损失基本处于厂区的内部，因此，预计江苏徐圩核能供热厂一期 1 台纯发电高温气冷堆机组冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响。

此外，厂址半径 10km 调查区域地处候鸟的沿海迁徙通道，是迁徙鸟类觅食的地带，但根据预测结果对冷却塔雾羽带来的影响进行分析发现，本项目一期 2 台华龙一号机组和 1 台高温气冷堆机组冷却塔正常运行时雾羽的扩散与主要风向一致，W、N 方向受影响的程度最大；且雾羽扩散范围主要集中在厂区内的有限范围，预计本项目冷却塔形成雾羽不会对周围鸟类迁徙和活动产生明显影响，且冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对附近农业生产、风景旅游区、当地生态景观和美学方面产生明显影响。

（4）下雾与结冰

江苏徐圩核能供热厂一期 2 台纯发电华龙一号机组和 1 台纯发电高温气冷堆机组的自然通风冷却塔高度分别达到 200m 和 150m 左右，具有较高的排放高度。雾羽在排出冷却塔后，由于动量和浮力作用还要向上抬升一段高度。在国外的实测和相关研究中，自然通风冷却塔的雾羽到达地面可能性是相当小的，不会导致地面结雾现象。在美国核管会 NUREG-1555 推荐的冷却塔环境影响计算模式中，也认为自然通风冷却塔不会对地面的

下雾和结冰产生明显影响。

2) 冷却塔噪声的影响预测

噪声评价的范围不应小于厂区边界或非居住区边界，并宜扩展至厂址周围敏感区或敏感目标附近。对于江苏徐圩核能供热厂一期 2 台纯发电华龙一号机组和 1 台纯发电高温气冷堆机组，非居住区边界范围内噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境功能区标准，噪声限值为昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。而厂址边界外噪声评价的敏感目标主要为厂界外东南部及南部的养殖区和边庄村，噪声标准根据敏感点所在区域的功能选定：厂界西部的东辛农场西隄 87 管理区等自然村是居住区，属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中功能区的 II 类（居住、商业、工业混杂区及商业中心区），噪声限值为昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。由于冷却塔 24 小时工作，噪声评价按照夜间标准执行。

目前阶段将纯发电华龙一号机组冷却塔设定为一个 18.24m（与进风口高度一致）高的垂直面声源。根据计算结果单台纯发电华龙一号机组自然通风冷却塔在标准点（距塔外缘边 1m，地面以上 1.2m）的设计基准噪声为 84.7dB(A)。

将纯发电高温气冷堆机组冷却塔设定为一个 9.99m（与进风口高度一致）高的垂直面声源。根据计算结果一台纯发电高温气冷堆机组自然通风冷却塔在标准点（距塔外缘边 1m，地面以上 1.2m）的设计基准噪声为 84.6dB(A)。

厂址半径 10km 调查区域地处候鸟的沿海迁徙通道，是迁徙鸟类觅食的地带，噪声对鸟类迁徙和活动的的影响将在后续资料齐全后采用工业噪声专用软件 CadnaA 对其进行预测和分析。工程噪声对鸟类的影响机制主要体现在：改变鸟类既定的声学通信，包括掩盖鸣叫包含的生物信号的检测和识别；阻碍对掠食者或猎物声音的识别；暂时或永久降低听力灵敏度；改变捕食和被捕食的压力；改变鸟类的生殖激素水平；改变鸟类种群分布等。针对人为噪音对鸟类的诸多危害，通常采用工程和管理措施来削弱其影响。如，在声源处建造隔声墙和绿化带，使噪声向外传播过程中迅速衰减；或加强噪音管制，创造安静的环境等。作为电厂噪声主要声源之一，当冷却塔在鸟类栖息地产生的噪声分贝超过该区域背景噪声时，会对鸟类产生实质性惊扰，致使鸟类飞离该区域，从而缩小其有效活动面积。由于冷却塔噪声源面积比较大，可通过对冷却塔设置隔、吸声屏障，在冷却塔面向厂界的三面构建一定高度的声屏障，在厂区内靠近自然保护区一侧设置绿化隔离带等措施，来降低噪声对鸟类活动的不良影响。

3) 小结

本工程应用 CTI 软件和计算流体软件 FLUENT 等预测了核能供热厂冷却塔雾羽的弥散以及飘滴的沉积规律，同时对冷却塔环境影响进行分析，根据江苏徐圩核能供热厂一期

江苏徐圩核能供热厂一期工程环境影响报告书（选址阶段） 第六章 核能供热厂运行的环境影响 版次：B
2台纯发电华龙一号机组和1台纯发电高温气冷堆机组海水自然通风冷却塔环境影响分析，
得出如下结论：

（1）地面沉积水量最大值出现在距离厂址中心3km附近，约为 $0.045 \times 10^{-4} \text{mm/h}$ ，与表6.1-1对比可知，此时飘滴产生的影响：用试纸较难观测。因此，飘滴产生的水沉积，不会对环境产生影响。四个季度地面飘滴沉积分布，最大水沉积量发生在秋季，距离厂址中心3km附近，约为 $0.060 \times 10^{-4} \text{mm/h}$ ，与表6.1-1对比可知，此时飘滴产生的影响：用试纸较难观测。因此，各季度飘滴产生的水沉积，不会对环境产生影响。此外江苏徐圩核能供热厂厂址区域年平均降水量约为892.0mm，飘滴引起的水汽沉降量远小于该地区的年平均降水量。因此，江苏徐圩核能供热厂一期工程2台纯发电华龙一号机组和1台纯发电高温气冷堆机组冷却塔引起的降水不会对该范围内的农田等产生影响。

（2）全年盐沉积量峰值为为 $300 \text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，出现在西偏南约 15° 方位，与冷却塔中心的径向距离2~3km区域内。主厂区内盐沉积量小于 $100 \text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ 。在植物生长期的任意一个月盐沉积量达到或超过1000千克/ $(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ 可能导致很多种类植物叶片损坏，一期两座纯发电华龙一号机组海水自然通风冷却塔和一座纯发电高温气冷堆机组海水自然通风冷却塔同时运行时，盐沉积量均小于 $1000 \text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，基本不会对植物产生危害。

（3）一期2台纯发电华龙一号机组冷却塔正常运行产生的最长阴影时间位于冷却塔中心位置NW方位约200m处，全年最大阴影时间约为1814.8小时，1814.8小时相应的最大太阳辐射能量损失为太阳辐射量的25.6%。一期1台纯发电高温气冷堆机组冷却塔正常运行产生的最长阴影时间位于冷却塔中心位置WNW方位约200m处，全年最大阴影时间约为1807.2小时，1807.2小时相应的最大太阳辐射能量损失为太阳辐射量的25.1%。雾羽的扩散范围、荫屏引起太阳辐射能量损失基本处于厂区的内部，因此，预计江苏徐圩核能供热厂一期2台纯发电华龙一号机组和1台纯发电高温气冷堆机组冷却塔形成雾羽荫屏不会对周围环境和陆生生态产生明显影响。

（4）江苏徐圩核能供热厂一期2台纯发电华龙一号机组和1台纯发电高温气冷堆机组拟采用“一机一塔”冷却塔方案。其自然通风冷却塔高度分别达到200m和150m左右，具有较高的排放高度，雾羽在排出冷却塔后，由于动量和浮力作用还要向上抬升一段高度。在国外的实测和相关研究中，自然通风冷却塔的雾羽到达地面的可能性相当小，不会导致地面结雾现象。

（5）目前阶段将纯发电华龙一号机组冷却塔设定为一个18.24m（与进风口高度一致）高的垂直面声源。根据计算结果单台纯发电华龙一号机组自然通风冷却塔在标准点（距塔

外缘边1m，地面以上1.2m）的设计基准噪声为84.7dB(A)。将纯发电高温气冷堆机组冷却塔设定为一个9.99m（与进风口高度一致）高的垂直面声源。根据计算结果一台纯发电高温气冷堆机组自然通风冷却塔在标准点（距塔外缘边1m，地面以上1.2m）的设计基准噪声为84.6dB(A)。

6.1.5 取排水管线的环境影响

本节主要依据《江苏徐圩核能供热厂一期工程陆域取排水工程环境影响评价报告》（2022年9月，南京国环科技股份有限公司）编制。本节主要对非放射性废水进行环境影响评价。

根据《江苏省国家级生态保护红线规划》，本项目不涉及江苏省国家级生态保护红线。根据《江苏省生态空间管控区域规划》，本项目不涉及江苏省生态空间管控区。本项目运行期正常情况不产生废气、废水及固废，不会对周边环境产生影响。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

（1）气态途径

本期工程规划建设2台华龙一号机组+1台HTR-PM600S高温气冷堆机组，根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值由审管部门批准。在本阶段，由于国内尚没有针对高温气冷堆的排放控制标准，暂参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定，按两台压水堆气液态流出物年排放量控制值与本工程排放设计值进行对比：

核素类别	2台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	1台高温气冷堆机组排放量设计值 Bq/a	本工程2台华龙一号机组+1台高温气冷堆机组总排放量设计值 Bq/a	本工程暂定排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.19E+14	5.10E+12	1.24E+14	1.20E+15	10.33%
碘	1.17E+09	1.18E+10	1.30E+10	4.00E+10	32.50%
粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	1.87E+08	7.00E+06	1.94E+08	1.00E+11	0.19%
氚	9.20E+12	9.80E+12	1.90E+13	3.00E+13	63.33%
碳-14	7.32E+11	5.95E+11	1.33E+12	1.40E+12	95.00%

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。

本项目厂址规划建设“4台华龙一号机组+2台HTR-PM600S高温气冷堆机组”，根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为不同堆型的多堆厂址，所

有机组的年总排放量控制值由审管部门批准。在本阶段，由于国内尚没有针对高温气冷堆的排放控制标准，暂参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的压水堆厂址气载流出物年排放量控制值与工程排放设计值比较如下：

核素类别	4台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	2组高温气冷堆机组排放量设计值 Bq/a	厂址所有机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	2.38E+14	1.02E+13	2.48E+14	2.40E+15	10.33%
碘	2.34E+09	2.36E+10	2.60E+10	8.00E+10	32.50%
粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	3.74E+08	1.40E+07	3.88E+08	2.00E+11	0.19%
氚	1.84E+13	1.96E+13	3.80E+13	6.00E+13	63.33%
碳-14	1.46E+12	1.19E+12	2.66E+12	2.80E+12	95.00%

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。

（2）液态途径

本工程规划建设 2 台华龙一号机组+1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组，根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值由审管部门批准。在本阶段，由于国内尚没有针对高温气冷堆的排放控制标准，暂参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定，按两台压水堆气液态流出物年排放量控制值与本工程排放设计值进行对比：

核素类别	4台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	2组高温气冷堆机组排放量设计值 Bq/a	厂址所有机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
氚	1.84E+14	5.53E+13	2.39E+14	3.00E+14	79.77%
碳-14	1.08E+11	-	1.08E+11	6.00E+11	17.93%
其余核素	3.80E+09	4.58E+05	3.80E+09	2.00E+11	1.90%

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。

本项目规划建设“4 台华龙一号机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”，根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值由审管部门批准。在本阶段，由于国内尚没有针对高温气冷堆的排放控制标准，暂参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的压水堆厂址液态流出物年排放量控制值与工程排放设计值比较如下：

核素类别	4台华龙一号机组排放量	2台高温气冷堆机组排放量设计	厂址所有机组总排放量设计	厂址排放量控制值	比值
------	-------------	----------------	--------------	----------	----

	设计值 Bq/a	值 Bq/a	值 Bq/a	Bq/a	
氚	1.84E+14	5.53E+13	2.39E+14	3.00E+14	79.77%
碳-14	1.08E+11	-	1.08E+11	6.00E+11	17.93%
其余核素	3.80E+09	4.58E+05	3.80E+09	2.00E+11	1.90%

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。

本工程运行状态下，核岛的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 56.4Bq/L，满足 GB6249-2011 规定的排放控制值的要求。

6.2.2 照射途径

(1) 气态途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

(2) 液态途径

本工程运行状态下，液态放射性流出物与温排水混合后排入临近海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

本工程液态流出物的接纳水体为海域，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

在大气弥散计算中：该模式对于影响大气弥散的因素进行了较为全面的考虑，进行了风摆效应、静风的分配、大气稳定度、混合层高度、建筑物尾流以及不同地形特征的修正；同时还根据排放口的特征对排放源类型进行了分类考虑，包括高架排放、地面排放和混合排放；该程序可以计算出评价区内各子区的大气弥散因子和核素浓度。

剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子(包括空气中和水中)取自美国联邦导则 12 号报告(1993)《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9，见表 6.2-1；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，见表 6.2-2。居民人口分布、食谱、生活习性数据详见本报告第二章 2.2 节和 2.3 节。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

(2) 液态途径

剂量估算计算中食入有效剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

江苏徐圩核能供热厂一期工程环境影响报告书（选址阶段） 第六章 核能供热厂运行的环境影响 版次：B
(GB18871-2002),地表沉积和水中浸没剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告(1993),
沉积吸附分配系数 Kd 取自 IAEA 安全丛书 19 号报告, 各数据见表 6.2-3。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

(1) 大气弥散

根据中国辐射防护研究院编制完成的《厂址区域气候和常规气象资料收集及统计分析报告》，厂址附近以中性（D 类）天气为主，频率为 49.98%，不稳定的 A、B、C 三类天气的频率总和为 22.4%，稳定的 E、F 类天气频率总和为 27.6%。

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $5.09E-10 \text{ s/m}^3 \sim 4.55E-07 \text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $4.84E-10 \text{ s/m}^3 \sim 4.55E-07 \text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $5.09E-10 \text{ s/m}^3 \sim 4.55E-07 \text{ s/m}^3$ 。大气弥散因子最大值均出现在厂址 WSW 方位 0-1km 处。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $7.63E-13 \text{ m}^{-2} \sim 6.83E-10 \text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $4.84E-12 \text{ m}^{-2} \sim 4.55E-09 \text{ m}^{-2}$ 。相对干沉积因子最大值均出现在厂址 WSW 方位 0-1km 处。

Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围为 $2.51E-12 \text{ m}^{-2} \sim 3.84E-09 \text{ m}^{-2}$ ，相对湿沉积因子最大值均出现在厂址 ENE 方位 0-1km 处。

(2) 水体弥散

南京水利科学研究院于 2022 年 8 月完成了液态流出物数值模拟研究，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

气载流出物中的放射性核素经大气弥散作用后，在厂址半径 80km 范围内各子区空气中的年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址方位 WSW 半径 0~1km 处，几种代表性核素的年均放射性活度浓度最大值分别为 $1.79E-07 \text{ Bq/m}^3$ (Cs-137)、 $2.28E-05 \text{ Bq/m}^3$ (I-131)、 $1.94E-02 \text{ Bq/m}^3$ (Kr-85)。

本工程运行状态下排放海域的海水水质满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的放射性指标要求，即使考虑排放海域内放射性本底与核电站液态流出物排放的叠加效应，放射性核素的浓度也均符合 GB3097-1997 中相应的放射性指标要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

本工程排水口与厂址距离很远，排水口位于厂址中心 ENE 方位，距厂址中心直线距离是 22.5km，在评价中保守考虑将排放口附近居民组的剂量结果作为所在子区的平均个人剂量。

(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 $2.78 \text{ E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.56 \text{ E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.85\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $7.77 \text{ E-}07\text{Sv/a}$ 。

（2）液态途径

本工程运行状态下，由气液态途径造成的最大个人剂量中液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为 $4.36\text{E-}08 \text{ Sv/a}$ 、 $7.44\text{E-}08 \text{ Sv/a}$ 、 $4.70\text{E-}08 \text{ Sv/a}$ 、 $3.63\text{E-}11\text{Sv/a}$ 。

本工程运行状态下，只考虑液态途径造成的最大个人剂量（成人、青少年、儿童、婴儿）分别为 $2.15\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $2.32 \text{ E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $6.82 \text{ E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $9.50\text{E-}10 \text{ Sv/a}$ 。

（3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为 $2.82\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $2.63\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.90\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $7.78\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。

本厂址规划建设“4台华龙一号机组+2台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”。“4台华龙一号机组+2台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”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 $5.64\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $5.27\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $3.80\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.56\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为 $5.64\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 2.26%。其中气态途径剂量为 $5.56\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $8.72\text{E-}08 \text{ Sv/a}$ 。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算本工程正常运行时，由于气、液态流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平，同时还计算了本厂址“4台华龙一号压水堆机组与2台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”核电机组正常运行时对生物的辐射影响。

6.2.7.1 生物的辐射效应

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

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

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类物种”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

6.2.7.4 参数选取

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

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）本工程机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

①各水生生物影响率的计算

从影响率的结果来看，本工程机组正常运行时，排放口周围 $0\sim 80\text{km}$ 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，排放口周围 $0\sim 80\text{km}$ 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程机组正常运行时，排放口周围 $0\sim 80\text{km}$ 海域范围内水生生物是安全的。

（2）全厂址“4 台华龙一号压水堆机组与 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”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，全厂址“4 台华龙一号压水堆机组与 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”正常运行时，排放口周围 $0\sim 80\text{km}$ 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，排放口周围 $0\sim 80\text{km}$ 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，全厂址“4 台华龙一号压水堆机组与 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”正常运行时，排放口周围 $0\sim 80\text{km}$ 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

（1）本工程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，本工程机组正常运行时，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，本工程正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（2）全厂址“4 台华龙一号压水堆机组与 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”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，全厂址“4 台华龙一号压水堆机组与 2 台 HTR-PM600S 高温气

“冷堆机组”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，全厂址“4 台华龙一号压水堆机组与 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”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，气液态综合排放的放射性物质对厂址半径 80km 范围内各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）各子区公众造成的个人有效剂量见表 6.2-4。由表 6.2-4 可知，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为 $2.37\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.17\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.51\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.08\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。可能的最大个人有效剂量出现在厂址 W 方位 0~1km 处，此处居住的是东辛农场西隄 87 管理区的村民，可能的关键居民组为成人（农民）组，受到的最大个人有效剂量为 $2.37\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气载途径所致的剂量为 $2.35\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $1.69\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 。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 $0.327\text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

气态途径的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 80.82%；其次为空气浸没外照射途径，约占气态途径总剂量的 16.92%；吸入空气内照射和地面沉积外照射途径分别占气态途径的 1.55%和 0.71%。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 75.45%；其它贡献较大的核素为 Ar-41 和 H-3，分别占气态途径总剂量的 16.44%和 6.60%。

液态途径的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，占液态途径总剂量的 93.88%。其次为岸边沉积外照射途径，约占液态途径总剂量的 6.12%；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 91.08%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 H-3，分别占液态途径总剂量的 6.41%和 1.33%。

气液态综合可能的关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.90\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 80.24%；其次为气态途径的空气浸没外照射途径，占气液态总剂量的 16.80%。各核素中可能的关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 $1.79\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 75.56%；另外，Ar-41 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 16.32%和 6.57%。

本厂址规划建设“4 台华龙一号机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”。“4 台华龙一号机组+2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”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 $4.74\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $4.35\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.01\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.16\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。可能的最大个人有效剂

量出现在厂址 W 方位 0~1km 处，此处居住的是东辛农场西隄 87 管理区的村民，可能的关键居民组为成人（农民）组，受到的最大个人有效剂量为 $4.74\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气载途径所致的剂量为 $4.70\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $3.38\text{E-}08$ 。可能的关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $3.80\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 80.24%；其次为气态途径的空气浸没外照射途径，占气液态总剂量的 16.80%。各核素中可能的关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $3.58\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 75.56%；另外，Ar-41 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 16.32%和 6.57%。

6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程运行状态下，气态和液态排放源项、液态途径排放的放射性核素的浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

本工程运行状态下，厂址附近水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均远小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

江苏徐圩核能供热厂一期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；
- 淡水处理系统
- 除盐水生产系统；
- 循环水处理系统；
- 循环水补水预处理系统；
- 凝结水精处理系统。

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、海水反渗透装置排出的浓盐水。

由于海水淡化预处理过程中所用的化学药品均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，含有悬浮物和氢氧化铁的沉淀泥浆水进行脱水，固体物质不排入水体，滤出液回收至气浮池进水端，不排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

江苏徐圩核能供热厂一期工程海水反渗透装置排放的浓盐水总量约 $1.72\text{ m}^3/\text{s}$ ，浓盐水

与循环水排水掺混后排放，浓盐水的温升、各关键水质的排放指标满足 HY/T 0289-2020 《海水淡化浓盐水排放要求》，不会影响附近海域的海水质量，不会降低循环水排水水质。

6.3.1.2 淡水处理系统

淡水处理过程加入的化学物质有聚合氯化铝、聚丙烯酰胺、二氧化氯。淡水处理过程中所用的化学药品用量均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，并在处理环节中消耗殆尽。净化剂反应生成物绝大部分存在于淡水厂的生产废水泥浆中。含有悬浮物和净化剂反应生成物的泥浆水经浓缩后进行脱水，形成固体物质不排入水体，污泥脱水后的滤出液排入室外生产废水管网，回用至循环水补水预处理厂房的混合池。滤出液中的化学物质以游离氯为主，且浓度小于淡水处理站饮用水出水标准，因此不会对循环水补水造成影响。

6.3.1.3 除盐水生产系统

除盐水生产系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于 2 g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的。《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。

6.3.1.4 循环水处理系统

循环水处理系统对华龙机组、高温气冷堆循环水系统的海水作连续或间断投加次氯酸钠溶液，在每座自然通风冷却塔附近的循环水泵房进水渠道投加次氯酸钠，浓度为 0.5mg/L；对华龙机组重要厂用水系统的淡水作间断投加次氯酸钠溶液，在每座机械通风冷却塔附近的重要厂用水泵房进水渠道及补水池投加次氯酸钠，浓度为 1 mg/L。可以有效控制凝汽器循环冷却水中微生物的繁殖，进而防止冷却设备的堵塞和腐蚀的产生，确保凝汽器热效率和真空度。重要厂用水系统排水排至循环水系统。

循环水处理系统对高温气冷堆厂用水系统的淡水作间断投加次氯酸钠溶液处理，在冷却塔处的集水池投加。厂用水系统排水排至高温堆循环水系统，高温气冷堆循环水系统排水排至循环水排水泵房，最终排至大海。

循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（ NH_2Cl ）、二氯胺（ NHCl_2 ）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。循环水冷却塔排水至排放口距离较远，大约为 25 公里，在排放过程中，余氯又得到进一步消耗。排至大海后，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，残余氯在海区中随着潮汐和海流的运动继续稀释与扩散，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。至排放口时，余氯浓度约为 0.1mg/L 左右。

根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为 0.1 mg/L 时，鱼的种类多样性指数下降 50%。根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为 0.05 mg/L 时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于 0.3 mg/L 时初生组织将完全受到抑制。浮游动物对氯化作用敏感性则较差，余氯浓度为 0.3 mg/L 左右时，幼鲢的不孵化率为 36%，浓度为 0.05 mg/L 时仅为 1%。可见，余氯浓度大于 0.05 mg/L 时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。根据《江苏徐圩核能供热厂液态流出物浓度场数值模拟研究报告》，徐圩核能供热厂一期工程建成后，余氯浓度为 0.05mg/L、0.04mg/L、0.03mg/L、0.02mg/L、0.001mg/L，等值线全潮最大包络面积分别为 0.01km²、0.01km²、0.02km²、0.06km²、0.26km²。

根据以上数据可见，徐圩核能供热厂一期工程余氯排放的影响区域仅在排水口附近海域，对海洋生物的影响范围有限。

在循环水系统、重要厂用水系统、厂用水系统投加的阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂采用环保产品，并且在循环冷却水系统中消耗殆尽，循环水冷却系统排污水中阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂含量极低。排海区域水量丰富，扩散稀释能力较好，初步判断阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂不会对受纳水体产生明显影响。

6.3.1.5 循环水补水预处理系统

循环水补水预处理系统产生的废水其主要化学物质是预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆。

由于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铝的沉淀泥浆水进行脱水，固体物质不排入水体，滤出液回收至过滤池进水端，不排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

6.3.1.6 凝结水精处理系统

本工程精处理再生处理过程中投加HCL和NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用使pH=6~9，然后通过废水泵送到常规岛液态流出物排放系统（WQB）。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，经估算2台华龙一号和一台高温气冷堆机组排放到环境中氨氮的浓度约1.26mg/L。氨氮排放满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准（15mg/L）。因此，不会影响附近海域的海水质量。

6.3.2 其它污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程其它生产废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，回用至循环水补水预处理厂房的混合池；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，由有资质的厂家处置。

江苏徐圩核能供热厂一期工程主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至主厂区的污水处理构筑物，厂前区各子项的生活污水通过相应管网汇集至厂前区的污水处理构筑物。主厂区和厂前区污水处理构筑物收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）车辆冲洗标准，回用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量回用至循环水补水预处理厂房的混合池。

因此，生产废水和生活污水不会对水环境造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

本项目运行后厂址内核岛部分噪声主要来源于华龙与高温气冷堆机组的运转，常规岛噪声主要来自于汽轮机、发电机、水泵、风机等设备的运转，变压器区域的主变压器运行等。

本工程为了降低对环境的影响，拟采取以下措施：

1. 设备选型时优先选择低噪声设备，在技术协议中明确设备噪声源强保证值，从源头上降低噪声，设备本身一般采取隔声、消声和减振等措施。
2. 根据设备的自重及振动特性采用合适的钢筋混凝土台座或隔振垫、减振器等，以减轻由于设备本身振动引起的结构传声对周围环境的影响。
3. 优化汽水管道布置，使介质流道顺畅；对容易产生振动的汽水管道，设计上采用增加必要的固定支吊架和减振支吊架、导向支架等措施。
4. 利用厂房墙体自身的隔声性能，必要时墙体可采取吸声、阻尼措施和安装隔声门窗，可降低设备噪声向外环境的传播。
5. 加强设备的维护和保养，确保设备处于良好的状态，杜绝因设备不正常运转时产生的高噪音现象。
6. 厂区绿化选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的职务构成绿化带，以减轻对周围声环境的影响。

根据噪声衰减公式：

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

式中： ΔL ——噪声衰减量，dB（A）；

r ——一点声源至受声点的距离

根据厂址布置平面图，本工程距离场界最近机组中心距离南场界约为 128m，根据噪声衰减公式得出 ΔL 噪声衰减量约为 53.14dB（A），再经采取上述措施后，预计能够满足国家声环境质量的标准。

6.3.2.3 电磁辐射影响

江苏徐圩核能供热厂将拟建500kV开关站，根据HJ 24-2020标准要求，采用类比法和已运行的田湾1-4号机组共用的500kV开关站、5-8号机组共用的500kV开关站的电磁辐射强度和分布的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

本工程500kV开关站与田湾核电站现有开关站比较内容见表6.3-1。

田湾核电厂厂址区域5km范围内电磁环境的主要评价结论如下：

工频电场/工频磁场：田湾核电厂厂区工频电场强度监测值在0.164V/m~1428.52V/m之间，工频磁场强度监测值在0.036 μ T~9.793 μ T之间；输电线路工频电场强度监测值范围在1.326V/m~2044.64V/m之间，工频磁场强度监测值在0.035 μ T~6.817 μ T之间；田湾核电厂厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在0.118V/m~106.80V/m之间，工频磁场强度监测值在0.038 μ T~0.087 μ T之间。根据以往工程经验，机组正常运行时，开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外0-5m处，最大磁场强度一般在中相导线的正下方附近，然后随距离增加而降低。距离田湾核电站厂址最近的居民区为位于厂址NNW方位约1.4km处的东崖屋村，此处工频电场监测值为0.371V/m，工频磁场监测值为0.043 μ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

江苏徐圩核能供热厂厂址周围的居民点距离厂址最近的自然村受已有 220kV 输电线路影响，此处工频电场强度监测值为 2.44V/m，工频磁场监测值为 0.0196 μ T。距离田湾核电站厂址最近的居民区为位于厂址 NNW 方位约 1.4km 处的东崖屋村，此处不受输电线路影响，此处工频电场监测值为 0.371V/m，工频磁场监测值为 0.043 μ T。位于田湾核电站厂址 NW 方位约 2.0km 处的大竹园村，受已有 110V 输电线路影响，此处工频电场强度监测值为 3.087V/m，工频磁场强度监测值为 0.051 μ T。所有敏感目标的工频电场/工频磁场强度监测值都远小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

由表 6.3-1 及以上分析可见，江苏徐圩核能供热厂厂址区域附近电磁辐射污染源要少于田湾核电站厂址区域。可以预见，江苏徐圩核能供热厂建成投运后 500kV 开关站对周围

环境的电磁辐射影响也能够满足国家相关标准的要求。

6.3.2.4 固体废物的影响

运行期产生的一般工业废物主要来源于淡水处理、海水淡化预处理过程中产生的污泥，以及生活污水处理过程中产生的污泥，污水处理构筑物、污水系统油水分离器调节池前格栅拦截的污物，废弃的膜组件和离子交换树脂。

本工程海水淡化气浮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。淡水处理过程、生活污水处理过程产生的污泥脱水后将泥饼外运处理；污水处理构筑物、污水系统油水分离器格栅拦截的污物定期外运处理。

海水淡化系统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素的使用情况，超滤膜元件、反渗透膜元素的使用年限为5年。膜元素的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经海水淡化处理工艺用过的废弃膜元素不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

除盐水生产工艺设计采用反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元素的使用情况，反渗透膜元素的使用年限为5年。膜元素的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经除盐水生产工艺用过的废弃膜元素不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

除盐水生产过程中废弃的离子交换树脂等，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。经除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，废弃蓄电池，机械设备、变压器维修过程中产生的、废弃的润滑油、液压油、变压器油、矿物油等，含油废水处理过程中产生的废油、废油泥，过期、废弃的底漆、面漆、油漆，常规岛凝结水精处理过程中产生的废弃离子交换树脂，厂房照明损坏、更换的含汞荧光灯管，核应急准备过期失效药品。本工程设置危险废物集中暂存设施，集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

因此，运行期间产生的固体废物不会对附近区域的环境质量造成明显影响，是可以接受的。

表 6.1-1 降水量与直观觉察的对照

降水量 (mm/h)	现象和觉察程度
低于 0.0005	用试纸较难观测
0.0005~0.005	用试纸可观测，较难引起注意
0.005~0.012	在脸部有轻微感觉不引起大的影响
0.012~0.025	光滑表面（如玻璃）湿润，轻微觉察
0.025~0.05	高湿度条件下地湿，可觉察
超过 0.05	地湿、有些水坑、易觉察
13	大雨

表 6.2-1 本工程 2 台华龙一号机组运行状态下气载流出物排放量设计值

单位：Bq/a

核素	两台机组年排放量
Kr-85m	3.52E+12
Kr-85	1.83E+12
Kr-87	4.18E+12
Kr-88	7.96E+12
Xe-133m	1.90E+12
Xe-133	6.70E+13
Xe-135	2.70E+13
Xe-138	5.06E+12
总惰性气体	1.19E+14
I-131	5.58E+08
I-132	1.19E+08
I-133	3.46E+08
I-134	2.36E+07
I-135	1.20E+08
总气载碘	1.17E+09
Cr-51	1.44E+07
Mn-54	8.40E+06
Co-57	1.32E+06
Co-58	7.10E+07
Co-60	1.67E+07
Fe-59	4.08E+06
Sr-89	2.36E+07
Sr-90	9.32E+06
Zr-95	1.49E+06
Nb-95	6.66E+06
Ru-103	2.46E+06
Ru-106	1.15E+05
Sb-125	9.02E+04
Cs-134	7.06E+06
Cs-136	4.80E+06
Cs-137	1.33E+07
Ba-140	6.26E+05
Ce-141	1.97E+06
总气载粒子	1.87E+08
H-3	9.20E+12
C-14	7.32E+11

*：C-14 中以 CO₂ 形态释放的比例保守考虑为 25%。

表 6.2-2 本工程 2 台华龙一号机组运行状态下气载流出物现实排放源项

单位：Bq/a

核素	两台机组年排放量
Kr-85m	6.26E+10
Kr-85	1.93E+10
Kr-87	7.92E+10
Kr-88	1.46E+11
Xe-133m	3.06E+10
Xe-133	1.10E+12
Xe-135	4.56E+11
Xe-138	1.22E+11
总惰性气体	2.02E+12
I-131	6.50E+06
I-132	3.70E+06
I-133	5.98E+06
I-134	3.04E+06
I-135	3.66E+06
总气载碘	2.28E+07
Cr-51	7.18E+06
Mn-54	4.20E+06
Co-57	6.60E+05
Co-58	3.54E+07
Co-60	8.38E+06
Fe-59	2.04E+06
Sr-89	1.18E+07
Sr-90	4.66E+06
Zr-95	7.46E+05
Nb-95	3.34E+06
Ru-103	1.23E+06
Ru-106	5.74E+04
Sb-125	4.50E+04
Cs-134	3.54E+06
Cs-136	2.40E+06
Cs-137	6.64E+06
Ba-140	3.14E+05
Ce-141	9.84E+05
总气载粒子	9.36E+07
H-3	7.86E+12
C-14*	4.40E+11

*：C-14 中以 CO₂ 形态释放的比例保守考虑为 25%。

表 6.2-3 本工程单组高温堆机组运行状态下的气载流出物年排放量设计值

单位：Bq/a

核素	单组年排放量
H-3	9.80E+12
C-14	5.95E+11
Ar-41	2.48E+13
Kr-83m	6.45E+09
Kr-85	5.25E+10
Kr-85m	6.05E+10
Kr-87	2.33E+10
Kr-88	9.65E+10
Kr-89	3.10E+08
Kr-90	1.32E+07
Xe-131m	1.91E+10
Xe-133	3.60E+12
Xe-133m	9.95E+11
Xe-135	2.18E+11
Xe-135m	9.90E+08
Xe-137	8.00E+08
Xe-138	6.30E+09
Xe-139	2.95E+07
总惰性气体	5.10E+12
I-131	1.19E+09
I-132	2.08E+09
I-133	3.77E+09
I-134	1.84E+09
I-135	2.86E+09
总气载碘	1.18E+10
Sr-89	1.76E+04
Sr-90	4.95E+02
Cs-134	1.83E+06
Cs-137	3.03E+06
Ag-110m	1.57E+06
Co-60	5.30E+05
Fe-55	2.28E+04
Cr-51	7.60E+03
总气载粒子	7.00E+06

表 6.2-4 本工程 2 台华龙一号机组运行状态下的液态流出物年排放量设计值

单位：Bq/a

核素	两台机组年排放量	核素	两台机组年排放量
I-131	1.08E+09	Te-131m	3.20E+04
I-132	6.18E+07	Te-131	1.41E+05
I-133	2.48E+08	Te-132	8.80E+05
I-134	8.88E+06	Te-134	2.90E+05
I-135	7.16E+07	Ba-140	3.42E+06
Cs-134	8.08E+07	La-140	2.04E+04
Cs-136	3.00E+07	Ce-141	9.42E+04
Cs-137	1.09E+08	Ce-143	9.00E+04
Cs-138	2.98E+07	Pr-143	6.96E+04
Sr-89	1.95E+06	Ce-144	5.04E+04
Sr-90	3.20E+04	Pr-144	4.92E+04
Y-90	2.84E+03	Cr-51	3.46E+07
Y-91	5.70E+04	Mn-54	1.15E+06
Sr-91	1.63E+05	Fe-59	7.60E+05
Sr-92	2.16E+05	Co-58	4.84E+07
Zr-95	8.50E+04	Co-60	6.30E+07
Nb-95	6.68E+04	Ag-110m	8.42E+06
Mo-99	5.22E+06	Sb-124	1.34E+07
Tc-99M	1.94E+05	其余核素（除氚、 C-14）	1.90E+09
Ru-103	8.50E+04	H-3	9.20E+13
Ru-106	1.82E+04	C-14	5.38E+10

表 6.3-1 江苏徐圩核能供热厂与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

	江苏徐圩核能供热厂	田湾1-6号机组
建设规模	“4台华龙一号压水堆机组+2台HTR-PM600S高温气冷堆机组”	田湾一、二期工程2*1060 MW 田湾5、6号机组2*1000 MW 田湾7、8号机组2*1200MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内电磁辐射源	拟建1个500kV开关站、拟建一个220kV开关站，拟建6台主变压器	已建2个500kV开关站，已建1个220kV辅助开关站，已建6台主变压器
厂区外电磁辐射源	1座500kV变电站、1条拟建500kV输电线，1条拟建220kV输电线，2条500kV输电线，5条220kV输电线	3条500kV输电线，1条220 kV输电线，2条110 kV输电线

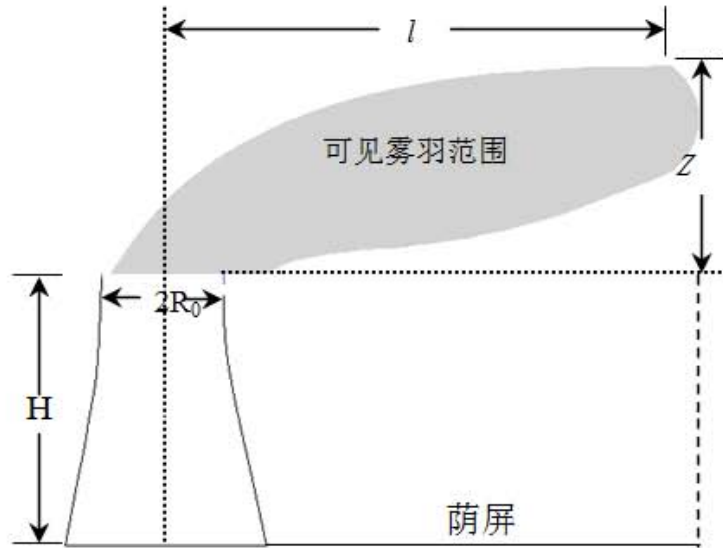


图 6.1-1 可见雾羽范围

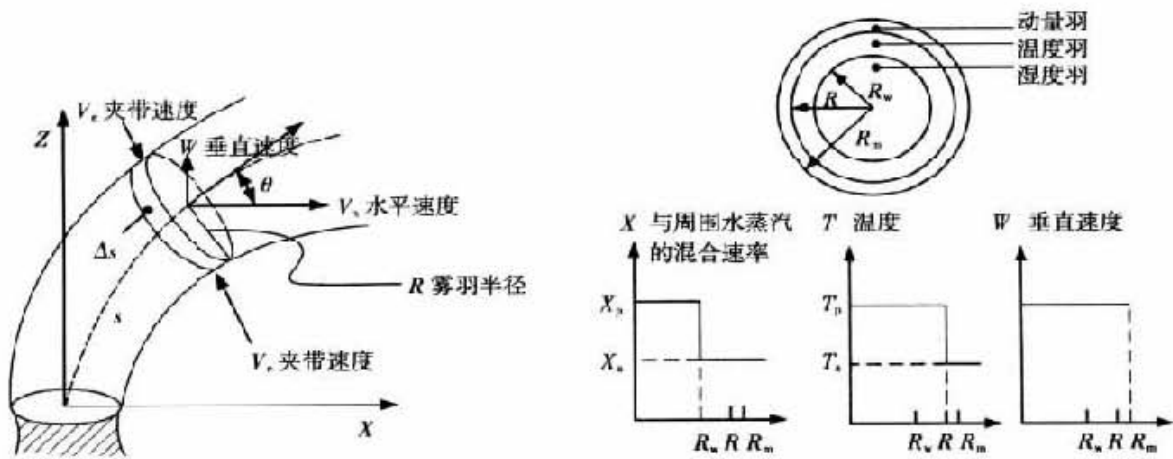


图 6.1-2 雾羽数学模型

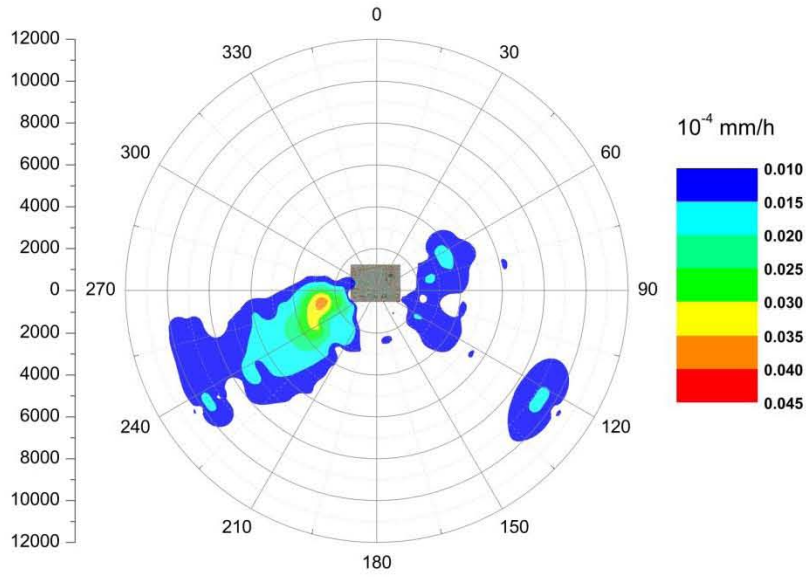


图 6.1-3 一期工程全年平均地面沉积水量分布

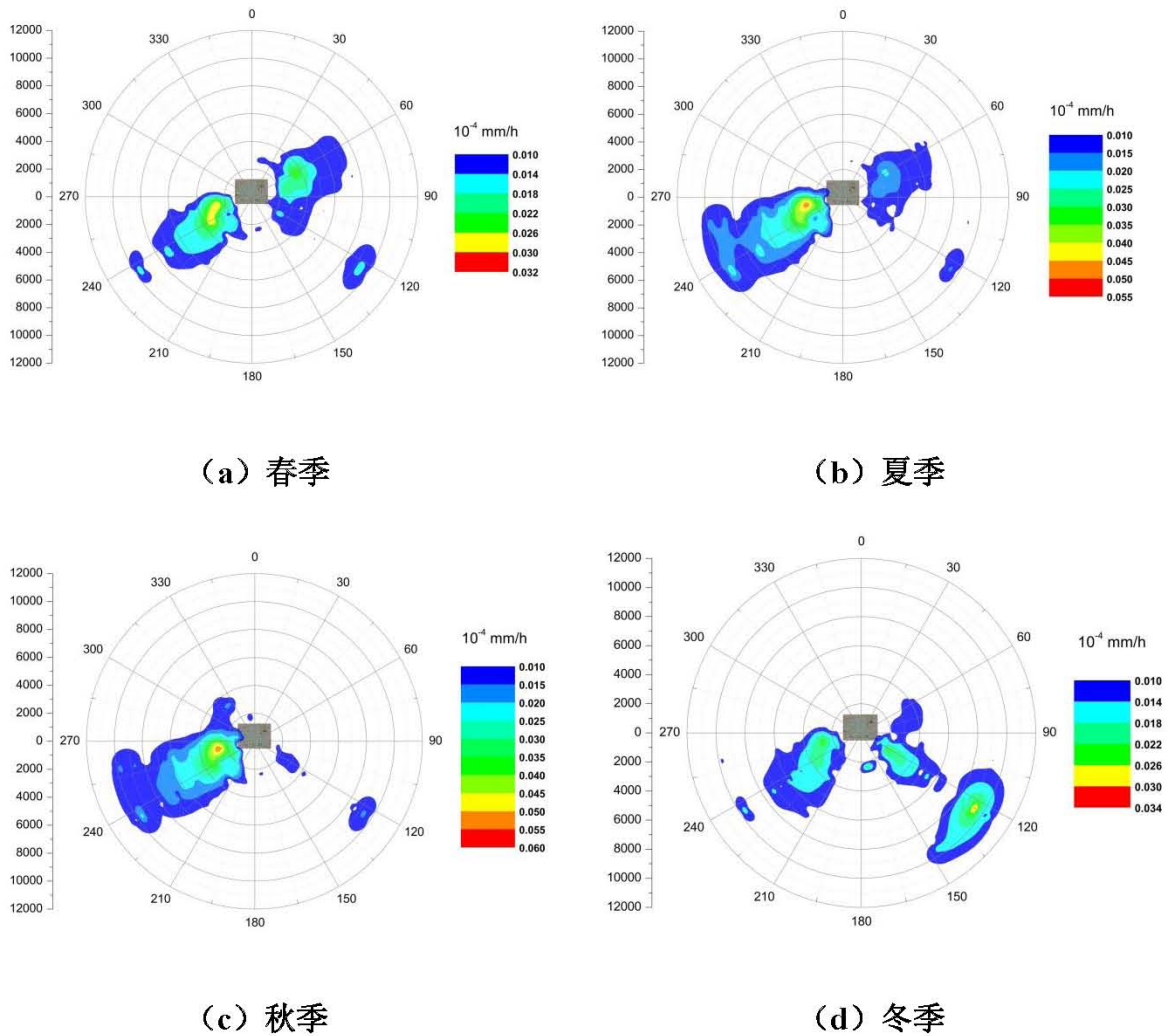


图 6.1-4 一期工程四个季度平均地面沉积水量分布

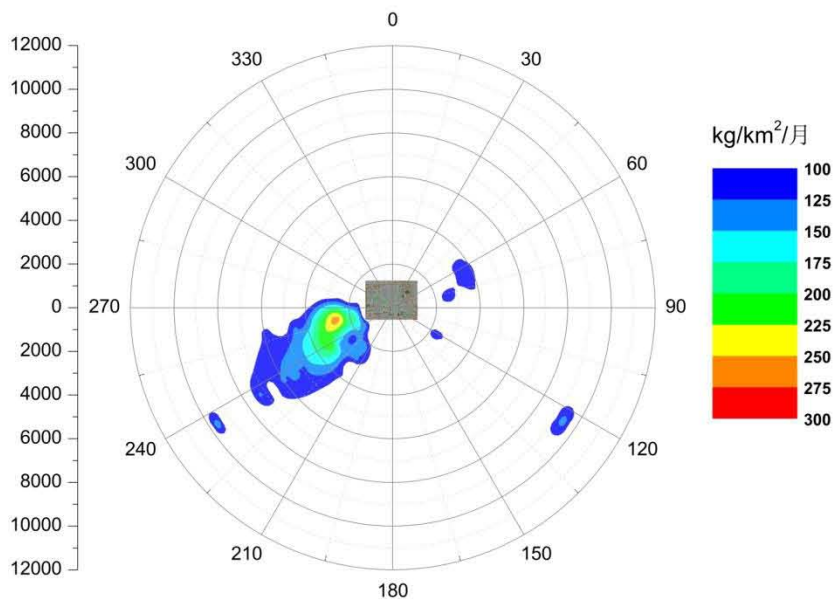
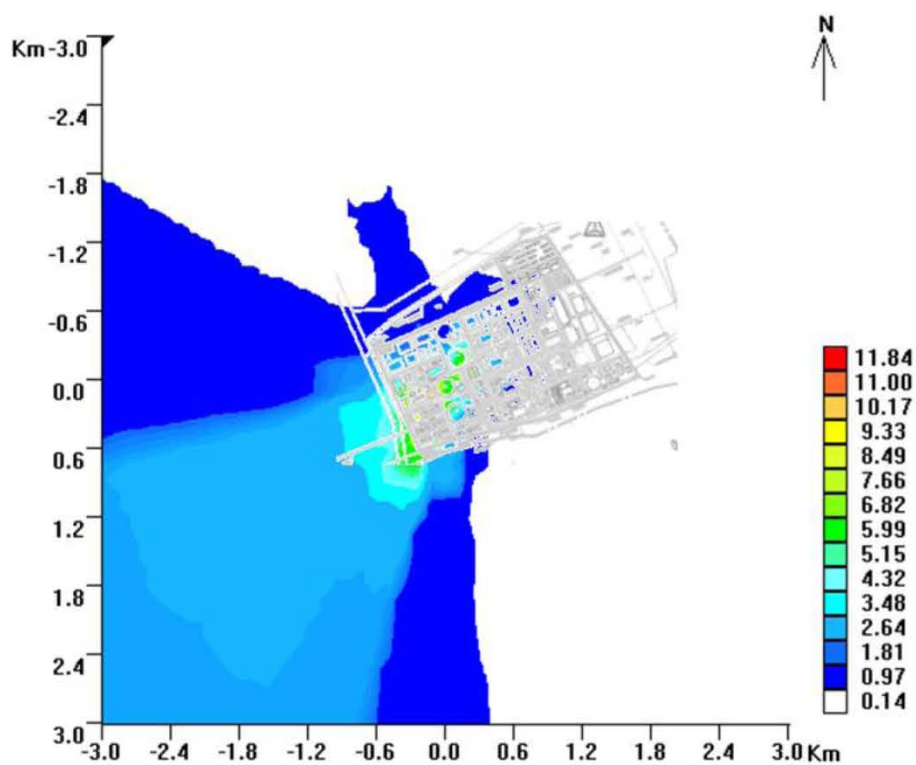
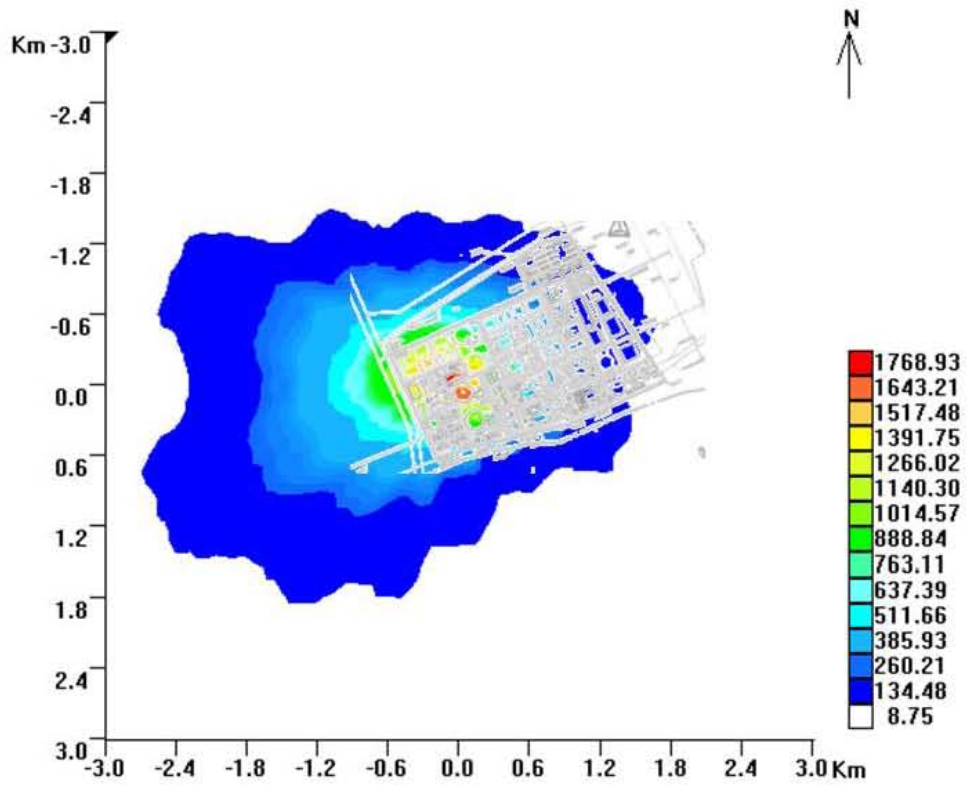


图 6.1-5 一期工程全年平均盐沉积分布



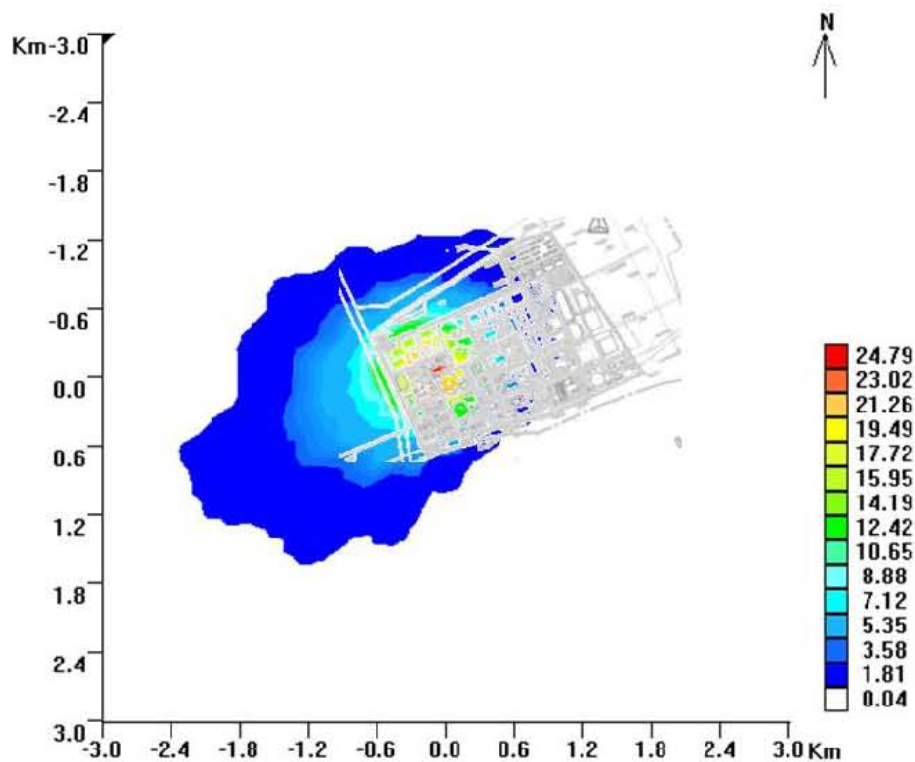
单位：%

图 6.1-6 一期工程两台华龙一号机组全年平均雾羽长度频率分布



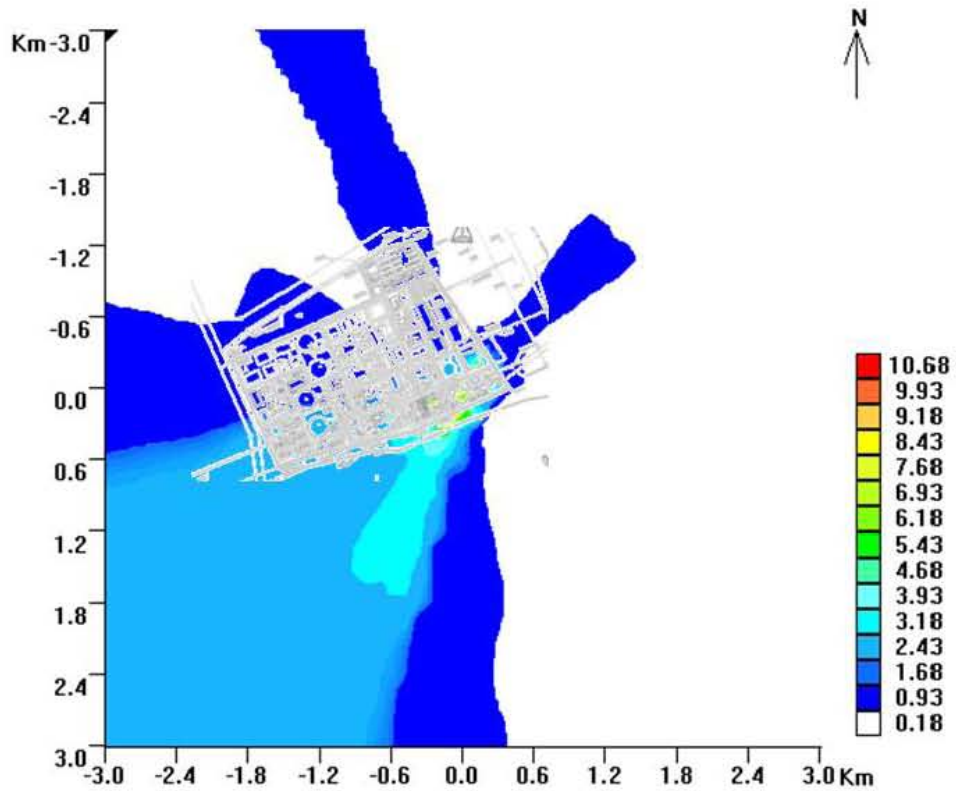
单位：h

图 6.1-7 一期工程两台华龙一号机组全年累计荫屏小时数



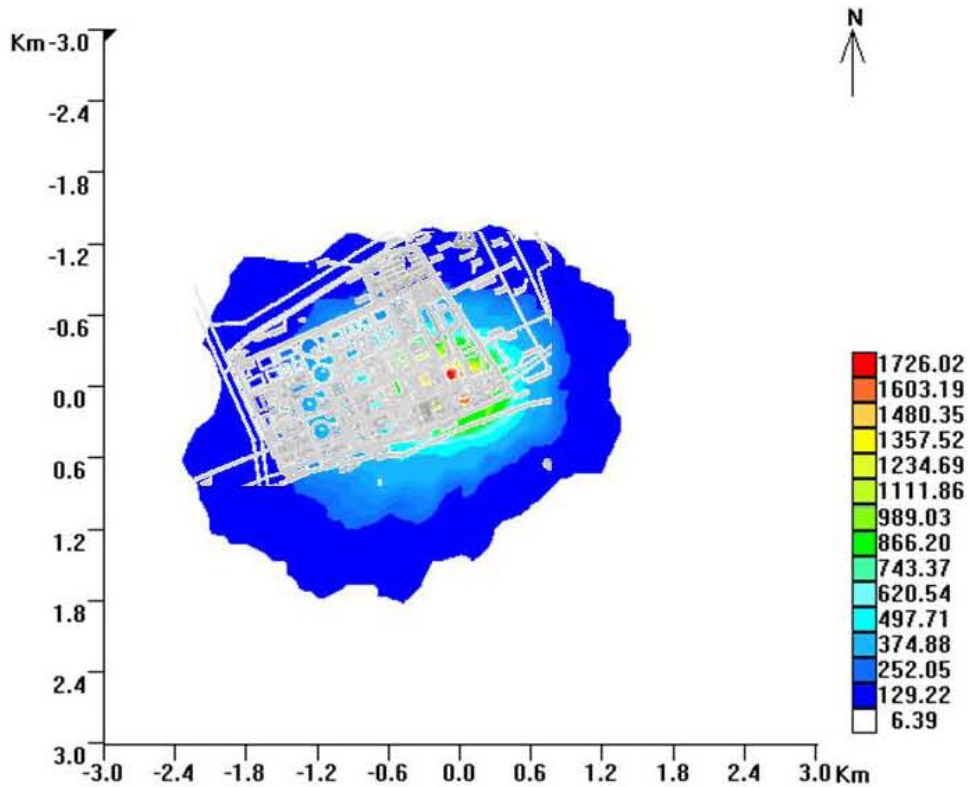
单位：%

图 6.1-8 一期工程两台华龙一号机组太阳辐射损失百分比



单位：%

图 6.1-9 一期工程一台高温气冷堆机组全年平均雾羽长度频率分布



单位：h

图 6.1-10 一期工程一台高温气冷堆机组全年累计荫屏小时数

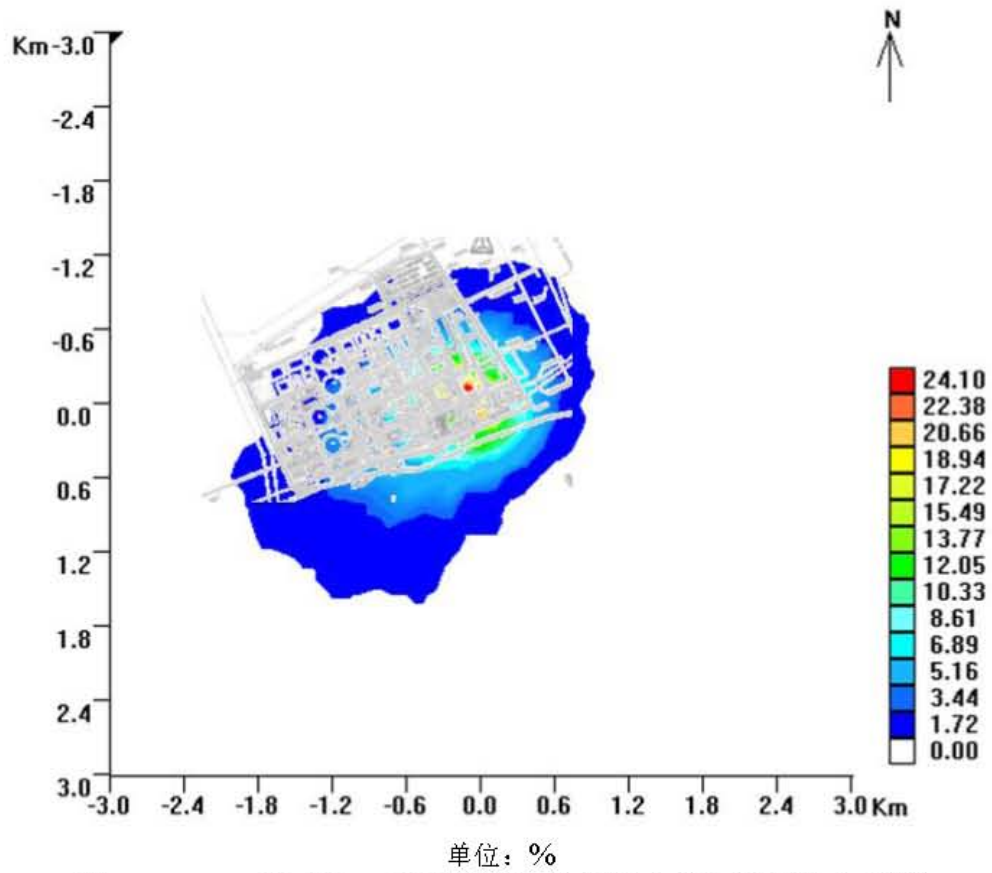


图 6.1-11 一期工程一台高温气冷堆机组太阳辐射损失百分比

第七章 事故的环境影响和环境风险

7.1 核能供热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 厂内运输事故

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 其他事故

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 核能供热厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

江苏徐圩核能供热厂首套供热工程按“2台华龙一号压水堆机组与1台HTR-PM600S高温气冷堆机组”建设。

参照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在厂址审批阶段，应对选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。在此对本工程选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

7.1.1.1 事故描述

7.1.1.1.1 华龙一号事故描述

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

7.1.1.1.2 高温气冷堆事故描述

本工程根据《核动力厂环境辐射防护规定》选取选址假想事故序列，超设计基准事故一回路进水事故类中的蒸汽发生器一根传热管双端（2F）断裂叠加第一安全阀回座失败（事故序列发生频率为 2.57×10^{-7} /堆年），在选择分析的事故中剂量后果最大，因此选其作为测算非居住区和规划限制区大小的选址假想事故。

7.1.1.2 事故源项

7.1.1.2.1 华龙一号事故源项

“华龙一号”机型设计采用双层安全壳，双层安全壳环形空间在正常及事故工况下均通过排风维持负压，因此可有效包容内壳泄漏到环形空间的放射性物质，并通过环形空间安全系列过滤排放，进一步控制向环境的放射性释放。

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

7.1.1.2.2 高温气冷堆事故源项

放射性释放主要来源如下：

- a. 稳态下一回路冷却剂中的放射性在安全阀开启后释放。
- b. 蒸汽发生器内表面沉积的放射性同水发生物理和化学反应（冲刷作用）而被冲洗进入一回路冷却剂。
- c. 水蒸汽与燃料元件基体石墨发生水煤气反应，使燃料元件遭到腐蚀，被腐蚀的基体石墨中吸附的放射性进入一回路冷却剂。
- d. 水/汽与破损燃料颗粒核芯反应造成其中的惰性气体和碘释放进入一回路冷却剂。
- e. 事故后的堆芯升温将造成燃料元件中放射性裂变产物的附加释放。

对于华龙一号机组，采用设计基准大破口失水事故（DBALOCA）作为选址假想事故，该事故考虑了堆芯熔化；对于高温气冷堆，采用超设计基准事故一回路进水事故类中的蒸汽发生器一根传热管双端（2F）断裂叠加第一安全阀回座失败（事故序列发生频率为 2.57×10^{-7} /堆年）作为选址假想事故。考虑到高温堆具有固有安全性，不会发生堆芯熔化的严重事故，华龙一号机组为压水堆堆型，其选址假想事故源项考虑了全堆芯熔化，经比对，华龙一号选址假想事故源项相比于高温气冷堆源项具有包容性，故本报告考虑华龙一号机组选址假想事故源项为包容源项，并以此开展非居住区边界相关测算。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

利用 NB/T 20182-2012《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》推荐的计算模式计算用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子。依据灌云气象站 2014 年 4 月 1 日至 2020 年 3 月 31 日共 6 年风向、风速、大气稳定度三维联合频率，以及 P-G 扩散参数，计算各方位 99.5% 概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95% 概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

在事故释放期间，考虑公众受到烟云外照射和空气吸入内照射两种途径的影响。

外照射剂量转换因子取自 GB18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002，甲状腺内照射剂量转换因子取自于 ICRP71 号报告；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺剂量转换因子，则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。采用厂址 2028 年的预期人口数据计算集体剂量。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

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

7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，采用华龙一号机组选址假想事故源项为包络源项，距反应堆中心 500m 处的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 $3.66E-02$ 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 $7.53E-03$ Sv，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 14.64%和 3.01%；厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 4580 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 22.90%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），采用华龙一号机组选址假想事故源项为包络源项，在采用保守计算假设的条件下，距反应堆中心 500m 处剂量后果满足标准规定的非居住区剂量控制值；距反应堆中心 5000m 处的剂量后果满足标准规定的规划限制区剂量控制值；厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量满足标准规定的集体剂量控制值。从事故剂量后果的角度来看，厂址是适宜的。

7.2 厂内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.1.1 华龙一号新燃料运输事故

本项目选用的新燃料组件运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料芯块散落的情况。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

7.2.1.2 高温气冷堆新燃料运输事故

本项目采用的新燃料运输容器，设计和制造满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

运输容器的性能可在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生变形，也不会发生临界事故，同时也不会发生燃料散落到容器外部的情况。此外新燃料未经辐照，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

7.2.2.1 华龙一号乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国每年都进行大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.2.2.2 高温气冷堆乏燃料运输事故

乏燃料在中间贮存后，可将放射性活度和余热都衰变到很小的乏燃料贮罐放入屏蔽转运容器，然后可将装入乏燃料贮罐的屏蔽容器运送到乏燃料后处理厂或最终贮存场址进行处置和永久贮存。

当需要将乏燃料贮罐从厂区内的贮存库转移到厂区外的中间贮存库以及后处理厂或永久贮存厂址时，需要通过厂外运输车和屏蔽运输容器进行操作。

从在堆贮存的贮存库向外运输乏燃料贮罐时，可将乏燃料贮罐通过地车屏蔽罩成套装置装入屏蔽运输容器内，然后用转运吊车将载有乏燃料贮罐的屏蔽运输容器吊装到转运汽车上，转运汽车可运载屏蔽运输容器进行厂内外运输。

乏燃料运输将遵循 HAF501《中华人民共和国核材料管制条例》、GB11806《放射性物

品安全运输规程》、GB/T17230《放射性物质安全运输货包泄漏检验》和国务院令第 562 号《放射性物品运输安全管理条例》等规范要求，确保乏燃料运输容器在承受正常运输条件和运输事故后，仍能保证其密封性能与屏蔽性能满足安全要求。乏燃料运输过程中的事故主要包括高空跌落、跌落穿刺、火烧、水浸，按国家标准，在上述事故工况下，仍然保证乏燃料的有效包容和临界安全。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

华龙一号产生的废树脂和废活性炭收集在 NH 厂房和 QF 厂房的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到废物处理中心进行处理，经封盖和剂量检测后再转运至废物处理中心内固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废树脂、废活性炭的槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂在通过软管输送过程中发生泄漏。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\ \mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

华龙一号产生的浓缩液收集在 QF 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经处理后通过浓缩液屏蔽运输车转运至废物处理中心内固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心处理后送至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。废过滤器芯和浓缩液屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个内置废滤芯定位装置的 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过 2mSv/h ，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\ \mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

华龙一号产生的杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后送至废物处理中心内固体废物暂存库暂存。

高温气冷堆核岛厂房内产生的废弃零件以及其他废物在产生源头按照性质进行分类、

收集，汇总后通过专用运输车辆运送到华龙一号废物处理中心处理后，在送至固体废物暂存库。废排风过滤器芯通过干废物专用运输车转运到华龙一号废物处理中心处理后，在送至固体废物暂存库。氦净化系统尘埃过滤器及燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘为高温气冷堆的特种废物。根据目前已有资料，初步考虑将氦净化系统尘埃过滤器装入 FA-III 钢箱中，通过屏蔽运输车转运至废物处理中心进行水泥固定。燃料装卸系统的粉尘收集罐收集的石墨粉尘装入 200L 钢桶并封盖处理后，通过屏蔽运输车送至废物处理中心厂房内固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全，运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施，降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。放射性废物运输车辆司机上岗前经过驾驶训练和培训，在运输过程中严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

7.3 其他事故

在本项目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、化学物品泄漏等）。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，在选址阶段应考虑在核事故时执行应急计划的可能性。如果推荐的核设施厂址在制定和执行应急预案方面出现难以克服的特殊困难，则可以成为不选择该厂址的充分理由。

7.4.1 厂址周围的人口分布

截止 2019 年底，厂址半径 15km 范围内无 10 万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围内无 1 万人以上的乡镇。

厂址半径 5km 范围内有 4 所学校、1 家医院，2 家敬老院。厂址 5km 范围内无幼儿园、无监狱、无规模以上的工矿企业、无风景名胜区、无自然保护区、无森林公园、无文物古迹。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

厂址半径 15km 内共有 4 个气象站，可为核能供热厂事故应急提供长期与实时的基础资料。根据实地调查，厂址附近除部分区域外，中国移动、联通、电信信号实现全覆盖。

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

和幫助。

7.4.3 厂址周围交通条件

厂址半径 15km 范围属于连云港市，连云港市公路通达能力良好，高速公路形成以 G15 沈海高速、G25 长深高速、G30 连霍高速为主骨架的“两纵一横”布局，实现了市到县、县到县的高速公路联网畅通。厂址 15km 范围内，主要有青盐铁路、连盐铁路徐圩支线（青盐铁路支线）、及上合组织物流专用线。

7.4.4 小结

从现有厂址环境条件看，江苏徐圩核能供热厂厂址半径 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 范围内有 4 所学校、1 家医院、2 家敬老院，这些特殊人群在制定与实施应急预案时需要加以特殊考虑。除此之外，厂址半径 5km 范围内无监狱、无规模以上的工矿企业、无风景名胜区、无自然保护区、无森林公园、无文物古迹。厂址的气象、通讯、公安及消防条件有利于应急预案的实施，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预案难以克服的困难。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

本工程的运行期间流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。其中，气载和液态放射性流出物是造成环境污染和居民受照剂量负担的主要源项，因此在流出物监测中对气载和液态放射性流出物进行重点监测。

放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规标准和本工程的实际情况制定。

8.1.1.1 监测依据

本工程制定流出物监测方案的主要依据

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB 11217-89）；
- 《核电厂事故监测仪表准则》（GB 13627-2010）；
- 《核仪器与核辐射探测器质量检验规则》（GB/T 10257-2001）；
- 《液态排出流和地表水中放射性核素监测设备》（GB/T 10253-2012）；
- 《核电厂安全重要仪表和控制功能分类》（GB/T 15474-2010）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》（GB/T 7165.1-2005）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.2-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.3-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.4-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.5-2008）；
- 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 1 部分：一般要求》（GB/T 12726.1-2013）；

- 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》（GB/T 12726.2-2013）；
- 《核设施烟囱和管道释放气载放射性物质的取样和监测》（ANSI N13.1-2011）；
- 《压水堆核电厂房固定式辐射监测系统设计准则》（EJ/T 1180-2005）；
- 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发[2012]16 号文件）；
- 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体技术要求（试行）》（环发[2014]49 号文件）；
- 《核电厂流出物放射性监测技术规范》（国核安发[2020]44 号）。

8.1.1.2 监测目的

本工程机组运行期间流出物监测目的

- 监测释放到环境中的气载和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值和工程本身规定的排放管理目标值；
- 为判明本工程的运行以及放射性废物的处理和装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- 为评价环境影响提供放射性测量数据和资料；
- 迅速发现有无计划外排放和事故排放，为鉴别排放性质、种类及其程度提供监测数据，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理的排放，可为本工程在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.3 监测原则

本工程机组运行期间流出物监测方案的制定和监测系统设计遵循的主要原则

- 满足国家标准法规及国家生态环境部在多堆厂址统一管理规定上的要求；
- 对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- 对于定期排放，进行取样分析；对于存在计划外释放可能性的排放途径，应进行连续监测且仪表有足够宽的量程；对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物的流量、温湿度及气象参数等；

- 根据国家标准规定的年排放控制值和浓度限值，制定合理的排放控制值和仪表的报警阈值；

- 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.4 气载放射性流出物监测

本工程采用“融合华龙一号”三代核电技术，均为单堆布置，核岛反应堆厂房、燃料厂房、辅助厂房、附属厂房、安全厂房等的放射性排放经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放。本工程采用单机组布置方案，每个机组设有一个排风烟囱，常规岛放射性气体均送至核岛烟囱统一进行排放，因此，气载放射性流出物监测集中对核岛烟囱进行监测，并对烟囱排气进行取样测量。

(1) 本工程华龙一号机组气载流出物监测

- 气载放射性流出物连续监测

本工程两台华龙一号机组各设一个排风烟囱。每个烟囱设：烟囱排气气溶胶活度监测道，烟囱排气碘活度监测道，烟囱放射性惰性气体监测。

- 气载放射性流出物取样测量

与烟囱连续监测设备并行设置了连续取样设备，对烟囱气载流出物中的气溶胶、碘、 ^3H 、 ^{14}C 流出物样品进行连续取样，对惰性气体样品进行定期取样，样品送至实验室进行分析。利用样品分析的数据，连续监测仪器测得的数据以及烟囱排放总流量可计算出核能供热厂通过烟囱向环境中排出的总活度。

(2) 本工程高温气冷堆机组气载流出物监测

正常运行工况下向环境释放的气载放射性流出物的主要来源有：

- 安全壳中空气的活化；
- 一回路冷却剂系统的泄漏；
- 氦净化系统再生时的污染氦气释放；
- 燃料装卸装置的气体抽空系统的释放；
- 对受放射性污染设备进行保养和检修时的排放。

以上气体由核岛排风系统收集，经由预过滤器、高效过滤器、后置过滤器、碘吸附器等对气载放射性物质进行过滤吸附，并进行放射性监测，之后经烟囱排到空气中。

A. 放射性气溶胶监测通道：

- 测量气态排出流中气溶胶的浓度活度和总排放活度；

- 当超过气溶胶预定的体积活度或预定的总排放活度时，启动报警信号；
- 将取样获得的气溶胶样品送至实验室进行后续的检测分析，获得更准确的放射性核素成分及活度信息。

B. 碘监测通道：

- 测量气态排出流中放射性总碘的体积活度和总排放活度；
- 当超过放射性总碘预定的体积活度或预定的总排放活度时，启动报警信号；
- 将取样获得的放射性总碘样品送至实验室进行后续的检测分析，获得更准确的碘核素活度信息。

C. 惰性气体监测通道：

- 测量气态排出流中放射性气体的体积活度及其随时间的变化以及总排放活度；
- 当超过惰性气体预定的体积活度或预定的总排放活度时，启动报警信号；
- 将取样获得的惰性气体样品送至实验室进行后续的检测分析，获得更准确的气体中放射性核素成分及活度信息。

综上可以确定给定期间排放的放射性气体的活度和放射性气体混合物的成分信息。

D. ^3H 监测通道：将取样获得的 ^3H 样品送至实验室进行检测分析，获得排出流中的 ^3H 活度浓度信息。

E. ^{14}C 监测通道：将取样获得的 ^{14}C 样品送至实验室进行检测分析，获得排出流中的 ^{14}C 活度浓度信息。

F. 事故监测功能：

11CFS20 系统的惰性气体放射性活度连续监测道，用于事故及事故后连续监测向环境排放的气体排出流中放射性惰性气体的活度浓度或总活度，具体功能如下：

- 测量事故和事故后向环境排放的气体排出流中放射性惰性气体的总浓度及其随时间的变化；
- 测量事故和事故后的某一给定时间内向环境排放的放射性惰性气体的总活度；当排放的放射性气体的体积活度或排放的总活度超过预定值时，给出报警信号。

8.1.1.5 液态放射性流出物监测

(1) 本工程华龙一号机组液态放射性流出物监测

- 液态放射性流出物连续监测

本工程设置核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房。核岛液态流出物

排放厂房主要收集、贮存核岛废液排放系统废液；常规岛液态流出物排放厂房主要收集、贮存常规岛废液排放系统废液。在厂房各设置一套临线介质活度监测仪，其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液浓度，以验证实验室所分析的排放前贮罐中的样品浓度，同时监视已分析过的废液贮罐废液是否在排放。当排放废液活度浓度超过预定阈值或仪表出现故障异常报警时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。低放液体排放监测道是非安全级设备，无抗震要求。

- 液态放射性流出物取样测量

在核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房的废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性；样品在实验室中采用高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 测量仪及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

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

(2) 本工程高温气冷堆机组液态放射性流出物监测

反应堆运行及检修期间产生的放射性废液主要包括以下几种：

- 氦净化系统（正常运行工况及事故工况下的净化）产生的冷凝液；
- 二回路泄漏水；
- 集水坑和泄漏的废液；
- 来自去污间的废液；
- 来自实验室的废液；
- 设备去污及地面冲洗废液；
- 洗衣房废水；
- 淋浴及卫生间排水；
- 生蒸汽的冷凝水。

以上放射性废液经废液处理系统进行收集和处理后进行槽式排放，即先排至两个监测水箱内，充满后再取样分析，达标后方可排放，如发现超标，则返回重新处理，直到达到国家标准 GB18871-2002、GB6249-2011 以及为本工程所制定的管理目标值为止。

- 排放前的取样

液态放射性流出物系统在液体放射性废物处理系统的监测罐处设置取样口，对待排的水充分混合后进行取样，送至放化实验室进行放射性总 β 活度浓度（不包括 ^3H ）的测量以及必要的核素分析。如果总 β 活度浓度超过排放浓度管理目标值时，废水需返回处理，反之可排放，同时记录测量值，控制排放不超限值。在常规岛的凝结水精处理的废水池、二回路排水放射性监测池、含油废水调节池上分别设置取样口，对待排放的水进行取样。所取排放水样送至放射性实验室用液闪进行 ^3H 测量。测量数据发送到DCS系统进行记录、存档，如果发现 ^3H 水平异常增高，则安排进一步检查，如检查一回路 ^3H 的净化能力等，以决定是否需要维修或进行氦净化系统再生等。

对于取样测量，应在取样前对液体存放罐中存放的所有待排液体进行充分的搅拌，以保证所取水样的代表性。对于在线监测，因为系统所设置的低放液体 γ 活度监测仪，是串联在监测罐排放管道进行直接测量的，所以不存在取样代表性的问题。

- 排放过程中的在线监测

系统在排放管道上设置液体低放 γ 活度监测仪，对排放液体的放射性总 γ 进行在线连续监测。如果监测仪表出现故障或者异常报警，则关闭排水泵，停止排放；如果测量值超过排放浓度管理目标值，则通过控制系统阀门，将废水返回监测罐，查明原因后再决定是否返回废水罐。

8.1.1.6 配合地方环保部门监督性监测

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

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

8.1.2 辐射环境监测

本工程为了确保运行期间的放射性流出物对周围环境和居民的影响符合国家的有关规定，将在首次装料前制定环境监测大纲，并按照大纲开展运行期间的环境监测。本阶段的环评报告简要描述本工程运行后拟建设的环境监测设施及监测方案。

运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- 《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；
- 《环境 γ 辐射剂量率技术规范》（HJ1157-2021）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- 《环境辐射监测中生物采样的基本规定》（EJ527-90）；
- 《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》（国核安发[2012]98号文）；
- 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发[2012]16号文件）。

8.1.2.1 监测目的

运行期间环境监测的目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估本项目排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- 及时发现环境介质中放射性活度的变化，并查找原因，以便采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.2 监测方案

本工程运行期间环境辐射监测初步方案的基本测量内容、范围及频次等。

8.1.2.3 监测范围

依据国家有关法规和本工程所在厂址的具体情况，在进行常规环境辐射监测时，应与运行前的辐射环境本底调查工作相衔接，充分利用运行前环境调查所获得的资料。常规环

境辐射监测的 γ 辐射水平的调查范围半径一般取20km，其余项目的调查范围半径一般取10km。

8.1.2.4 布点原则

本工程运行期间环境监测布点将结合运行前连续两年的放射性本底调查结果具体制定。同时为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则及因素有：

- (1) 陆地监测点以厂址为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- (2) 对主导风下风向及环境敏感点适当增加监测点；
- (3) 与运行前环境调查保持适当比例的同位点；
- (4) 环境 γ 辐射监测点及气载放射性物质取样点重点布置在厂区主导风向的下风向厂区边界附近区域，周围没有高大的树木、建筑物；
- (5) 海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- (6) 土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- (7) 考虑项目厂址区域附近地区的地形条件；
- (8) 气象塔及气象观测站的位置应适当远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况；站位设置尽量与大气扩散试验站址一致，保持数据的可延续性；
- (9) 充分利用运行前的调查资料，在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。

8.1.2.5 监测项目

本工程运行期间主要计划进行以下项目的监测工作：

- (1) 气象参数测量
 - 风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射。
- (2) 环境 γ 辐射水平监测
 - 大气中环境 γ 辐射水平的连续监测；
 - 环境 γ 辐射累积剂量监测；
 - 非连续监测的瞬时剂量率。
- (3) 环境介质放射性核素浓度监测
 - 大气

气溶胶： ^{90}Sr 及 γ 谱分析；

大气沉降物： ^{90}Sr 及 γ 核素分析；

空气中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 。

- 水监测

降水： ^3H ；

饮用水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 核素分析；

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

地下水： ^3H 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱，可选择部分点位分析 ^{14}C 。

- 陆生生物

肉类、水果、粮食、蔬菜等样品： ^3H (TFWT,OBT)、 ^{14}C 、 γ 核素分析，每类至少选择一个样品进行 ^{90}Sr 分析；

牛奶：进行 ^{131}I 分析测量；

指示生物： ^{90}Sr 和 γ 核素分析。

- 海洋介质

海水：总 β 、 ^{40}K 、 ^3H ，可选择部分点位分析 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱；

海洋沉积物： ^{90}Sr 及 γ 谱分析，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ；

海洋生物样品： ^3H (TFWT,OBT)、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 谱分析。

- 土壤及底泥

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

8.1.2.6 测量方法

根据监测任务和样品的种类拟采取以下不同的测量方法：

(1) 实验室分析测量（对环境介质样品）

- 物理测量和分析：使用低本底 α/β 测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底 γ 谱仪等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 γ 能谱核素分析、 ^3H 和 ^{14}C 放射性活度测量；

- 放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的 ^{90}Sr 等核素进行测量分析。

(2) 固定式环境 γ 辐射监测和流动的辐射监测

- 设置环境 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/应急监测车进行本工程周边环境 γ 辐射监测，车上设有车载 γ 剂量率监测仪、便携式 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率监测仪等设备。

（3）气象观测

- 在气象塔及地面设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测厂区的局部气象状况。

8.1.2.7 地方环保部门的监督性监测

为了大力配合地方环保部门监督性监测工作的实施，本工程考虑主要从以下几个方面保证对监督性监测的支持：

- （1）为地方环保部门现场监测提供方便，包括人员出入支持、人员配合、水电及监测场地的支持等；

- （2）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解；

- （3）根据有关规范要求配合江苏省环保部门建设监督性监测设施。

8.1.3 应急监测

事故工况下的环境应急监测是项目应急计划的重要组成部分，本工程将制定应急环境监测大纲，对监测原则、监测方法和步骤、监测项目、监测路线、监测组织机构、监测数据发布等做出规定。在事故工况下，根据应急监测大纲对环境中 γ 辐射水平及大纲中规定的环境介质进行快速取样，样品根据大纲要求和有关测量程序进行放射性测量。

可参与应急环境监测的监测设施和设备主要包括：

（1）环境辐射与气象监测系统：

- 环境监测站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 72 小时的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。

- 环境监测车/应急监测车和环境介质取样车：监测车内配备便携式放射性测量和取样设备以及气象设备，可以快速给出 γ 辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等。

- 气象站：气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及设置在厂外环境 γ 辐射监测站的风速风向传感器。

- 移动式环境 γ 辐射监测子系统：考虑到极端外部事件下环境监测站可能受到损坏，因此考虑设置可在事故后投入使用的移动式环境 γ 辐射监测子系统，作为 γ 辐射水平监测

的补充手段，以快速恢复环境监测能力。

（2）环境实验室

环境实验室拟建设在本工程的烟羽应急计划区外，以避免事故情况下对环境实验室测量的影响，使其在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

在核能供热厂机组运行前，将委托供热厂编制温排水监测方案，并在运行期间按照计划定期完成核能供热厂的温排水监测。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物和生活污水对水环境的影响，计划对非放射性污染物进行监测，主要监测项目包括水温、pH 值、COD、BOD₅、余氯、氨氮、总氮、总磷、石油类、悬浮物、阴离子表面活性剂、色度、盐度等。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

（1）华龙一号流出物实验室

华龙一号机组流出物实验室用于监测本工程气载和液态流出物的样品，以确定被排放气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。

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

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

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

（2）高温气冷堆流出物实验室

高温气冷堆流出物实验室与放化实验室拟采用联合建设，拟设在核辅助厂房，由总 γ

和 γ 谱分析间、总 α 、 β 测量间、液闪离子色谱间、样品制备间和水质测量间组成。主要系统功能为：对核岛有关系统中的水样进行水质分析，确定是否偏离各种水质的允许范围；对核岛有关系统中的水样进行放射性活度测量和分析，对常规岛的含氡水样进行放射性活度测量和分析；对核岛、常规岛的液态流出物水样进行常规物化分析和放射性活度分析，保证所排放废水符合有关规定；对一回路系统工艺气体样品以及相关系统工艺气体样品进行放射性活度测量和分析；对核岛气态流出物样品进行放射性活度测量和分析，保证所排放废气的放射性浓度符合有关规定；对热氦测量间的固体裂变产物收集器中的样品进行放射性活度测量和分析；对燃料装卸系统石墨粉收集器中的样品进行放射性活度测量和分析。

实验室主要设备包括放射性测量仪器、非放测量仪器、样品制备设备等。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境辐射与气象监测系统

本工程将建设环境辐射与气象监测系统，用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续监测厂址区域的气象要素，为环境评价和应急决策提供气象数据，为评价本工程对环境的影响事故应急期间应急方案制定提供监测数据支持。

环境辐射与气象监测系统主要包括 6 个部分：

（1）气象观测

对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录，主要的设施包括气象观测塔和地面气象站，所配置主要设备有气象传感器、数据采集器、数据处理传输装置等；

测量参数包括：风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、天空净辐射。

（2）环境 γ 辐射监测站

本工程拟在厂区内环境 γ 辐射监测站，用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。在监测站位置选择时，主要与结合监督性监测子站互补，在烟羽应急计划区内，基本覆盖核能供热厂周围陆域各方位，在主导风下风向布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。

设备配备包括： γ 辐射探测器、取样装置、数据传输装置等。测量参数包括：大气中环境 γ 辐射水平的连续监测、气溶胶采样、 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 采样、雨水/沉降灰采样，厂外的监测站还设置有风速、风向、雨量测量传感器。

（3）环境监测车/应急监测车

本工程将设置 1 辆环境监测车及 1 辆应急监测车。车辆放置在环境实验室的专用车库中。定期对厂区周围环境 γ 辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。

设备配备包括：在环境监测车/应急监测车配置有车载 γ 辐射监测仪、车载自动气象监测仪，和便携式多道 γ 谱仪、便携式 α/β 表面污染测量仪、便携式气溶胶、碘取样器等若干便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备等。测量项目包括：正常运行情况下电厂周围环境 γ 辐射水平进行巡测（瞬时测量）。事故应急期间的环境 γ 辐射水平巡测、表面污染测量及气溶胶/碘取样。

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

（5）移动式 γ 辐射监测系统：可连续测量环境 γ 辐射水平。在事故期间且固定式环境 γ 辐射监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段。

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

8.3.2.2 环境实验室

本工程将建设环境实验室，避开主导风下风向。

环境实验室用于对从厂区周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。实验室测量的项目包括 γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、累积剂量测量分析等。

环境实验室内设置低本底物理测量房间、样品预处理及制备房间、化学制样及分析房间及其他辅助房间，并主要配置以下几类设备：

（1）放射性分析测量仪器：低本底 α/β 测量仪、低本底液体闪烁计数器、高纯锗 γ 谱仪和累积剂量测量设备等；

（2）制样设备：马福炉、烘箱、电子天平等；

（3）实验室家具：通风柜、实验台等。

8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测本工程运行对地下水的影响情况，将设置地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。监测井数量及位置将根据厂区地下水径

流等情况进行确定。地下水监测井的布设原则主要有：

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

8.3.3 监督性监测系统

本工程将依据《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》等规范，为地方环保部门建设监督性监测系统。监督性监测系统内容包括：

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

8.4 质量保证

为了保证环境监测和流出物监测结果达到足够的可信度，确保获取的数据的有效性和可靠性，本工程将按照国家和行业标准规范的要求，制订环境监测大纲，对流出物及周围环境的监测进行质量控制和质量管理。

8.4.1 质量控制

8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品。为达到此目的，拟采取以下质量控制措施：

- (1) 制定各类环境介质的采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式，以保证采集到具有代表性的样品；
- (2) 根据各类环境介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录。各种记录均有责任者签名；
- (3) 准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 10%以内；
- (4) 操作样品时具有防止交叉污染的措施；
- (5) 采样时的样品数量包括分析样品总数 5%的质量控制样品及分析样品总数的 20%的保留样品；

(6) 环境样品采集一定的平行样品以进行平行样测量分析和进行复检；

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

8.4.1.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中拟采取以下质量控制措施：

(1) 样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注意检查载体和标准溶液的质量。严格制备供放射性测量的样品；

(2) 在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；

(3) 为了确定分析测量过程中的不确定度，采取相应的校正措施；

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

(5) 仪器的刻度和检验：对环境监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。

8.4.1.3 数据处理中的质量控制

数据处理中拟采取以下质量控制措施：

(1) 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并有责任者签字。原始记录和环境监测结果将永久保存；

(2) 详细、准确的质量控制记录；

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

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

(5) 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准；

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

8.4.2 质量管理

8.4.2.1 组织机构

（1）编制组织管理程序，明文规定管理和实施质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责、权限等级；

（2）制定组织机构，分工明确，对本工程的环境监测及流出物监测统一管理。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，拟制定下列措施：

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

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

（3）为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

第九章 厂址比选

9.1 选址过程

9.2 候选厂址评价与比选

9.2.1 地理位置、地形地貌

9.2.2 场地条件

9.2.3 人口分布及其评价

9.2.4 地质地震

9.2.5 工程地质

9.2.6 供水条件

9.2.7 气象和大气弥散条件

9.2.8 水文和水体稀释条件

9.2.9 外部人为事件

9.2.10 正常运行对环境的影响

9.2.11 事故对环境的影响

9.2.12 制定和实施应急计划的可行性

9.3 推荐厂址评价

9.1 选址过程

2014年11月，中国核能电力股份有限公司、江苏核电有限公司、中国核电工程有限公司等单位的领导和专家在中国核电江苏核电项目筹建处的安排下，调研了连云港市境内拟选核电新厂址。

2014年11月17日至21日，中国核电工程有限公司在中国核电江苏核电项目筹建处和江苏核电有限公司的协助下，对连云港徐圩新区东隰山厂址、东辛农场西隰山、灌云县张宝山及亚芦山（由于张宝山和亚芦山厂址距离较近，故视为一个厂址）、灌云县罍山、灌云县伊庐山等5个厂址进行了现场踏勘工作。

2014年12月20日，中国核电工程有限公司通过对各个可能厂址地形地貌、地震地质、工程水文、人口分布、厂址周围环境、外部情况等资料进行分析整理，对有关厂址进行了初步筛选，完成《中核连云港第二核电项目厂址普选报告》的编制。

2015年1月16日，中国核能电力股份有限公司在连云港主持召开了《中核连云港第二核电项目厂址普选报告》专家评审会。通过对各预选厂址的可行性及优劣进行综合比选认为，5个可能厂址均不存在颠覆性因素，其中西隰山和东隰山厂址条件最好，其后依次为伊芦山、罍山、张宝山厂址。

2020年8月9日，中核苏能核电有限公司给中国核电工程有限公司发“关于开展连云港绿色能源示范项目初可研工作的函”（SCAL-AM-00005-SXAB），正式委托中国核电工程有限公司开展本项目的初步可行性研究工作。

2020年11月，中国核电工程有限公司作为总体院，中核能源科技有限公司作为分包院，按国家能源局能源行业标准《核电厂初步可行性研究报告内容深度规定》（NB/T 20033-2010）的格式和深度规定，编制完成“连云港绿色能源项目初步可行性研究报告（A版）”。

2021年3月23日，江苏省发展改革委员会在南京召开了连云港核能供热项目前期相关工作启动会，同意连云港核能供热项目正式启动前期工作。

2021年5月，中国核电工程有限公司作为总体院，中核能源科技有限公司作为分包院，按国家能源局能源行业标准《核电厂初步可行性研究报告内容深度规定》（NB/T 20033-2010）的格式和深度规定，按西隰山和罍山2个候选厂址编制完成了“连云港核能供热项目初步可行性研究报告（B版）”。

2021年5月27日至28日，电力规划设计总院在南京主持召开《连云港核能供热示范项目初步可行性研究报告（B版）审查会》。2021年6月24日，电力规划设计总院以电规发电【2021】200号文发布“关于连云港核能供热示范项目初步可行性研究报告报告的

审查意见”，评审意见认为西隰山厂址初步具备建设华龙一号和高温气冷堆机组的条件。

2022年5月3日，中核苏能核电有限公司给中国核电工程有限公司发“关于使用江苏徐圩核能供热厂作为西隰山项目名称的函”（SCAL-AM-00090-SXAB），将项目名称由“连云港核能供热示范项目”改为“江苏徐圩核能供热厂”。

9.2 候选厂址评价与比选

9.2.1 地理位置、地形地貌

（1）西隰山厂址

厂址位于连云港市徐圩新区境内的西隰山区域。厂址西北距连云港市区约 25km（直线距离，下同）；北距田湾核电站约 21km；东侧紧邻东干河，距黄海约 17.5km；南侧紧邻善后河；西南距灌云县城约 31km；距离徐圩港区约 15km。

厂址位于西隰山山体区域，山体周边水渠纵横，河流密布，地面高程一般为2.1~2.8m。南部局部略高，标高2.8~4.5m，善后河位于厂址南侧，西隰山位于厂址东南部。西隰山山体已被地方开辟为采石场，采石场现地面标高一般为-3.0~4.8m，北侧采石坑坑底标高约为-31.46m~-20.03m，南侧采石坑坑底标高约为-12.32m~-7.39m。

（2）罍山厂址

厂址位于连云港市灌云县同兴镇境内。厂址西北距连云港市区约 23km；东北距西隰山厂址约 10.0km，距田湾核电站约 28km；东距黄海约 30km；西南距灌云县城约 18km；距离徐圩港区约 25km。

罍山山体区域，山体开挖严重，已将山体从中间挖断，形成负地形，罍山周围为村庄和农田，地形平坦，地面高程 2.4~3.4m。

9.2.2 场地条件

（1）西隰山厂址

厂址西隰山山体已被地方开辟为采石场，采石场现地面标高一般为-3.0~4.8m，北侧采石坑坑底标高约为-31.46m~-20.03m。周围为农田及水渠，地形平坦。

（2）罍山厂址

厂址罍山山体位于厂址中部，呈东西走向，山体中部已开辟为采石场，厂址除罍山外，地形起伏较小，地面标高为 2.4~3.4m，周围为村庄和农田，地形平坦。

9.2.3 人口分布及其评价

（1）西隰山厂址

厂址半径 80km 范围内 2019 年户籍人口总数为 953 万人。厂址半径 80km 范围内平均

人口密度低于江苏省同期平均人口密度。

厂址半径 80km 范围涉及江苏省连云港市、徐州市、淮安市、盐城市、宿迁市，山东省日照市、临沂市，涉及连云港市连云区、海州区、赣榆区、东海县、灌云县、灌南县，徐州市新沂市，淮安市涟水县，盐城市响水县、滨海县、阜宁县，宿迁市沭阳县，日照市岚山区，临沂市莒南县、临沭县，共 2 省，7 市，15 县市区。厂址半径 80km 范围内涉及 10 个 10 万人口以上的城镇，距厂址最近的是连云港市海州区的新东街道，位于厂址 WNW 方位 28km，户籍人口约 11 万人。厂址半径 80km 范围内没有百万人口以上的人口中心。

厂址半径 15km 范围内共 7 个乡镇 1 个农场 1 个合作示范区所辖的 11 个农场管理区 6 个社区，下辖共 92 个行政村，2020 年户籍人口总数约 29 万人。距离厂址最近的是东辛农场的西墩管理区，位于 WSW 方位 3.2km 处，户籍人口约 1.8 千人；人口最多的是圩丰镇洋桥农场，位于 ESE 方位 12.3km 处，户籍人口约 4.8 千人。厂址半径 10km 范围内没有 10 万以上人口的人口中心。

厂址半径 5km 范围内涉及 15 个行政村的 93 个自然村，2020 年户籍人口总数约 2.5 万人，距厂址最近的自然村是西墩 87 管理区，位于厂址 W 方位 0.4km 处，户籍人口数约 2 百人；人口最多的自然村是后腰村的后腰鲁河街，位于厂址 SSE 方位 4.4km 处，户籍人口数约 1.4 千人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口中心。

（2）梁山厂址

厂址半径 80km 范围内截止 2014 年总人口数 1069 万人，厂址半径 80km 范围内平均人口密度略高于江苏省同期平均人口密度。

厂址半径 80km 范围内涉及江苏省连云港市连云区的灌云县、海州区、赣榆区、东海县和灌南县，淮安市的涟水县和淮阴区，宿迁市的沭阳县，徐州市的新沂市，盐城市的滨海县、响水县和阜宁县，山东省日照市的岚山区和临沂市的临沭县共 14 个市、区、县。厂址半径 80km 范围内没有百万人以上城市。十万人以上的城镇有 9 个，其中，相对厂址最近，同时人口数也最多的十万人以上城镇是连云港市区，位于厂址的 NW 方位 25km，2014 年底共有人口约 45 万人。

厂址半径 15km 范围共涉及 3 县 12 个（乡、街道、农场）148 个行政村。相对厂址最近的行政村是灌云县同兴镇的李庄村，位于厂址的 SSE 方位 0.6km 处，人口数约 2 千人；人口数最多的行政村是东辛农场的场部所在地，人口数约 1.3 万人，位于厂址的 N 方位 13km 处。厂址半径 15km 范围内万人以上城镇有 3 个，均位于连云港市，分别是省东辛农场，位于厂址的 N 方位 13km 处，人口数约 1.3 万人；灌云县杨集镇，位于厂址的 SSE 方位 15km 处，人口数约 1.2 万人；海州区板浦镇，位于厂址的 WNW 方位 14km 处，人

口数约 1.6 万人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围涉及灌云县同兴镇、下车镇和海州区板浦镇 3 个镇的 25 个行政村下辖的 85 个自然村，相对厂址最近的自然村是同兴镇栗山村的陈庄（小周庄和陈庄连接在一起，作为一个集中居民点），位于厂址 W 方位 0.1km 处，人口数约 600 人；人口数最多的自然村是同兴镇轴北村的熊庄（熊庄和宓庄、大陈庄、小陈庄连接在一起，作为一个集中居民点），位于厂址 WSW 方位 3.4km 处，人口数约 3 千人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口中心。

9.2.4 地质地震

（1）西隄山厂址

厂址在区域大地构造位置上属于苏胶褶皱带构造单元内，所处新构造分区为苏鲁掀斜隆起区次级构造单元—灌云-千里岩沉降区，新构造运动以断块隆起和拗陷为主要特征。区域内断裂较为发育，以北北东向郯庐断裂带规模最大、活动性最强，构成区域主要构造格架。北西、北东向断裂规模相对较小，但活动时代较新，主要分布在沿海一带，在第四纪晚期仍有活动。海域在南黄海北部拗陷和南部拗陷中发育多条断裂。

区域范围内共鉴定出 13 条段发震构造。区域内震级最高的发震构造为郯庐断裂带（F17），最大潜在地震震级为 8.5 级，到厂址距离为 84km。距厂址最近的发震构造为千里岩断裂（F3）西段，到厂址距离为 62km，最大潜在地震震级为 6.5 级。

区域地震活动分布不均，地震主要发生在区域的西北部及东南部海域，地震发生次数相对较少，但强度大。区域西北部地震总体呈北北东向展布，该地发生的强震与北北东向郯庐断裂带或其相邻的北西向断裂相关。从公元 701 年至今，区域范围内共记录到历史破坏性地震（ $M \geq 4.7$ 级）41 次，最大地震为 1668 年 7 月 25 日的郯城 $8\frac{1}{2}$ 级地震，到厂址距离为 90km，对厂址最大影响烈度为 VIII 度。

厂址近区域范围内现代地震活动较弱，厂址近区域范围内未记载到 4.7 级以上破坏性地震。1970 年以来仪器记录 75 次 $M_L 1.0 \sim 4.9$ 级地震，最大地震为 1973 年 6 月 26 日 $M_L 3.8$ 级地震。厂址半径 8km 范围内无小震记录、8-20km 范围内小震较为稀疏。近区域范围内不存在第四纪以来的活动断层，无发震构造。

厂址附近范围内不存在能动断层。

厂址 SL-2 级地面运动基岩水平向、竖直向峰值加速度均为 0.20g。

（2）栗山厂址

厂址在区域大地构造位置上属于苏胶褶皱带构造单元内，所处新构造分区为苏鲁掀斜

隆起区次级构造单元——灌云-千里岩沉降区，新构造运动以断块隆起和拗陷为主要特征。区域内断裂较为发育，以北北东向郟庐断裂带规模最大、活动性最强，构成区域主要构造格架。北西、北东向断裂规模相对较小，但活动时代较新，主要分布在沿海一带，在第四纪晚期仍有活动。海域在南黄海北部拗陷和南部拗陷中发育多条断裂。

区域范围内共鉴定出 12 条段发震构造。区域内震级最高的发震构造为郟庐断裂带（F17），最大潜在地震震级为 8.5 级，到厂址的距离为 90km。距厂址最近的发震构造为千里岩断裂（F3）西段，到厂址的距离为 64km，最大潜在地震震级为 6.5 级。

近区域位于苏鲁造山带内相对完整和稳定的构造部位，新构造分区为灌河沉降区，新构造运动以块断差异活动和大面积升降运动为基本特征。近区域范围内共有 6 条断裂，均为前第四纪断裂，没有晚更新世以来活动断裂。近区域范围内总体地震活动水平不强，不存在发震构造。

区域地震活动分布不均，地震主要发生在区域的西北部及东南部海域，地震发生次数相对较少，但强度大。从公元 701 年至今，区域范围内共记录到历史破坏性地震（ $M \geq 4.7$ 级）41 次，最大地震为 1668 年 7 月 25 日的郟城 $8\frac{1}{2}$ 级地震，到厂址的距离为 94km，对厂址最大影响烈度为 VIII 度。

厂址近区域范围内未记载到 4.7 级以上破坏性地震。近区域东南部小震密集成带，大致呈北东向，与区域构造方向一致。厂址附近范围只有零星的几次现代小震。

厂址附近范围内均不存在能动断层。

厂址基岩 SL-2 高值为 0.20g。

9.2.5 工程地质

（1）西隄山厂址

厂址地貌形态按成因可分为两大类，即近代海积平原地貌区（I）和剥蚀残丘地貌区（II）。厂址南部西隄山为剥蚀残丘地貌区，其它地段为近代海积平原地貌区。

厂址第四系主要为全新统连云港组海积的黏土、淤泥，全新统的人工填土，上更新统灌南组冲积的粉质黏土、粉土、角砾，上更新统灌南组海积的粉质黏土、粉砂，中更新统小腰庄组冲积的黏土，下更新统五队镇组冲积的中砂、粉质黏土、粉砂、黏土。基岩主要为中-上元古界云台岩群花果山岩组的片麻岩。

厂址未发现断层和隐伏构造，地质构造主要为片理和节理裂隙。厂址除由人工采石形成的小型崩塌和危岩（整平到厂坪设计标高后将被挖除）外，无影响工程建设的地面沉降、岩溶、滑坡、泥石流等不良地质作用，场地稳定。

厂址仅西隰山区域的建筑场地类别为I₀类，属对建筑抗震有利地段，其它区域场地平整至厂坪标高后，建筑场地类别为III类，属对建筑抗震不利地段。厂址可不考虑地震液化问题和软土震陷影响。

1号机组（“华龙一号”）核岛厂房基底以中等风化~微风化片麻岩为主，仅局部少量为强风化片麻岩。可对第四系~强风化片麻岩进行换填处理。地基均匀稳定。

2号机组（“华龙一号”）核岛厂房基底部分位于采石坑内，部分位于第四系及强风化片麻岩上，部分位于中等风化~微风化片麻岩上，三部分各占约1/3。设计拟采用混凝土对采石坑进行回填，对第四系及强风化片麻岩进行换填，可确保地基稳定。

3号机组（高温气冷堆）核岛厂房机组基底以中等风化~微风化片麻岩为主。仅局部少量为第四系及强风化片麻岩，可采用混凝土换填处理。地基均匀稳定。

1号机组机械通风冷却塔及其辅助泵房基底约41%位于中等风化~微风化片麻岩上，约56%位于采石坑内，约3%位于强风化片麻岩或第四系上。设计拟采用混凝土对采石坑进行回填，对第四系及强风化片麻岩进行换填，可确保地基稳定。

2号机组机械通风冷却塔及其辅助泵房基底约12%位于中等风化~微风化片麻岩上，约22%位于采石坑内，约66%位于强风化片麻岩或第四系上，地基不均匀。采石坑可采用混凝土回填，基底下的第四系及强风化岩可采用混凝土换填或采用桩基等工程措施，上述措施可保证地基稳定。

厂址地下水主要包含松散岩类孔隙水（潜水、承压水）及基岩裂隙水两大类型。潜水含水岩组富水性差，水位埋深浅；承压水含水岩组富水性较好，承压水与潜水之间水力联系微弱；基岩裂隙水含水岩组富水性差。厂址附近范围无大型开采地下水的规划。地下水对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋在干湿交替的情况下具中等腐蚀性，在长期浸水情况下具微腐蚀性。

厂址整体地形平坦，现状不存在成规模的天然边坡和人工边坡。场地平整后，厂址南侧、主厂区周边将形成回填边坡，主厂区周边回填边坡高度约2.6m，其他回填边坡高度为0.9m~3.8m，不属于核安全相关边坡，采取适当工程措施后可保证边坡稳定。

（2）罍山厂址

厂址区地形整体上较为平坦，水渠纵横密布，罍山河位于厂址区西侧，南北流向。场地地形除罍山外，地形起伏较小，地面标高为2.5~3.6m，为海积平原，略呈北高南低走势，罍山位于厂址区中部，最高点高程为55.3m，山体呈东西走向。山体中部已开辟为采石场，目前处于生产状态。厂址区大部分为农田，多种植小麦和水稻。地貌形态按成因可

分为两大类，即近代海积平原地貌区和剥蚀残丘地貌区。厂址区果山为剥蚀残丘地貌区，其它地段为近代海积平原地貌区。

厂址地层为第四系冲积、海积黏土、淤泥、粉质黏土等及中-上元古界的白云母石英片岩和斜黝帘石白云母片岩。

厂址区未发现断层和隐伏构造，地质构造主要为片理和节理裂隙。厂址区地表出露岩体多为中等风化岩体，节理多为构造节理，表层发育少量风化节理。

厂址 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度为 0.05g，对应的地震基本烈度为 VI 度。基岩区的建筑场地类别为 I₀ 类；其余地段建筑场地类别为 II~III 类。

厂址区内由人工采石形成的小型崩塌和危岩，场地平整后将被挖除。除发生强震时，第②层淤泥可能产生软土震陷外（可通过工程措施消除），厂址区无砂土液化、岩溶、滑坡、泥石流、塌陷、地裂缝等其它不良地质作用和地质灾害。

1 号机组（“华龙一号”）核岛东侧小部分及 2 号机组（“华龙一号”）核岛基底大部分范围位于采石坑中，地基均匀性、稳定性差，无法满足核岛上部荷载要求，采石坑拟采用混凝土回填处理。3 号机组（高温气冷堆）核岛基底均位于中等~微风化岩体上，地基均匀稳定，可满足核岛上部荷载要求。

1、2 号机组机械通风冷却塔及其辅助泵房基底均位于基岩，地基均匀稳定。

1、3 号机组常规岛基底部分位于第四系，部分位于中等~微风化岩体，地基均匀性差，需采取适当的工程措施。2 号机组常规岛基底部分位于第四系，部分位于中等~微风化岩体，小部分位于采石坑中，地基均匀性稳定性差，需进行地基改良。

主厂区外的其他建筑物主要位于回填区或第四系，地基承载力不满足要求，需进行地基改良。

厂址附近范围无大型开采地下水的规划。厂址地下水对混凝土结构有微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋在干湿交替条件下有弱腐蚀性，在长期浸水的条件下有微腐蚀性。

厂址自然边坡稳定，无人工挖方边坡。

9.2.6 供水条件

（1）西隰山厂址

本项目常规岛循环冷却水系统采用海水介质二次循环冷却方式，系统补水和海水淡化的原水（为供热系统用水等提供淡水）取自海州湾的海水，水量充沛，可满足本项目的用水要求。

本项目供热系统用水初步规划由海水淡化设施供给。西隰山厂址施工期生产生活用水

和运行期华龙一号机组重要厂用水系统冷却塔补水和高温气冷堆机组厂用水系统冷却塔补水、生产生活用水初步规划采用淡水水源。

（2）罍山厂址

同西隰山厂址。

9.2.7 气象和大气弥散条件

两候选厂址区域均属于暖温带半湿润季风气候区，略有海洋性气候特征。四季分明，冬季寒冷干燥，夏季高温多雨。光照充足，雨量适中。

两候选厂址区域年平均风速为 2.1m/s，年最多风向为 E，风频为 11%，年静风频率（ $\leq 0.5\text{m/s}$ ）为 10%。

采用帕斯奎尔（Pasquill）稳定度分级法（简记 P.S）计算大气稳定度，得到两候选厂址区域以中性 D 类天气占主导，为 50.0%，其次为 E~F 稳定类天气，占 27.6%，A~C 不稳定类天气最少，占 22.4%。

高温气冷堆厂址距反应堆中心 300m 处 0-2 小时短期大气弥散因子最大值为 $2.47\text{E}-03\text{s/m}^3$ ，华龙一号厂址距反应堆中心 500m 处 0-2 小时短期大气弥散因子最大值为 $1.05\text{E}-03\text{s/m}^3$ ，厂址拟定规划限制区边界（5000m）处 0~2h 的大气弥散因子最大值为 $7.81\text{E}-05\text{s/m}^3$ 。

厂址半径 80km 范围内 Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $5.09\text{E}-10\text{s/m}^3\sim 4.55\text{E}-07\text{s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $4.84\text{E}-10\text{s/m}^3\sim 4.55\text{E}-07\text{s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $5.09\text{E}-10\text{s/m}^3\sim 4.55\text{E}-07\text{s/m}^3$ 。大气弥散因子最大值均出现在厂址 WSW 方位 0-1km 处。

9.2.8 水文和水体稀释条件

西隰山厂址和罍山厂址均靠近海州湾，对应的海域在田湾核电站以南。本节海洋水文数据参考田湾核电站的数据。

（1）海洋水文

本海区潮汐性质属于非正规的半日浅海潮型。海域平均高潮位为 1.89m，平均低潮位为 -1.80m，平均潮差为 3.69m，最大潮差为 6.04m；最小潮差为 1.10m；最高天文潮位为 3.58m，最低天文潮位为 -3.45m；10%超越概率天文高潮位为 2.68m，10%超越概率天文低潮位为 -2.84m。工程海域平均涨潮历时为 5 小时 36 分，平均落潮历时为 6 小时 50 分。外海测站以逆时针的旋转流为主，近岸测站以来复流为主。冬、夏季实测垂线平均最大流速分别为 1.01m/s 与 0.91m/s。

根据连云港和厂址海域的海水温度相关关系，推算的厂址多年平均值为 14.1℃。考虑

到近些年水温的变化，厂址处平均水温取 15.3℃。海水表层盐度多年平均为 29.3‰，最高盐度值为 33.0‰；历年月平均最高盐度值为 32.5‰；海水表层最低盐度值为 5.2‰。

2019 水文测验期间含沙量资料表明，冬季测验期间，施测海域涨、落潮平均含沙量为 0.085kg/m³，垂线平均最大含沙量最大为 0.801kg/m³。夏季测验期间，施测海域涨、落潮平均含沙量为 0.027kg/m³，垂线平均最大含沙量最大为 0.889kg/m³。

连云港位于 N34° ~N35° 之间，是一个天然不冻良港，1969 年的渤海发生特大冰封时，连云港并无海冰记录。

（2）陆地水文

1) 流域概况

流域内主要分布有古泊善后河、车轴河、烧香河等。其中，西隄山厂址在善后河左岸堤防附近，栗山厂址距善后河右岸约 4km。西隄山厂址距车轴河约 7km，栗山厂址距车轴河左岸约 1km。

2) 厂址上下游主要水利工程概况

厂址上下游的主要水利工程为善后闸（原称善后新闸）、车轴河闸（原称善后河闸）及埭子口枢纽工程等。

3) 水文站资料

板浦水位站位于江苏省连云港市海州区板浦镇石河村，属沂河水系善后河。善后河板浦水位站下游约 20km 为西隄山厂址。

4) 其他水文要素

西隄山厂址和栗山厂址附近河段善后河、车轴河没有水文站，输沙率、冰情等参照新沭河大官庄（新）水文站实测资料，水温参照新沭河石梁河水库（坝上）水文站实测资料。

（3）厂址防洪

综合考虑海洋洪水和陆域洪水，西隄山厂址与栗山厂址由陆域洪水（考虑海洋洪水顶托影响）的设计基准洪水位（DBF）分别为 6.19m 与 5.66m。西隄山厂址和栗山厂址主厂区的厂坪标高分别为 6.70m 和 5.76m，均高于厂址设计基准洪水位，可保证核安全相关厂房不受洪水威胁。

（4）水体稀释条件

两厂址的温排水均采用暗管排水方式向东排入徐圩港区东侧的大海，水力弥散条件均较好。

9.2.9 外部人为事件

（1）西隰山厂址

厂址半径 15km 范围内生产、使用和贮存危险品的化工企业共有 11 家，主要集中在徐圩新区。

厂址半径 15km 范围内涉及连云港石化产业基地的规划，位于厂址 NE~ENE 方位，距厂址中心直线距离 8.5~15km，根据《连云港石化产业基地总体发展规划修编》，该园区的主要加工产业包括炼油、乙烯、对二甲苯、丙烯、成品油，园区内目前有 21 家在建企业。

厂址半径 15km 范围内涉及 4 家烟花爆竹销售企业。距厂址最近的企业位于厂址 N 方位 7km 处，最大储量 60kg，同时也是厂址半径 15km 范围内炸药储量最大的企业。

厂址半径 15km 范围内涉及 11 家加油站和 2 家加气站。距厂址最近的加油站位于厂址 SE 方位 2.6km 处。

厂址半径 15km 范围内涉及徐圩新区国家原油战略储备基地的规划，该基地的地下洞库储存部分位于东隰山地下洞库，位于厂址 E 方位 8.0km 处。

厂址半径 15km 范围内涉及多条危险品运输道路，最大运输量均在 30t 左右。

距厂址最近的危险品运输道路是省道 S242，该道路距离厂址中心 1.4km，该道路涉及多种危险品运输。

厂址半径 15km 范围内涉及 4 处现有天然气管道分别是，海州区浦南门站至徐圩调压站高压天然气管道，位于厂址正北方，距厂址中心最近距离 2.2km；中压燃气管道位于厂址正北方向，距离厂址约 9km；次高压燃气管道，管线走向是连云区至灌云县，管线分布经过徐圩新区的石化产业园区，位于厂址 NNE 方位，距离厂址 12km；徐圩新区石化产业园区内的次高压天然气管网，距厂址中心直线距离约 12km，位于厂址 NNE 方位。

厂址半径 15km 范围内除在建的海州区浦南门站至徐圩调压站高压天然气管道外还涉及若干条中压燃气管道的规划，根据《连云港市城市燃气专项规划(2017-2030)》(2018.12)，厂址半径 15km 范围内天然气中压管线规划：主要集中在徐圩新区以及石化产业基地，位于厂址东北方向，距厂址中心约 12km。

厂址附近涉及一条成品油管道的规划，为连云港-徐州成品油管，距厂址中心最近直线距离 2.1km。

经计算分析，以上危险源均不会对厂址安全造成影响。

（2）果山厂址

厂址半径 15km 范围内生产或经营、使用危险品的企业共 1 家，涉及危险品为液氧等。厂址半径 15km 范围内加油站共有 15 家，距离厂址最近的加油站位于厂址 SSE 方位 1.1km 处，汽柴油最大储量为 40m³。储量最大的加油站位于 W 方位 2km 处，汽柴油最大储量为 120m³。

厂址附近移动危险源主要乡道以及 G15 高速道路上运输危险品的车辆，运输危险品（汽油、柴油等）通常为 30m³ 槽罐车。

经保守计算分析，厂址半径 15km 范围内的外部人为事件危险源均不会对厂址安全造成影响。

9.2.10 正常运行对环境的影响

西隄山厂址六台核电机组正常运行工况下，半径 80km 范围内最大个人有效剂量出现在厂址 W 方位 0~1km 处，此处居住的是东辛农场西隄 87 管理区的村民，可能的关键居民组为成人（农民）组，最大个人有效剂量为 5.64E-06 Sv/a，约占厂址个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 2.26%。其中气态途径剂量为 5.56E-06Sv/a，液态途径剂量为 8.72E-08 Sv/a。

由于罍山厂址与西隄山厂址相距仅约 10km，两厂址区域气候、当地气象条件以及大气弥散条件基本相同，两厂址周围人口分布状况类似。因此罍山厂址在正常运行工况下，所致厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量与西隄山厂址基本相当。

气液态放射性流出物对两厂址居民造成的最大个人年有效剂量值都满足国家标准《核电厂辐射防护规定》（GB6249-2011）规定的剂量限值的要求。因此，从正常释放对环境造成的剂量影响来看，在这两个厂址上建造核能供热厂是可行的。

9.2.11 事故对环境的影响

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），以及华龙一号和高温气冷堆选址假想事故源项，在采用保守计算假设的条件下，距离华龙一号反应堆中心 500m 处和距高温气冷堆反应堆中心 300m 处的剂量后果满足标准规定的非居住区剂量控制值；距反应堆中心 5000m 处的剂量后果满足标准规定的规划限制区剂量控制值；厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量满足标准规定的集体剂量控制值。从事务剂量后果的角度来看，厂址是适宜的。

9.2.12 制定和实施应急计划的可行性

从现有厂址环境条件看，江苏徐圩核能供热厂厂址半径 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 范围内有 4 所学校、1 家医院、2 家敬老院，这些特殊人群在制定与实施应急预案时需要加以特殊考虑。除此之外，

厂址半径 5km 范围内无监狱、无规模以上的工矿企业、无风景名胜区、无自然保护区、无森林公园、无文物古迹。厂址的气象、通讯、公安及消防条件有利于应急预案的实施，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预案难以克服的困难。

9.3 推荐厂址评价

2021 年 5 月 27 日至 28 日，电力规划设计总院在南京主持召开《连云港核能供热示范项目初步可行性研究报告审查会》，审查意见（电规发电〔2021〕200 号）认为西陲山厂址距离连云港石化产业基地最近约 8km，朐山厂址距离连云港石化产业基地最近约 18km，作为供热厂，朐山厂址距离热用户更远，不具备可比性。

2022 年 2 月 18 日，国家能源局主持召开了《江苏连云港核能供热项目前期工作座谈会》，3 月 1 日印发了《江苏连云港核能供热项目前期工作座谈会会议纪要》（国能综纪核电〔2022〕6 号），认为西陲山厂址初步查明，具备建设“华龙一号”和高温气冷堆的条件。

第十章 利益代价分析

10.1 利益分析

10.1.1 运行带来的直接利益

10.1.2 建设运行带来的间接利益

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

10.2.2 间接代价

10.1 利益分析

10.1.1 运行带来的直接利益

江苏徐圩核能供热厂由中国核能电力股份有限公司（以下简称中国核电）组建业主公司，负责本项目的建设。该项目规划建设“4台华龙一号压水堆机组和2台HTR-PM600S高温气冷堆机组”及其配套的辅助、附属设施，一次规划、分期实施。该项目是为连云港徐圩新区石化产业基地供应工业蒸汽，解决企业用汽需求，同时利用剩余的核能发电，可缓解地方用电紧张局面。

据财务分析结果，工程投产后在30年经济评价期内，项目有较好的经济效益。

10.1.2 建设运行带来的间接利益

10.1.2.1 社会效益

江苏徐圩核能供热厂的建设，可有效解决制约连云港石化基地发展的煤炭消费总量、污染物排放总量等能源资源和环境容量瓶颈问题，同时提高核能利用率，促进核能多样化应用的推广，具有潜在的经济效益和巨大的社会效益。

该项目不仅将有效地解决江苏省的能源供求矛盾，还将缓解交通运输的紧张状况，进一步有利于当地的通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快江苏省的经济发展具有重要意义。

该项目投资大，建设周期长，大额建设期贷款本息，可有效促进当地金融等服务产业发展。建设期间，可提供几万人年的各种建设人才的就业机会；运行期间，核能供热厂各岗位的就业人数总计约为1800人，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。同时，优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。核能供热厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。

核电属于高技术产业，其中核电设备设计与制造的技术含量高，质量要求严，产业关联度很高，涉及上下游几十个行业。加快核电自主化建设，有利于推广应用高新技术，促进技术创新，对提高我国制造业整体工艺、材料和加工水平将发挥重要作用。

发展核能热电联产不仅能为国家提供必要的电力和热力，而且能为国家的核能力奠定坚实的技术、人才基础。通过发展核电，有效地保持和发展一支高水平的核技术体系和人才资源。

10.1.2.2 环境效益

核能是一种技术成熟的清洁能源，温室气体接近零排放，不排放二氧化硫、烟尘、氮

氧化物。江苏徐圩核能供热厂的建设，实际上相当于减少了同等容量标准煤的消耗。一期工程每年可减少消耗标煤 764.1 万吨（300 克标煤/千瓦时），可减少排放二氧化碳约 2063 万吨（2.7 吨二氧化碳/每吨标煤）。同时，燃煤释放的 CO₂ 是全球 CO₂ 重要来源，而 CO₂ 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。

同时，江苏徐圩核能供热厂利用海水淡化技术，节约淡水资源。在项目建设规划中，拟对已破坏的生态进行修复，改善周围的生态环境。

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

（1）建设期环保设施投资

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

环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、厂区绿化、环境整治、施工期环保投入等费用。

（2）运行期环保费用

运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费、退役基金等。乏燃料后处理基金从投产后第六年开始提取。

中低放废物处理处置费从投产后第一年开始提取。

退役基金从计算期第一年开始提取，总额以发电工程固定资产原值为基数，提取比例为 10%。

10.2.2 间接代价

10.2.2.1 社会代价

江苏徐圩核能供热厂的厂区和生活区需要厂区征用大量的土地。按规定，在厂址外边界半径 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。

江苏徐圩核能供热厂的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输，生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输，以及正常的人员进出运输等，其运输量非常大，不可

避免的增加当地的运输负担。

但是由于在项目的施工过程中，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。

核能作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性对涉及切身利益的公众进行充分的宣贯，消除公众担忧甚至恐惧的心理，增强公众对核能项目建设与发展的接受与理解，有利于核能项目的顺利进行和营造更为和谐的核能利用发展环境。

10.2.2.2 环境代价

厂施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。为了达到保护环境和保护公众的目的，江苏徐圩核能供热厂设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保项目在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响在可接受的范围内。本报告书的前面章节已对江苏徐圩核能供热厂的环境影响做出了详细的论证。

运行期间非放射性因素对环境的影响主要表现在温排水、机械损伤和卷吸效应、化学污染物、生产废水以及生活污水等方面。由于江苏徐圩核能供热厂采用二次循环冷却方式，取排水量较小，并采取了相关的处理设施，在运行期间温排水、机械损伤和卷吸效应对海洋生物影响极其有限。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，所以，化学物质排放不会对核能供热厂所在海域产生明显的不利影响；所有厂房的生产废水及生活污水均处理达标后排放，不会对环境产生影响。

江苏徐圩核能供热厂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结论：江苏徐圩核能供热厂是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于能源需求紧张，资源相对匮乏，经济发展迅速的地区，利用核能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。江苏徐圩核能供热厂的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

第十一章 结论与承诺

11.1 结论

11.1.1 核能供热建设项目

11.1.2 环境保护设施

11.1.3 放射性排放

11.1.4 辐射环境影响评价结论

11.1.5 非辐射环境影响评价结论

11.1.6 公众意见采纳情况总结

11.2 承诺

11.1 结论

11.1.1 核能供热建设项目

江苏徐圩核能供热厂一期工程厂址位于连云港市徐圩新区境内，紧靠善后河。北距田湾核电站约 21km（直线距离，下同），西南距灌云县城约 31km，东距海边约 17.5km。厂址规划建设“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”，一次规划，分期实施。首期工程按“2 台华龙一号压水堆机组和 1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”建设。

11.1.2 环境保护设施

11.1.2.1 放射性废物处理系统

本工程的华龙一号放射性废液系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核能供热厂正常运行期间（包括发生预期运行事件时）产生的放射性废液。其废液管理系统由下列系统组成：硼回收系统（ZBR），废液处理系统（ZLT），核岛液态流出物排放系统（ZLD），放射性废水回收系统（WSR），核岛疏水排气系统（RVD）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：化学和容积控制系统（RCV），反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），蒸汽发生器排污系统（TTB），常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

本工程的高温气冷堆的放射性废液系统的主要功能为控制、分类、收集、输送高温气冷堆核岛厂房产生的放射性废液，将分类收集的废液在集满后，全部送往全厂共用的废液处理设施进行集中处理。

高温气冷堆的核岛液体放射性废物收集和贮存系统（KPK）收集高温气冷堆核岛内控制区排放的放射性废液，KPK 系统包括地漏、接管、排水管道及核疏水系统的废液集水池、水罐。水池和地坑集满后，一次性输送到厂址废物处理设施进行处理。

本工程中华龙一号和高温气冷堆的放射性废气分别在各自的厂房内收集、分类、处理，处理净化达标后，经通风系统管道排放到环境中去。

华龙一号废气管理系统由下列系统组成：

— 废气处理系统（ZGT）：对工程产生的放射性惰性气体、卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的放射性废气年释放量、工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低“可合理达到尽量低”的水平。

— 核岛厂房通风系统（HVAC）：对每个厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个良好的室内环境，确保人员的安全健康以及设备的有效运行。

高温堆放射性废气处理系统涉及到放射性废气的系统主要包括：氦辅助排气子系统、一回路抽真空系统、氦辅助废气子系统、氦辅助抽真空子系统。

本工程的华龙一号机组固体废物处理系统（ZST 系统）由核辅助厂房（NH）内部分、核废物厂房（QF）内部分、废物处理中心和固体废物暂存库组成。ZST 系统考虑了接收和处理高温气冷堆产生的废物。

11.1.2.2 污水处理系统

江苏徐圩核能供热厂一期工程设置污水处理构筑物、旱厕或移动式环保厕所等对生活污水进行收集和处理，再生水满足回用水相关标准；通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至非放射性含油废水处理站进行处理，处理水质满足相关标准要求。非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。

11.1.2.3 辐射环境监测

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

11.1.3 放射性排放

本厂址规划建设“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”，参照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值由审管部门批准。本阶段暂参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的压水堆气载流出物和液态流出物年排放量控制值，全厂址所有机组运行状态下，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。

槽式排放出口处的放射性流出物中除氦和碳-14 外其他放射性核素浓度低于 1000Bq/L，可以满足 GB6249-2011 中对流出物排放浓度的控制要求，也满足本工程拟定的 200Bq/L 排放浓度设计目标的要求。

11.1.4 辐射环境影响评价结论

11.1.4.1 运行状态下对公众的辐射影响评价

本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对公众个人造成的最大有效剂量为 $2.82E-06$ Sv/a，满足本工程拟定的公众个人剂量约束值 0.1mSv/a；厂址规划建设的“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”运行状态下，气液态途径释放的放射性物质对公众造成的最大个人有效剂量为 $5.64E-06$ Sv/a，约占厂址个人剂量约

束值（0.25mSv/a）的 2.26%。

“三关键”分析：

本工程运行状态下可能的最大个人有效剂量出现在厂址 W 方位 0~1km 处，此处居住的是东辛农场西隄 87 管理区的村民，可能的关键居民组为成人（农民）组，受到的最大个人有效剂量为 2.37E-06 Sv/a。可能的关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.90E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 80.24%；其次为气态途径的空气浸没外照射途径，占气液态总剂量的 16.80%。各核素中可能的关键核素为 C-14，它所致剂量为 1.79E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 75.56%；另外，Ar-41 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 16.32%和 6.57%。

厂址规划建设的“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”运行状态下，可能的关键居民组为厂址 W 方位 0~1km 东辛农场西隄 87 管理区的成人（农民）组，受到的最大个人有效剂量为 4.74E-06 Sv/a。可能的关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 3.80E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 80.24%；其次为气态途径的空气浸没外照射途径，占气液态总剂量的 16.80%。各核素中可能的关键核素为 C-14，它所致剂量为 3.58E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 75.56%。

11.1.4.2 正常运行对非人类生物的辐射影响

水生生物：从影响率的结果来看，本工程“2 台华龙一号压水堆机组和 1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”和全厂址“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”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分别在 10^{-3} 和 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10 \mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程“2 台华龙一号压水堆机组和 1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”和全厂址“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

陆生生物：从影响率的结果来看，本工程“2 台华龙一号压水堆机组和 1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”和全厂址“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”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，本工程“2 台华龙一号压水堆机组和 1 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”和全厂址“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台 HTR-PM600S 高温气冷堆机组”正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

11.1.4.3 事故工况下的环境影响评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），采用华龙一号机组选址假想事故源项为包络源项，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 $3.66E-02Sv$ ，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 $7.53E-03Sv$ ，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 14.64%和 3.01%；厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 4580 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 22.90%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），采用华龙一号机组选址假想事故源项为包络源项，在采用保守计算假设的条件下，距反应堆中心 500m 处剂量后果满足标准规定的非居住区剂量控制值；距反应堆中心 5000m 处的剂量后果满足标准规定的规划限制区剂量控制值；厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量满足标准规定的集体剂量控制值。从事故剂量后果的角度来看，厂址是适宜的。

11.1.5 非辐射环境影响评价结论

11.1.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

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，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。

（2）施工噪声

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。因此核能厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

（3）大气环境的影响

施工过程中，由于负挖的爆破、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。

（4）海域施工的影响

海域工程施工对水环境的影响主要表现为悬浮泥沙对海洋水质环境和生态的影响。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

11.1.5.2 运行期间的环境影响

（1）温排水的影响

在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃ 范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量受到影响仅限于排放口附近，排放口以外海域由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。由于本项目采用二次循环冷却方案，温排水影响范围较小，根据现阶段温排水结果，不同工况下 4℃ 温升最大包络面积均小于 0.01km²。

（2）生产废水和生活污水的影响

江苏徐圩核能供热厂一期工程产生的生活污水全部回用；生产废水尽可能回用，回用水满足相关标准，无法回用部分排放，排放的生产废水满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准，不会影响周围环境。

（3）化学污染物的环境影响

海水淡化系统产生的废水其主要化学物质不会影响附近海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。海水膜反渗透装置排放的浓盐水与循环水排水掺混后排放，各排放指标满足 HY/T 0289-2020《海水淡化浓盐水排放要求》，不会影响附近海域的海水质量，不会降低循环水排水水质。

淡水处理过程中所用的化学药品用量均根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加，并在处理环节中消耗殆尽。净化剂反应生成物绝大部分存在于淡水厂的生产废水泥浆中。泥浆水经浓缩后进行脱水，形成固体物质不排入水体，污泥脱水后的滤出液排入室外生产废水管网，回用至循环水补水预处理厂房的混合池。滤出液中的化学物质以游离氯为主，且浓度小于淡水处理站饮用水出水标准，因此不会对循环水补水造成影响。

除盐水生产系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，不会影响附近海域的海水质量。

循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，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。循环水冷却塔排水至排放口距离较远，大约为 25 公里，在排放过程中余氯又得到进一步消耗，至排放口时浓度很低，影响区域仅在排水口附近海域，对海洋生物的影响范围有限。

在循环水系统、重要厂用水系统投加的阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂采用环保产品，并且在循环冷却水系统中消耗殆尽，循环水冷却系统排污水中阻垢缓蚀剂、非氧化性杀菌剂含量极低。排海区域水量丰富，扩散稀释能力较好，不会对受纳水体产生明显影响。

循环水补水预处理系统产生的废水其主要化学物质是预处理过程产生的悬浮物和沉

淀泥浆，不会影响附近海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

本工程精处理再生处理过程中产生的废水排入废水中和池内，通过废水泵的搅拌中和作用使 $\text{pH}=6\sim 9$ ，然后通过废水泵送到常规岛液态流出物排放系统（WQB）。再生废水中的主要物质排放满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）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。

综上所述，从自然条件和社会条件分析，本工程厂址能满足“2台华龙一号压水堆机组和1台HTR-PM600S高温气冷堆机组”的建设和运行要求。施工建设对环境的影响以及工程正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。因此，从核能厂建设和运行对环境的影响角度看，本工程建设“2台华龙一号压水堆机组和1台HTR-PM600S高温气冷堆机组”是可行的。

11.1.6 公众意见采纳情况总结

中核苏能核电有限公司依据相关法规标准的要求开展了江苏徐圩核能供热厂一期工程选址阶段的公众参与活动。

在环评信息公示期间，未接到电子邮件或者信件方式反馈的意见和咨询信息；建设单位共接到6个电话咨询意见，其中两个来自东辛农场85管理区，咨询选址是否在西廛山，以及85管理区是否在征用拆迁范围；另外四个为寻求商务合作、了解采购设备情况。本次调查工作人员已及时给与回复。

11.2 承诺

本报告书给出的对本工程建设和运营管理部门在环境保护方面的承诺如下：

——严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度；

——本工程建设期间，将严格进行施工期大气、噪声、海域环境监测，及时了解施工对环境的影响情况，积极施工方沟通，尽量采取对环境影响小的施工方式。