

江苏徐圩核能供热发电厂一期工程  
1、2 号机组

# 环境影响报告书

（建造阶段）

中核苏能核电有限公司  
二〇二四年十二月



密级：

图册（文件）编号	
2026XE1RHYC02	
共1册	第1册
版次：A	状态：CFC

江苏徐圩核能供热发电厂一期工程

工 程 号 2026

子项号或系统号

子项或系统名称

设 计 阶 段 初步设计

工 种 综合

图册（文件）名称 1、2号机组  
环境影响报告书  
（建造阶段）

图册（文件）序号

批 准

X	Z	X	0	0	5	0	0	0	0	2	B	2	2	B	0	2	G	N
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

二〇二四年十二月



## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	kb6frw		
建设项目名称	江苏徐圩核能供热发电厂一期工程1、2号机组（建造阶段）		
建设项目类别	55--167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中核苏能核电有限公司		
统一社会信用代码	91320703MA1URW4F9C		
法定代表人（签章）	崔方水		
主要负责人（签字）	石岭		
直接负责的主管人员（签字）	周永平		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国核电工程有限公司		
统一社会信用代码	911100001000027329		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
高桂玲	06351143505110583	BH026937	高桂玲
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
高桂玲	第一章、第四章、第十章	BH026937	高桂玲
魏刚	第五章、第九章	BH026932	魏刚
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣
李京	第二章	BH026930	李京

薛娜	第六章、第七章	BH026661	薛娜
----	---------	----------	----

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	MODI FICATION
版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2024.12	-	-	首次出版

## 总 目 录

### 第一章 概述

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

### 第二章 厂址与环境

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

### 第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

### 第四章 核能供热发电厂

- 4.1 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统
- 4.3 核能供热发电厂用水和散热系统
- 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 核能供热发电厂运行的环境影响

#### 6.1 散热系统的环境影响

#### 6.2 正常运行的辐射影响

#### 6.3 其它环境影响

#### 6.4 退役

### 第七章 事故的环境影响和环境风险

#### 7.1 放射性事故和后果评价

#### 7.2 严重事故

#### 7.3 场内运输事故

#### 7.4 其他事故

#### 7.5 事故应急

### 第八章 流出物监测与环境监测

#### 8.1 辐射监测

#### 8.2 其它监测

#### 8.3 监测设施

#### 8.4 质量保证

### 第九章 利益代价分析

#### 9.1 利益分析

#### 9.2 代价分析

### 第十章 结论与承诺

#### 10.1 结论

#### 10.2 承诺

## 第一章 概述

### 1.1 建设项目名称和建设性质

#### 1.1.1 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

#### 1.4.1 符合国家的产业政策，保障国家能源安全

#### 1.4.2 符合江苏省的能源政策，助力石化产业结构调整

#### 1.4.3 符合连云港徐圩新区石化产业基地的用能需求

#### 1.4.4 发展核能是实现核产业可持续发展的需要

#### 1.4.5 有利于巩固我国四代核电技术的领先地位

### 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

#### 1.7.1 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

### 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

#### 1.11.1 选址阶段环境影响报告书的批复意见

#### 1.11.2 选址阶段环境影响报告书批复意见的落实情况

图：

图 1.10-1 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：江苏徐圩核能供热发电厂一期工程 1、2 号机组

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

江苏徐圩核能供热发电厂一期工程 1、2 号机组为新建项目。

中核苏能核电有限公司作为业主，负责核能供热发电厂的建设和运营管理。

## 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

江苏徐圩核能供热发电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。

本厂址规划建设“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。本工程规划建设 2 台华龙一号和 1 台高温气冷堆。

本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

江苏徐圩核能供热发电厂采用我国具有自主知识产权的华龙一号和高温气冷堆堆型。按照工程固定价总投资资金需求，资金拟通过以下途径筹措：项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资（包含换汇所需资金）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。

## 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，江苏发展核能供热发电厂，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的发展目标为“4000 万吨级炼油、400 万吨级芳烃、300 万吨级乙烯”的世界一流大型石化基地。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和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，打造生态工业园区、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发电厂，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

华龙 1 号机组 FCD 时间暂定为 2025 年 10 月 31 日，华龙 1、2 号机组 FCD 间隔 10 个月，单台华龙机组建设周期为 60 个月。

### 1.6 环境影响报告书编制依据

为满足编制报告书的要求本项目开展了相关专题的研究工作。

本报告书遵循的主要法规、标准和导则如下：

#### 1) 主要法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (3) 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- (5) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月 1 日）；
- (6) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）；
- (7) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (8) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日）；
- (9) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）；
- (10) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日）；
- (11) 《中华人民共和国土地管理法》（2020 年 1 月 1 日）；
- (12) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- (13) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》（2011 年 1 月 8 日）；
- (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海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日）；
- (18) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；
- (19) 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010 年 12 月 22 日）；
- (20) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011）；
- (21) 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）等。

#### 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 地表水环境》（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》（HJ24-2020）；
- (9) 《环境影响评价技术导则 土壤环境（试行）》（HJ964-2018）；
- (10) 《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T 19485-2014）；
- (11) 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）；
- (12) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02, 1987）；
- (13) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03, 1987）；
- (14) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04, 1989）；
- (15) 《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05, 1991）；
- (16) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06, 1991）；
- (17) 《滨河核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/08, 1989）；
- (18) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09, 1990）；
- (19) 《核电厂厂址选择的极端气象事件》（HAD101/10, 1991）；
- (20) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11, 1991）；
- (21) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01, 2019）；
- (22) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (23) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (24) 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）；
- (25) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (26) 《海洋调查规范》（GB12763.1、2、4~7-2007）；
- (27) 《海洋调查规范》（GB12763.3-2020）；
- (28) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局, 2002）；
- (29) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (30) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- (31) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (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) 《施工场地扬尘排放标准》（DB32/4437-2022）；

- (35) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (36) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (37) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (38) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (39) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；
- (40) 《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）；
- (41) 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- (42) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (43) 《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000）；
- (44) 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB12711-2018）；
- (45) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- (46) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）；
- (47) 《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》（EJ 1042-2014）；
- (48) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）；
- (49) 《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）；
- (50) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）；
- (51) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ1037-2019）；
- (52) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (53) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- (54) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；
- (55) 《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T 20048-2011）；
- (56) 《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》（NB/T 20182-2012）；
- (57) 《核电厂水文地质调查与评价技术规范》（NB/T 20306-2014）；
- (58) 《核电厂总平面及运输设计规范》（GB/T50294-2014）；
- (59) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）；
- (60) 《海水冷却水排放要求》（GB/T 39361-2020）；
- (61) 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB 9132-2018）；
- (62) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB 11928- 1989）；
- (63) 《低、中水平放射性废物高完整性容器——混凝土容器》（GB 36900.2-2018）；

（64）《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）等。

## 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《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，所有机组向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv。本厂址规划建设“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的公众个人剂量约束值暂定为 0.08mSv/a。

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，暂参照 GB 6249-2011 的第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，本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， $2.4 \times 10^{15}$  Bq/a；
- 碘， $8.0 \times 10^{10}$  Bq/a；
- 长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）， $2.0 \times 10^{11}$  Bq/a；
- 氚， $6.0 \times 10^{13}$  Bq/a；
- C-14， $2.8 \times 10^{12}$  Bq/a。

液态流出物：

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

本厂址液态流出物受纳水体为海域，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氚和 C-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氚和 C-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

对于华龙一号，采用《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中相关规定进行事故后果评价。设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内

可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

### （3）海水中的放射性核素浓度标准

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

—Co-60：0.03Bq/L；

—Sr-90：4.0Bq/L；

—Ru-106：0.2Bq/L；

—Cs-134：0.6Bq/L；

—Cs-137：0.7Bq/L。

## 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

### （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）和《施工场地扬尘排放标准》（DB32/4437-2022）规定的排放限值。

### （2）国土空间规划、近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

根据江苏省生态环境厅发布的《省生态环境厅关于江苏徐圩核能供热厂近岸海域环境功能区划调整的复函》（苏环函（2023）186 号），温排水符合调整后的近岸海域环境功能区划。

按照自然资源部用海预审意见（自然资办函〔2023〕688 号）明确的江苏徐圩核能供热发电厂用海范围，经对比《连云港市国土空间总体规划（2021-2035 年）》和《江苏省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（征求意见稿），项目在徐圩港区东防波堤外侧海域的取、排水口用海（含 1℃温升区）位于“徐圩新区工矿通信用海区（1）”。本项目取排水口位于工矿通信用海区，允许适度改变海域自然属性。近岸海域功能区划调整仅将排水头部局部海域由二类海水水质标准改为三类海水水质标准，适度改变海域自然属性，符合利用方式，符合工矿通信用海区的功能定位和管理要求。取排水口设置与规划中的海洋功能分区是相符的。

### （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，主要污染物指标及其回用限值为：

指标	限值	指标	限值
pH	6~9	铁	0.3 mg/L
色度	15 倍	锰	0.1 mg/L
嗅	无不快感	溶解性总固体	1000 mg/L
浊度	5 NTU	溶解氧	2.0 mg/L
生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）	10 mg/L	总氯	1.0 mg/L（出厂） 0.2 mg/L（管网末端）
氨氮	5 mg/L	大肠埃希氏菌	无
阴离子表面活性剂	0.5 mg/L		

其他非放射性生产废水排放石油类执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准，其他指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）中的 B 标准，主要污染物指标及其排放限值为：

指标	限值	指标	限值
化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）	40 mg/L	动植物油类	1 mg/L
氨氮	3（5） mg/L	石油类	3 mg/L
总氮（以 N 计）	10（12） mg/L	阴离子表面活性剂	0.5 mg/L
总磷（以 P 计）	0.3 mg/L	色度	30 倍
悬浮物（SS）	10 mg/L	pH	6~9
生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）	10 mg/L	粪大肠菌群数	1000 MPN/L 或 CFU/L

海水排水执行《海水冷却水排放要求》（GB/T 39361-2020）中 4.1 表 1 海水冷却水排放水质相关要求。

#### （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。

运行期间厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准。



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曝露控制限值为 4kV/m，工频磁感应强度的公众曝露控制限值为 0.1mT。

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

### 1.8 工程组成

本厂址规划建设“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。本报告书仅对本期工程 1、2 号华龙机组进行评价，具体详见本报告书第四章。

本项目厂外还包括海水取排水工程（包括海水取水泵房、取排水管线、取排水口及暗涵工程等）等附属设施。

### 1.9 环境保护措施

#### （1）辐射影响防治措施

1、2 号机组放射性废液管理系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放机组正常运行期间（包括发生预计运行事件时）产生的放射性废液。

废液管理系统由下列系统组成：

- 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）。

其中废液处理系统（ZLT）和核岛液态流出物排放系统（ZLD）同时用于处理、监测和排放本工程 3 号机组高温气冷堆核岛产生的放射性废液。

1、2 号机组常规岛凝结水精处理系统再生水和二回路检修排水等排水在氨氮超标时首先送往常规岛废水处理站（SE）进行处理，处理至氨氮、总氮和 COD 等污染物指标达到江苏省《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）中的 B 标准后送往常规岛液态流出物排放系统（WQB）进行槽式排放。SE 子项为 4 台华龙机组共用。

1、2 号机组废气管理系统由废气处理系统（ZGT）和核岛厂房通风系统（HVAC）组成。

废气处理系统（ZGT）用于对 1、2 号机组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）用于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包括安全壳连续通风系统（CCV）、安全壳空气净化系统（CUP）、安全壳大气监测系统（CAM）、安全壳换气通风系统（CSV）、安全壳环形空间通风系统（CAV）、安全厂房控制区通风系统（VMO）、核燃料厂房通风系统（VFL）、核辅助厂房通风系统（VNA）和核废物厂房通风系统（VRW）等。

1、2 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。高温气冷堆机组固体放射性废物分类收集后送至 ZST 系统进行处理。

## （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（9SA）、非放生产废水处理站等污废水处理设施。

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。主厂区污水处理构筑物的设计规模为 200m<sup>3</sup>/d，厂前区污水处理构筑物的设计规模为 1200m<sup>3</sup>/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。

通过室外管网收集 1、2 号机组汽机厂房、主变压器、高压厂用变压器和辅助变压器

等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器（9SA）。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到石油类满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准、其他指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）中的 B 标准后，经生产废水管网排至厂区排水泵房，最终排海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，由有资质的厂家处置。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m<sup>3</sup>/h，每套设备设计处理能力为 5m<sup>3</sup>/h。

非放生产废水处理站收集的非放射性生产废水经处理达到石油类满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准，其他指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）中的 B 标准后回用于循环水补水预处理厂房，无法回用部分排放。

## 2) 非放射性固体废物污染防治措施

1、2 号机组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（9SA）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（9SA）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，废弃铅蓄电池，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。1、2 号机组运行期间新增生活垃圾产生量约为 2.8 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、冷却塔运行等。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。

综上，本工程 1、2 号机组拟建的环境保护设施主要选取了现有核电厂普遍采用的成熟、可靠、稳定、经济的方案，并结合本工程机组类型和污染物排放特点进行适当优化，以保证环境保护措施在核能供热发电厂长期运行期间的稳定运行，同时能满足国家和地方环保法规对于环境质量与污染物排放总量控制和浓度控制的相关规定和管理要求。

## 1.10 评价范围

本报告书针对本工程 1、2 号机组进行评价，具体评价范围如下。

### 1.10.1 辐射环境影响评价范围

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。

### 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 大气环境》（HJ2.2-2018）及《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），本项目大气环境质量现状评价范围为厂址半径 5km 的主要环境敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）及《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041-2021），本项目施工期大气环境评价范围为施工场界、主要污染源及主要环境敏感点。

#### （2）水环境

本项目涉海部分主要为取排水设施及少量温排水和放射性液态流出物等排放。根据《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）评价等级判定标准，由于工程涉及低放射性废液排海，本评价水质环境评价等级为 1 级。评价范围应覆盖项目用海可能影响到的全部区域。本项目为核能供热发电厂，冷却方式为冷却塔，温排水量较小，评价范围要综合考虑工程用海特点、用海要求及温排水、液态流出物和余氯排放对海域环境的影响范围及程度等。本项目评价范围以排水口为中心外扩 30km。

#### （3）声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）及《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），本项目声环境质量现状评价范围为厂界外 1m 和厂址半径 5km 范围内主要敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）及《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008），本项目运行期声环境评价范围为厂界外 1m 及主要环境敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）及《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），本项目施工期声环境评价范围为施工场界外 1m 及主要环境敏感点。

#### （4）电磁辐射

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）及《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），同时结合本项目开关站和输电线路情况，本项目评价范围如下：

工频电场强度、工频磁场强度：以开关站为中心，半径 0.5km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 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半径 15km 范围的海域。

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目取排水管线生态评价范围定为管道两侧 300m。

### 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

#### 1.11.1 选址阶段环境影响报告书的批复意见

2024 年 4 月 17 日，生态环境部《关于江苏徐圩核能供热厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审[2024]43 号）要求在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作包括：

- 1、采取措施降低海水冷却塔对土壤环境的影响，开展冷却水源设计改进的可行性研究。
- 2、进一步完善长距离取排水管线监测手段和维修措施，降低环境影响。
- 3、在确定核电厂中低放废物处置方案时，明确中低放废物最终去向。

#### 1.11.2 选址阶段环境影响报告书批复意见的落实情况

以上批复意见的落实情况如下：

1、关于采取措施降低海水冷却塔对土壤环境的影响，开展冷却水源设计改进的可行性研究。

（1）本项目正在开展海水冷却塔盐沉积对生态环境影响研究专题，根据目前已取得的研究成果，得出如下基本结论：（a）项目实施范围内农田的土壤含盐量逐年降低，降水和灌溉的洗盐效果明显。（b）不同盐总量处理条件下，小麦干物质质量无显著差异。对小麦的生长而言，盐水飘滴所带来盐胁迫对穗粒数和千粒重均无显著差异，继而盐沉积对小麦产量的影响极小。

目前本专题正在开展盐沉积对水稻的影响实验和自然条件下“洗盐”速率研究实验。

（2）本项目正在开展循环水系统冷却水源设计改进可行性研究论证分析研究专题，根据目前已取得的研究成果，得出的基本结论如下：（a）直接采用善后河淡水水源方案受河道淡水总量限制不可行；（b）采用海水淡化产水作为冷却塔补水水源的可行性较低，仍推荐采用原方案。

2、关于进一步完善长距离取排水管线监测手段和维修措施，降低环境影响。

本项目经开展排水管道泄漏监测方案的研究，最终选取采用在线流量监测（实时流量和累积流量）加手动取样分析的方式作为本项目排水管道泄漏监测的方案。通过实时流量法，可以监测排水管道内是否发生较大的泄漏，并及时进行处置；通过累积流量法，可以监测排水管道内是否发生微小渗漏，当液态流出物排放管道入、出口排放累积流量差大于3%时，可根据累积的时间（期间泄漏量对环境的影响极小）判断微小渗漏的情况是否严重，并采取相应的处置措施。

液态流出物管道敷设在电厂排水管内底部，液态流出物管道和电厂排水管道均按一用一备设置。当液态流出物管某段需要检修时，关闭相应排水管厂区位置的进口闸门和滩涂泵房位置的出口闸门，并将管道排空。维修人员根据分析确定的泄漏区间，通过对泄漏区间的管道打压试验，确定准确的渗漏位置。液态流出物管采用热熔连接方式，可以对渗漏点局部管道进行更换。更换完成后，对更换管段进行打压试验。

随着取排水工程设计的深入，为尽量降低排水可能的泄漏对环境的影响，陆域排水方案由原来的压力流排水方案改为重力流排水方案。在正常运行工况下，控制厂区排水池液位不高于地下水位液位，可保证排水管道外的地下水压高于排水管道内的排水水压，管道内的排水不会渗流至管道外；同时陆域排水管道在重力流条件下运行，这种运行方式安全可靠，在此种条件下运行，可以大幅减小瞬变流造成的水锤危害，保证管道的完整性。

同时考虑本项目属于近海厂址，液态流出物排放需经过厂外远距离输送，陆域排水管

道长约 19.2km。针对液态流出物陆域排水管道的环境监测项目为地下水的测量，在排水管道途经的环境敏感点，在管道周围设置地下水监测井，获取地下水样品送至本工程环境实验室进行测量，用于分析地下水是否受到放射性核素污染。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，核动力厂运行期间地下水的监测项目为  $\gamma$  能谱分析、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ ，分析频次为平水期和枯水期各 1 次，其中， $\gamma$  能谱分析主要关注  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等核素。

3、关于在确定核电厂中低放废物处置方案时，明确中低放废物最终去向。

将根据上级主管部门的政策，结合国内同行电站的做法，优先考虑市场化模式，委托专业公司送往具备相应资质和能力的单位进行处置，确保本工程产生的中低放废物得到及时、安全处置。





图 1.10-1 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 厂址推荐大气扩散参数

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

表 2.4-4 地面观测主要气象要素技术指标一览表

表 2.5-1 厂址附近范围水系统计表

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 厂址附近范围主要河流统计表

表 2.5-13 地表水和地下水长期监测点水位观测一览表

表 2.5-14 钻孔抽水试验成果汇总表

表 2.5-15 室内渗透试验成果汇总表

表 2.5-16 第四系渗透性分级和渗透系数建议值一览表

表 2.5-17 水质分析成果一览表

表 2.5-18 水化学类型汇总表

表 2.5-19 各岩土层渗透性能及防污性能

表 2.5-20 取排水管线区水系统计表

表 2.5-21 连云港地区潮汐时间表

表 2.5-22 地下水类型划分一览表

表 2.5-23 微水试验成果一览表

表 2.5-24 抽水试验成果一览表

表 2.5-25 各岩土层水文地质参数统计汇总表

表 2.5-26 各孔弥散性质汇总表

表 2.5-27 地下水按矿化度分类

表 2.5-28 水文地质单元主要特征

图：

图 2.4-1 灌云站全年及各季风玫瑰图

图 2.4-2 地面站各季及年均风玫瑰图（2022.2~2024.1）

图 2.4-3 铁塔各高度年均风玫瑰图（2022.2~2024.1）

图 2.4-4 地面站各风向季均、年均降水量玫瑰图（2022.2~2024.1）

## 2.1 厂址地理位置

### 2.1.1 厂址位置

江苏徐圩核能供热发电厂位于连云港市徐圩新区内的西墩山区域，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，东距徐圩港区约 15km，东南距黄海约 17.5km，西南距灌云县城约 31km。

### 2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

#### 2.1.2.1 厂址边界

##### （1）永久用地

本项目厂址区域拟征地面积约 249.82ha（不含环境监测设施、检修宿舍等厂外设施用地）。环境监测设施用地面积合计约 1.81ha，该用地由建设单位单独申请项目用地。

##### （2）临时用地

本项目厂外施工临时用地约 56.7ha。除厂外施工租地外，施工临建拟利用二期工程用地面积约 49.32ha。

#### 2.1.2.2 非居住区及规划限制区

本工程非居住区半径和规划限制区半径分别为 500m 和 5km。

## 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《江苏徐圩核能供热发电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。

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。

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 范围内人口数据采用现场调查的人口数据，根据现场实地调查走访，

当地居民多已外出务工，实际常住人口远低于户籍人口，范围内涉及东辛农场、四队镇及同兴镇共 3 个乡镇 1 个农场 15 个行政村下辖的 93 个自然村，2020 年人口数约 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，人口约 200 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，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。

### 2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要人口中心

厂址半径 15km 范围内涉及东辛农场、徐圩新区、板浦镇、四队镇、同兴镇、圩丰镇、下车镇、图河乡、杨集镇共 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。厂址半径 15km 范围内 2020 年人口总数约 29 万人。距离厂址最近的行政村为四队镇的鲁河村和吴赵村，鲁河村位于厂址 E 方位 2.1km 处，人口数约 3 千人，吴赵村位于厂址 SE 方位 2.1km 处，人口数约 1.4 千人；人口最多的是圩丰镇洋桥农场，位于 ESE 方位 12.3km 处，人口约 4.9 千人。厂址半径 10km 范围内没有 10 万以上人口的人口中心。

### 2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围内 2020 年的短期流动人口中，流入共 3470 人，主要为务工人员及少量农忙人员；流出共 4177 人，主要为务工人员及少量农忙人员。厂址半径 15km 范围内长期流动人口中，流入共 41963 人，均为务工；流出共 14823 人，也均为务工。2020 年厂址半径 15km 范围内的人口以流入为主，其中流入人口大部分集中在徐圩盐场，有短期流入人口 3212 人，长期流入人口 36200 人，这部分流入人员主要为连云港石化基地内的建设人员，当前基地内的部分企业已建成，这些人员已大部分撤离厂址半径 15km 范围。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 范围内的流动人口以流出为主，2020 年有长期流入人口 28 人，均为流入鲁河村的随迁人员，有长期流出人口 14761 人，均为务工人员，厂址半径 5km 行政村的短期流动人口数量少，对短期流动人口不做统计备案。

## 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 年人口总数约 953 万人。

### 2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围涉及江苏省连云港市的连云区、海州区、赣榆区、东海县、灌云县、灌南县，徐州市的新沂市，淮安市的涟水县，盐城市的响水县、滨海县、阜宁县，宿



迁市的沭阳县；山东省日照市的岚山区，临沂市的莒南县、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，人口数约 10.8 万人；人口最多的 10 万以上城镇是海州区的连云港市区，位于厂址 WNW 方位 29.2km 处，人口数约 32.3 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

### 2.3.1 土地和水体的利用

本节内容根据中国辐射防护研究院于 2022 年 4 月完成的《江苏徐圩核能供热发电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。

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。厂区土地类别包括耕地、工矿用地、坑塘水面、农村道路等。本项目不占用基本农田。

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。

厂址半径 15km 范围内无自然保护区、湿地公园或森林公园，有风景名胜只有 1 个，为伊芦山景区，最近处位于厂址 WSW 方位 13km 处，该景区旺季为 2 月~5 月，日高峰客流量为 5000 人，景区目前为 3A 级。厂址半径 15km 范围内无自然保护区、湿地公园、森林公园或风景名胜区的规划。

厂址半径 15km 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、东陬山抗日石刻、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陬山抗日石刻，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陬山湖，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，为江苏方洋水务有限公司的徐圩水厂，为东辛农场以及徐圩新区提供自来水，水厂设置两个取水口，善后河取水口位于厂址 ENE 方位，最近距离为 6.5km；香河湖应急水源地位于厂址 NE 方位 8.2km。

厂址半径 15km 范围内涉及 2 处饮用水源地保护区，即上述徐圩水厂的两处取水口。

### 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《江苏徐圩核能供热发电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《江苏徐圩核能供热发电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《江苏徐圩核能供热发电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

调查区域野生种群为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，厂址半径 10km 陆域调查范围统计到鸟类有 12 目 32 科 73 种；在现场调查中，在厂址半径 10km 范围记录到鸟类 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，本项目厂址半径 10km 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，陆生环节动物多分布于阴暗潮湿、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

本项目取排水管线区域生态系统类型简单，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

根据自然资源部办公厅于2022年10月14日发布的《自然资源部办公厅关于北京等省（市、区）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》和“三区三线”划定成果，厂址半径10km范围内生态保护红线有徐圩新区集中式饮用水水源保护区、徐圩新区应急备用水源地。

### 2.3.2.6 陆域生态环境分区管控单元

2024年4月17日，江苏省生态环境厅将《江苏省生态环境分区管控成果动态更新情况说明（2023年）》按程序上报至生态环境部备案。2024年5月7日，生态环境部向江苏省生态环境厅出具备案回执，并提供赋码回流数据。省厅在收到备案回执后，已在江苏省生态环境厅官网中的“江苏省生态环境分区管控综合服务”平台中更新生态环境分区。

综上所述，本项目符合更新后的厂址附近陆域生态环境分区管控单元的管控要求。

### 2.3.2.7 距离反应堆最近的农场、菜园、果园、农田、养殖场等

距反应堆最近的农场所在地名称是西陲 82 管理区，最近的果（菜）园、农田所在地名称是西陲 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《江苏徐圩核能供热发电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 厂址附近海域海洋沉积物质量

本次沉积物质量调查表明，调查海区底质粒度、ph、Eh、含水率未见异常，有机氯、硫化物、有机碳、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类含量均符合“海洋沉积物质量标准（GB18668-2002）”一类标准。

#### 2.3.3.2 厂址邻近海域中的海洋生物

厂址半径 15km 范围内海域生态情况如下：

##### （1）微生物

夏季，调查海区调查站位的粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/升，均符合《国家海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

秋季调查海区调查站位的粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/升，均符合《国家海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

冬季，调查海区调查仅一个站位的粪大肠菌群丰度超过 2000 个/升，其余均不超过 2000 个/升，均符合《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。

春季调查海区调查站位的粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/升，均符合《国家海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

##### （2）叶绿素 a 和初级生产力

夏季调查海域表层叶绿素 a 浓度的平均值为 6.61 mg/m<sup>3</sup>，底层叶绿素 a 浓度的平均值为 5.67mg/m<sup>3</sup>。夏季调查海域初级生产力的平均值为 35.51mgC/（m<sup>2</sup>·h）。

秋季调查海域表层叶绿素 a 浓度的平均值为 2.28 mg/m<sup>3</sup>，底层叶绿素 a 浓度的平均值为 2.24mg/m<sup>3</sup>。秋季调查海域初级生产力的平均值为 2.27mgC/（m<sup>2</sup>·h）。

冬季调查海域表层叶绿素 a 浓度的平均值为 4.85mg/m<sup>3</sup>，底层叶绿素 a 浓度的平均值为 4.70 mg/m<sup>3</sup>。冬季调查海域水柱初级生产力的平均值为 29.14mgC/（m<sup>2</sup>·h）。

春季大潮期调查海域表层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $1.83 \text{ mg/m}^3$ ，底层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $1.55 \text{ mg/m}^3$ 。春季大潮期调查海域水柱初级生产力的平均值为  $12.04 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

春季小潮期调查海域表层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $2.06 \text{ mg/m}^3$ ，底层叶绿素  $a$  浓度的平均值为  $1.89 \text{ mg/m}^3$ 。春季小潮期调查海域水柱初级生产力的平均值为  $9.16 \text{ mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

### （3）浮游植物和赤潮生物

#### ①浮游植物

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。

#### 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。

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

夏季调查中，共记录鉴定到种的浮游动物 51 种，其中以水螅水母类 19 种，桡足类 17 种，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，水螅水母 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，其中水母类 12 种，桡足类 12 种，糠虾类 5 种，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，其中桡足类 8 种，水母类



6 种，毛颚类和糠虾类 3 种，其余物种分别为端足类 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，其中水螅水母类 9 种，桡足类 7 种，糠虾类和毛颚类各 2 种，端足类和被囊类均 1 种。

#### （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

夏季潮间带生物 64 种，分属 6 门。其中软体动物的物种数最高，为 21 种，环节动物和节肢动物各 20 种，其他动物（包括腕足动物和脊索动物）2 种，棘皮动物 1 种。

秋季潮间带生物调查共采获底栖生物 55 种，分属 7 门。其中环节动物 18 种，节肢动物 18 种，软体动物 15 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。

春季航次共采获潮间带生物 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。

冬季调查，水平拖网共记录仔稚鱼为 7 科 7 属 8 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。

#### （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。

#### （9）污损生物

结合月板、季板、半年板和周年板，主要受软体动物贻贝、节肢动物藤壶、苔藓虫、水螅虫、海葵和海鞘等附着密度和生物量的影响。

### 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。

#### （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、缢蛏、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，缢蛏、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、缢蛏、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，缢蛏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，缢蛏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；缢蛏、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、缢蛏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 生态保护红线

根据自然资源部办公厅于 2022 年 10 月 14 日发布的《自然资源部办公厅关于北京等省（市、区）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》和“三区三线”划定成果，排水口半径 15km 范围内无海域生态保护红线。

### 2.3.3.5 工程周围环境敏感目标

项目厂址 80km 范围环境敏感目标主要包括：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。排水口周边 15km 范围内，无自然保护区、海洋特别保护区、水生野生动植物保护区、种质资源保护区等。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。

### 2.3.3.6 三场一通道

排水口周边 15km 范围内，无经济鱼类产卵场、索饵场、越冬场等。

### 2.3.3.7 海域生态环境分区管控单元

根据“江苏省生态环境分区管控综合服务”中的查询结果，本项目排水口半径 15km 不涉及海域优先保护单元，涉及一般管控单元。

### 2.3.3.8 养殖规划和养殖现状

根据《连云港市养殖水域滩涂规划（2022-2030 年）（修编）》“第二章 养殖水域滩涂利用评价”——“第六节 水域滩涂承载力分析”——“第三条 水生生物资源状况”——“三、主要可养殖品种”，全市可养殖的品种有，淡水品种：泥鳅、四大家鱼、鲤鱼、鲫鱼、鳊鱼、黄颡鱼、团头鲂、河蟹、乌鳢、南美白对虾等品种。海水可养殖品种有梭子蟹、中国对虾、脊尾白虾、条斑紫菜、坛紫菜、牡蛎、贻贝、扇贝、蚶类、虾虎鱼、黑鲷、鲈鱼等。

根据《连云港市连云区养殖水域滩涂规划（2022-2030 年）修编》“第二章 养殖水域滩涂利用评价”——“第七节 水产养殖产业发展分析”——“第一条 水产养殖发展现状”——【养殖品种】中，连云区主要海水养殖品种有条斑紫菜、坛紫菜、中国对虾、太平洋牡蛎、魁蚶、毛蚶、贻贝、扇贝、杂色蛤、青蛤、竹蛏、缢蛏和海参等。淡水养殖品种有草鱼、鳊鱼、鲤鱼、鲫鱼、斑点叉尾鮰、南美白对虾、泥鳅、鳊鱼、黄鳝、中华绒螯蟹等。

连云港的捕捞产品包括的经济鱼类主要有海鳗、鳊鱼、鲢鱼、沙丁鱼、鲱鱼、石斑鱼、鲷、蓝圆鲹、白姑鱼、黄姑鱼、鲈鱼、鲳鱼和鲅鱼等。经济价值较高的甲壳类和头足动物物种有：中国对虾、鹰爪虾、毛虾、日本蟳、乌贼、章鱼等。贝类具有较高经济价值的主要物种有：毛蚶、泥蚶、竹蛏等。

厂址半径 15km 范围居民生活饮用均不使用地下水。

### 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，其中距厂址最近的是连云港吉米农业开发有限公司，位于厂址 SSE 方位 8.1km 处，职工人数 10 人，从事大米加工。

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。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。



厂址半径 15km 范围内涉及 1 处工业园区，为徐圩新区内的连云港石化产业基地，是国内近年来快速发展的大型沿海石化产业基地。在国家石化产业规划布局方案中，连云港石化产业基地是重点规划布局的新建石化产业基地之一，成为国家新一轮石化产业布局调整和结构优化升级战略的重要承载地。近年来，连云港石化产业基地建设加快推进，已有一批已建、在建的石化、化工项目，还有多个意向项目，各项基础设施也在不断完善，基地入选了中国石油和化学工业联合会评选的 2019 年中国化工园区潜力 10 强园区。

根据《连云港石化产业基地“十四五”安全生产规划》，连云港石化基地位于厂址 NE~ENE 方位 7.6~17.4km 的范围内，当前园区内共有 13 家已经投产运行或处于试运行阶段的企业，以及 6 家处于正在建设状态的企业。

厂址半径 15km 范围内涉及 4 家烟花爆竹销售企业，距厂址最近的连云区好运来烟花爆竹经营部位于厂址 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 9 家加油站和 2 家加气站，距厂址最近的是灌云顺通加油点，位于厂址 SE 方位 2.6km 处，储存柴油，单罐最大存量为 10m<sup>3</sup>；储量最多的加油站是孟陬路加油站，位于厂址 SE 方位 9km 处，汽柴油最大存量 100t，单罐最大存量为 25t。

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陬山地下洞库，位于厂址 E 方位 8.0km 处。洞库的地下库容为 340×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>，分 9 个储油洞室，组成 4 组储油洞罐，分别由 2 条、2 条、2 条和 3 条洞室组成，储油洞罐容积分别为 80×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>，80×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>，80×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup> 和 100×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。

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。

厂址附近涉及一条原油管道的规划，为连云港-徐州成品油管。

厂址 E 方位 8.0km 处的东陬山地下洞库设置有配套原油输送管道，根据《关于新建徐圩新区地下封水洞库外部原油及公共配套管道项目信息的说明》（江苏洋井石化集团有限公司，2024 年 1 月 15 日），地下水封洞库计划配套新建两条原油管道，设计流量 4000m<sup>3</sup>/h，



管径 DN800，设计压力 3.5MPa，长度约 16km，出现全管径断裂时阀门的关断时间为 140s~160s。

经计算分析，上述危险源均不会对厂址安全造成影响。

#### 2.3.4.2 交通

##### （1）公路、铁路

厂址附近交通发达，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 范围内主有 G15 沈海高速、国道 G228、省道 S242 及 22 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 范围内规划建设公路 7 条，距厂址最近的规划中道路是县道徐圩至东海公路，距离厂址中心距离 2.2km。

厂址半径 15km 范围内规划有 3 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。

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车轴河，最近处位于厂址 ESE 方位 5km 处。

##### （4）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。

## 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 附近。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℃（连云港站，2002.7.15），极端最低气温为-21.7℃（灌云站，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（连云港站，1958.5.11），极大风速为 40.0m/s（赣榆站，1967.6.4）；年平均降水量为 892.0~912.3mm，一日最大降水量为 699.7mm（响水站，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（连云港站，2000.1.31），极端最低气压为 979.8hPa（响水站，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 给出了灌云站各季和年风玫瑰图，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（ $\leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 10%。

## 2) 气温

灌云站年平均气温为  $14.5^{\circ}\text{C}$ ，可见最高月平均气温出现在 7 月，为  $26.9^{\circ}\text{C}$ ，最低月平均气温出现在 1 月，为  $0.8^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温为  $40.0^{\circ}\text{C}$ ，出现在 1964 年 7 月 8 日，极端最低气温为  $-21.7^{\circ}\text{C}$ ，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  $14.4\text{hPa}$ ，平均水汽压最高出现在 7 月，为  $29.5\text{hPa}$ ，最低出现在 1 月，为  $4.5\text{hPa}$ 。

## 5) 降水

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

## 6) 气压

灌云站年平均气压为  $1016.6\text{hPa}$ ，累年平均 1 月和 12 月份气压最高，为  $1027.4\text{hPa}$ ，7 月份平均气压最低，为  $1004.0\text{hPa}$ 。极端最高气压为  $1046.6\text{hPa}$ ，出现在 2000 年 1 月，极端最低气压为  $980.6\text{hPa}$ ，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  $2092.5\text{h}$ ，一年中以 5 月份的平均日照时数最长，为  $214.3\text{h}$ ，1 月份的平均日照时数最短，为  $146.3\text{h}$ 。

## 9) 蒸发

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

### 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，得到厂址区域 10m 高度处百年一遇最大风速为 35.6m/s，对应的极大风速为 53.4m/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 86537km<sup>2</sup>。经对调查事例的分解合并共得到龙卷风样本 475 例，采用核安全导则 HAD101/10（1991）推荐的富士达~皮尔森强度分类法对区域内的龙卷风进行逐个分类，其中 F0 级有 202 例，F1 级有 152 例，F2 级有 115 例，F3 级有 6 例。

以 10<sup>-7</sup>/年作为设计基准龙卷风的概率水平，得到厂址区域龙卷风最大风速为 84.1m/s。参考田湾核电站的龙卷风设计基准：设计基准龙卷风为 F4 级，设计基准龙卷风风速为 94.4m/s，从保守角度考虑，最终确定本厂址区域设计基准龙卷风为 F4 级，设计基准龙卷风风速为 94.4m/s。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

设计基准龙卷风	F4 级
最大龙卷风风速	94.4m/s
平移速度	18.4m/s
最大旋转风速	76.0m/s
最大气压降	6.65kPa
压降率	2.44kPa/s

### 3) 极端风速

收集灌云、赣榆、连云港和响水四个气象站自建站~2020的实测风资料，采用耿贝尔函数对四个气象站的最大风速序列进行极值拟合，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，对应的极大风速为42.5m/s。

综合热带气旋和实测极端风统计结果，本工程与核安全有关的抗震I类构筑物设计基准风速为53.4m/s（3s阵风）。

### 4) 极端气温

收集灌云、赣榆、连云港和响水四个气象站自建站~2020 年的极端气温资料，采用耿贝尔函数对各站的历年极端气温序列进行拟合，并考虑各参证站的实测极值，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自建站~2020 年的冬季最大积雪深度和冬季 48h 最大降水量资料，采用耿贝尔函数对各站的历年极端雪深序列进行拟合，分别采用耿贝尔函数和 P-III 函数对各站的冬季 48h 最大降水量进行拟合，并考虑各参证站的实测极值。按照 HAD101/10（1991）的要求，百年一遇雪荷载为极端雪深和冬季 48h 降水量的叠加值。保守考虑，拟合值小于实测值时选择实测值进行计算，最终确定厂址区域百年一遇雪荷载为 0.93kN/m<sup>2</sup>。

### 2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址气象站 2022 年 2 月~2024 年 1 月现场观测资料的统计结果，分析厂址的当地气象条件。

#### 1) 风向、风速

观测期间厂址地面站年平均风速为 2.7m/s。其中 3、4 月份平均风速最高，均为 3.3m/s；9、10 月份平均风速最低，为 2.2m/s。年静风（≤0.5m/s）频率为 0.2%。观测期间厂址地面站最大风速为 12.2m/s，极大风速为 21.3m/s，均出现在 2023 年 3 月 15 日。

观测期间厂址地面站年最多风向和次多风向分别为 NE（11.9%）和 NNE（9.8%）。图 2.4-2 给出了观测期间厂址地面站各季和年风频分布特征。全年期间 NNE 来流时平均风速最高，达到 4.0m/s，其次是 NE 来流，平均风速为 3.5m/s，最低为 WNW 和 SSE 来流的 2.0m/s。

观测期间塔层各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）的年平均风速分别为 2.7m/s、3.6m/s、4.4m/s、4.9m/s 和 5.4m/s。各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）月平均风速最高值均出现在 3 月或 4 月份，分别为 3.3m/s、4.3m/s、5.1m/s、5.7m/s 和 6.3m/s；各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）月平均风速最低值均出现在 9 月份，分别为 2.2m/s、3.0m/s、3.7m/s、4.1m/s 和 4.6m/s。塔层各高度的年静风（≤0.5m/s）频率分别为 1.3%、0.2%、0%、0.2%和 0.2%。

观测期间塔层各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）的最大风速分别为 11.0m/s、16.1m/s、19.4m/s、21.0m/s 和 22.7m/s，除 10m 高度出现在 2023 年 2 月 1 日外，其他高度均出现在 2022 年 6 月 30 日；极大风速分别为 21.7m/s、25.1m/s、26.6m/s、26.7m/s 和 26.9m/s，除 10m 高度出现在 2023 年 4 月 30 日外，其他高度均出现在 2022 年 6 月 30 日。

观测期间塔层各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）的最多风向均为 NE，频率

分别为 14.2%、12.5%、11.7%、10.7%和 10.6%，10m、30m、50m 高度的次多风向为 SE，其他高度（70m 和 100m）的次多风向均为 ENE，频率分别为 8.4%、8.6%、9.1%、10.5%和 10.3%。图 2.4-3 给出了观测期间塔层各高度年风频分布特征。

## 2) 气温

观测期间厂址地面站和塔层各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）年平均气温分别为 15.1℃、15.4℃、15.5℃、15.6℃、15.6℃和 15.5℃，月平均最高气温均出现在 7 月或 8 月份，分别为 27.8℃、27.7℃、27.5℃、27.4℃、27.2℃和 27.1℃，月平均最低气温均出现在 1 月份，分别为 1.1℃、2.0℃、2.4℃、2.6℃、2.7℃和 2.7℃。

观测期间厂址地面站出现的最高气温为 38.3℃，出现在 2023 年 6 月 9 日；最低气温为-10.6℃，出现在 2023 年 12 月 21 日。塔层各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）的最高气温均出现在 2022 年 8 月 13 日，分别为 36.5℃、36.1℃、35.8℃、35.6℃和 35.4℃；最低气温均出现在 2023 年 12 月 21 日或 22 日，分别为-10.0℃、-9.9℃、-9.7℃、-9.5℃和 -9.7℃。

观测期间铁塔 10~30m、10~50m、10~70m 和 10~100m 出现逆温的时次频率基本相当，在 36.1%~37.3%之间，其中 10~50m 的逆温频率最高，10~100m 的逆温频率最低；各层强逆温的出现频率分别为 17.2%、14.5%、11.3%和 6.7%。可见，各塔层相比，低层出现强逆温的情况偏多。

## 3) 相对湿度

厂址年平均相对湿度为 72.7%，7 月的平均相对湿度最高，为 84.0%，12 月平均相对湿度最低，为 65.3%。观测期间出现的最小相对湿度为 15.8%。

## 4) 水汽压

观测期间厂址地面站年平均水汽压为 14.9hPa，平均水汽压最高出现在 7 月，为 31.1hPa，最低出现在 12 月，为 4.7hPa。

## 5) 降水

观测期间地面站年平均降水量为 592.7mm。月平均降水量最大值为 8 月份的 143.8mm，月平均降水量最小值为 1 月份的 2.3mm。观测期间出现的一日降水量最大值为 39.9mm，出现在 2022 年 7 月 28 日。

图 2.4-4 给出了观测期间各风向降水量分布。观测期间单风向降水量最大值为 273.5mm（NE）；单风向降水量最小值为 8.0mm（S）。

## 6) 气压

观测期间厂址年平均气压为 1017.4hPa，2 月份平均气压最高，为 1028.7hPa；7 月份平均气压最低，为 1004.7hPa。观测期间最高气压为 1043.6hPa，最低气压为 995.3hPa。

#### 7) 蒸发

观测期间地面站年平均蒸发量为 1332.6mm，月蒸发量以 3 月份最多，为 222.1mm，2 月份最少，为 32.5mm。

#### 8) 辐射

观测期间厂址年平均总辐射量为 174.3W/m<sup>2</sup>，年平均净辐射量为 71.0 W/m<sup>2</sup>。总辐射量月平均最大值为 5 月份的 241.3 W/m<sup>2</sup>，月平均最小值为 12 月份的 100.2 W/m<sup>2</sup>。净辐射月平均最大值为 8 月份的 118.9 W/m<sup>2</sup>，月最小值为 12 月份的 14.9 W/m<sup>2</sup>。

### 2.4.4 大气稳定度

根据厂址 2022 年 2 月~2024 年 1 月两整年的实测气象资料，采用 $\Delta T/U$  法进行大气稳定度分类，得到观测期间中性 D 类为 29.8%，不稳定 A~C 类分别为 8.0%、22.7%和 11.2%，稳定 E、F 类分别为 2.6%和 25.7%。

### 2.4.5 联合频率

根据 2022 年 2 月~2024 年 1 月厂址气象铁塔 10m 高度的风向、风速和地面站的降水观测结果，以及采用 $\Delta T/U$  法得到的大气稳定度分类结果，统计计算得到厂址 10m 高度风向、风速、稳定度三维联合频率和 70m 高度风向、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

2022 年 1 月 6 日~1 月 26 日（以下简称冬季）和 2022 年 8 月 8 日~8 月 29 日（以下简称夏季）分别在厂址开展了大气边界层探测。

根据观测期间所探测到的温度资料，利用干绝热曲线法分别对冬、夏两季各观测点的混合层高度数值进行了统计。可见，早晨多由近地面层逆温控制，大气处于稳定状态，混合层高度较低，日出后，随着太阳高度角的增加，太阳辐射不断增强，近地面层的热力和动力扰动随之增强，接地逆温遭到破坏和抬升，混合层高度逐渐增高，午后达到最大。从混合层高度的日变化来看，本区冬季、夏季的大气污染物垂直扩散能力最好的时间在 11~17 时之间。

根据上述冬、夏两季的混合层观测结果，综合分析后给出厂址不同稳定度下混合层高度值如下：

A-B 稳定度      807.1m



C 类稳定度	618.3m
--------	--------

D 类稳定度	542.0m
--------	--------

#### 2.4.6.2 大气扩散参数

为研究厂址的大气扩散特征，开展了现场示踪试验、湍流观测和大气扩散数值模拟。

为了满足实际应用的需要，考虑到现场示踪能够最直接反映厂址扩散稀释情况，通过三种方法拟合的各稳定度类扩散参数比较，在推荐厂址扩散参数时：先将湍流观测、示踪试验、数值模拟三种方法拟合的 D 类扩散参数平均值作为厂址 D 类扩散参数推荐值；类比示踪试验 A、B、C 各类扩散曲线的间距来外推 A、B、C 类扩散参数，类比数值模拟 E、F 类外推现场试验没有获取的 E、F 天气类型扩散参数。

综上所述，最终得到厂址区域的大气扩散参数见表 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。

厂址气象站位于厂区的上风向，地势平坦，四周十分开阔。厂址气象站于 2022 年 2 月开始正式观测。地面气象观测的气象要素包括：风向、风速、气温、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、风速和气温。气象铁塔和地面观测传感器主要性能见表 2.4-3 和表 2.4-4。

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。

观测期间铁塔和地面站各气象数据的联合获取率为 99.31%，用于计算联合频率的各气象要素的数据联合获取率为 99.32%，满足导则要求。

### 2.5 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程。

#### 2.5.1 地表水

##### 2.5.1.1 海洋水文

###### （1）概述

本厂址位于连云港市徐圩新区境内的西墩山区域。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。

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。

厂址专用站于 2021 年 7 月~2022 年 6 月进行了为期一整年的潮位观测。利用连云港验潮站辅助分析计算厂址的潮汐特征值。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) 潮位

由于厂址站没有长期验潮资料,故需拓展其历时潮位资料序列来分析计算工程海域的各种潮位参数。由于厂址的增减水与连云港站的相关关系较好,故确定利用连云港站的增减水来拓展厂址的历时潮位资料序列。计算得厂址处的特征潮位如下:

1000 年一遇高潮位	4.41m
100 年一遇高潮位	3.92m
1000 年一遇低潮位	-3.65m
100 年一遇低潮位	-3.42m

(4) 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。本次观测工程海区潮流性质为规则半日潮流,潮流运动形式属于旋转流。

夏季各测站垂线平均涨潮流最大流速为 0.80m/s,各测站垂线平均落潮流最大流速为 0.78m/s;冬季各测站垂线平均涨潮流最大流速为 0.91m/s,各测站垂线平均落潮流最大流速为 0.77 m/s。

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。

#### （5）海水温度和盐度

连云港站多年平均表层水温值为 15.0℃。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为-2.0℃。

连云港站多年平均表层盐度值为 28.9。依据建立的厂址与连云港表层盐度相关关系，推算的厂址海域的历史最高表层盐度为 33，历史最低表层盐度为 5.1。

#### （6）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/m<sup>3</sup> 和 0.059 kg/m<sup>3</sup>。不同测站涨、落潮平均含沙量中潮最大，小潮最小。

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/m<sup>3</sup> 和 0.065 kg/m<sup>3</sup>。不同测站涨、落潮平均含沙量小潮最大，中潮最小。

施测海域各测站四季所取悬沙物质主要成分均为黏土质粉砂（YT）。夏、秋、冬、春季悬沙中值粒径分别为 0.0081 mm、0.0084 mm、0.0077 mm、0.0067mm，秋季最大，春季最小。

#### （7）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。

#### （8）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。经过 2015 年之后徐圩港区建设，工程海域岸线经历了较大改变，该阶段（2010 年至 2022 年）产生岸线变化主要原因为人类工程活动。

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

#### （1）河流水系

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。连云港市主要大中型水库共 15 座，厂址半径 15km 内不存在水库。

厂址半径 15km 范围内涉及 5 条主要河流，分别有善后河、东干河、烧香河、车轴河与牛墩界圩河，距厂址最近的是古泊善后河。

##### 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黏土碾压而成，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，至东陇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 333km<sup>2</sup>，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黏土碾压而成。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）重要水闸工程

厂址半径 15km 内涉及的河闸主要有东干河闸、善后新闸、车轴河闸、烧香河南闸、中干河闸、埃字河闸、乡干河闸、新沟河北闸等。

#### （3）淡水水源



一期工程 1、2 号机组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、重要厂用水系统补水、消防用水、道路浇洒、洗车及绿化用水等。

本项目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。

## 2.5.2 地下水

### 2.5.2.1 厂址地下水

#### 2.5.2.1.1 地表水

厂址附近范围分布有河流、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 1230km<sup>2</sup>。

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 m<sup>3</sup>，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。

经调查，善后河整体流向由西向东，流速缓慢。厂址附近范围段（至善后河新闻）善后河长约 12.8km，其中项目距善后河新闻约 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。

## 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，一支向北至东陬山南车轴河闸，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 333km<sup>2</sup>。

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 厂址附近范围水文地质特征

### 2.5.2.1.2.1 地层岩性

厂址附近范围除西陬山体出露基岩外，其余均被第四系覆盖，第四系主要为中更新世小腰庄组（ $Q_{p2x}$ ）粗砂、晚更新世灌南组（ $Q_{p3g}$ ）粉砂黏土和全新世连云港组（ $Q_h^1$ ）淤泥质黏土，基岩主要为元古界（ $Pt_{2-3}Yh$ ）片麻岩。

厂区出露的第四系主要为全新统（ $Q_4^{ml}$ ）人工填土，全新统连云港组海积（ $Q_4^m$ ）的黏土、淤泥，上更新统灌南组冲积（ $Q_3^{al}$ ）的粉质黏土、粉土、角砾，上更新统灌南组海积（ $Q_3^m$ ）的粉质黏土、粉砂，中更新统小腰庄组冲积（ $Q_2^{al}$ ）的黏土，下更新统五队镇组冲积（ $Q_1^{al}$ ）的中砂、粉质黏土、粉砂、黏土。

厂址取排水管线第四系岩性为全新统（ $Q_4^{ml}$ ）人工填土，全新统海积层（ $Q_4^m$ ）黏土、淤泥，上更新统灌南组冲积（ $Q_3^{al}$ ）的粉质黏土、粉土及粉砂、上更新统海积层（ $Q_3^m$ ）的粉质黏土、粉砂，中更新统冲积层（ $Q_2^{al}$ ）粉质黏土、粉砂及粗砂层。

### 2.5.2.1.2.2 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型。

#### 1) 松散岩类孔隙水

##### (1) 潜水含水层组

潜水主要赋存于上部①<sub>2</sub>黏土、②淤泥、全风化层及少量①<sub>1</sub>人工填土土层中，一般埋



深 0~2.0m，一般层厚 7.0~24.0m，单井涌水量小于 10m<sup>3</sup>/d，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⑤<sub>2</sub>粉砂层中，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 150m<sup>3</sup>/d 左右，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⑥<sub>A</sub>中细砂层中，厂址附近范围部分地段分布，一般埋深 34.8~45.4m，一般层厚 0~25.0m，单井涌水量 500m<sup>3</sup>/d 左右，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⑦<sub>1</sub>细砂、⑦<sub>3</sub>粉砂及⑧<sub>2</sub>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 150m<sup>3</sup>/d 左右，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⑨<sub>2</sub>强风化~⑨<sub>4</sub>微风化片麻岩层中，分布于西隍山及其周边下伏基岩中，最大揭露厚度为 106.40m，单井涌水量 30m<sup>3</sup>/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。

### 2.5.2.1.2.3 补给、径流与排泄条件

#### 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，仅西隍山、东隍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，透水能力为中等~微透水，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、承压水侧向及越流补给。

### （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，分布于西隍山、东隍山、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、承压水补给。

## 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，仅西隍山、东隍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，透水能力为中等~微透水；剥蚀残丘地貌区地形略有起伏，为基岩出露区，透水能力为中等~微透水。

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向东南，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；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，水力梯度约为 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，流向由西北向东南，水平径流速度迟缓。

### （3）基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于中等风化~微风化片麻岩层中，透水能力为中等~微透水，根据流速流向试验及区域资料，流向由西北向东南，水平径流速度迟缓。

## 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。地下水排泄主要以地面蒸发和侧向径流为主。

#### 2.5.2.1.2.4 水力联系

根据区域资料，调查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，而枯水期（12 月~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、承压水侧向及越流补给，排泄方式主要为蒸发和向下游排泄。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，排泄方式主要为蒸发和向下游排泄，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。

#### 2.5.2.1.2.5 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，仅西墩山、东墩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。

厂址附近范围内水文地质单元是连云港市区域水文地质单元东南区域含水系统的一部分，整体处于径流、排泄区。潜水含水层以河流为界分为北区（ $I_1$ ）和南区（ $I_2$ ）两个相对独立的水文地质单元，厂址位于  $I_1$  水文地质单元内。厂址附近范围内， $I_1$  水文地质单元地下水整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河，局部汇集至西墩山采石坑区或从东墩山基岩出露区向四周扩散； $I_2$  水文地质单元地下水整体流向由西南向东北，最终汇集至善后河，流入大海。

### 2.5.2.1.2.6 水文地质试验

#### 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，试验层位为承压含水层；2 组松散岩类孔隙水微水试验，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) 压水试验

厂区共布置 8 个压水试验孔，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  $1.30 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，透水率为  $0.059 \sim 9.298 \text{Lu}$ ，平均值为  $1.30 \text{Lu}$ 。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。

#### 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，确定表层岩土体渗透性。试验成果见表 2.5-7。由表可知，包气带土层的渗透性与岩性有关，岩性松散且包含较多的包气带地段的渗透系数较大，反之土层较密实且土质较均匀的地段渗透系数较小。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  $6.76 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 。

#### 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。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地下水流速均较小，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  $10^{-4} \text{cm/s}$  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  $10^{-6} \text{cm/s}$  数量级，流速最小值处于  $10^{-7} \text{cm/s}$  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。由试验结果可知，各观测孔地下水流向为南偏东  $9^{\circ} \sim 14^{\circ}$  之间，这与地下水整体流向西北向东南一致。

### （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。由表可以看出，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  $10^{-3} \sim 10^{-5}m$  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  $10^{-3} \sim 10^{-5}m$  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

（1）地表水（善后河）化学类型为  $Cl \cdot HCO_3 \cdot SO_4 \cdot Na \cdot Ca \cdot Mg$  型水，矿化度 0.98~0.99g/L，平均 0.99g/L；pH 值 8.10~8.19，平均 8.15，偏弱碱性；总硬度 0.42~0.45g/L，平均 0.44g/L。

（2）基岩裂隙水化学类型为  $Cl \cdot HCO_3 \cdot SO_4 \cdot Na \cdot Ca \cdot Mg$  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

（1）水化学类型为  $Cl \cdot HCO_3 \cdot Na \cdot Ca \cdot Mg$  型水，矿化度 2.26~2.20g/L，平均 2.23g/L；pH 值 7.60~7.64，平均 7.62，偏弱碱性；总硬度 0.75~0.93g/L，平均 0.84g/L。

（2）承压水、基岩裂隙水（厂址深层）化学类型为  $Cl \cdot HCO_3 \cdot SO_4 \cdot Na \cdot Ca \cdot Mg$  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

水化学类型主要为  $Cl \cdot HCO_3 \cdot Na \cdot Mg$  型水，局部为  $Cl \cdot HCO_3 \cdot Na \cdot Ca \cdot Mg$  型水，矿化度 3.08~9.95g/L，平均值 4.80g/L；pH 值 7.60~7.83，平均 7.71，偏弱碱性；总硬度 0.61~1.85g/L，平均值 1.03g/L。

##### 4) 盐水

水化学类型为  $Cl \cdot SO_4 \cdot Na \cdot Mg$  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。

### 2.5.2.1.3 厂址水文地质特征

#### 2.5.2.1.3.1 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，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陂山的东北侧，为私人承包，主要养殖藕、鱼虾等，占地面积约 4.3km<sup>2</sup>，水深 0.5~2.5m，鱼塘内塘埂近南北向分布，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，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。

#### 2.5.2.1.3.2 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 10m<sup>3</sup>/d，富水性弱，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。

###### 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 150m<sup>3</sup>/d 左右，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 34.8~45.4m，一

一般层厚 0~25.0m，单井涌水量 500m<sup>3</sup>/d 左右，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细砂、粉砂及中细砂层中，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 150m<sup>3</sup>/d 左右，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，赋存于强风化~微风化片麻岩层中，主要分布于西瓯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 30m<sup>3</sup>/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。

## 2.5.2.1.3.3 地下水的补给、径流、排泄方式

### (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。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。

## 2.5.2.1.3.4 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。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、植物蒸腾和径

流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它资料，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。

### 2.5.2.1.3.5 地下水动态特征和水力联系

#### 1) 地下水动态特征

厂址开展了一个水文年的地下水和地表水水位长期观测，水位变化情况见表 2.5-13。其中潜水监测孔为 JC4、JC5、JC6、JC7，承压水监测孔为 JC1、JC3、JC10，地表水位监测点 3 个，监测点位为 JC2、JC8、JC9。

根据监测结果，善后河水位标高 1.5~1.84m，整体表现为 6 月~9 月水位升高，12 月~次年 2 月水位降低，水位年变幅为 0.21~0.34m。厂区承压水水位随季节变化不明显，且地下水水位标高在 0.5m 以下。厂区内潜水的地下水位标高在 1.51~2.26m，年变化幅度为 0.62~1.07m。水位变化整体表现为 6 月~8 月丰水期水位升高，11 月~1 月枯水期水位降低，由于受到降雨、蒸发和人工不定期进行农田灌溉的影响，潜水地下水位随季节变化的规律不明显。

#### 2) 水力联系

##### (1) 潜水与地表水水力联系

由监测数据可知，5 月~12 月厂址地下水水位（潜水）不低于善后河地表水水位，1 月~4 月善后河下游（JC8），潜水地下水水位低于善后河水位。在厂区靠近善后河一侧，地下水（潜水）与地表水有密切的互补关系，一般在 1~6 月善后河补给地下水（潜水），在 7~12 月地下水（潜水）补给善后河。究其原因，善后河新闸用于排涝挡潮和蓄水灌溉，一般处于关闭状态，因此善后河厂区段地表水水位基本处于一个稳定的水位状态。而地下水（潜水）会受到丰水期和枯水期的影响。

综上，在厂区南侧紧邻善后河处，丰水期地下水（潜水）抬高，补给善后河，枯水期则善后河补给地下水（潜水）。厂区中部远离善后河地段，地下水位常年高于善后河水位，向善后河径流。西墩山局部地下水（潜水）汇集至采石坑区。

##### (2) 承压水与地表水水力联系

承压含水层埋深较深，水位随季节变化很小，与潜水水力联系微弱，与善后河无水力联系。

### （3）潜水与承压水水力联系

潜水与承压水之间水力联系微弱，潜水水位高于承压水水头，对承压水存在微弱的补给。

#### 2.5.2.1.3.6 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 2.5-14，室内渗透实验成果见表 2.5-15。

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 2.5-16。

##### 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。

#### 2.5.2.1.3.7 水化学类型

根据厂址水样水质分析成果（见表 2.5-17、表 2.5-18），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  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$  为主，阳离子以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  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  $\text{Cl}^-$  和  $\text{HCO}_3^-$  为主，阳离子以  $\text{Na}^+$  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  $\text{Cl}^-$  为主，阳离子以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  为主。



#### 2.5.2.1.4 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  $\text{m}^3$ ，其中地表水资源量 33.05 亿  $\text{m}^3$ ，地下水资源量 8.32 亿  $\text{m}^3$ 。全市平均产水系数为 0.73，平均产水模数为 54.32 万  $\text{m}^3/\text{km}^2$ 。

全市总用水量 26.5 亿  $\text{m}^3$ （多年平均降水年量为 27.16 亿  $\text{m}^3$ ）。其中，生产用水 23.85 亿  $\text{m}^3$ ，占总用水量的 90.00%；居民生活用水 2.19 亿  $\text{m}^3$ ，占总用水量的 8.26%；生态环境用水 0.46 亿  $\text{m}^3$ ，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，水产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。厂址附近范围内无地下水开采，亦无民井分布。

#### 2.5.2.1.5 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。截排水措施会改变局部地下水流向，但不影响整体地下水流向。

此外，由于工程建设需要对厂区进行回填，根据设计，项目全厂采取台阶式布置，主厂房区、重要厂用水设施区等安全重要构筑物场地设计标高为 6.80m，西侧场地设计标高为 4.20m，东侧场地设计标高为 5.00m。

由于项目场地还未平整，现阶段场地平整后地下水流模型则因缺少场地平整后地下水水位数据存在无法校验等问题，因此本次根据水文地质调查成果，建立场地平整前地下水水流数值模型，并对模型进行校验，得到现状条件下的地下水水流模型，场地平整后地下水水流模型将从环境影响评价风险最大角度，根据拟回填材料和回填方案，对模型中各项参数予以保守赋值，得到场地平整后的地下水流场预测模型。与现状相比，回填后，主厂房区、重要厂用水设施区水位抬升约 1.6~2.1m，西侧场地水位抬升约 0.6~1.4m。

#### 2.5.2.1.6 核环境影响条件划分

厂址南侧的善后河（地表水）为灌云、徐圩新区饮用水源区。厂区及周边的潜水含水层富水性差，透水性差；承压水含水层富水性中等，透水性中等；基岩裂隙水含水层富水性差，透水性弱；整体地下水水质较差，不具备工业开采价值，周边无地下水集中开采区。项目开建后，临近居民将搬迁，项目没有利用地下水的计划。

厂址区内潜水含水层径流方向受善后河影响，善后河以北地区整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河；善后河以南地区整体流向由西南向东北，汇集至善后河，最终排入大海。承压水、基岩裂隙水含水层整体流向由西北向东南，最终排入大海。地下水流速整体均非常缓慢。

此外，根据试验数据，厂址包气带渗透系数介于  $10^{-6} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ ，见表 2.5-19；厂址钻孔抽水试验结果显示厂区浅部土层的渗透系数为  $1.09 \times 10^{-5} \sim 8.32 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，见表 2.5-14，表明厂址地下水主要径流途径含水岩组渗透系数为  $10^{-5} \text{cm/s}$  量级。

综合上述条件，根据《核电厂水文地质调查与评价技术规范》（NB/T 20306-2014），厂址附近范围无地下水开采或地下水重要水源地，包气带渗透性小于  $10^{-4} \text{cm/s}$ ，厂址地下水主要径流途径岩土层渗透系数为  $10^{-5} \text{cm/s}$  量级，厂址浅层地下水与其它承压含水层之间无明显连通。综合判定本项目的核环境影响条件为一般。

### 2.5.2.2 取排水管线地下水

#### 2.5.2.2.1 地表水

取排水管线区分布有海、河、沟渠、鱼塘等，大部分河流、沟渠呈近东西、南北走向，部分交织成网格状，其中河流长 7.0~91.0km，宽 20~200m。主要水系情况见表 2.5-20。

##### （1）黄海

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，连云港地区潮汐时间见表 2.5-21。

##### （2）善后河

古泊善后河的下游为善后河，河宽 50~200m，流域面积约  $1230 \text{km}^2$ 。厂址下游东约 6km 善后河北岸为徐圩新区水源取水点，现已运营。善后河详细介绍见 2.5.2.1.1 小节。

##### （3）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。水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），东干河河水面标高 1.70 m~1.80m，变化幅度 0.10m。

##### （4）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）。因历史原因，河道两侧堤防管理范围使用权基本都在沿河乡镇，河道内网箱、网簖遍布，私垦乱种、违章圈圩、搭建等侵占河堤现象严重。

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。水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），厂址区段（至烧香河闸）烧香河河水面标高 1.40~1.50m，变化幅度 0.00~0.10m，由北向南（至烧香河闸）变化幅度越来越大。

#### （5）复堆河

复堆河为一条排洪河流，由近东西向转向近南北向，全长约 25.0km，一般河宽 60~120m，水深 1.5~2.5m，水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），河水面标高 1.32~1.75m。其中近东西向复堆河西起刘圩河，东至海滨大道东端，一般河宽 60~100m，水深 1.5~2.5m，河水面标高 1.35~1.75m；近南北向复堆河南起驳盐河，北至海滨大道东端与近东西向复堆河串联，一般河宽 100~120m，水深 1.5~2.5m，河水面标高 1.32~1.35m。

#### （6）驳盐河

驳盐河为盐场原盐外运的通航运输河道，河长约 25.7km，现状河口宽 20~30m，河底宽约 10~12m，设计河底高程 0.00m，正常保持通航水位 2.40m 左右。

水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），驳盐河河水面标高 1.10~1.50m，变化幅度 0.40m。

#### （7）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 1.5~2.5m，主要为周边农田灌溉服务。

水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），扁担河河水面标高 1.35~1.40m，基本无变化。

#### （8）西港河

西港河呈西南至东北向，西南起烧香河（南段），东北至复堆河，全长约 8.5km，一般河宽 60~80m，水深 1.0~2.0m，原为盐场生产所用的人工开挖海水引渠。

水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），西港河河水面标高 1.40~1.75m，变化幅度 0.35m。

#### （9）深港河



深港河呈西南至东北向，西南起陂山湖，东北至复堆河，全长约 7.0km，一般河宽 50~70m，水深 1.0~2.0m，原为盐场生产所用的人工开挖海水引渠。

水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），深港河河水面标高 1.70~1.90m，变化幅度 0.20m。

#### （10）陂山湖

陂山湖位于驳盐河以东，陂山路以北，与驳盐河、深港河相通，呈不规则状。工程主要结合蓄滞涝水和水生态等的需要，把该项目建成集除涝、蓄水、供水、水生态和水景观等功能于一体的生态型景观工程。

水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月），陂山湖湖水面标高约 1.50m，水深约 2.0m。

### 2.5.2.2.2 取排水管线水文地质概况

#### 2.5.2.2.2.1 地下水类型及赋存条件

取排水管线地下水主要包含松散岩类孔隙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（潜水含水层组、第 I 承压含水层组）和深层水（第 II 承压含水层组），详见表 2.5-22。

##### （1）松散岩类孔隙水

###### （a）潜水含水层组

潜水含水层组地下水主要赋存于上部①<sub>1</sub>素填土、①<sub>2</sub>黏土、②淤泥、③<sub>1</sub>粉质黏土层中，一般埋深 0.1~1.5m，一般层厚 13.85~19.10m，单井涌水量小于 10m<sup>3</sup>/d，水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月）水位标高 1.10~3.09m，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

###### —③<sub>2</sub>层粉土

取排水管线区部分分布，一般埋深 15.2~21.1m，一般层厚 0~5.0m，单井涌水量 100m<sup>3</sup>/d 左右，水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月）水头标高-0.90~-0.35m 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<sub>4</sub>层粉砂

取排水管线区大部分分布，一般埋深 18.6~27.4m，一般层厚 0~3.7m，单井涌水量 100m<sup>3</sup>/d 左右，水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月）水头标高-0.36~-0.87m 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。



—⑤<sub>2</sub>层粉砂

取排水管线区部分分布，一般埋深 24.0~32.4m，一般层厚 0~6.6m，单井涌水量 150m<sup>3</sup>/d 左右，水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月）水头标高-0.41~-0.62m 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

—⑥<sub>2</sub>层粉砂

取排水管线区局部分布，一般埋深 32.1~33.8m，一般层厚 0~6.7m，单井涌水量 150m<sup>3</sup>/d 左右，水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月）水头标高-0.59m 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。

—⑥<sub>3</sub>层粗砂

取排水管线区仅有一个钻孔揭露，一般埋深 27.9m，一般层厚 4.9m，单井涌水量 300m<sup>3</sup>/d 左右，根据区域资料，水头标高-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 0.2m 左右。

（2）基岩裂隙水

从取排水管线区地层构成情况来看，基岩裂隙水主要为变质岩裂隙含水层组，赋存于强风化~微风化片麻岩中，分布于东隍山及其周边下伏基岩中，单井涌水量 30m<sup>3</sup>/d 左右，水位随基岩埋深及其裂隙发育程度而异，水文地质调查期间（2022 年 4 月-6 月）无统一稳定水面，随季节变化，雨季水位上升旱季水位下降，年变化幅度较大。

**2.5.2.2.2.2 地下水补、径、排条件**

（1）潜水

取排水管线区潜水主要补给源为大气降雨入渗补给，同时该层地下水与地表水呈季节性互补关系，丰水期地表水位一般高于地下水，地表水补给地下水，而枯水期地下水向地表水排泄；取排水管线区地下水径流以烧香河（南段）为界，烧香河（南段）以西地区整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河，烧香河（南段）以东地区整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河或黄海，其中烧香支河东侧因建设工程的影响，此处地下水向四周流；排泄方式主要为蒸发和向地表水排泄。

（2）承压水

取排水管线区承压水主要通过侧向径流进行补给，另外也接受上部潜水、承压水少量越流补给；径流方向由西北向东南；侧向径流为主要排泄方式。

**2.5.2.2.2.3 含水层渗透性**

### （1）潜水含水层

取排水管线区开展了微水试验，以确定潜水含水层的渗透性，试验结果见表 2.5-23。

由表可知，潜水含水层的渗透系数  $K$  为  $2.19\text{E-}06\sim 6.19\text{E-}06\text{cm/s}$ ，平均值  $4.17\text{E-}06\text{cm/s}$ ；导水系数  $T$  为  $0.00343\sim 0.01046\text{cm}^2/\text{s}$ ，平均值  $0.00705\text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度  $\mu$  为  $0.018\sim 0.025$ ，平均值  $0.021$ 。微水试验计算的渗透系数差异较小，能代表该层的特性。

### （2）承压含水层

取排水管线区开展了抽水试验，试验结果见表 2.5-24。由表可知，③<sub>2</sub>粉土层的渗透系数  $K$  为  $4.19\text{E-}04\sim 5.02\text{E-}04\text{cm/s}$ ，平均值  $4.61\text{E-}04\text{cm/s}$ ；导水系数  $T$  为  $0.0703\sim 0.1257\text{cm}^2/\text{s}$ ，平均值  $0.0980\text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度  $\mu$  为  $0.07\sim 0.09$ ，平均值  $0.08$ 。抽水试验计算的渗透系数差异较小，能代表该含水层的特性。

③<sub>4</sub>粉砂层的渗透系数  $K$  为  $1.45\text{E-}03\sim 1.63\text{E-}03\text{cm/s}$ ，平均值  $1.54\text{E-}03\text{cm/s}$ ；导水系数  $T$  为  $0.2282\sim 0.3770\text{cm}^2/\text{s}$ ，平均值  $0.3026\text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度  $\mu$  为  $0.11\sim 0.12$ ，平均值  $0.12$ 。抽水试验计算的渗透系数差异较小，能代表该含水层的特性。

⑤<sub>2</sub>粉砂层的渗透系数  $K$  为  $1.52\text{E-}03\sim 1.71\text{E-}03\text{cm/s}$ ，平均值  $1.62\text{E-}03\text{cm/s}$ ；导水系数  $T$  为  $0.8208\sim 0.9400\text{cm}^2/\text{s}$ ，平均值  $0.8804\text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度  $\mu$  为  $0.14\sim 0.15$ ，平均值  $0.15$ 。抽水试验计算的渗透系数差异较小，能代表该含水层的特性。

⑥<sub>2</sub>粉砂层的渗透系数  $K$  为  $1.37\text{E-}03\text{cm/s}$ ；导水系数  $T$  为  $0.1912\text{cm}^2/\text{s}$ ；给水度  $\mu$  为  $0.13$ 。抽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。

根据水文地质调查成果，各土层水文地质参数见表 2.5-25。

#### 2.5.2.2.2.4 含水层水动力特征

##### （1）地下水水流方向

###### （a）潜水

取排水管线区流向以烧香河（南段）为界，烧香河（南段）以西地区整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河；烧香河（南段）以东地区整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河或黄海，其中烧香支河东侧因建设工程的影响，此处地下水向四周流向，最终经过取排水管线区区内河流汇集至善后河或黄海。

###### （b）承压水

根据取排水管线区流速流向试验及区域资料，承压水流向由西北向东南。

##### （2）地下水弥散特征

取排水管线区开展了 3 组单孔弥散试验，结果见表 2.5-26。

### 2.5.2.2.5 地下水化学特征

取排水管线区内地下水主要为松散岩类孔隙水及基岩裂隙水；取排水管线区主要为工业区（包括已建、在建及规划）、农田耕植区及居民生活区，其中工业区（包括已建、在建及规划）及耕植区占绝大部分，无明显污染源。

根据取排水管线区内地下水、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，见表 2.5-27。

#### （1）淡水

主要分布于地表水（善后河闸上游的善后河、烧香河闸上游的烧香河（南段））及东礅山基岩出露区基岩裂隙水中。

（a）地表水（善后河闸上游的善后河、烧香河闸上游的烧香河（南段））化学类型为  $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\cdot\text{Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$  型水，矿化度  $0.63\sim0.65\text{g/L}$ ，平均  $0.64\text{g/L}$ ；pH 值  $8.16\sim8.21$ ，平均 8.19，偏弱碱性；总硬度  $0.26\sim0.26\text{g/L}$ ，平均  $0.26\text{g/L}$ 。

（b）基岩裂隙水（东礅山基岩出露区）化学类型为  $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\cdot\text{Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$  型水，矿化度  $0.57\text{g/L}$ ；pH 值 7.32，偏弱碱性；总硬度  $0.28\text{g/L}$ 。

#### （2）微咸水

主要分布于地表水（扁担河、西港河）中，化学类型为  $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}\cdot\text{Ca}$  型水，矿化度  $2.02\sim2.35\text{g/L}$ ，平均  $2.19\text{g/L}$ ；pH 值  $8.16\sim8.33$ ，平均 8.25，偏弱碱性；总硬度  $0.53\sim0.56\text{g/L}$ ，平均  $0.55\text{g/L}$ 。

#### （3）咸水

主要分布于地表水（善后河闸下游的善后河附近段）；取排水管线区烧香河（南段）以西区域潜水含水层及部分承压水层中。

（a）地表水（善后河闸下游的善后河附近段）中，化学类型为  $\text{Cl}\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}$  型水，矿化度  $9.93\text{g/L}$ ；pH 值 7.52，偏弱碱性；总硬度  $1.95\text{g/L}$ 。

（b）潜水（取排水管线区烧香河（南段）以西区域）中，化学类型主要为  $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}$  型水，局部为  $\text{Cl}\cdot\text{Na}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Mg}$  型水，矿化度  $4.48\sim7.96\text{g/L}$ ，平均  $6.29\text{g/L}$ ；pH 值  $7.25\sim7.78$ ，平均 7.51，偏弱碱性；总硬度  $1.09\sim2.50\text{g/L}$ ，平均  $1.56\text{g/L}$ 。

（c）承压水（SK07 孔附近③<sub>4</sub>层粉砂）中，化学类型为  $\text{Cl}\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}$  型水，矿化度  $4.74\text{g/L}$ ；pH 值 7.56，偏弱碱性；总硬度  $0.93\text{g/L}$ 。

#### （4）盐水

主要分布于地表水（善后河入海口附近段、黄海）；取排水管线区烧香河（南段）以



东区域潜水及大部分承压水层中。

（a）地表水（善后河入海口附近段、黄海）中，化学类型为 Cl-Na·Mg 型水，矿化度 30.58~31.09g/L，平均 30.84g/L；pH 值 8.24~8.26，平均 8.25，偏弱碱性；总硬度 5.36~5.46g/L，平均 5.41g/L。

（b）潜水（取排水管线区烧香河（南段）以东区域）中，化学类型为 Cl-Na·Mg 型水，矿化度 18.56~43.17g/L，平均 30.83g/L；pH 值 7.25~7.91，平均 7.48，偏弱碱性；总硬度 3.68~11.16g/L，平均 6.44g/L。

（c）承压水（绝大部分）中，化学类型为 Cl-Na·Mg 型水，矿化度 17.64~26.02g/L，平均 22.57g/L；pH 值 7.13~7.40，平均 7.24，偏弱碱性；总硬度 3.03~4.36g/L，平均 3.80g/L。

综合分析，取排水管线区地表水、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，地表水、地下水水质由西往东逐渐变差。

#### 2.5.2.2.2.6 水力联系

（1）取排水管线区地表水和潜水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，使潜水与地表水直接接触，因此，潜水与地表水有密切的互补关系，丰水期地表水位一般高于潜水，地表水补给潜水，而枯水季节潜水补给地表水。

##### （2）承压水与地表水水力联系

承压水与地表水之间存在微弱的水力联系，地表水水位高于承压水水头，对承压水存在微弱的补给。

##### （3）潜水与承压水水力联系

潜水与承压水之间水力联系微弱，潜水水位高于承压水水头，对承压水存在微弱的补给。

#### 2.5.2.2.2.7 水文地质单元划分

根据水文地质调查结果，取排水管线区水文地质单元是连云港市区域水文地质单元东南区域含水系统的一部分，整体处于径流、排泄区。

其中烧香河（南段）把取排水管线区分为东西两部分，取排水管线区潜水含水层以烧香河（南段）为界分为西区（I<sub>1</sub>）和东区（I<sub>2</sub>）两个亚区，西区（I<sub>1</sub>）整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河，东区（I<sub>2</sub>）整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河或黄海，其中烧香支河东侧因建设工程的影响，此处潜水（主要来源于大气降水及生产用水排泄）向四周流动，最终经过取排水管线区内河流汇集至善后河或黄海。取排水管线区潜水的补



给主要来自于上游潜水补给及大气降雨、地表水补给，排泄主要经善后河及潜水向下游排泄入海。

承压水整体流向由西北向东南，补给主要来自于承压水含水层上游补给，排泄主要经承压水含水层向下游排泄入海，取排水管线区承压水含水层处于同一水文地质单元中。

基岩裂隙水整体流向由西北向东南，补给主要来自于基岩裂隙水含水层上游及大气降雨补给，排泄主要经基岩裂隙水含水层下游排泄入海。水文地质单元主要特征见表 2.5-28。

#### 2.5.2.2.3 地下水开发利用情况

取排水管线区地下水矿化度一般大于 3g/L，为咸水~盐水，水质较差，不适用于生活饮用水，取排水管线区无地下水开采区。取排水管线区农业灌溉、养殖等生产生活用水主要利用地表水，厂址下游东约 6km 善后河北岸为徐圩新区水源地表水取水点，现已运营。

#### 2.5.2.2.4 工程建设对地下水的影响

取排水管线区潜水流向以烧香河（南段）为界，烧香河（南段）以西地区整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河；烧香河（南段）以东地区整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河或黄海，其中烧香支河东侧因建设工程的影响，此处潜水向四周流，最终经过取排水管线区内河流汇集至善后河或黄海。承压水、基岩裂隙水整体流向由西北向东南，最终排入大海。地下水流速整体均非常缓慢。

取排水管线沿线无取水点，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，对周边地下水环境影响不大，仅取水泵站的建设以及管线施工竖井局部工程建设活动，可能会存在抽排地下水的现象，但这类活动都是临时的、短期的，仅在施工期间对地下水产生较轻微的影响，总体而言，工程建设活动不会改变取排水管线区水文地质条件。

### 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 2003-2021 年（共 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  $q=8.3370$ 。

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:

$P_{\infty}$  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

根据《2022 年中国海平面公报》, 2022 年黄海沿海海平面上升速率为 3.2mm/a, 以此推算厂址海域海平面未来 80 年将上升 25cm。

## (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 0.20m。

#### （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-6m 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（1990）《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+0.25=6.13m。

### 2.5.3.2 陆域洪水

#### （1）概率论法推求设计水位

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。计算得板浦水位站 1%洪水位为 3.5m，0.1%洪水位为 3.9m。

#### （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，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 作为本项目可能最大降水（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。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 工



况；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 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。

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。在厂址 DBF（千年一遇暴雨遭遇最大可能潮水过程）计算过程中，分别计算了堤防是否溃决对厂区边界处洪水位的影响，对河道是否溃决的计算结果及河道内外最高水位相对关系进行了分析。结果表明 DBF 工况下厂址边界最大水位出现于厂址东侧迎海面，该值高于善后河临近河段内的水位，因此 DBF 水位计算不考虑附近河段溃堤的结果更为保守。

综合分析确定设计基准洪水位的工况主要如下：

#### 1) 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，海岸发生最大可能潮位过程时，保守考虑在模型中将善后河两侧堤防高程设置成规划与实际堤顶高程的较大值，考虑水库溃决、河堤未发生溃决，计算千年一遇设计暴雨遭遇海洋可能最大潮位过程时（无烧香河南支堤防、S242 公路及海堤阻挡）厂址附近的最高洪水位为 6.35m。

#### 2) PMP 遭遇千年一遇潮位过程

当区域内发生 PMP，行洪河道发生大洪水，海岸发生千年一遇潮位过程且海堤溃决时，保守考虑在模型中将善后河两侧堤防高程设置成规划与实际堤顶高程的较大值，计算 PMP 遭遇千年一遇潮位过程时（无烧香河南支堤防、S242 公路及海堤阻挡）厂址附近最大淹没水深为 4.14m。

### 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 6.35m。主厂区的厂坪标高为 6.80m，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，可保证核安全相关厂房不受洪水威胁。

## 2.6 地形地貌

厂址位于善后河北侧的西陬山山体区域，山体位于厂址东南部，目前已被地方开辟为采石场，山体南北两侧分布两个采石坑；山体周围大部分为农田，多种植水稻。厂址地势平整，南部局部略高。

厂址范围内大部分为海积平原地貌，仅西陬山为孤立剥蚀残丘地貌。



表 2.4-1 各气象站基本状况与地理位置一览表

站名	拔海高度		气象站类	区站号	站点变动信息		
	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	5.3	6.4	基本站	58040	1955/1/1	0	1955/1/1
连云港	4.7	5.9	一般站	58044	1950/4/1	4	1988/1/1
响水	4.8	5.3	一般站	58045	1965/10/1	2	1999/9/1
灌云	4.8	5.3	基本站	58047	1951/1/1	3	2000/1/1

表 2.4-2 厂址推荐大气扩散参数

稳定度	扩散参数系数			
	a	b	c	d
正常运行状态				
A	0.572	0.888	0.441	0.798
B	0.439	0.877	0.374	0.781
C	0.343	0.876	0.336	0.739
D	0.290	0.859	0.290	0.730
E	0.145	0.859	0.163	0.730
F	0.096	0.859	0.120	0.737
事故工况				
A	0.825	0.833	0.487	0.781
B	0.633	0.823	0.413	0.764
C	0.495	0.822	0.371	0.723
D	0.418	0.806	0.320	0.714
E	0.209	0.806	0.180	0.714
F	0.138	0.806	0.133	0.721

注：推荐扩散参数公式系数 $\sigma_y=ax^b$ ， $\sigma_z=cx^d$ 。

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	0.3~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}$ ( $\leq 10\text{m/s}$ ) $\pm(0.03V)(>10\text{m/s})$	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	0°~360°	$\pm 3^\circ$	2.5°	启动风速为 0.3m/s
气温	-50℃~+50℃	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	0.1℃	

表 2.4-4 地面观测主要气象要素技术指标一览表

名称	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	0.3m/s~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}$ ( $\leq 10\text{m/s}$ ) $\pm(0.03V)(>10\text{m/s})$	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	0° ~360°	$\pm 3^\circ$	2.5°	启动风速为 0.3m/s
气温	-40℃~+85℃	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	0.1℃	
降水量	0~4mm/min	2% ( $\leq 25\text{mm}$ ) 3% ( $\leq 50\text{mm}$ )	0.1mm	
总辐射	0~2000 W/m <sup>2</sup>	5%	1 W/m <sup>2</sup>	15μv/W/m <sup>2</sup>
净辐射	-2000~2000 W/m <sup>2</sup>	15%~20%	1 W/m <sup>2</sup>	10μv/W/m <sup>2</sup>
蒸发	0~100mm	$\pm 0.3\text{mm}$ , 累积蒸发 3000mm 条件下	0.1mm	
气压	600~1100 hPa	$\pm 0.3\sim 1.5\text{hPa}$	0.1 hPa	
相对 湿度	0~100%	4% ( $\leq 80\%$ ) 8% ( $>80\%$ )	1.5%	

表 2.5-1 厂址附近范围地表水系统计表

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	Q <sub>4</sub>	黏土、淤泥	平原区
		第Ⅰ承压含水层	Q <sub>3</sub>	粉细砂、中细砂	平原区
	深层水	第Ⅱ承压含水层	Q <sub>2</sub>	中细砂	平原区
		第Ⅲ承压含水层	Q <sub>1</sub>	粉细砂、中细砂	平原区
基岩裂隙水	变质岩裂隙含水层		P <sub>t</sub>	强-微风化片麻岩	西陂山、东陂山、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 <sup>2</sup> /d)	导水系数 (cm <sup>2</sup> /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 <sup>2</sup> /d)	导水系数 T(cm <sup>2</sup> /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 <sup>2</sup> /d)	导水系 数 T(cm <sup>2</sup> /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

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
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
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



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
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
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						

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)	$\alpha_L$ 弥散度 (m)	$D_L$ 弥散系数(m <sup>2</sup> /d)	$\alpha_T$ 弥散度 (m)	$D_T$ 弥散系数 (m <sup>2</sup> /d)	地层层号
SK2	30	8.49E-03	2.85E-03	1.12E-07	3.75E-08	④ <sub>-1</sub> 粉细砂
	38	8.28E-03	2.92E-03	2.60E-07	9.15E-08	⑥中细砂
	83	4.93E-03	7.35E-04	6.47E-06	9.65E-07	⑧ <sub>-1</sub> 中细砂
SK4	27	9.12E-05	3.17E-07	3.31E-04	1.15E-06	④粉质黏土
	56	5.74E-05	1.09E-07	3.31E-03	6.25E-06	⑥ <sub>-1</sub> 黏土
	83	2.61E-03	1.94E-04	6.76E-05	5.00E-06	⑧ <sub>-1</sub> 中细砂
ZK53	25	5.14E-05	7.65E-08	5.81E-03	8.65E-06	④粉质黏土
	36	4.43E-03	6.10E-04	6.96E-06	9.60E-07	⑨ <sub>-4</sub> 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 厂址附近范围主要河流统计表

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	调查期间
扁担河	7.3	30～55	2.0～3.0	调查期间
东干河	17.5	15～30	1.0～3.0	调查期间

表 2.5-13 地表水和地下水长期监测点水位观测一览表

日期	202 2/6	202 2/7	202 2/8	202 2/9	2022 /10	2022 /11	2022 /12	202 3/1	202 3/2	202 3/3	202 3/4	202 3/5	202 3/6
编号	水位标高（m）												
JC 1	-0.2 8	-0.2 5	-0.2 7	-0.1 2	0.22	0.26	0.41	0.38	0.36	0.35	0.36	0.31	0.25
JC 2	1.74	1.71	1.76	1.77	1.62	1.74	1.53	1.59	1.58	1.55	1.62	1.63	1.72
JC 3	0.27	-0.0 7	0.13	0.13	0.18	0.26	0.31	0.46	0.46	0.44	0.45	0.37	0.34
JC 4	1.98	2.13	2.10	1.81	1.80	1.7	1.6	1.93	2.22	2.03	1.75	2.12	2.15
JC 5	2.00	2.19	2.25	1.82	1.87	1.82	1.6	1.71	1.61	1.53	1.46	1.56	1.62
JC 6	1.61	1.83	1.90	1.75	1.57	1.48	1.48	1.44	1.23	1.16	1.2	1.62	1.75
JC 7	1.87	2.10	2.26	2.20	1.65	1.92	1.73	1.36	1.19	1.26	1.62	1.64	1.78
JC 8	1.74	1.69	1.73	1.84	1.64	1.72	1.50	1.61	1.59	1.60	1.63	1.66	1.73
JC 9	1.74	1.72	1.69	1.73	1.54	1.67	1.43	1.58	1.58	1.53	1.57	1.61	1.72
JC 10	0.10	-0.1 4	-0.3 1	0.27	-0.15	-0.07	-0.02	0.03	0.16	0.2	0.11	-0.0 3	0.07

表 2.5-14  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 <sup>-5</sup>	弱透水
ZK14	1.60	2.36	13.43	0.0520	6.02×10 <sup>-5</sup>	弱透水
ZK39	1.65	2.51	15.42	0.0429	4.96×10 <sup>-5</sup>	弱透水
ZK53	-0.50	2.68	13.85	0.0504	5.83×10 <sup>-5</sup>	弱透水
ZK102	1.66	2.16	13.81	0.0338	3.91×10 <sup>-5</sup>	弱透水
ZK105	2.04	2.55	14.50	0.0719	8.32×10 <sup>-5</sup>	弱透水

表 2.5-15  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 <sub>v</sub> 平均值 (cm/s)	渗透性分级	渗透系数 K <sub>v</sub> 平 均值 (cm/s)	渗透性分级
① <sub>1</sub> 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 <sub>1</sub> 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 <sub>2</sub> 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 2.5-16 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 <sub>1</sub> 黏土	7.3E-07	极微透水
② 淤泥	1.4E-06	微透水
③ <sub>1</sub> 粉质黏土	5.8E-06	微透水
③ <sub>2</sub> 粉土	3.0E-05*	弱透水
③ <sub>3</sub> 角砾	9.0E-03*	中等透水
④ 粉质黏土	2.7E-06	微透水
⑤ <sub>1</sub> 粉质黏土	3.0E-06*	微透水
⑤ <sub>2</sub> 粉砂	2.0E-03*	中等透水
⑥ 黏土	4.7E-07	极微透水
⑦ <sub>1</sub> 细砂	6.0E-03*	中等透水
⑦ <sub>2</sub> 粉质黏土	1.7E-06	微透水
⑦ <sub>3</sub> 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 2.5-17 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 2.5-18 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 <sub>3</sub> -Na-Ca	Na <sup>+</sup> 47.3, Ca <sup>2+</sup> 28.83, Mg <sup>2+</sup> 21.63, Cl <sup>-</sup> 54.9, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 28.95
YT-S7	Cl-HCO <sub>3</sub> -Na-Ca	Na <sup>+</sup> 44.80, Ca <sup>2+</sup> 29.78, Mg <sup>2+</sup> 23.58, Cl <sup>-</sup> 54.26, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 28.35
YT-S9	Cl-HCO <sub>3</sub> -Na-Ca-Mg	Na <sup>+</sup> 42.27, Ca <sup>2+</sup> 28.97, Mg <sup>2+</sup> 26.56, Cl <sup>-</sup> 55.90, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 26.50
YT-S2	Cl-Na	Na <sup>+</sup> 70.35, Mg <sup>2+</sup> 21.59, Cl <sup>-</sup> 70.23, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 24.53
YT-S3	Cl-HCO <sub>3</sub> -Na	Na <sup>+</sup> 73.71, Cl <sup>-</sup> 66.89, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 28.76
YT-S8	Cl-Na	Na <sup>+</sup> 78.93, Cl <sup>-</sup> 82.00
YT-S5	Cl-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Ca-N a	Ca <sup>2+</sup> 47.13, Na <sup>+</sup> 31.99, Cl <sup>-</sup> 35.11, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 34.92, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 29.70
YT-S6	Cl-Na-Ca	Na <sup>+</sup> 44.63, Ca <sup>2+</sup> 35.00, Cl <sup>-</sup> 59.37, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 24.70

表 2.5-19 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 <sub>1</sub> 层人工填土	主要为包气带水含水层， 部分下部为潜水含水层	6.00E-04cm/s	中等透水性	较差
① <sub>2</sub> 层黏土	主要为潜水含水层，部分 上部为包气带水含水层	4.00E-06cm/s	微透水性	好
②层淤泥	潜水含水层	4.00E-06cm/s	微透水性	好
③ <sub>1</sub> 层粉质黏土	隔水层	3.00E-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
⑤ <sub>1</sub> 层粉质黏土	隔水层	3.50E-06cm/s	微透水性	好
⑤ <sub>2</sub> 层粉砂	第I承压含水层	1.20E-03cm/s	中等透水性	差
⑥层黏土	隔水层	1.50E-06cm/s	微透水性	好
⑥ <sub>1</sub> 层粉质黏土	隔水层	4.00E-06cm/s	微透水性	好
⑥ <sub>A</sub> 层中细砂	第II承压含水层	8.50E-03cm/s	中等透水性	差
⑥ <sub>A1</sub> 层黏土	隔水层	8.50E-07cm/s	微透水性	好
⑦ <sub>1</sub> 层中砂	第III承压含水层	9.00E-03cm/s	中等透水性	差
⑦ <sub>2</sub> 层粉质黏土	隔水层	5.00E-06cm/s	微透水性	好
⑦ <sub>3</sub> 层粉砂	第III承压含水层	2.00E-03cm/s	中等透水性	差
⑧层黏土	隔水层	2.00E-06cm/s	微透水性	好
⑧ <sub>1</sub> 层粉质黏土	隔水层	4.00E-05cm/s	弱透水性	较好
⑧ <sub>2</sub> 层中细砂	第III承压含水层	9.00E-03cm/s	中等透水性	差
⑨ <sub>1</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>3</sub> 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 <sub>4</sub> 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

表 2.5-20 取排水管线区水系统统计表

水系名称	长度 (km)	宽度 (m)	水深 (m)	水位标高 (m)	流速 (m/s)	设计流量 (m³/s)
黄海	潮汐影响较大					
（古泊）善后河	91.0	50~200	2.0~5.0	-1.05~2.80	0~0.80	1050
东干河	17.5	15~30	1.0~3.0	1.71-1.77	0-0.10	-
烧香河（南段）	22.4	60~140	1.5~3.5	1.40~1.50	0~0.50	586
复堆河	25.0	60~120	1.5~2.5	1.32~1.75	0~0.30	-
驳盐河	25.7	20~30	1.0~2.0	1.10~1.50	0~0.30	-
扁担河	7.3	30~55	1.5~2.5	1.35~1.40	0~0.10	-
西港河	8.5	60~80	1.0~2.0	1.40~1.75	0~0.10	-
深港河	7.0	50~70	1.0~2.0	1.70~1.90	0~0.10	-
陂山湖	呈不规则状		2.0	1.50	-	-

表 2.5-21 连云港地区潮汐时间表

连云港地区潮汐时间表（按农历计算）					
连云港海域潮汐时间参考表					
潮  汐	由于月球和太阳引力作用,海洋水面发生周期性的涨落现象,水面上升的过程叫涨潮,  水面下降的过程叫落潮。一般每昼夜涨落各两次,在白天的称为潮,在夜间的称为汐,通称为潮汐。	农时别历日期		涨 潮	落 潮
		初一	十六	12:48	6:48
		初二	十七	1:36	7:36
		初三	十八	2:24	8:24
		初四	十九	3:24	9:12
规 律 时 间 计 算	初一、十五正点潮,初二、十七潮最短,涨五、退六停三刻,每日递增0.8。涨潮时间计算公式: 0.8 X 农历日期 = 涨潮时间 例: 农历初三:0.8X3=2.4 (即2时40分和14时40分) 农历十五:0.8X15=12 (即12时00分和24时00分) 农历二十:0.8X20=16 (即4时00分和16时00分)	初五	二十	4:00	10:00
		初六	二十一	4:48	10:48
		初七	二十二	5:36	11:36
		初八	二十三	6:24	12:24
		初九	二十四	7:12	1:12
备  注	1、涨潮时属概略计算方法。 2、我国一些主要港口潮汐的潮时、潮高、高低潮时差、潮差此等可从每年潮汐表中查得。 3、正常气候下适用最大误差30分钟,风向、风力、寒潮对潮水有影响。	初十	二十五	8:00	2:00
		十一	二十六	8:48	2:48
		十二	二十七	9:36	3:36
		十三	二十八	10:24	4:24
		十四	二十九	11:12	5:12
		十五	三十	12:00	6:00



表 2.5-22 地下水类型划分一览表

地下水类型	含水层（岩）组				
大类	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	潜水含水层	Q <sub>4</sub>	① <sub>1</sub> 素填土、① <sub>2</sub> 黏土、②淤泥、③ <sub>1</sub> 粉质黏土	平原区
		第 I 承压含水层	Q <sub>3</sub>	③ <sub>2</sub> 粉土、③ <sub>4</sub> 粉砂	平原区
	深层水	第 II 承压含水层	Q <sub>2</sub>	⑥ <sub>2</sub> 粉砂、⑥ <sub>3</sub> 粗砂	平原区
基岩裂隙水	变质岩裂隙含水层		Pt <sub>2-3</sub>	⑨ <sub>1</sub> 全风化-⑨ <sub>4</sub> 微风化片麻岩	东隍山及下伏基岩

表 2.5-23 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 <sup>2</sup> /d)	导水系数 (cm <sup>2</sup> /s)	给水度
SK05	0.00189	2.19E-06	0.02965	0.00343	0.018
SK09	0.00341	3.95E-06	0.05599	0.00648	0.020
QPG07	0.00376	4.35E-06	0.06768	0.00783	0.021
QPG20	0.00535	6.19E-06	0.09042	0.01046	0.025
平均值	0.00360	4.17E-06	0.06094	0.00705	0.021

表 2.5-24 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 <sup>2</sup> /d)	导水系数 T(cm <sup>2</sup> /s)	给水度	含水层	备注
SK01	1.40	0.434	5.02E-04	0.608	0.0703	0.07	第I承压含水层 ③ <sub>2</sub> 粉土	导水系数 T=MK
QPG04	3.00	0.362	4.19E-04	1.086	0.1257	0.09		
平均值	2.20	0.398	4.61E-04	0.847	0.0980	0.08		
SK03	1.40	1.41	1.63E-03	1.974	0.2282	0.11	第I承压含水层 ③ <sub>4</sub> 粉砂	导水系数 T=MK
SK07	2.60	1.25	1.45E-03	3.250	0.3770	0.12		
平均值	2.00	1.33	1.54E-03	2.612	0.3026	0.12		
SK04	4.80	1.48	1.71E-03	7.104	0.8208	0.14	第I承压含水层 ⑤ <sub>2</sub> 粉砂	导水系数 T=MK
QPG17	6.20	1.31	1.52E-03	8.122	0.9400	0.15		
平均值	5.50	1.40	1.62E-03	7.613	0.8804	0.15		
QPG14	1.40	1.18	1.37E-03	1.652	0.1912	0.13	第II承压含水层 ⑥ <sub>2</sub> 粉砂	导水系数 T=MK

表 2.5-25 各岩土层水文地质参数统计汇总表

土层名称		孔隙比	孔隙度	渗透系数(cm/s)		渗透性等级
		e(-)	n(-)	垂直 K <sub>v</sub>	水平 K <sub>h</sub>	
① <sub>1</sub> 素填土	最小值	-	-	-	-	中等 透水
	最大值	-	-	-	-	
	平均值	-	-	*8.70E-04	*1.00E-03	
① <sub>2</sub> 黏土	最小值	1.004	-	2.16E-07	3.25E-07	极微透水
	最大值	1.140	-	1.19E-06	1.64E-06	
	平均值	1.083	*0.500	5.66E-07	7.67E-07	
②淤泥	最小值	1.505	-	3.55E-07	4.05E-07	微透水
	最大值	1.975	-	3.25E-06	4.65E-06	
	平均值	1.645	*0.550	7.34E-07	1.28E-06	
③ <sub>1</sub> 粉质黏土	最小值	0.687	-	2.67E-07	3.62E-07	微透水
	最大值	0.924	-	6.91E-06	8.75E-06	
	平均值	0.779	*0.400	4.11E-06	5.68E-06	
③ <sub>2</sub> 粉土	最小值	0.678	-	3.19E-04	4.02E-04	中等 透水
	最大值	0.703	-	4.86E-04	7.51E-04	
	平均值	0.690	*0.380	4.07E-04	5.94E-04	
③ <sub>4</sub> 粉砂	最小值	-	-	-	-	中等 透水
	最大值	-	-	-	-	
	平均值	*0.65	*0.350	*1.00E-03	*1.50E-03	
④粉质黏土	最小值	0.713	-	5.12E-07	6.67E-07	微透水
	最大值	0.988	-	7.87E-06	9.25E-06	
	平均值	0.830	*0.420	3.30E-06	4.47E-06	
⑤ <sub>1</sub> 粉质黏土	最小值	0.685	-	1.58E-06	2.36E-06	微透水
	最大值	0.949	-	6.53E-06	8.96E-06	
	平均值	0.843	*0.420	3.62E-06	4.72E-06	
⑤ <sub>2</sub> 粉砂	最小值	-	-	-	-	中等 透水
	最大值	-	-	-	-	
	平均值	*0.65	*0.350	*1.00E-03	*1.60E-03	
⑥ <sub>1</sub> 粉质黏土	最小值	0.745	-	3.16E-06	4.79E-06	弱透水
	最大值	0.975	-	4.12E-05	4.89E-05	
	平均值	0.861	*0.430	9.68E-06	1.39E-05	
⑥ <sub>2</sub> 粉砂	最小值	-	-	-	-	中等 透水
	最大值	-	-	-	-	
	平均值	*0.65	*0.350	*1.00E-03	*1.40E-03	
⑥ <sub>3</sub> 粗砂	最小值	-	-	-	-	强透水
	最大值	-	-	-	-	
	平均值	*0.60	*0.320	*2.00E-02	*4.00E-02	

注：①表中\*为建议值，②统计参数选取原则：现场试验优于室内试验。

表 2.5-26 各孔弥散性质汇总表

钻孔	层位 (m)	$\alpha_L$ 弥散度 (m)	$D_L$ 弥散系数 (m <sup>2</sup> /d)	$\alpha_T$ 弥散度(m)	$D_T$ 弥散系数 (m <sup>2</sup> /d)	地层层号
QPG20	3	2.16E-03	2.84E-03	1.24E-07	1.63E-07	① <sub>1</sub> 素填土
	30	1.65E-03	1.70E-04	1.14E-08	1.17E-09	⑤ <sub>1</sub> 粉质黏土
SK02	4	1.38E-04	7.06E-06	2.37E-08	1.21E-09	② 淤泥
	25	1.17E-03	8.13E-02	1.57E-07	1.09E-05	⑤ <sub>2</sub> 粉砂
SK10	4	8.49E-03	4.17E-02	1.72E-08	8.44E-08	① <sub>1</sub> 素填土
	19	6.21E-03	2.17E-03	5.70E-07	1.99E-07	③ <sub>1</sub> 粉质黏土

表 2.5-27 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 2.5-28 水文地质单元主要特征

地形地貌	含水层类型	地下水流向	补给	排泄
大部分为滨海相沉积地貌，仅东隅山为孤立剥蚀残丘地貌	潜水	西区（I <sub>1</sub> ）整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河	主要潜水上游及地表水、大气降雨	主要经善后河及潜水含水层下游排泄入海
		东区（I <sub>2</sub> ）整体流向由西北向东南，最终汇集至善后河或黄海，其中烧香支河东侧因建设工程的影响，此处潜水向四周流向，最终经过取排水管线区内河流汇集至善后河或黄海	主要潜水上游及地表水、大气降雨	主要经善后河及潜水下下游排泄入海
	承压水	整体流向由西北向东南	承压水含水层上游	承压水含水层下游排泄入海
	基岩裂隙水	整体流向由西北向东南	基岩裂隙水含水层上游及大气降雨	基岩裂隙水含水层下游排泄入海

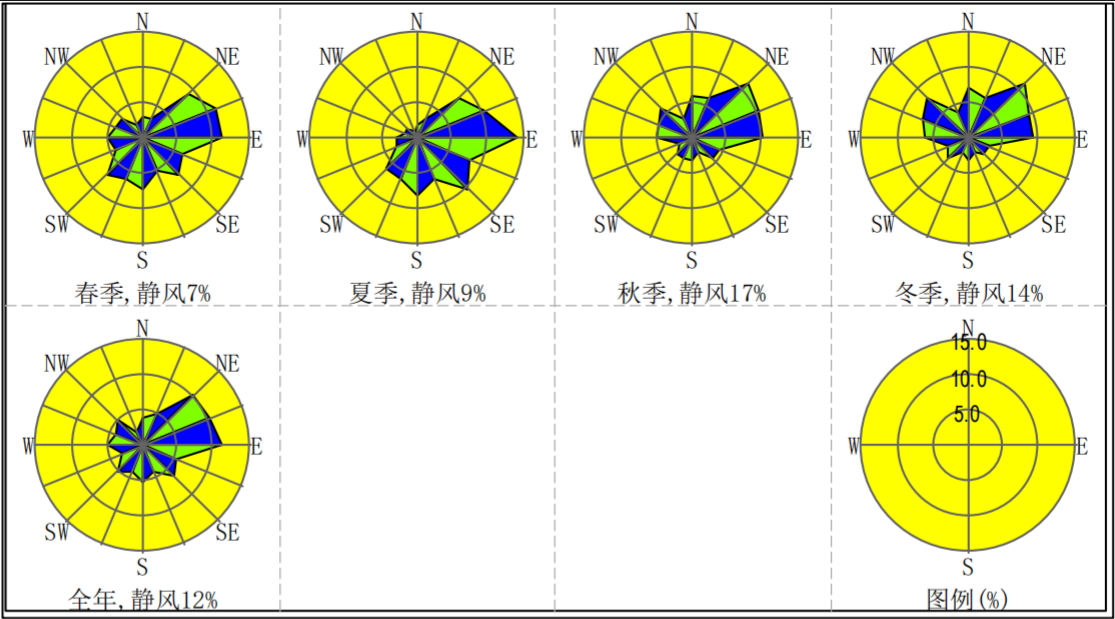


图 2.4-1 灌云站全年及各季风玫瑰图



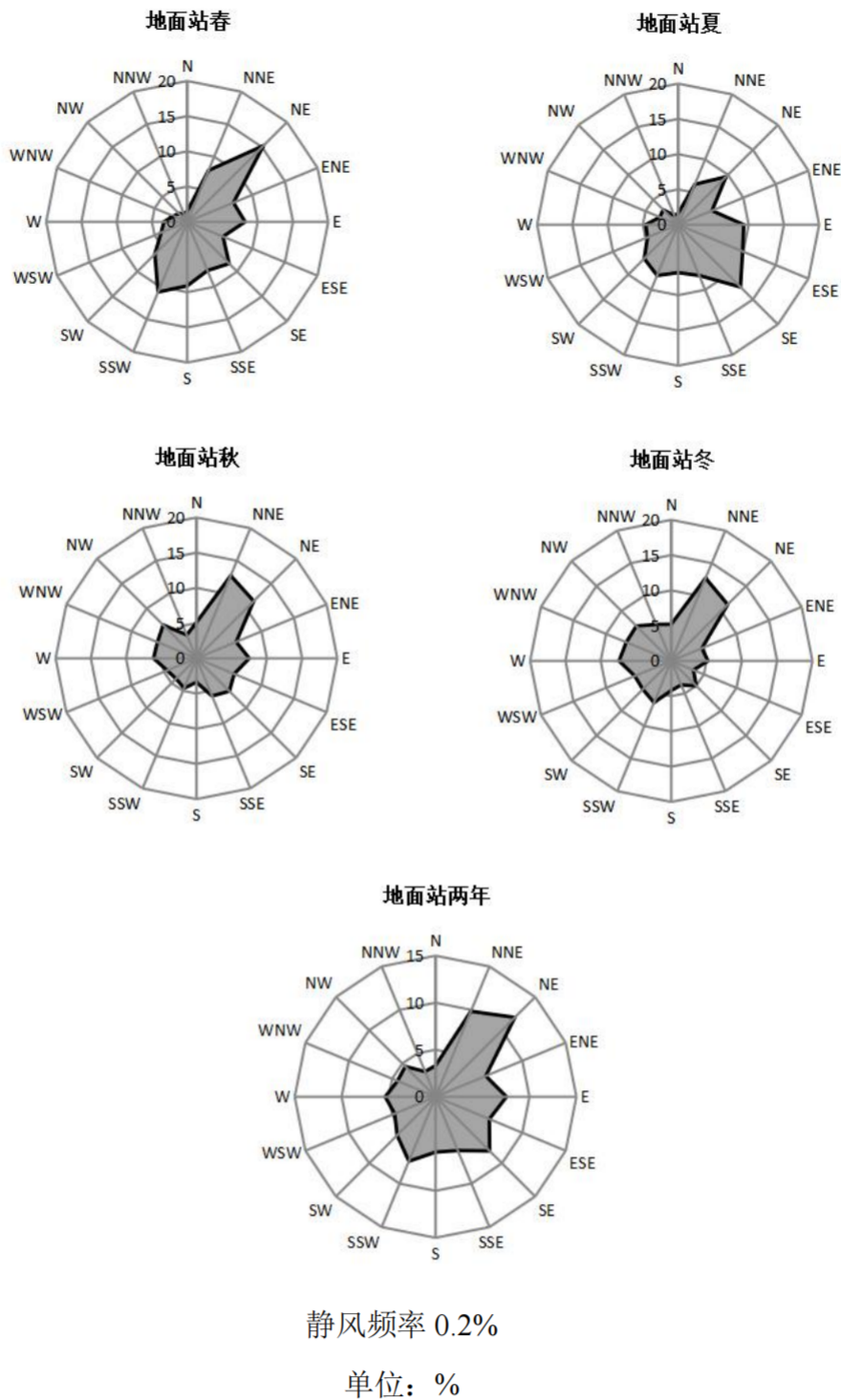


图 2.4-2 地面站各季及年均风玫瑰图（2022.2~2024.1）

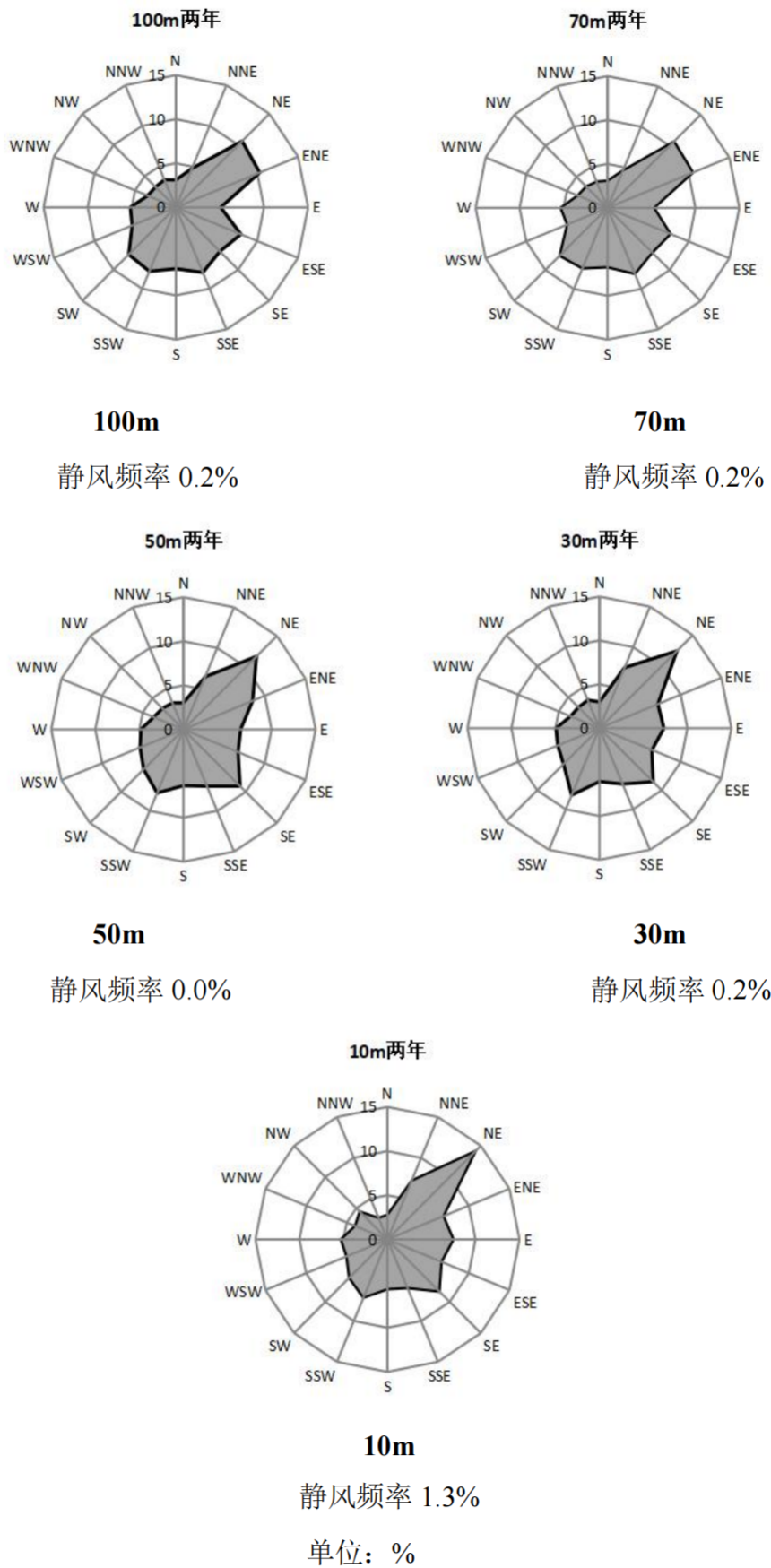


图 2.4-3 铁塔各高度年均风玫瑰图（2022.2~2024.1）

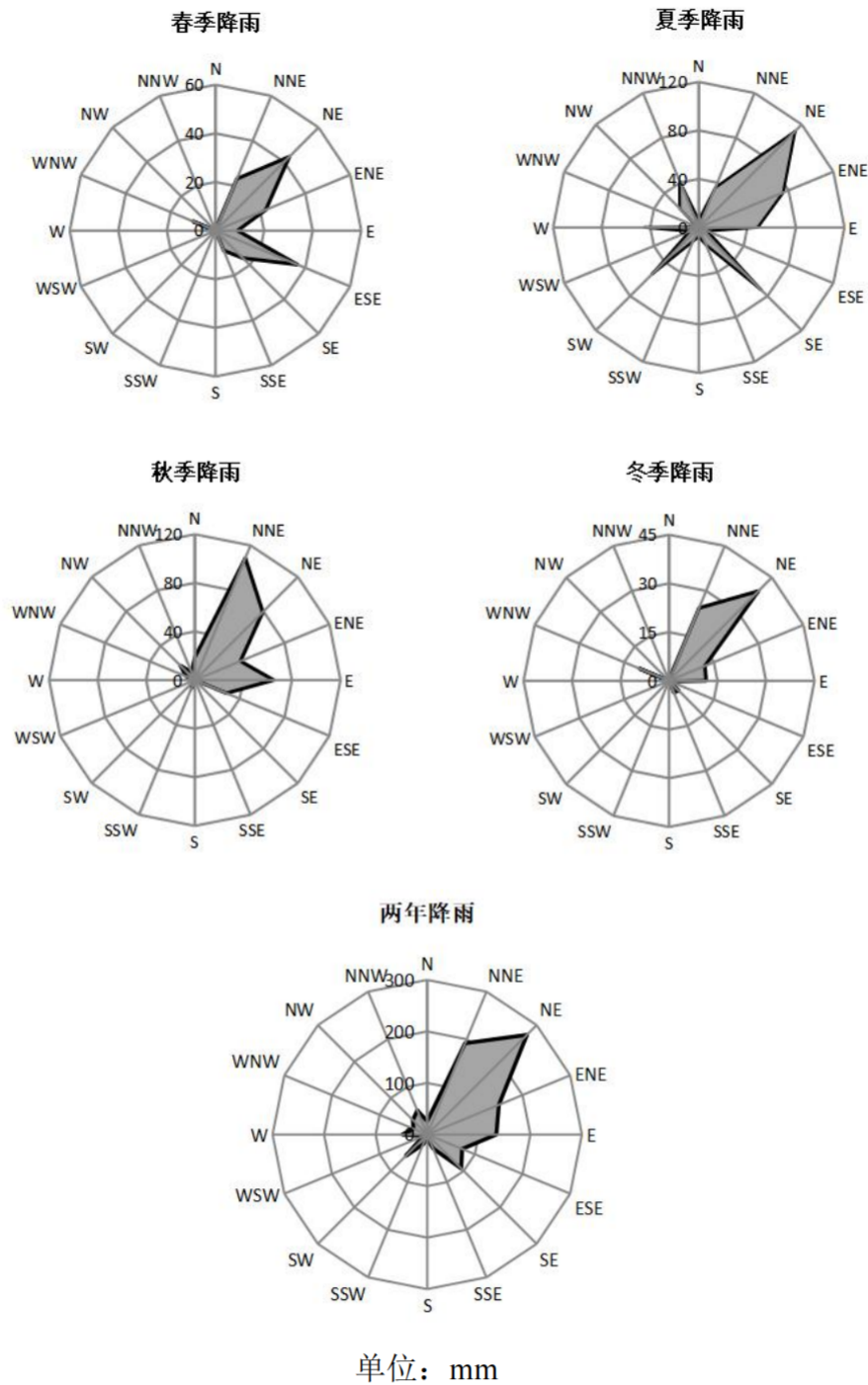


图 2.4-4 地面站各风向季均、年均降水量玫瑰图（2022.2~2024.1）

## 第三章 环境质量现状

### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

#### 3.1.2 辐射环境质量评价

### 3.2 非辐射环境质量现状

#### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

#### 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

#### 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

#### 3.2.4 电磁环境现状调查与评价

表：

表 3.1-1 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（1/2） 首次本底调查主要仪器和设备检定情况表

表 3.1-4（2/2） 补充本底调查主要仪器和设备检定情况表

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

表 3.2-2 声环境质量标准（GB3096-2008）

表 3.2-3 监测仪器一览表

表 3.2-4 厂区监测值统计情况

表 3.2-5 输电线路监测值统计情况

表 3.2-6 厂区外环境敏感区和通信基站监测值统计情况



### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院于 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概况，获得运行前环境  $\gamma$  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《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程环境放射性本底初步调查报告》，并通过了专家评审。

此外，中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院于 2024 年 1 月至 2024 年 3 月补充调查了取排水管线沿线、徐圩新区集中饮用水水源保护区的地表水、土壤、地下水等放射性环境质量现状，编制了《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程环境放射性本底初步调查项目补充调查报告》。

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评价。

##### 3.1.1.1 参照的标准规范和资料

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  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- 《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》（EJ/T1075-1998）；
- 《水中总 $\beta$ 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 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T11743-2013）；
- 《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T16140-2018）；
- 《环境空气 气溶胶中 $\gamma$ 放射性核素的测定 滤膜压片/ $\gamma$ 能谱法》（HJ1149-2020）；
- 《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）；
- 《空气中  $^{14}\text{C}$  的取样与测定方法》（EJ/T 1008-96）。

### 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  $\gamma$  辐射水平：地表环境  $\gamma$  辐射剂量率和地表环境  $\gamma$  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、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）、陆地水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物）和受纳水体（海水和海洋沉积物）等；
- 厂址排水管线沿线、徐圩新区集中饮用水水源保护区主要环境介质中放射性核素活度浓度，包括地表水、土壤、地下水等。

### 3.1.1.3 布点原则

辐射环境本底初步调查工作的测量点/采样点设置的总体原则如下：

- 应遵循相关标准规范的规定；
- 充分考虑自然环境状况、社会环境状况以及影响放射性核素在环境中迁移的各种因素；
- 充分考虑厂址周围地区人口分布、居民饮食结构等调查资料，同时参考当地气象的资料；
- 重点关注主导风向下风向区域、人口稠密区、生态功能区、环境敏感区和脆弱区；
- 按“均匀选点，近密远疏”的原则进行布点，充分考虑采样点和监测点的代表性。

### 3.1.1.4 调查范围及布点方案

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）地表环境 $\gamma$ 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。在石梁河水库测量宇宙射线响应值并记录测量地点、测量仪器类型及测量条件等信息。

（2）地表环境  $\gamma$  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。

（3）空气（气溶胶、 $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$ ）

- 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 范围内布点、在排水管线沿线附近增加布点。

- 点位布设：共布设 4 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 范围内布点、在排水管线沿线附近增加布点。

- 点位布设：地表水与沉积物采样点位一致，共布设 4 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、在排水管线沿线附近增加布点。

- 点位布设：共布设 10 个点位，选择在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。

### 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。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。

#### （2）环境 $\gamma$ 辐射水平

##### A. 宇宙射线测量

本次调查宇宙射线选择在石梁河水库进行测量，共测量 2 组共 20 个数据，结果均值为  $29.3 \pm 0.9 \text{ nGy/h}$ 。

##### B. 地表环境 $\gamma$ 辐射剂量率

地表环境  $\gamma$  辐射剂量率共设置 50 个测量点位，测量结果中最低值为  $53.6 \pm 1.3 \text{ nGy/h}$ ，地表是土地；最高值是  $107.7 \pm 0.4 \text{ nGy/h}$ ，地表是草地，剂量率调查范围为  $53.6 \sim 107.7 \text{ nGy/h}$ 。

##### C. 地表环境 $\gamma$ 辐射累积剂量

地表环境  $\gamma$  辐射累积剂量共设置 30 个测量点位，测量结果中最低值为  $108.4 \text{ nGy/h}$ ，最高值为  $154.2 \text{ nGy/h}$ ，平均值为  $129 \pm 11 \text{ nGy/h}$ 。

#### （3）大气中气溶胶、空气 $^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$

##### A. 气溶胶

气溶胶共布设 3 个点位，使用青岛崂山电子仪器总厂生产的 KC-1000 型大流量采样器，监测频次为 1 次，所有样品的采样体积均大于  $10000 \text{ m}^3$ 。分析项目包括总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^7\text{Be}$ ）。



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

$^7\text{Be}$  的活度浓度范围为  $7.20\sim 7.68\text{mBq/m}^3$ （均修正至采样日期中点，2021 年 9 月 15 日），均值为  $7.45\pm 0.24\text{mBq/m}^3$ ；

$^{137}\text{Cs}$  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 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  等，其中：

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

$^{90}\text{Sr}$  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. $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$

空气中  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  共布设 3 个点位，监测频次为 1 次，使用空气采样泵进行采样。 $^3\text{H}$  每个样品的采样体积大于  $10\text{m}^3$ 。 $^{14}\text{C}$  每个样品的采样体积大于  $2.5\text{m}^3$ 。

$^3\text{H}$  的活度浓度范围为  $3.51\sim 6.57\text{mBq/m}^3$ （折合为  $0.50\sim 0.82\text{Bq/L}$ （HTO）），均值为  $5.15\pm 1.54\text{mBq/m}^3$ （折合为  $0.67\pm 0.16\text{Bq/L}$ （HTO））；

$^{14}\text{C}$  的活度浓度范围为  $41.93\sim 50.71\text{mBq/m}^3$ （折合为  $0.21\sim 0.27\text{Bq/gC}$ ），均值为  $45.88\pm 4.46\text{mBq/m}^3$ （折合为  $0.24\pm 0.03\text{Bq/gC}$ ）。

### （4）陆地水体测量结果

#### A. 饮用水

饮用水共布设 3 个点位，监测频次为 1 次，分析项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$  和 $\gamma$ 核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ ）。

$\gamma$ 谱测量结果均低于探测限。

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

总 $\beta$ 的活度浓度范围为  $0.12\sim 0.23\text{Bq/L}$ ，均值为  $0.17\pm 0.06\text{Bq/L}$ ；

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

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

#### B. 地下水

地下水共布设 4 个点位，监测频次为 1 次，分析项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$  和 $\gamma$ 核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ ）。

$\gamma$ 谱测量结果均低于探测限。

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

总 $\alpha$ 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}$ ~ $0.68\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.33\pm 0.33\text{Bq/L}$ ；

总 $\beta$ 的活度浓度范围为 $0.19\sim 2.36\text{Bq/L}$ ，均值为 $1.42\pm 1.05\text{Bq/L}$ ；

$^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为 $2.07\sim 6.53\text{mBq/L}$ ，均值为 $4.82\pm 2.09\text{mBq/L}$ ；

$^3\text{H}$ 的活度浓度范围为 $0.28\sim 0.67\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.48\pm 0.16\text{Bq/L}$ 。

#### C. 地表水

地表水共布设 4 个点位，分析项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 和 $\gamma$ 核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ ）。监测频次为 1 次。

$\gamma$ 谱测量结果均低于探测限。

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

总 $\alpha$ 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}$ ~ $0.097\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.10\pm 0.15\text{Bq/L}$ ；

总 $\beta$ 的活度浓度范围为 $0.17\sim 3.71\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.90\pm 1.57\text{Bq/L}$ ；

$^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为 $2.34\sim 8.30\text{mBq/L}$ ，均值为 $4.85\pm 2.30\text{mBq/L}$ ；

$^3\text{H}$ 的活度浓度范围为 $0.45\sim 0.74\text{Bq/L}$ ，均值为 $0.57\pm 0.11\text{Bq/L}$ 。

#### （5）底泥测量结果

底泥共布设 4 个点位，分析项目包括 $^{90}\text{Sr}$ 和 $\gamma$ 核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ ），监测频次为 1 次。

$\gamma$ 谱分析测量结果中， $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ 和部分 $^{137}\text{Cs}$ 给出了测量结果，其余核素测量结果均低于探测限，其中：

$^{238}\text{U}$ 的活度浓度范围为 $29.5\sim 57.7\text{Bq/kg}$ ，均值为 $37.2\pm 12\text{Bq/kg}$ ；

$^{226}\text{Ra}$ 的活度浓度范围为 $28.1\sim 42.0\text{Bq/kg}$ ，均值为 $32.0\pm 5.8\text{Bq/kg}$ ；

$^{232}\text{Th}$ 的活度浓度范围为 $52.7\sim 63.8\text{Bq/kg}$ ，均值为 $56.3\pm 4.5\text{Bq/kg}$ ；

$^{40}\text{K}$ 的活度浓度范围为 $777\sim 904\text{Bq/kg}$ ，均值为 $818\pm 51\text{Bq/kg}$ ；

$^{137}\text{Cs}$ 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}$ ~ $0.45\text{Bq/kg}$ ，均值为 $0.32\pm 0.10\text{Bq/kg}$ 。

放化分析中 $^{90}\text{Sr}$ 各样品均给出了测量结果， $^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为 $0.40\sim 3.31\text{Bq/kg}$ ，均值为 $2.16\pm 1.07\text{Bq/kg}$ 。

#### （6）土壤测量结果

土壤共布设 10 个点位，分析项目包括 $^{90}\text{Sr}$ 和 $\gamma$ 核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ ），监测频次为 1 次。

$\gamma$ 谱分析测量结果中， $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ 和部分 $^{137}\text{Cs}$ 给出了测量结果，其余核素测量结果均低于探测限，其中：

$^{238}\text{U}$  的活度浓度范围为 20.3~48.3Bq/kg，均值为  $29.2\pm 9.1\text{Bq/kg}$ ；

$^{226}\text{Ra}$ 的活度浓度范围为19.4~37.8Bq/kg，均值为 $26.4\pm 5.3\text{Bq/kg}$ ；

$^{232}\text{Th}$  的活度浓度范围为 24.6~59.6Bq/kg，均值为  $46.8\pm 10\text{Bq/kg}$ ；

$^{40}\text{K}$ 的活度浓度范围为482~875Bq/kg，均值为 $764\pm 101\text{Bq/kg}$ ；

$^{137}\text{Cs}$ 的活度浓度范围为<LLD~1.84Bq/kg，均值为 $0.60\pm 0.51\text{Bq/kg}$ 。

放化分析结果中， $^{90}\text{Sr}$ 均给出了测量结果， $^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为0.28~5.27Bq/kg。

#### （7）海水测量结果

海水共设置 3 个采样点，分析项目包括总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 和 $\gamma$ 核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ ）。监测频次为 1 次。

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

$^{137}\text{Cs}$  的活度浓度范围为 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 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 均给出了测量结果，总 $\alpha$ 均低于探测限，其中：

总 $\beta$ 的活度浓度范围为 7.73~11.7Bq/L，均值为  $9.06\pm 1.80\text{Bq/L}$ ；

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

$^3\text{H}$  的活度浓度范围为 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

海洋沉积物共设置 4 个采样点，分析项目包括  $^{90}\text{Sr}$ 和 $\gamma$ 核素（ $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ ），测量频次为 1 次。

$\gamma$ 谱分析结果中，天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ 都给出了测量结果；其它核素测量结果均低于探测限。其中：

$^{238}\text{U}$  的活度浓度范围为 23.8~39.7Bq/kg，均值为  $29.6\pm 6.0\text{Bq/kg}$ ；

$^{226}\text{Ra}$  的活度浓度范围为 24.6~30.9Bq/kg，均值为  $26.8\pm 2.6\text{Bq/kg}$ ；

$^{232}\text{Th}$  的活度浓度范围为 33.0~50.9Bq/kg，均值为  $39.7\pm 7.0\text{Bq/kg}$ ；

$^{40}\text{K}$  的活度浓度范围为 537~759Bq/kg，均值为  $637\pm 82\text{Bq/kg}$ 。

放化分析中  $^{90}\text{Sr}$ 均给出了测量结果， $^{90}\text{Sr}$ 的活度浓度范围为 0.53~2.58Bq/kg，均值为  $1.80\pm 0.96\text{Bq/kg}$ 。

### 3.1.1.8 质量保证

为保证本次调查结果的代表性、准确性和可靠性，调查任务选择具有CMA资质的中国辐射防护研究院核工业太原环境分析测试中心开展。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。

### 3.1.2 辐射环境质量评价

本次调查结果与田湾核电站 7、8 号机组陆域环境放射性现状初步调查（以下简称“田湾陆域调查”）及《2020 年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》（以下简称“田湾 2020 年报”）数据进行对比进行评价。通过分析可知，本厂址环境  $\gamma$  辐射水平及厂址周围介质中辐射水平正常，均属于正常的环境本底水平。

## 3.2 非辐射环境质量现状

### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

#### 3.2.1.1 大气环境质量现状调查及评价

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《江苏徐圩核能供热发电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）；

——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》的复函（2022 年 5 月 9 日）。

《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  $\text{SO}_2$  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  $\text{NO}_2$  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  $\text{NO}_x$  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<sub>10</sub> 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<sub>2.5</sub> 的日均浓度符合《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符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

### 3.2.1.2 质量保证

《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程厂址周围环境大气、噪声现状调查及评价报告》引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：190112050949。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

### 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

#### 3.2.2.1 声环境质量现状调查及评价

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《江苏徐圩核能供热发电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 2.4-2021）；

——《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

——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》的复函（2022 年 5 月 9 日）。

《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符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类限值要求；除个别监测点外，陆域网格点噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类限值要求；厂界噪声监测值符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 1 类限值要求；取排水管线噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 1 类限值要求；交通噪声符合《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 63.8dB（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。

### 3.2.2.2 质量保证

《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程厂址周围环境大气、噪声现状调查及评价报告》引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：190112050949。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

### 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

本项目取、排水工程位于埭子口附近海域，西邻连云港徐圩港区，东部为灌河口。排淡河口～埭子口（古泊善后河口）长 23km，岸滩呈东南走向，且平直，潮滩宽达 800～1000m，滩面以粉砂质砂、粉砂、粉砂质黏土组成。2005 年以前在波浪潮汐共同作用下，该岸段处于侵蚀状态。海底坡度随海岸位置的不同而有变化，潮滩坡度为 1/50，-3m～-5m 坡度为 1/500，-5m 以外海底坡度为 1/1300。总体上海床地形呈现岸向海从陡到平缓的变化。

#### 3.2.3.1 海水水质现状调查

本节内容主要参考《江苏徐圩核能供热发电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。

##### （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。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）进行了监测，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））。

## （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》（GB12763.1、2、4、7-2007）、《海洋监测规范（第 4 部分：海水分析）》（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

根据四季的大面积站海水水质调查结果，分析可得到如下结论：

#### （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、非离子态氨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 and 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；夏季氰化物均为未检出，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、氰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、非离子态氨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%。

非离子态氨和活性磷酸盐 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、非离子态氨、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。

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；氰化物均为未检出，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、活性磷酸盐、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。

初步分析部分站位铅和汞超标主要原因可能是由于该海域处于连云港市可继续使用

临时性海洋倾倒区附近，由于大量垃圾等污染物倾倒至该区域，导致铅和汞等污染物浓度超标。但随着海洋生态保护相关法律法规的颁布，以及地方政府部门加强海洋生态环境监管，目前该片海域的海水水质标准在逐年向好。

磷酸盐和无机氮超标的主要原因一方面是由于善后河属于灌溉用水，流域内农田较多，特别是夏秋季节种植水稻，施肥等农业行为使无机氮（氮肥）、磷酸盐（磷肥）通过农田排洪排水等方式汇流至善后河，在河口处排至大海，导致海域水质超标；另一方面是由于该点位的海域存在大量的紫菜养殖排筏，其各种养殖活动（添加营养物质等）导致该海域的无机氮和磷酸盐浓度超标。本次调查春、夏、秋、冬四次调查，春、冬季水质较好，秋季水质活性磷酸盐、无机氮超标较多主要是因为秋季调查时间处于雨后，农业面源通过雨水带入近岸海域，这与前述磷酸盐和无机氮超标原因相符。

从区域环境质量可以看出，排水口周边海域海水水质总体良好，且本项目排放口位于开阔海域，污染物排放后可以很快与周边海水混合得到稀释扩散，对周边海域影响仅限于排水口局部海域，总体上不会影响区域环境质量。

### 3.2.3.3 质量保证

《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程厂址附近海域生态环境现状（含渔业资源）调查及分析评价报告》承担单位为自然资源部第三海洋研究所，自然资源部第三海洋研究所具有国家认证认可监督管理委员会颁发的检验检测机构资质认定证书，监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

### 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 2.1-2016）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2023）
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）

- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（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，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 输电线 7 条，500kV 输电线 2 条，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。

#### 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。

#### c) 主变压器监测点设置

对于主变压器，分别对本项目拟建的 3 个主变进行监测，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。

#### 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为：拟建 500kV 出线输电线路和拟建 220kV 输电线路；共九条输电线路，设置监测断面 P1~P9。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）。



#### 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。

#### 3.2.4.8 电磁辐射现状监测数据

本项目厂区监测值统计情况见表 3.2-4。

本项目输电线路监测值统计情况见表 3.2-5。

本项目厂址区域环境敏感区和通信基站监测值统计情况见表 3.2-6。

#### 3.2.4.9 电磁辐射现状评价标准

##### (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曝露控制限值为 4kV/m，工频磁感应强度的公众曝露控制限值为 0.1mT。

##### (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，该标准的公众曝露控制限值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的方均根值应小于 0.4W/m<sup>2</sup>（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《江苏徐圩核能供热发电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

厂区内所有监测点工频电场强度监测值范围 0.06V/m~0.29V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0050 $\mu$ T~0.0090 $\mu$ 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 $\mu$ T），符合标准要求。

## 2) 射频综合场强

厂区内所有监测点射频综合场强监测值在 0.10V/m~0.33V/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

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 $\mu$ T~0.0775 $\mu$ 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 $\mu$ T），符合标准要求。

## 2) 射频综合场强

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

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 $\mu$ T~0.0080 $\mu$ 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 $\mu$ 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

所有输电线路监测点的工频电场强度监测值范围 0.04V/m~1395.64V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0027 $\mu$ T~4.9998 $\mu$ 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 $\mu$ 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

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 $\mu$ T~0.0296 $\mu$ T 之间，小于标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

## 2) 射频综合场强

环境敏感区所有监测点监测值在 0.21V/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）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

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	$\gamma$ 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 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^7\text{Be}$	1 次	10km	3	3	0	3
3	空气		$^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$	1 次	10km	3	3	0	3
4	土壤	表层土	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$	1 次	10km+排水管线沿线	10	10	1	11
	地表水沉积物			1 次	10km+排水管线沿线	4	4	1	5
5	陆地水体	饮用水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$	1 次	10km	2	2	0	2
		地下水		1 次	10km+排水管线沿线	4	4	0	4
		地表水		1 次	10km+排水管线沿线	4	4	1	5
6	受纳水体	海水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 。	1 次	排水口附近	3	3	1	4
		海洋沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$	1 次	排水口附近及主要活动场所	4	4	1	5
7	合计	/	/	/	/	117	167	5	172



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	$\gamma$ 辐射剂量率	RP3000B 型高气压电离室	HJ1157-2021 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB/T 10264-2014 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》
3	总 $\alpha$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	EJ/T1075-1998 《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》
4	总 $\beta$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	EJ/T 900-1994 《水中总 $\beta$ 放射性测定 蒸发法》
5	$^3\text{H}$	Quantulus 1220 低水平液闪	HJ1126-2020 《水中氚的分析方法》
6	空气 $^{14}\text{C}$	Quantulus 1220 低水平液闪	EJ/T1008-1996 《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》
9	水 $^{90}\text{Sr}$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 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 $^{90}\text{Sr}$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	EJ/T 1035-2011 《土壤中锶-90 的分析方法》
11	空气 $^{131}\text{I}$	HPGe $\gamma$ 谱仪	GB/T 14584-1993 《空气中碘-131 的取样与测定》
12	水中 $\gamma$ 核素	HPGe $\gamma$ 谱仪	GB/T 16140-2018 《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》
13	土壤、沉积物 $\gamma$ 核素	HPGe $\gamma$ 谱仪	GB/T 11743-2013 《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》
14	气溶胶 $\gamma$ 核素	HPGe $\gamma$ 谱仪	HJ1149-2020 《环境空气 气溶胶中 $\gamma$ 放射性核素的测定 滤膜压片/ $\gamma$ 能谱法》

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 <sup>3</sup>	总 $\alpha$	100min	8.0×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		1000m <sup>3</sup>	总 $\beta$	100min	6.0×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		10000m <sup>3</sup>	<sup>90</sup> Sr	500min	4.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		10000m <sup>3</sup>	$\gamma$ 谱分析	80000s	<sup>134</sup> Cs: 5.8×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup> <sup>137</sup> Cs: 5.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup> <sup>60</sup> Co: 9.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup> <sup>54</sup> Mn: 5.8×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup> <sup>7</sup> Be: 6.5×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup> <sup>131</sup> I: 5.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>
2	空气	10m <sup>3</sup>	HTO	1000min	8.0×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		3 m <sup>3</sup>	<sup>14</sup> C	1000min	0.1Bq/g·碳
3	土壤、底泥、海洋沉积物	50g	<sup>90</sup> Sr	900min	0.15 Bq/kg
		300g	$\gamma$ 谱分析	80000s	<sup>137</sup> Cs: 0.26Bq/kg <sup>134</sup> Cs: 0.24Bq/kg <sup>58</sup> Co: 0.22Bq/kg <sup>60</sup> Co: 0.24Bq/kg <sup>110m</sup> Ag: 0.40Bq/kg <sup>54</sup> Mn: 0.26Bq/kg <sup>238</sup> U: 10Bq/kg <sup>232</sup> Th: 1.1Bq/kg <sup>226</sup> Ra: 0.69Bq/kg <sup>40</sup> 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 $\alpha$	600min	$2.0 \times 10^{-3}$ Bq/L
		3L	总 $\beta$	600min	$5.0 \times 10^{-3}$ Bq/L
		250mL	$^3\text{H}$	1000min	0.18Bq/L
		50L	$^{90}\text{Sr}$	500min	$1.5 \times 10^{-4}$ Bq/L
		50L	$\gamma$ 谱分析	80000s	$^{137}\text{Cs}$ : $1.6 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{134}\text{Cs}$ : $1.4 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{54}\text{Mn}$ : $1.5 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{58}\text{Co}$ : $1.3 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{60}\text{Co}$ : $1.7 \times 10^{-3}$ Bq/L
5	海水	250mL	$^3\text{H}$	1000min	0.18Bq/L
		50L	$^{90}\text{Sr}$	500min	$1.5 \times 10^{-4}$ Bq/L
		50L	$\gamma$ 谱分析	80000s	$^{137}\text{Cs}$ : $3.5 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{134}\text{Cs}$ : $1.0 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{58}\text{Co}$ : $9.0 \times 10^{-4}$ Bq/L $^{60}\text{Co}$ : $1.1 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{110\text{m}}\text{Ag}$ : $1.3 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{54}\text{Mn}$ : $1.0 \times 10^{-3}$ Bq/L $^{106}\text{Ru}$ : $8.5 \times 10^{-3}$ Bq/L

表 3.1-4（1/2） 首次本底调查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	HPGeγ谱仪	GR3019	2021.7.6	校字第[2021]-P1036	2 年
2	HPGeγ谱仪	BE3830	2021.7.6	校字第[2021]-P1035	2 年
3	HPGeγ谱仪	GMX-50S	2021.7.6	校字第[2021]-P1037	2 年
4	HPGeγ谱仪	GEM40P4-76	2020.10.21	检字第[2020]-P029	2 年
5	HPGeγ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	高气压电离室	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 3.1-4（2/2） 补充本底调查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	HPGeγ谱仪	GR3019	2023.07.03	校字第[2023]-P052	2 年
2	HPGeγ谱仪	BE3830	2023.07.03	校字第[2023]-P050	2 年
3	HPGeγ谱仪	GEM40P4-76	2022.10.09	校字第 [2022]-PA1025	2 年
4	低本底α/β测量仪	LB790	2023.06.26	检字第[2023]-D398	2 年
5	超低本底液闪谱仪	Quantulus 1220	2022.06.15	校字第[2022]-SB004	2 年
6	低水平液闪谱仪	Tri-Carb 3170TR/SL	2023.05.11	校字第[2023]-S012	2 年



表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

单位：mg/m<sup>3</sup>（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 <sub>2</sub> ）	年平均	20	60	μg/m <sup>3</sup>
		24小时平均	50	150	
		1小时平均	150	500	
2	二氧化氮（NO <sub>2</sub> ）	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 <sup>3</sup>
		1小时平均	10	10	
4	臭氧（O <sub>3</sub> ）	日最大8小时平均	100	160	μg/m <sup>3</sup>
		1小时平均	160	200	
5	颗粒物 （粒径小于等于10μm）	年平均	40	70	
		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（GB3096-2008）

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

注：0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

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

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

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

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

表 3.2-3 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）	0.06~0.29	0.40	4000
	工频磁场（μT）	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（μT）	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（μT）	0.0030~0.0080	0.0080	100



表 3.2-5 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（ $\mu\text{T}$ ）	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（ $\mu\text{T}$ ）	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 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（ $\mu\text{T}$ ）	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 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（ $\mu\text{T}$ ）	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 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（ $\mu\text{T}$ ）	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 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（ $\mu\text{T}$ ）	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 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（ $\mu\text{T}$ ）	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 输电线路（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（ $\mu\text{T}$ ）	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 输电线路（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（ $\mu\text{T}$ ）	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 3.2-6 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（μT）	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

---

## 第四章 核能供热发电厂

### 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 核能供热发电厂用水和散热系统

#### 4.3.1 核能供热发电厂用水

#### 4.3.2 核能供热发电厂散热系统

### 4.4 输电系统

#### 4.4.1 电气主接线

#### 4.4.2 输电线路

#### 4.4.3 开关站

### 4.5 供热系统

#### 4.5.1 供汽量及供汽参数

#### 4.5.2 系统概述

#### 4.5.3 中压蒸汽供应系统

#### 4.5.4 次中压蒸汽供应系统

#### 4.5.5 低压蒸汽供应系统

#### 4.5.6 公用系统

### 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

### 4.7 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



## 4.1 厂区规划及平面布置

### 4.1.1 厂区规划

本项目按“4台华龙一号机组+2台高温气冷堆机组”建设规模进行厂址总体规划，统一规划，分期建设。一期工程建设2台华龙一号机组和1台高温气冷堆机组及其配套辅助设施。

### 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台百万千瓦级华龙一号机组及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

根据厂址基岩条件仅为西陬山有限山体的现状，确定华龙与高温堆的核岛厂房采用相对的布置形式，汽轮机厂房分别布置在核岛外侧，尽量保证核岛建筑群的地基坐落在山体基岩上，减少地基处理费用。具体为2台华龙机组并列布置在西陬山山体西侧，1台高温气冷堆机组布置在西陬山山体东侧。二期工程主厂房位于本期工程北侧。

##### 2) 配电装置区规划

配电装置区集中布置在主厂房西南侧，靠近1#机组常规岛布置。

##### 3) 冷却水设施区规划

冷却水设施主要包括重要厂用水设施和循环冷却水设施。

##### a) 重要厂用水设施

重要厂用水采用二次循环方式，利用淡水进行补水。重要厂用水设施布置在2#核岛厂房东侧，靠近核岛。

##### b) 循环冷却水设施

循环冷却水设施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。

1#、2#机组自然通风冷却塔布置在1#、2#常规岛西侧。

##### 4) 辅助生产区规划

辅助生产设施根据有无放射性分为放射性辅助生产设施和非放射性辅助生产设施。

##### a) 放射性辅助生产设施

放射性辅助生产设施集中布置在重要厂用水设施东侧，尽量靠近西陬山山体及主厂房区。

#### b) 非放射性辅助生产设施

- 水生产设施：除盐水生产厂房及储罐布置在厂区西侧。海水淡化厂房、供热用除盐水生产厂房及储罐布置在厂区东侧。

- 水处理设施：生产区污水处理构筑物及常规岛废水处理站布置在厂区西侧自然通风冷却塔周边，厂前区污水处理构筑物位于厂前区西北侧，1#、2#机组的污水系统油水分离器布置在主变区域附近，全厂设置一座非放生产废水处理站。

- 仓库及维修设施

非放射性机修车间、电仪修及专用工具库布置在厂前区西侧；仓库区集中布置在厂区西侧，危险废物暂存库、化学试剂库布置在仓库区西侧。

#### (c) 其他非放射性生产设施

全厂共用一座氢气贮存及分配站，布置在一期主厂房西北角。厂区消防泵房布置在2#常规岛北侧；压缩空气站、10kV公用配电站、厂区附加电源柴油发电机厂房、公用气体储存区及厂区供暖换热站布置在常规岛周围；海水淡化10kV中压中心布置在海水淡化厂房西侧，海水取水泵房供电变电站布置在厂区东侧，靠近厂区边界；新燃料组件运输中转贮存场地布置在1#核岛南侧，保卫控制中心布置在3#常规岛东侧，靠近保护区出入口。

#### 5) 厂前建筑区

厂前建筑区全厂统一规划，布置在厂区东北部，与主要进厂道路相连，方便人员出入。

#### (2) 竖向设计

全厂采取台阶式布置。主厂房区、重要厂用水设施区、放射性辅助生产设施区及应急设施的场地设计标高为 6.80m，海水淡化设施区、高温堆循环冷却水设施区、配电装置区、厂前及其他设施区等场地设计标高为 5.00m，华龙循环冷却水设施区、仓库区及淡水处理站等场地设计标高为 4.20m。

#### (3) 实物保护规划

根据本项目实物保护的要求，厂区设置控制区围栏、保护区围栏、要害区围栏三道实体保卫围栏。

#### (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。

厂区共设置两座对外出入口，其中主出入口设置在厂区东侧，靠近厂前区和主要进厂道路，次要出入口设置在厂区西侧，与次要进厂道路相连。

### （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、取、排水口、危险废物暂储存场所、冷却塔及气象站。

##### （1）核岛厂房

1#、2#华龙机组核岛布置在西陂山山体西侧。

##### （2）放射性辅助生产设施

放射性厂房尽量靠近主厂房布置，集中布置在 3 号机组常规岛北侧，远离人流集中区域及人流集散地，尽量避免放射性废物运输与人流的相互影响。

##### （3）废、污水处理设施

生产区污水处理构筑物及常规岛废水处理站布置在厂区西侧自然通风冷却塔周边，厂前区污水处理构筑物位于厂前区西北侧，1#、2#机组的污水系统油水分离器布置在主变区域附近，全厂设置一座非放生产废水处理站。

##### （4）应急指挥中心

应急指挥中心规划布置在厂前区北侧，靠近厂区主出入口布置。

##### （5）环境监督监测设施

环境监督监测设施目前选址工作正在开展中。

##### （6）取、排水口

本工程海水取水口拟布置在徐圩港区东防波堤外侧；海水排水口位于埭子河口外侧、徐圩港区东防波堤东侧。

淡水原水拟取自善后河，取水口位于厂址西南角善后河处。

##### （7）危险废物贮存场所

危险废物分类贮存在危险废物暂存库中，布置在厂区西侧仓库区边缘。

##### （8）冷却塔

1#、2#机组的机械通风冷却塔布置在 2#核岛厂房东侧，靠近核岛。

1#、2#机组自然通风冷却塔布置在 1#、2#常规岛西侧。

#### （9）气象站

气象站布置在厂址东北方向，位于最大风频上风向。

#### 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，凡可绿化的设施如边坡等，均进行绿化。

（2）厂区总平面布置、尤其保护区（非绿化区）内各设施的布置上，尽量紧凑布局，节约用地。

（3）厂坪设计标高的确定，除重点考虑厂址设计基准洪水位、总平面布置要求、建筑物基础埋置深度等因素外，同时将土石方工程量作为最重要的因素之一，充分予以考虑，尽量减少土石方开挖、回填范围和数量。

（4）利用工程建设的时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。

#### 4.1.3 排放口布置

本期工程华龙一号机组流出物排放口包括气载流出物排放口、液态流出物排放口和非放射性物质排放口。

##### （1）气载流出物排放口

气载流出物排放口设置有 2 个，为反应堆排风烟囱。

反应堆厂房产生的废气经处理达标后，通过反应堆排风烟囱排入大气。

##### （2）液态流出物排放口

液态流出物排放口为本工程海水排水口。液态流出物通过地下管沟排至厂区排水泵房，经陆域排水管道及海域排水管道排至厂址东侧埭子河口外侧、徐圩港区东防波堤东侧。

液态流出物排放口（即海水排水口）位于海域排水管道端部。

##### （3）非放射性物质排放口

厂区东侧东干河为厂区雨水排水接收的下游河段。主厂区位于东干河的西侧，拟设置 4 个雨水排水口；缓冲区位于东干河的东侧，拟设置 1 个雨水排水口。

厂区内生活污水经处理后进行回用，目前计划不排放至厂外。

非放射性生产废水部分回用，部分排入厂区排水泵房，最终排至大海，排放口同液态流出物排放口。



## 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

### 4.2.1 概述

华龙一号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；使用固体可燃毒物钆，并采用低泄漏装载方式。堆芯燃料各区平均富集度将根据最终的堆芯燃料管理方案来确定。

由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在核能供热发电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方面，以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下，即使有一种故障发生，它将由适当的措施探测、补偿或纠正。江苏徐圩核能供热发电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发电厂。所有构筑物、系统和部件都要根据其安全功能及重要程度进行安全分级，针对不同级别采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同的质量保证措施。在第一层次防御中还包括了按经过实践考验的规程进行核能供热发电厂的在役检查、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、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 AFA 3G 燃料组件及其相关组件

华龙一号核电机组堆芯由 177 组 AFA 3G 燃料组件及其相关组件组成。

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

#### 4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

##### 1) 系统功能

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

— 压力控制：在反应堆正常运行期间，通过稳压器控制冷却剂系统的压力，使其保持稳定。瞬态时，限制压力的变化范围，使其保持在允许的范围内。一旦反应堆冷却剂系统的压力达到安全阀的整定值时，则通过稳压器的安全阀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 650t/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 <sup>3</sup> /h
热工设计	23500 m <sup>3</sup> /h
机械设计	25670 m <sup>3</sup> /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发电厂以额定的功率运行，蒸汽发生器出口处的压力达到 6.73MPa（绝对压力）。

1、2 号机组的蒸汽发生器为 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。

#### 4.2.2.3 主要辅助系统

华龙一号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。

消防系统是为核能供热发电厂可能发生火灾的场所提供灭火措施的系统。核能供热发电厂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）、柴油发电机厂房消防系统、安全厂房消防系统及移动式 and 便携式消防设备。BOP 各厂房包括泵站、除盐水处理站、办公楼、制氯站、辅助锅炉房、车间和食堂等，不存在较大的火灾危险，在厂房内均设置消火栓和手提式灭火器。常规岛消防系统，能通过自动水喷雾灭火系统、水喷水灭火系统、气体灭火系统以及消火栓和手提式灭火器，对常规岛内的一切火灾危险提供防护。

### 4.2.3 常规岛

华龙一号常规岛包括汽轮发电机厂房及其厂房内的系统设备。

蒸汽-电力转换系统即接收核蒸汽供应系统提供蒸汽，驱动汽轮机发电机组将热能转换为电能。本期工程核能供应蒸汽用于热电联供，兼顾纯发电工况，在供热工况和纯发电工况下，核岛反应堆皆可满功率运行。供热蒸汽凝结水皆回到相应机组的回热系统，保证核岛给水量不变。

汽轮机转速为1500 r/min，由一个高压缸和两个双流低压缸组成，并与24kV、三相、50Hz的发电机直接相连。凝汽器为双壳体双背压凝汽器。

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

主蒸汽系统：用于将蒸汽发生器内产生的蒸汽输送到下列设备和系统：

主汽轮机（TSD）及其辅助设备包括汽轮机轴封系统（TSS）、汽水分离再热器（TSR）；通向凝汽器和大气的汽机旁路系统（TSC、TSA）；

高压给水加热器系统（TFH）；

辅助蒸汽分配系统（WSD）；

主给水除氧器系统（TFD）。

通往供热厂房的厂区供热蒸汽及凝结水回水系统（TFB），供热蒸汽凝结水回到给水相应加热器级间回热系统，进行热量和工质回收，保持核岛给水总量不变。

汽水分离再热系统：高压缸排汽经过汽水分离器除去蒸汽中的水分，然后经过两级再热器加热，提高蒸汽温度，再进入低压缸，减少对低压缸中长叶片的水蚀，并提高低压缸出力，从而提高汽轮发电机组的热效率。

凝结水系统：凝结水系统位于汽轮机本体和低压加热器之间，接收汽轮机排汽及其旁路排汽，并将排汽凝结为水，将凝结水进行除氧、过滤、净化处理等功能。

给水系统：用于将从低压给水加热器到蒸汽发生器给水入口的工质进行除氧、升压、加热及调节，满足核岛蒸汽发生器入口给水水质要求。

汽轮机回热抽汽系统：本期工程汽轮发电机组为热电联供，兼顾纯发电工况。热电联供工况：为了满足给水额定温度 226℃要求，汽轮机回热系统共设置八级：三级高加抽汽，一级为除氧器加热用抽汽，四级为低加抽汽，其中 8 号高加抽汽取自主蒸汽，其他抽汽取自汽轮机汽缸抽汽。抽汽用于加热给水，提高给水的平均吸热温度并减少汽轮机乏汽的损失，提高机组热效率。

纯发电工况：汽轮机回热抽汽系统共设置七级：两级为高加抽汽，一级为除氧器加热用抽汽，四级为低加抽汽，8 号高加仅作为给水通流部件。抽汽用于加热给水，提高给水的平均吸热温度并减少低压缸排汽的损失，提高机组热效率。

汽轮机旁路系统：该系统用于汽轮机特殊运行工况下，使主蒸汽不经过汽轮机，由旁路系统经过减压装置后排入凝汽器，及在受控制方式下排入大气，从而使汽轮机负荷突然在大的瞬态变化时，核岛反应堆继续运行，使反应堆不依赖汽轮发电机组而独立运行。

辅助给水系统：辅助给水系统是一个专设的安全系统，在主给水系统或者启动给水系统故障失效情况下，保证向蒸汽发生器提供适量的给水，以排出堆芯的衰变热并保证蒸汽发生器不满溢。

汽轮发电机额定容量约为 1233MW，额定电压为 24kV，额定功率因数 0.9，三相、50Hz。发电机定子用水冷却，转子用氢气冷却，励磁方式采用静态励磁。

### 4.3 核能供热发电厂用水和散热系统

分别对直流循环和二次循环两种冷却方式进行比选，比选内容如下：

#### （1）循环水系统



目前核电站循环水系统采用的供水形式分为直流循环和二次循环。由于本项目厂址距离大海较远，取水路径长，循环水系统若采用直流供水方式，则取排水工程的基建投资过大，因此本项目循环水系统采用二次循环冷却方式。

二次循环冷却方式有淡水循环冷却、海水循环冷却、空气循环冷却三种冷却方式。空冷塔占地面积及基建投资较大，发电效率偏低，因此不作为本项目的推荐方案。由于本项目可取用的淡水量目前无法保证循环水系统需求，现阶段本项目循环水系统采用海水循环冷却方式，补水水源采用取自海州湾的海水。

## （2）重要厂用水系统

华龙一号机组重要厂用水系统为安全相关系统，可采用直流或二次循环冷却方式。由于本项目厂址距离大海较远，取水路径长，取水构筑物满足安全级抗震要求较难，取水工程基建投资过大，因此本项目华龙一号机组重要厂用水系统采用二次循环冷却方式。

根据不同的补水水源，二次循环冷却方式可采用淡水机械通风冷却塔（补水直接采用淡水）、淡水机械通风冷却塔（补水采用海水淡化制取）、海水机械通风冷却塔（补水直接取用海水）三种方案。本项目可取用的淡水量可以保证系统运行的补水需要，且考虑到海水机械通风冷却塔的防腐及盐雾问题，华龙一号机组重要厂用水系统采用带有淡水机械通风冷却塔（补水直接采用淡水）的二次循环冷却方式。

### 4.3.1 核能供热发电厂用水

本工程用水分为机组用水和供热用水。

#### 4.3.1.1 机组用水

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。

##### 4.3.1.1.2 淡水用水

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、重要厂用水系统补水、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。

1、2 号机组施工期间施工生产用水最大日用水量为  $2215\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为  $875\text{m}^3/\text{d}$ ，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  $6185\text{m}^3/\text{d}$ 。

### 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。1、2 号机组正常运行人员生活用水量  $314\text{m}^3/\text{d}$ ，由饮用水系统供给的生产用水量  $1294\text{m}^3/\text{d}$ （不含重要厂用水系统补水）。

生产水系统主要供给除盐水系统原水和重要厂用水系统补水，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。1、2 号机组正常运行除盐水系统原水量  $4978\text{m}^3/\text{d}$ ，重要厂用水系统补水量  $2640\text{m}^3/\text{d}$ 。

绿化、道路浇洒、洗车等用水量为  $629\text{m}^3/\text{d}$ ，主要采用再生水，不足部分由饮用水系统提供。

考虑管网漏损水量和未预见用水等，1、2 号机组运行期正常运行日用水量约为  $10369\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量约为  $14534\text{m}^3/\text{d}$ 。

按照纯发电功率折算，不含供热用水和重要厂用水系统补水，1、2 号机组正常运行设计耗水指标为  $0.037\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 。不含供热用水，工业用水的重复利用率约为 99.91%。

### (2) 供水水源

本项目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，供给本项目机组运行所需淡水。施工期淡水处理站运行前所需淡水拟由市政水源供给。

淡水处理站的原水取自厂址南侧的古泊善后河，在古泊善后河新建取水口，由两根淡水输水管线通过淡水取水泵房加压提升至淡水处理站。依据《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程水资源论证报告书（报批稿）》，作为饮用水水源地的古泊善后河，经调度，其供水保证率可达 97%以上。

本项目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。

#### 4.3.1.2 供热用水

常规岛供热厂房三回路最大用水量  $114792\text{m}^3/\text{d}$ （设计用水量  $98952\text{m}^3/\text{d}$ ），三回路排污水量为  $1147\text{m}^3/\text{d}$ （设计排污水量  $990\text{m}^3/\text{d}$ ），排污水排入海水淡化系统，供热蒸汽不回收，供热用水最大补水量  $113645\text{m}^3/\text{d}$ （设计补水量  $97962\text{m}^3/\text{d}$ ），供热按年工作时间 365 天计算，供热最大补水量  $41480425\text{m}^3/\text{a}$ （设计补水量  $35757225\text{m}^3/\text{a}$ ）。

#### 4.3.2 核能供热发电厂散热系统

##### （1）冷却水系统

本项目华龙一号和高温气冷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，后经预处理进入华龙一号机组循环水泵房前池和高温气冷堆机组冷却塔集水池；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 1 座机械通风冷却塔及辅助泵房（包含机械通风冷却塔、重要厂用水泵房及重要厂用水补水池）。正常运行工况下补水由淡水处理站出水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。两台高温气冷堆机组共配置 3 座抽风式钢筋混凝土结构机械通风冷却塔（空调季工况 2 用 1 备，非空调季 1 用 2 备）。

##### （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滩涂泵房。厂区至滩涂泵房段的取水管和排水管道均采用顶管施工，滩涂泵房至取水头部和排水口段采用盾构施工方式。

##### 1) 取排水口

本工程采用暗管取水、暗管排水方案，圆形取水头部直径拟定为 28m，取水头部拟设 8 个进水窗口、沿外部圆筒弧形对称均匀布置。头部后方分别设两条取水盾构隧洞取水，在两条隧洞入口处设置钢闸门，闸门关闭后可对隧洞内部进行干检修。取水口位于水深 -6.2m 处，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。取水头部外围拟设置一道拦污网。

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，共设 3 个排水头部，排水头部拟采用顶升管式排水形式，每个排水头部设一根顶升管。

## 2) 厂区一滩涂泵房段取排水工程

厂区至滩涂泵房段单根管线长约 19.2km，采用 2 根取水管道和 2 根排水管道，2 根液态流出物管道分别内置在 2 根排水管道内，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，推荐厂区至滩涂泵房段（长约 19.2km）取排水管线采用顶管施工方案。结合靠近滩涂泵房段 5.5km 范围用海情况、周边既有建构筑物情况，取水管道拟采用 2 根 DN3000 钢筋混凝土管顶管，排水拟采用 2 根 DN2800 钢筋混凝土管顶管；其余靠近厂区段 13.7km 的管道，取水管道拟采用 2 根 DN3200 钢筋混凝土管顶管，排水管道拟采用 2 根 DN3000 钢筋混凝土管顶管。

## 3) 泵房（转换井）一取排水口段取排水工程

将滩涂泵房布置在海堤公路外侧岸滩鱼塘处，取水采用暗管取水方式，滩涂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。取水头部至滩涂泵房段单根管线长约 7.6km，取水隧洞内径暂定 3.4m 采用两根隧洞取水，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 根盾构排水管，单根长约 6.4km，排水隧洞内径暂定 3.4m，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，排水头部拟采用顶升管式排水形式，每个排水头部设一根顶升管。

## 4.4 输电系统

本工程的厂外电力系统包括 500kV 电源系统及 220kV 电源系统。500kV 电源系统主要由华龙机组发电机引出线、500kV 升压变压器、高压厂用变压器、500kV 升压变压器进线、500kV 开关站及 500kV 输电线路组成；220kV 电源系统主要由高温堆机组发电机引出



线、220kV 升压变压器、高压厂用变压器、220kV 升压变压器进线、220kV 开关站、220kV 输电线路组成。500kV 电源系统和 220kV 电源系统共同组成了本工程的厂外优先电源。

根据江苏徐圩核能供热发电厂输电规划报告，本项目华龙机组采用 500kV 电压等级接入系统，厂内配套建设 500kV 开关站 1 座，出线 6 回；其中一期工程建设 4 回 500kV 送出线路至盐都变和徐圩变。高温堆机组采用 220kV 电压等级接入系统，厂内配套建设 220kV 开关站 1 座，出线 6 回；其中一期工程建设 2 回 220kV 送出线路至徐圩变。

本项目华龙机组辅助电源由厂内 220kV 开关站提供。

#### 4.4.1 电气主接线

本项目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 2 台华龙机组以发电机—变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入系统，1 台高温气冷堆机组以发电机—变压器组单元接线方式升压至 220kV 接入系统，发电机与主变压器之间装设发电机出口断路器。

设置一座 500kV 开关站，采用 3/2 接线方式，建设 2 回华龙一号机组主电源进线，4 回架空出线，1 回高温气冷堆辅助电源进线，形成 3 个完整串和 1 个不完整串。全厂最终建成 4 回华龙一号机组进线，6 回架空出线，2 回高温气冷堆辅助电源进线，形成 5 个完整串和 2 个半串。

设置 1 座 220kV 开关站，采用双母线双分段接线形式，采用屋内型 GIS 设备，220kV 开关站用作高温堆电能送出，并兼做华龙一号机组辅助电源，同时兼做施工电源。本期工程建设 2 回 220kV 架空线出线，1 回机组进线，4 回变压器进线（含两回施工变压器进线）。最终建成 6 回 220kV 架空线出线，2 回机组进线，6 回变压器进线。

在机组起停期间，开关站可以通过主变和高压厂用变压器对厂用负荷供电。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。

#### 4.4.2 输电线路

根据江苏徐圩核能供热发电厂输电规划报告，本期工程华龙机组采用 500kV 电压等级接入系统，通过 4 条 500kV 输电线路（ $4\times 630\text{mm}^2$ ）双开断环入徐圩~沂阳双线接入江苏电网。本期工程高温堆机组采用 220kV 电压等级接入系统，通过 2 条 220kV 输电线路（ $2\times 630\text{mm}^2$ ）至徐圩站（南侧）接入江苏电网。

通过电力电量平衡分析，本项目机组投运后部分电力在连云港电网消纳，其余电力送至江苏内部的负荷中心消纳。

通过潮流计算、稳定计算结果来看，接入系统的设计方案潮流分布合理。无 N-1 过



载问题；短路电流水平合理，均在开关设备能力范围内；无三永 N-1 及异名相 N-2 暂态稳定问题。

4.4.3 开关站

1) 500kV 开关站

本期工程新建 1 座 500kV 开关站，500kV 开关站采用 4 回架空线路与江苏电网连接，2 回进线与华龙 1、2 号机组主变压器连接，1 回出线与高温气冷堆高压辅助变压器连接；预留下期 2 回出线、2 回主变进线及 1 回高温气冷堆高压辅助变压器出线。500kV 配电装置采用户内 GIS 方案。

为满足系统稳定性和可靠性的要求，并考虑运行的灵活性，500kV 开关站采用一个半断路器接线。为提高电气设备供电的可靠性、安全性，500kV 开关站设备选用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘封闭电器（GIS），采用户内布置型式。主要技术参数如下：

系统标称电压	500kV
额定电压	550 kV
母线额定电流	5000A
短时耐受电流（有效值）	63KA、2S
工频耐受电压（有效值）	740 kV
冲击耐受电压（峰值）	1675 kV

2) 220kV 开关站

本期工程新建 1 座 220kV 开关站，220kV 开关站采用 2 回架空线路与当地电网连接，2 回华龙 1、2 号机组 220kV 辅助变压器进线、1 回高温气冷堆机组 220kV 主变压器进线及 2 回 220kV 施工变压器进线；预留下期 4 回架空出线、2 回辅助变压器进线及 1 回高温气冷堆机组 220kV 主变压器进线。220kV 配电装置采用户内 GIS 方案。

为满足系统稳定性和可靠性的要求，并考虑运行的灵活性，220kV 开关站采用双母线接线。为提高电气设备供电的可靠性、安全性，220kV 开关站设备选用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘封闭电器（GIS），采用户内布置型式。主要技术参数如下：

系统标称电压	220kV
额定电压	252 kV
母线额定电流	2000A
短时耐受电流（有效值）	50KA、3S
工频耐受电压（有效值）	395 kV

冲击耐受电压（峰值）

950 kV

## 4.5 供热系统

本期工程建设2台华龙一号压水堆机组、1台HTR-PM600S高温气冷堆机组及一座供热厂房，构成1套供热系统。本期工程对外总供汽能力约4082t/h。供热系统无核安全相关功能，因此无核安全设计基准。

### 4.5.1 供汽量及供汽参数

本期工程供热厂房最大外供工业蒸汽量为4082t/h，平均外供工业蒸汽量为3608t/h，最小外供工业蒸汽量为2744t/h。

供热厂房至厂区边界处的厂区内蒸汽管网，每种参数工业蒸汽的管道压损数值暂按0.2MPa，温降数值暂按2℃。

### 4.5.2 系统概述

本期工程，在2台华龙一号汽轮发电机组和1台高温气冷堆发电机组之外，同步建设一座供热厂房。引2台华龙一号核岛生产的一部分主蒸汽及1台高温气冷堆核岛生产的一部分主蒸汽进入供热厂房，作为工业蒸汽制备的加热热源。

在供热系统内，主蒸汽循环于供热系统的二回路侧，工业蒸汽循环于供热系统的三回路侧，二回路与三回路之间物理隔离，通过各级热交换器进行表面传热。确保二回路工质不出厂，同时各台核岛机组之间的二回路工质也不混合。

高温气冷堆核岛生产的主蒸汽在主蒸汽母管上分成两个支路：其中一个支路供应主蒸汽进入高温气冷堆对应汽轮机做功发电；另一支路供应主蒸汽至供热厂房用于三种参数工业蒸汽的过热的和一部分中压工业蒸汽的蒸发。供至供热厂房的主蒸汽在供热厂房内全部凝结成水，送回至常规岛内凝结水泵出口凝结水管道，而后通过高温气冷堆常规岛内的高压给水管道送至高温气冷堆核岛蒸发器，送回高温气冷堆核岛蒸发器的给水满足205℃温度控制要求。至此，完成高温气冷堆主蒸汽在供热系统二回路侧的循环。

每台华龙一号核岛生产的主蒸汽在主蒸汽母管上分成两个支路：其中一个支路供应主蒸汽进入华龙一号对应汽轮机做功发电；另一支路供应主蒸汽至供热厂房用于三种参数工业蒸汽的蒸发。供至供热厂房的主蒸汽在供热厂房内全部凝结成水，送回至常规岛内凝结水管道，而后通过华龙一号常规岛内的高压给水管道送至华龙一号核岛蒸发器，送回华龙一号蒸发器的给水满足226℃温度控制要求。至此，完成华龙一号主蒸汽在供热系统二回路侧的循环。

全厂按照“以热定电”的方式运行，供热厂房耗用以外的富余热量进入各自对应汽轮

### 4.5.3 中压蒸汽供应系统

中压蒸汽指的是参数为4.9MPa.a，460℃（厂区围墙外1m处）的工业蒸汽。中压蒸汽系统的额定制备能力1770t/h。

中压蒸汽制备系统界线如下：三回路侧按介质流向由中压给水泵入口至中压二级过热器工业蒸汽出口；高温气冷堆二回路侧按介质流向由中压二级过热器高温气冷堆主蒸汽入口至中压高温二级预热器放热侧凝结水出口；华龙一号二回路侧按介质流向由供热用中压华龙蒸发器华龙主蒸汽入口至中压二级预热器放热侧凝结水出口。

该系统先利用华龙一号主蒸汽将公用系统加热后的除盐水制备成饱和蒸汽，再利用高温气冷堆主蒸汽将饱和蒸汽过热，经过两级过热器后加热到外供蒸汽参数。华龙一号主蒸汽经过蒸发器后凝结为饱和水，先后经过华龙二级预热器和公用一级预热器后回到华龙常规岛。高温气冷堆主蒸汽经过中压一级过热器及供热用高温蒸发器后凝结为过冷水，最后经过除盐水预热器后降温到约50℃，返回高温气冷堆常规岛凝结水泵出口管道。

中压蒸汽制备系统由4列设备组成，按照4×33.3%配置，可四列设备同时运行，也可三列运行一列检修。每列设备额定制备工业蒸汽能力为590t/h。设备配置如下：4×33.3%组合式二级过热器；4×33.3%卧式管壳式一级过热器（热侧走壳程）；4×250t/h供热用高温四流程釜式蒸发器；4×400t/h供热用华龙两流程釜式蒸发器；4×400t/h供热用华龙蒸发器疏水罐；4×250t/h管壳式中压高温二级预热器；4×400t/h管壳式中压二级预热器。

### 4.5.4 次中压蒸汽供应系统

次中压蒸汽指的是参数为3.8MPa.a，340℃（厂区围墙外1m处）的工业蒸汽。次中压蒸汽系统的额定制备能力779.5t/h。

次中压蒸汽制备系统界线如下：三回路侧按介质流向由次中压给水泵入口至次中压二级过热器工业蒸汽出口；高温气冷堆二回路侧按介质流向由次中压二级过热器高温气冷堆主蒸汽入口至次中压一级过热器放热侧凝结水出口；华龙一号二回路侧按介质流向由供热用次中压华龙蒸发器华龙主蒸汽入口至次中压华龙二级预热器放热侧凝结水出口。

该系统先利用华龙一号主蒸汽将公用系统加热后的除盐水制备成饱和蒸汽，再利用高温气冷堆主蒸汽将饱和蒸汽过热，经过两级过热器后加热到外供蒸汽参数。华龙一号主蒸汽经过蒸发器后凝结为过冷水，先后经过二级预热器和一级预热器后回到华龙常规岛。高温气冷堆主蒸汽经过两级过热器后凝结为过冷水，最后经过除盐水预热器后降温到约50℃，返回高温气冷堆常规岛凝结水泵出口管道。



次中压蒸汽制备系统由3列设备组成，按照 $3\times 50\%$ 配置，三列同时运行或两列运行一列检修。每列设备额定制备工业蒸汽能力为390t/h。设备配置如下： $3\times 50\%$ 发卡式二级过热器； $3\times 50\%$ 卧式管壳式一级过热器（热侧走壳程）； $3\times 50\%$ 供热用华龙次中压四流程釜式蒸发器； $3\times 50\%$ 管壳式次中压二级预热器。

#### 4.5.5 低压蒸汽供应系统

低压蒸汽指的是参数为2.8MPa.a，340℃（厂区围墙外1m处）的工业蒸汽。低压蒸汽系统的额定制备能力1532.5t/h。

低压蒸汽制备系统界线如下：三回路侧按介质流向由低压给水泵入口至低压二级过热器工业蒸汽出口；高温气冷堆二回路侧按介质流向由低压二级过热器高温气冷堆主蒸汽入口至低压一级过热器放热侧凝结水出口；华龙一号二回路侧按介质流向由供热用低压华龙蒸发器华龙主蒸汽入口至低压华龙二级预热器放热侧凝结水出口。

该系统先利用华龙一号主蒸汽将公用系统加热后的除盐水制备成饱和蒸汽，再利用高温气冷堆主蒸汽将饱和蒸汽过热，经过两级过热器后加热到外供蒸汽参数。华龙一号主蒸汽经过蒸发器后凝结为过冷水，先后经过二级预热器和一级预热器后回到华龙常规岛。高温气冷堆主蒸汽经过两级过热器后凝结为过冷水，最后经过除盐水预热器后降温到约50℃，返回高温气冷堆常规岛凝结水泵出口管道。

低压蒸汽制备系统由4列设备组成，按照 $4\times 33.3\%$ 配置，四列同时运行或三列运行一列检修。每列设备额定制备工业蒸汽能力为510.9t/h。设备配置如下： $4\times 33.3\%$ 发卡式二级过热器； $4\times 33.3\%$ 卧式管壳式一级过热器（热侧走壳程）； $4\times 33.3\%$ 供热用华龙低压四流程釜式蒸发器； $4\times 33.3\%$ 管壳式低压二级预热器。

#### 4.5.6 公用系统

公用系统同步为前述三种工业蒸汽制备系统提供经过预加热及除氧后的高温除盐水。

公用系统界线如下：按介质流向由厂区与供热厂房的除盐水管道的分界至三回路除氧器的给水出口。

该系统接收厂区除盐水管道的除盐水；除盐水首先经过公用除盐水预热器加热，除盐水预热器的放热侧工质为前述三种工业蒸汽供应系统产生的高温气冷堆主蒸汽凝结水；而后经过公用一级预热器对除盐水进行进一步加热，一级预热器的放热侧工质为前述三种工业蒸汽供应系统产生的华龙一号主蒸汽凝结水；最后进入三回路除氧器进行热力除氧，加热汽源取自除氧用蒸发器制备的加热蒸汽，除氧器的运行压力为0.6MPa.a。除氧后经过三种供热给水泵升压后进入二级预热器继续加热（即进入前述三种工业蒸汽供应系



统)。

公用系统总体出力按照4123t/h选择。除盐水预热器按照 $4 \times 33.3\%$ 容量配置，一级预热器按照 $4 \times 50\%$ 容量配置，四列同时运行或三列运行一列检修。三回路除氧器按照 $2 \times 100\%$ 容量配置，两列同时运行或一列运行一列检修。系统设置 $3 \times 50\%$ 中压给水泵、 $3 \times 50\%$ 次中压给水泵和 $3 \times 50\%$ 低压给水泵。

## 4.6 专设安全设施

### 4.6.1 概述

华龙一号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。

### 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 $1204^{\circ}\text{C}$ ；
- 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；

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱（IRWST）取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

#### 4.6.3 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)，它由应急电源（柴油发电机）供电。

每台电动泵都各自配置下列管道：

——吸水管线（来自辅助贮水池）；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线（包括调节阀和电动隔离阀）。

如果热停堆时间超过 8 小时，辅助贮水池的正常贮水量不能满足要求。此时，可由除氧装置向辅助贮水池补水，以保证有足够的水带走一回路热量。

另外，在电站启动前，该装置还能对硼水补给水系统的贮水箱进行初次充水，以及在电站运行中当硼回收系统故障时，向硼水补给水箱补充除盐除氧水。

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

当失去厂外电源时，由应急柴油发电机向除氧装置的泵供电，且允许直接由常规岛除盐水分配系统（WCD）系统对贮水池进行补水。

除氧装置能使蒸汽发生器辅助给水中溶解氧的总含量保持在 0.01ppm 以下。

当任一正常给水设备不能使用时，辅助给水系统向蒸汽发生器供水，以导出堆芯余热，产生的蒸汽向大气排放，如果凝汽器可以使用时，则向凝汽器排放。

#### 4.6.5 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。

## 4.7 放射性废物系统和源项

### 4.7.1 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激活而产生中子活化及活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化及活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关系统的主要放射性来源。

#### 4.7.2 放射性废液管理系统及源项

放射性废液管理系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放机组正常运行期间（包括发生预计运行事件时）产生的放射性废液，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）。

其中废液处理系统（ZLT）和核岛液态流出物排放系统（ZLD）同时用于处理、监测和排放本工程 3 号机组高温气冷堆核岛产生的放射性废液。

##### 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 系统为单机组设置，位于核辅助厂房。系统由净化、水与硼酸分离和除硼三部分组成。

本系统设计成能处理反应堆在基本负荷运行、负荷跟踪运行（12-3-6-3，50%满功率）、

及各种运行瞬态时排放的含氢反应堆冷却剂。

本系统的前贮槽和净化部分可接收和处理来自 RCV 系统的最大下泄流（31.4m<sup>3</sup>/h）。

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。冷凝液含硼量低于 5ppm，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。不合格的 ZBR 冷凝液可以送往 ZLT 处理或者 ZLD 系统监测排放；浓缩液含硼量约为 7000ppm，质量合格时可作为 4%硼酸溶液复用。

## （2）系统描述

ZBR 系统由三部分组成：

- 净化部分：包括前贮槽、过滤器、除盐器和除气装置。
- 水和硼酸分离部分：包括中间贮槽、蒸发装置、冷凝液监测槽和浓缩液监测槽。
- 除硼部分：包括阴床除盐器、混床除盐器。

反应堆排出的含氢反应堆冷却剂由两个前贮槽（001BA 或 008BA）接收。然后，用前贮槽泵（001PO，002PO）经除盐预过滤器（001FI）、阳床除盐器（001DE）、混床除盐器（003DE）、树脂滞留过滤器（003FI）净化后，进入除气塔（001DZ）进行脱气。去除了裂变气体、氢气和氮气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵（003PO，004PO）输送，经再生热交换器（001EX）与除气塔液体冷却器（001RF）冷却后进入中间贮槽（002BA、003BA 或 004BA）暂时贮存。

从除气塔排出的二次蒸汽经排气冷凝器（001CS）冷凝、冷却后，废气通过核岛疏水排气系统（RVD）送到废气处理系统（ZGT）的含氢废气子系统进行贮存衰变。冷凝液返回除气塔。

三个中间贮槽（002BA 或 003BA、004BA）共用一台输送和混合泵（007PO）。

用蒸发器供料泵（005PO，006PO）将除气后的反应堆冷却剂从中间贮槽送至外加热式自然循环蒸发器（001EV、002EV）的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到浓度约 4%的硼酸溶液和冷凝液，经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽（007BA，016BA）和冷凝液监测槽（005BA，006BA）内。经取样分析监测合格后，用浓缩液泵（014PO）和冷凝液



泵（012PO，013PO）送到反应堆硼和水补给系统（RBM）的 4%硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

如果冷凝液中硼含量偏高（ $>5\text{ppm}$ ）时，则可以在未被污染的混床除盐器（006DE）进行除硼处理。

ZBR 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

### （3）系统运行

#### a) 正常运行

前贮槽、除盐器和除气塔的操作都是自动连续进行的。蒸发和除硼操作是由操作人员按需要间歇进行的。

每个前贮槽在使用前，首先用氮气吹扫以降低气相中氧气的浓度。然后，再用 RBM 系统的除盐水从前贮槽开始，逐渐往后充填过滤器、除盐器，直至检查液体中氧的含量低于  $0.1\text{ppm}$ （ $100\mu\text{g/L}$ ）时才算合格。

前贮槽 001BA（008BA）覆盖着一定数量的氮气。在正常操作状况下，不排出气体，气体覆盖层压力随液位变化而变化，通常在  $0.12$  至  $0.32\text{MPa}$ （绝压）之间变化。前贮槽除了有压力与液位检测报警外，槽顶气相与槽底液相管路上均设有安全阀可以保护贮槽。

前贮槽 001BA（008BA）的液位与压力检测系统自动控制除气塔 001DZ 的启动和停运。

前贮槽的正常液位控制在  $10\sim 32\text{m}^3$  之间，以确保前贮槽在净化部分不能使用时，仍能贮存反应堆以最大排放速率（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）送来的冷却剂至少半小时的量。

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。

蒸发操作前，要先用输送和混合泵 007PO 将中间贮槽中的料液连续搅动混合。然后，取样分析。

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

蒸发产生的二次蒸汽经二次蒸汽冷凝器 003CS（004CS）冷凝后，再经冷凝液冷却器 003RF（004RF）冷却至  $50^\circ\text{C}$ ，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；

— 为了调节反应堆冷却剂中氚浓度，当冷凝液放射性浓度低于排放控制值送到核岛液态流出物排放系统（ZLD）排放，高于排放控制值则送往废液处理系统（ZLT）处理。

蒸发器中的浓缩液自动排出，经浓缩液冷却器 005RF（006RF）冷却后进入浓缩液监测槽 007BA（016BA）。

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

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

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

— 如果浓缩液不合格（硼含量略高于 7700ppm），则可以用冷凝液稀释；

— 不合格的浓缩液也可以送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理。

#### b) 特殊运行

— 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

当 RHR 系统运行时，将 RCV 系统容控箱 RCV002BA 的进料液转送到本系统的前贮槽，经本系统的净化部分处理后，再送回到容控箱 RCV002BA。

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

— 用蒸发器对除盐水分系统（WND）的除盐水除氧。

当 RBM 系统的水箱需补水时，可以用蒸发器对除盐水进行除氧，使其达到补给水要求。这是 ZBR 系统的一个特殊任务。此时，要求在蒸发器运行前，除盐水送入本系统的中间贮槽，蒸发后的二次蒸汽冷凝液送到 RBM 系统的补给水箱内。

— 对氧含量高的 RBM 系统补给水除氧。

这项操作也是本系统的一个特殊任务。其要求与上述相同，须在蒸发器运行前，将需除氧的补给水经由输送和混合泵 007PO 送入中间贮槽。然后，向选定的蒸发器供料。除氧后的冷凝液用冷凝液泵 013PO（或 012PO）送回 RBM 系统的补给水箱。

#### 4.7.2.2 废液处理系统（ZLT）

废液处理系统（ZLT）用于收集、贮存、处理和监测本工程 1、2 号机组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。同时 ZLT 系统也用于分类接收、处理和监测排放 3 号机组高温气冷堆核岛产生的废液。

### （1）设计基准

废液处理系统的设计基准是确保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正常运行产生的最大预期废液量和最大预期放射性活度浓度、并留有适当的裕量而进行设计的。

### （2）系统描述

1、2 号机组产生的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，用过滤工艺处理。
- 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。
- 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。

同时 ZLT 系统还接收并处理 3 号机组高温气冷堆的核岛液体放射性废物收集与贮存系统（KPK）在运行及检修期间送来的核岛放射性废水，包括：A 类化学废水、B 类系统排水、C 类核岛地面排水、D 类洗衣废水以及控制区检修人员的淋浴排水。

单台高温气冷堆机组的放射性废液处理如下：

- 高温堆 A 类化学废水和 C 类核岛地面排水放射性浓度较高，将以上两类废液送往华龙一号 ZLT 系统的化学排水接收槽并进行蒸发处理。
- 高温堆 B 类系统排水的放射性浓度较低，利用华龙一号 ZLT 系统地面排水接收槽接收并进行过滤和深度净化处理。
- 高温堆 D 类洗衣废水以及控制区检修人员的淋浴排水一般放射性浓度较低，过滤后可直接送往核岛液态流出物排放系统（ZLD），仅在其超标时送往 ZLT 系统的化学排水接收槽进行收集并进行蒸发处理。

上述华龙一号和高温堆机组各类废液经上述处理后送往 ZLT 系统监测槽。对监测槽内废液取样分析后，若其放射性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。监测槽取样分析不合格，则将超标废液收集在深度净化供料槽，送往深度净化单元进一步处理后进入监测槽。

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。

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合、取样分析。

— 一台工艺排水泵（001PO），用于废液的混合搅拌、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控制值时，也可将废液送往过滤器 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 ZLT009/010/012BA。

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、混合、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、预热器 ZLT001EX，加热器 ZLT001RE、蒸发器 ZLT001EV、旋风式分离器 ZLT001ZE、泡罩塔 ZLT002ZE、蒸馏液冷凝器 ZLT001CS、蒸馏液冷却器 ZLT001RF、冷凝水冷却器 ZLT002RF 和冷凝水平衡槽 ZLT014BA。

蒸发浓缩液由浓缩液槽 ZLT020/021BA 收集。然后，用泵送至 ZST 系统浓缩液槽。

蒸馏液由三个监测槽（ZLT009/010/012BA）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 ZLT009/010/012BA 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，送至深度净化单元进一步处理。

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、混合、取样分析及化学中和。

— 地面排水泵 ZLT002PO，用于废液的混合搅拌、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控制值时，可采用蒸发工艺处理，或由除盐单元处理，若其活度浓度略高于排放控制值时，也可送往膜处理单元进行深度净化处理。

d) 深度净化工艺包括：

深度净化单元位于蒸发、除盐、过滤处理工艺下游，主要用于处理经过过滤工艺后仍未达标的地面排水，此外，对于经除盐和蒸发工艺处理后仍未达标的废液也可送往深度净化单元做进一步处理。

— 两台深度净化供料槽 ZLT030/032BA，用于对经过滤、蒸发和除盐处理后仍未达到排放标准废液的收集、贮存、混合、取样分析。

— 两台深度净化供料泵 ZLT031/032PO，用于废液的混合搅拌、取样分析和输送。

— 两列并联使用的超滤装置 ZLT031/032DE，两列并联使用的双级反渗透装置 ZLT033/034DE。净化后的废液进入监测槽 ZLT009/010/012BA，处理过程中产生的浓缩液进入浓水槽 ZLT031BA。

— 一台浓水槽 ZLT031BA，用于接收深度净化单元处理过程中产生的浓水，后经化学排水接收槽由蒸发工艺处理。

— 一台浓水泵 ZLT033PO，用于浓水的混合搅拌、取样分析和输送。

深度净化单元可以有效提高废液处理系统的废液深度净化，实现各类废液处理达到更低的排放控制值要求。

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。

— 高温堆各类废液排出厂前，应具备足够的废液暂存和缓冲能力，以确保华龙一号 ZLT 系统在单独收集、处理和监测高温堆废水前有充足的时间将华龙一号 ZLT 系统相应的废液接收槽排空。

— 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，送入监测槽后取样分析，若其放射性活度浓度低于排放控制值，则送往核岛液态流出物排放系统（ZLD）进行在线监测排放。若其放射性活度浓度高于排放控制值，则送入深度净化供料槽通过深度净化单元进一步处理。

— 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。

— 除盐单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

— 深度净化单元由手动启动，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。

— 硼回收系统（ZBR）：蒸发产生的满足排放控制值的冷凝液。

— 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）满足排放控制值的废水。

— 核岛疏水排气系统（RVD）满足排放控制值的排水。

— 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。

— 接收高温堆 KPK 系统达标洗涤废水。

— 蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

b) 当非放排水流量低而要求降低排放流量、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控制值时，可暂存液态流出物。

c) 将超过排放控制值的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搅拌泵 ZLD004/005/006PO，用于在取样、分析之前搅拌槽内液态流出物，另配有一台排放泵 ZLD001/002/003PO，用于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 ZLD008/009PO 安装在地坑 ZLD001PS 内，地坑泵 ZLD007PO 安装在地坑 ZLD003PS 内。地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

三个排放槽有一根共用的排放管线及一根通往 ZLT 系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪（IRM901MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累积流量计。

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线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非放排水流量来确定液态流出物的排放流量。取样分析合格液态流出物通过管道输送至海边滩涂泵房排水混合池，与非放排水一起掺混后排放至受纳水体。

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设定的排放阈值时，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）的厂区实验楼（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）产生的废液。

收集的废液经贮存和取样分析后，废液被送往 ZLT 系统或 ZLD 系统。

（2）系统描述

WSR 系统收集下列系统及场所的废液：

UR 厂房热淋浴间和热更衣间的地面排水靠重力收集于废水贮槽 WSR001/002BA 中。WSR001/002BA 内的废液经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其经核岛疏水排气系统（RVD）送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放控制值，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：

1) 放射性机修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，经过混匀后，由化学去污水排水泵 WSR202PO 送往 ZLT 系统的化学排水接收槽处理。

放射性机修及去污车间排放的机械去污废液靠重力流入机械去污水疏水箱 WSR201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 WSR201PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

2) 厂区实验楼排放废液

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

3) 废物处理中心排放废液

**服务排水**

热洗衣房和热更衣室产生的服务排水依靠重力收集在 0WSR003/004BA/005BA 中。

在经过过滤器的粗过滤后，从洗衣机来的洗衣废水通过重力输送到 0WSR003BA/004BA/005BA 中，依据取样分析结果，如果需要处理，将其送到 QF 厂房废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理；如果放射性水平低于排放控制值，则直接送到核岛液态流出物排放系统（ZLD）排放。

**地面疏水**

热更衣室的地面疏水收集在 0WSR608PS 中，然后由地坑泵 0WSR608PO 将这些废液



送到贮槽 0WSR003/004/005BA 内。

超压机房间的地面疏水收集在 0WSR609PS 中，然后由地坑泵 0WSR609PO 将这些废液送到贮槽 0WSR003/004/005BA 内。

### （3）系统运行

#### — 核岛部分

当废水贮槽 WSR001/002BA 的液位达到高液位时，泵 WSR001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 WSR001/002PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

#### — BOP 部分

##### 1) 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，将废液送到 ZLT 系统的化学排水槽。出现低液位信号时，自动停泵。可以注入化学试剂调节废液的 pH 值，以防止沉淀物在回路中沉积。

##### 2) 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。

##### 3) 厂区实验楼排放废液

厂区实验室疏水箱 WSR203BA 的高液位信号自动启动泵，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽。出现低液位信号时，自动停泵。

##### 4) 废物处理中心排放废液

当监测槽的液位达到高液位时，排水泵自动启动。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，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。

#### 4.7.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）除核废物厂房（QF 厂房）部分为两机组共用外，系统的其他部分均为单堆布置。

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，将较高放射性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放射性水平较高的废液再注入反应堆厂房。

### （2）系统描述

#### 1) 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。

#### 2) 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）和安全厂房工艺疏水坑（RVD008PS、009PS、012PS、013PS、508PS、509PS、

512PS、513PS）的较高放射性废液再注入反应堆厂房。

### 3) 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、核废物厂房的地面疏水。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），再用泵输送至 ZLT 系统；
- 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；
- 在事故工况时，一旦接收到放射性高信号，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）的较高放射性废液再注入反应堆厂房。

### 4) 化学疏水子系统

该系统收集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。

除核废物厂房的化学疏水被直接送到 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。

### 5) 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。

### 6) 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

### 1) 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，泵进口及出口管道上安装的所有阀门在正常运行时是常开的。

### 2) 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。

在反应堆厂房位置低于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RVD003BA）和工艺疏水坑（RVD081PS），再用泵（RVD014/803/804PO）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。

— 收集在核废物厂房工艺疏水坑（RVD502PS），再用泵（RVD523PO）输送到 ZLT 系统工艺排水接收槽。

— 收集在燃料厂房工艺疏水坑（RVD016PS），再用泵（RVD036PO）输送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）。

— 收集在安全厂房工艺疏水坑（RVD014/514PS）中，再用泵（RVD010/510PO）输送至 ZLT 系统工艺排水接收槽。

### 3）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，或直接收集到 ZLT 化学排水缓冲接收槽中。蒸汽发生器排污系统（TTB）取样排水和管道疏水通过重力收集管网收集在 RVD 004PS。在凝汽器再循环之前，这些废水由 RVD 029PO 输送至 TTB 系统处理。

核废物厂房化学疏水收集在核废物厂房化学疏水坑（RVD 503PS）中，再由泵输送到 ZLT 系统化学排水接收槽。

### 4）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。

反应堆厂房地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD011/031/041PS），疏水坑装有多个水位探测器，根据预先设定的高高和低液位整定值来分别控制泵的启动和关闭（1/2 逻辑）。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。RVD 系统安全壳疏水坑可用于主管道及主蒸汽管道破前泄漏探测，泄漏监测仪表为抗震 1 类。

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。

位于反应堆堆腔和安全壳疏水坑（RVD031PS）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。

燃料厂房中的地面疏水通过重力收集到厂房的疏水坑，再用泵送核辅助厂房地面疏水坑（RVD 001PS）。

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。

核废物厂房地面疏水收集在核废物厂房地面疏水坑（RVD 501PS）中，再由泵将疏水坑中的废液输送到ZLT系统地面排水接收槽。

#### 5) 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。

在正常运行时，稳压器卸压箱（RCS 002BA）和反应堆冷却剂疏水箱（RVD 001BA）都用氮气覆盖。在在异常情况下，经氮气吹扫后，废气可通过 RCS 650VY 排至含氧废气疏水罐。

RVD 001VY 将 RVD 001BA 的气空间与含氢废气总管分隔开。含氢废气总管与 ZGT 001BA 相连。

#### 6) 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。

1) 上充、下泄、密封水子系统

化学和容积控制系统的上充和下泄功能用于保持反应堆冷却剂系统稳压器中的水位，从而在电厂所有的运行阶段内保持适当的反应堆冷却剂的容量。

反应堆冷却剂的下泄流从反应堆冷却剂回路的冷段排到化学和容积控制系统中，在流过再生热交换器的壳侧时将流经管侧的上充流加热。然后，下泄流流过上泄孔板进行降压，再流过上泄热交换器的管侧，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。低压下泄流量调节阀的功能是保持其上游的压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

在经过过滤器过滤后，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。

两台离心式上充泵中的两台从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：

一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水。它在泵轴承和密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷却剂流通过密封水热交换器到上充泵吸入端。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂密封低压密封引漏离开泵体并引入 RVD 疏排水系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入 RCS 系统。

## 2) 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。在电厂停堆时，如果要进行换料或维修操作，可利用化容系统的除盐装置净化放射性离子并采用扫气去除裂变气体，从而降低反应堆冷却剂的放射性水平。

### 4.7.2.7 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。

#### 1) 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）冷却乏燃料水池水；在正常换料工况下，用两个冷却系列（两台泵和两台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过 50℃（按设备冷却水系统水温为 35℃考虑）。

热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

## 2) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

处理能力：60m<sup>3</sup>/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。

## 3) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为 100m<sup>3</sup>/h，过滤器的过滤粒度为 5μm。

### （2）系统描述

#### 1) 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

#### 2) 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 450m<sup>3</sup>/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 510m<sup>3</sup>/h，其中 60m<sup>3</sup>/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 60m<sup>3</sup>/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 5m<sup>3</sup>/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 100m<sup>3</sup>/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℃。

### 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，在核能供热发电厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热交换器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热交换器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热交换器进行冷却。再生热交换器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热交换器的冷却水则为设备冷却水。

排污水由热交换器冷却至与离子交换树脂相适应的温度（低于 56℃）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 5μm 的过滤器处理，再通过气动阀前往常规岛除盐装置进行净化处理。当常规岛除盐装置不可用或辐射监测装置发出报警后，另一个气动阀打开，原先气动阀关闭隔离，排污水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 25μm 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。排污水通过一个系列的常规岛除盐装置进行净化处理。只有当常规岛除盐装置不可用或辐射监测装置发出报警后，排污水由两条并联的除盐管线处理，且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：二回路设备检修排水。

— 常规岛废水处理站（SE）处理后的常规污染物浓度满足江苏省地方标准 DB32/4440-2022《城镇污水处理厂污染物排放标准》的废水。

— 其它：如 WQB 泵房间（QB201）地坑内的废液。

— 供热厂房设备检修放水中，属于华龙一号二回路工质且水质不合格的部分。

— 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排放控制值时，可暂存液态流出物；

将放射性浓度超过排放控制值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理，将常规污染物浓度超标的废水返回常规岛废水处理站（SE）再处理。若放射性浓度和常规污染物均超标时，则优先送至废液处理系统（ZLT）处理。

## （2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽 WQB001~003BA，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，一个用于液态流出物的混匀、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，也用于液态流出物排放或将废液送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 WQB004PO 安装在泵房地坑 WQB001PS 内。地坑泵 WQB005PO 安装在滞留池地坑 WQB002PS 内。地坑泵将地坑内的液态流出物输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往 ZLT 的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪（IRM902MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累积流量计。同时在排放总管上设有常规污染物浓度在线监测仪表，用于实时监测 pH、COD、氨氮、总氮和总磷等的排放浓度。

## （3）系统运行

正常运行时，三个 WQB 贮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，第三个备用。液态流出物在贮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浓度及非放排水流量确定液态流出物的排放流量。

贮槽液态流出物放射性浓度超过排放控制值，液态流出物被送回 ZLT 系统化学排水槽作再处理。

排放管上的 IRM 监测系统对贮槽液态流出物有辅助监测作用，如果排放液态流出物的放射性浓度超过设定的排放阈值时，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。当常规污染物浓度超过标准限值时发出报警联锁关闭排放阀，返回系统 SE 子项处理。

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液态流出物。

### 4.7.2.10 常规岛废水处理站（SE）

常规岛废水处理站（SE）用于接收、贮存、处理、监测厂址内规划的 4 台华龙机组常



规岛产生的常规污染物超标废水，主要为凝结水精处理系统（TFC）再生废水和超标的二回路停机检修排水等。处理后废水的常规污染物浓度经监测合格后，送往常规岛液态流出物系统（WQB）向环境排放。

#### （1）设计基准

常规岛废水处理站为 4 台华龙一号机组共用。

#### （2）系统描述

常规岛废水处理站考虑兼顾首循环阶段的 TFC 再生废水，也具备收集、处理不合格二回路检修排水的能力。处理后的废水满足 DB32/4440-2022《江苏省城镇污水处理厂污染物排放标准》中对常规污染物氨氮、COD 和总氮的排放限值要求。

常规岛废水处理站采用预处理单元、生化处理单元和深度处理单元进行处理，预处理单元采用臭氧-紫外耦合高级氧化工艺，去除废水中具有生物毒性的化学物质。生化处理单元采用三级 AO 工艺，主要为反硝化/硝化生物填料床技术，去除氨氮和 COD。深度处理单元采用反硝化滤池+折点加氯工艺，分别去除硝酸盐及氨氮，以应对首循环及水质水量波动的冲击。

正常运行时，来水首先进入调节池，均质水质水量，之后进入高级氧化预处理系统分解去除水中的有毒有害有机物，然后进入两级 AO 生化系统去除废水中的大部分 COD、氨氮、总氮，生化系统中补充碳源、碱度等药剂保证生化系统的高效运行。二级 AO 系统出水进入三级 AO 生化系统（生物填料床）以实现 COD、氨氮及总氮的完全去除。三级生化系统出水超越反硝化滤池及折点加氯池进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经臭氧消毒池消毒后排入 WQB 系统。

首循环时，来水首先进入调节池，均质水质水量，之后进入高级氧化预处理系统分解去除水中的有毒有害有机物，然后进入两级 AO 生化系统去除废水中的大部分 COD、氨氮、总氮，生化系统中补充碳源、碱度等药剂保证生化系统的高效运行，并补充活性炭粉末以增加去除效果。二级 AO 系统出水进入三级 AO 生化系统（生物填料床）以实现 COD、氨氮及总氮的完全去除。三级生化系统出水进入反硝化滤池保证硝氮出水达标，后进入折点加氯池保证氨氮出水达标，氨氮出水进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经臭氧消毒池消毒后排入 WQB 系统。当双机组并列首循环时，调节池分格收集，将超出处理负荷的首循环废水超越生化处理系统排往折点加氯池进行处理，处理后废水中氨氮和总氮可能会超标，将超标的废水返回生化系统进一步进行处理，以减轻生化系统的处理负荷，保证产水水质达标。



大修时 WLC 系统收集的二回路排水水质不合格需要经 SE 子项处理时，来水首先进入调节池，均质水质水量，之后进入高级氧化预处理系统分解去除水中的有毒有害有机物，然后进入两级 AO 生化系统去除废水中的大部分 COD、氨氮、总氮，生化系统中补充碳源、碱度等药剂保证生化系统的高效运行，并补充活性炭粉末以增加去除效果。二级 AO 系统出水进入三级 AO 生化系统（生物填料床）以实现 COD、氨氮及总氮的完全去除。三级生化系统出水进入反硝化滤池保证硝氮出水达标，出水进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经臭氧消毒池消毒后排入 WQB 系统。

常规岛废水处理站产生的污泥经脱水后外运处置。

#### 4.7.2.11 放射性废液排放源项

放射性废液的排放量取决于：

- 主回路冷却剂中的放射性浓度；
- 与液体放射性释放有关的电厂设备性能，特别是泄漏率和净化工序的去污因子等；
- 废液的输运、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方法考虑：第一种方法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，这种方法的结果称为现实排放源项；第二种方法假设整个循环主冷却剂比活度都处于 4.44GBq/t I-131 当量下，这种方法的结果称为保守排放源项。

液态放射性流出物的排放途径主要来自于硼回收系统、废液处理系统和二回路相关系统。

现实工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 1.01E+00GBq/a，液态氙为 38.6TBq/a，液态 C-14 为 10GBq/a；保守工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 1.91E+00GBq/a，液态氙为 43.6TBq/a，液态 C-14 为 26.8GBq/a。

#### 4.7.3 放射性废气处理系统及源项

放射性废气处理系统为单机组设置，用于收集、贮存并处理反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准及核能供热发电厂管理规范要求后排入大气。放射性废气分为含氢放射性废气和含氧放射性废气两大类。

裂变过程产生的放射性气体主要是氦和氙的各种同位素。由于少量的燃料包壳破损，燃料包壳内存积的裂变气体进入反应堆冷却剂。在高压下裂变气体溶解于冷却剂中，但当系统内存在气相空间时，裂变气体就会释放出来，特别是在对冷却剂进行除气处理时，几乎所有的裂变气体都将随着溶解的氢气或氮气一起解吸出来，形成含氢放射性废气，被收

集到缓冲罐中。

含氧放射性废气（含空气废气）主要来自核辅助系统，特别是三废处理系统中可能进入空气的各种贮槽的呼排气、吹扫气、鼓泡排气或抽气（保持负压）等，由核岛疏水排气系统集中收集在一根管路里，通过系统排气风机吸入废气处理系统（ZGT），经碘过滤器处理后排到核辅助厂房通风系统（VNA）。含氧废气所含的放射性核素主要以气溶胶的形式存在，含有分子碘和有机碘等。

放射性废气处理系统主要包括：

- 废气处理系统（ZGT），
- 厂房通风系统（HVAC），
- 主冷凝器真空系统（TTV）。

#### 4.7.3.1 废气处理系统（ZGT）

##### （1）系统功能

废气处理系统（ZGT）的功能是对本工程 1、2 号机组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《核动力厂环境辐射防护规定》中规定的限值；
- ZGT 系统是按照中华人民共和国核安全法规中的有关规定进行设计，并且满足了国家标准 GB/T22158-2021《核电厂防火设计规范》的要求；
- ZGT 系统能在正常运行期间提供足够的处理能力，含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 2×100%；
- ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成屏障等级 B-SC3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；
- ZGT 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气分析仪防范系统内潜在的氢

氧混合爆炸危险。整个含氢废气子系统都保持正压，并且整个子系统和每个主要设备都有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体。

— ZGT 系统为单机组设置，主要设备位于 NH 厂房内。

### （3）系统组成

ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

#### 1) 含氢废气子系统

含氢废气主要是由氢气、氮气、衰变过程中产生的放射性惰性气体（例如 Xe，Kr）和碘等组成。

这类废气有如下两个来源：

①来自装有反应堆冷却剂的容器，即反应堆冷却剂系统（RCS）的稳压器卸压箱、化学和容积控制系统（RCV）的容积控制箱和核岛疏水排气系统（RVD）的反应堆冷却剂疏水箱。这类气体流量大，但每月只有一、两次。

②来自硼回收系统（ZBR）的除气单元。这类气体流量小，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。

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 0.007MPa（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 4.5~97.5 个小时内以预定的流量排放到 NH 厂房 VNA 系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

在衰变箱排放总管上还设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放阈值时，发出报警信号，并联锁关闭排放阀 028/029VY，废气停止排放。

## 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。

### 4.7.3.2 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）

·安全壳环形空间通风系统（CAV）

— 安全厂房

·安全厂房控制区通风系统（VMO）

— 核燃料厂房

·核燃料厂房通风系统（VFL）

— 核辅助厂房

·核辅助厂房通风系统（VNA）

— 核废物厂房

·核废物厂房通风系统（VRW）

— 附属厂房

·卫生出入口通风系统（WCV）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

— 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；

— 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；

— 极轻微污染的房间每小时换气次数为 1 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：

— 蓄电池房间在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，以提高高效空气粒子过滤器的使用寿命，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。

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

·碘吸附器

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

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

a) 安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统冷却安全壳内的设备。

CCV 系统所考虑热负荷主要来自反应堆厂房内的设备（包括堆坑和控制棒驱动机构区域）。为使混凝土内应力低于容许极限，混凝土的内外温差不得超过 40℃。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，CUP 系统设置有预过滤器。只有在污染情况下，工作人员进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统。为维修人员提供保证安全工作的条件。

CUP 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由安装在混凝土小室内的净化机组和环形区的两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100% 的净化回路组成，包括：

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

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

#### c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下三个子系统组成：

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

- 降低安全壳内空气放射性水平；
- 在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差；
- 安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa 时，进行安全壳排气。
- 泄漏试验子系统，使用压缩空气生产系统（WAS）或外接空压机给安全壳加压。
- 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，满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

- 带有隔离阀和防火阀的排风管；
- 一个正常排风子系统；
- 两个事故排风子系统。

CAV 包括以下三个子系统：

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

2) 两个事故排风子系统的组成均包括：

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

#### f) 安全厂房控制区通风系统（VMO）

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

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能是：

- 正常运行工况下，保证安全厂房控制区房间内的设备正常工作和运行人员进入所



需的环境温度；

- 在设备维修和定期试验时维持适当的环境条件，允许人员进入电机房进行维修；
- 在应急硼注泵运行时，启动循环冷却机组保持应急硼注泵间正常温度条件；
- 在堆腔注水冷却泵运行时，启动循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，失电时，一列由接 WSC 系统的循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，另一列由直接蒸发式冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件；
- 接到安注指令时，正常送排风系统停运，低流量排风子系统启动，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 $>3000$ ）；
- 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；
- 排风过滤机组包括：高效空气粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）、碘过滤器（净化系数（对甲基碘） $>1000$ ）；
- 两台并联连接的 100%容量的排风机，配有止回阀；
- 排风管道；
- 防火阀。

g) 核燃料厂房通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤系统运行。在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。在 LOCA 情况时，低流量排风与 RHR 泵及 CAM 贯穿件房间的通风相连接。

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统的设计都能保持其功能。

同时，事故工况下使用的低流量排风子系统设有应急电源。

VFL 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

- 预过滤器（过滤效率：85%）；
- 高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；
- 平衡阀；
- 两台 100%容量并联的排风机，装有逆止阀；
- 一支通向烟囱的排气管，配有两个冗余设置的快速关闭阀门，在事故时把系统与室外隔离。

h) 核辅助厂房通风系统（VNA）

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行或工作人员的健康要求；
- 按辐射防护分级，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；
- 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；
- 减少释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；
- 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；
- 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统（CSV）所需要的风量及过滤要求。

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

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

#### ① 正常送风机组

正常送风机组由以下部件组成：

- 四台 50%冗余配置的空调机组，每台空调机组包括：
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效过滤器（其效率至少为 95%）；
- 一台冷却盘管；

— 一台风机；

— 止回阀；

— 一台加热盘管，服务于 CSV 系统，由 WHD 系统提供热水；

— 加配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管道。

## ② 电气柜房间循环冷却机组

循环冷却空调机组，包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台风机；

— 一台冷却盘管，由 WSC 系统提供冷水；

— 带有平衡阀和防火阀的通风管道。

## ③ 碘排风机组

两个容量为 100% 的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

— 两台电加热器；

— 一台过滤器箱体，每台过滤器箱体包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；

— 一台碘吸附器（净化系数（对甲基碘） $>1000$ ）；

— 一台配有止回阀的风机；

— 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

## ④ 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

— 四台并联的过滤器箱体，每台过滤器箱体包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效过滤器（过滤效率：95%）。

— 四台 50% 冗余设置的风机，并联连接，并配置止回阀（两用两备）；

— 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

## ⑤ 排风烟囱

排风烟囱固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 84.4m，高出核辅助厂房屋面 58.40m。

在烟囱中设有连续监测放射性气体排放水平的系统。

## 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（兼顾电气设备间、核废物厂房控制室及仪控机柜间的排烟）、碘排风子系统组成。

#### ① 正常送风子系统

正常送风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管路组成，每台空调机组包括：

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

#### ② 正常排风子系统

正常排风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及平衡阀、止回阀、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）；
- 一台风机。

#### ③ 碘排风子系统

碘排风子系统由 2 台 100%容量的机组（一用一备）以及配有平衡阀、止回阀、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（对甲基碘） $>1000$ ）；
- 一台风机。

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；

热区通风子系统是直流式通风系统，从附属厂房排出的空气排至烟囱后向大气排放。

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。

#### 4.7.3.3 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；
- 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。

现实工况下“华龙一号”单台机组的惰性气体排放量为  $9.82\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $1.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为  $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为  $4.29\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为  $220\text{GBq/a}$ ；保守工况下“华龙一号”单台机组的惰性气体排放量为  $5.85\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $7.67\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为  $9.36\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为  $4.84\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为  $365\text{GBq/a}$ 。

#### 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、废膜组件和金属部件等）；
- 废弃零部件；
- 其他废物。

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）、不可压实的金属部件以及 ZLT 系统的膜过滤器产生的废膜组件组成，收集在塑料袋内。

ZST 系统考虑接收和处理高温气冷堆产生的部分废物。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，这些废物归类为杂项干废物。燃料装卸系统和乏燃料贮存系统收集的石墨粉尘以及乏燃料贮存系统碘吸附器高效过滤器 HEPA 段等高温堆特种废物暂考虑在废物处理中心预留处理区，以满足高温堆产生的特种固体废物的处理需求。

放射性固体废物处理系统功能满足厂址机组固体废物的处理、暂存需求，进行了必要的共用设计，从设施设计、处理和暂存流程等方面，考虑了厂址机组固体废物的统一管理。

#### 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

固体废物达到适宜运输、贮存和处置的要求。

固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

本系统设计所采用的主要标准规范：

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| — 《核动力厂环境辐射防护规定》              | GB 6249-2011    |
| — 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》     | GB 9132-2018    |
| — 《放射性物品安全运输规程》               | GB 11806-2019   |
| — 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》         | GB 12711-2018   |
| — 《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》         | EJ 1042-2014    |
| — 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》        | GB 11928-1989   |
| — 《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（QS）以及固体废物暂存库（QT）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华龙一号 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 QT 装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

NH 厂房废树脂收集在华龙一号 NH 厂房废树脂贮槽中，QF 厂房废树脂和废活性炭收集在华龙一号 QF 厂房的废树脂贮槽中。NH 厂房废树脂贮槽内废树脂通过屏蔽运输车送到 QF 厂房的废树脂贮槽，与 QF 厂房废树脂和废活性炭一并在厂房内用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车送到 QT 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 厂房直接装入容器桶。然后，送到 QS 贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NH 厂房的废树脂贮槽中，然后送到 QF 进行烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车送到 QT 装入 HIC 暂存。

将华龙一号核岛厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 QS。在 QS 将装有废过



滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖后送至 QT 暂存。

华龙一号和高温气冷堆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 QT 进行贮存衰变，等待清洁解控或拆解处理。

华龙一号产生的杂项干废物以及高温气冷堆产生的废弃零部件、其他废物均用专用运输车运送到 QS，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→送 QT 暂存。

### （3）固体废物暂存库

固体废物暂存库用于暂存 4 台华龙与 2 台高温气冷堆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 废物桶贮存区以及轻微污染设备贮存区。

表面剂量率  $>2\text{mSv/h}$  的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存室和 HIC 废物包贮存室；表面剂量率  $\leq 2\text{mSv/h}$  的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存区和 HIC 废物包贮存区。贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。轻微污染废物贮存部分贮存轻微污染的大尺寸废物和通风废过滤器芯。

贮存的放射性废物贮存一定年限后，转运到放射性固体废物处置场进行处置。

#### 4.7.4.1.4 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 QT 装入 HIC 暂存。

##### （2）废树脂和废活性炭的处理

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，产生在 NH 厂房的废树脂用水力输送至 NH 厂房的废树脂贮槽，再用屏蔽运输车运送到 QF 废树脂贮槽。最后将废树脂和废活性炭在 QF 厂房内用锥形干燥器干燥后装入 200L 钢桶，送至 QT 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运输设备上的 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 QT 暂存。

#### (4) 杂项干废物的处理

杂项干废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到 QS 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 QT 暂存。

#### (5) 废物包暂存

QT 设有检测装置用于检测入库废物包表面剂量率、核素组成、重量和表面污染。然后，根据废物包的表面剂量率及包装类型，通过数控起重机将废物包吊运到指定的区域码放贮存。

### 4.7.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

#### 1) 浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯的源项

浓缩液、废树脂和废活性炭源项计算依据的主冷却剂裂变产物源项分为现实工况和设计工况两类；对于活化腐蚀产物，也考虑现实工况和设计工况两类。

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

核能供热发电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和废膜组件，“华龙一号”单台机组年产生杂项干废物产量设计值为  $146\text{m}^3$ ，其中  $125\text{m}^3$  为可压实废物， $15.75\text{m}^3$  为可直接压实废物， $5.25\text{m}^3$  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处理。

### 4.7.4.2 废物最小化

#### 4.7.4.2.1 废物最小化原则

在核能供热发电厂设计、建造、运行和退役过程中，通过废物的源头控制、再循环与再利用、清洁解控、优化废物处理和强化管理等措施，经过代价利益分析，使最终放射性固体废物产生量（体积和活度）可合理达到尽量低。

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，装入容器桶中，送到废物处理中心厂房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显著的桶内干燥处理工艺。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显著的锥形干燥器干燥处理工艺。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

放射性固体废物的运输起点为本工程的固体废物暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场。放射性废物运输必须遵守国标 GB 11806-2019 《放射性物品安全运输规程》和 GB 12711-2018 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》。

放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。废物包外运前将论证和明确具体运输路线，放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

#### 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，包括燃料转运舱、乏燃料贮存水池、乏燃料贮存格架、容器装载井、容器准备井以及乏燃料水池冷却和处理系统等设施、设备。

乏燃料贮存在乏燃料贮存水池中的乏燃料贮存格架中。乏燃料水池冷却和处理系统为乏燃料的贮存和转运提供安全环境。

##### 4.7.5.1 系统描述

乏燃料组件从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车吊运乏燃料组件，垂直存放在水下的乏燃料贮存格架中。破损的燃料组件装入破损燃料组件贮存小室内存放。需要定量检查辐照燃料组件的破损程度时，采用离线啜吸检测装置进行检测。当乏燃料组件贮存一定时间需要外运时，将组件装入乏燃料运输容器，经过清洗，检查乏燃料容器的表面辐射水平和污染水平满足运输标准规定后，可运往乏燃料后处理厂。

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道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。

乏燃料水池大约可以贮存反应堆运行 18 年的正常卸料量和紧急卸料时全堆芯的燃料组件。在核电厂运行及换料时，乏燃料水池中放射性浓度 6.36MBq/t。乏燃料水池冷却和处理系统，核燃料厂房通风系统为乏燃料的贮存和转运提供安全环境。

#### 4.7.5.2 设计准则

乏燃料贮存设计按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》相关章节的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

（1）乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行事件期间，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Ⅰ区贮存格架装载最大预期反应性的新燃料组件，而Ⅱ区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，若不置信可溶硼，有效增殖系数 $k_{\text{eff}} \leq 0.95$ ；若信任可溶硼，当装载最大预期反应性的燃料组件，假定被纯水淹没的情况下各种工况的最大有效增殖系数 $k_{\text{eff}} < 1.0$ ，在具有最小硼浓度的全密度水中各种工况的最大有效增殖系数 $k_{\text{eff}} \leq 0.95$ ；

（2）乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受燃料组件和工具掉落的冲击；

（3）防止不属于起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 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发电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为反应堆换料水池、堆内构件存放池、乏燃料贮存水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

##### 1) 系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料贮存水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

当反应堆冷却剂系统打开，且余热排出系统完全失效时，反应堆换料水池及乏燃料贮存水池冷却和处理系统可作为余热排出系统的备用。这种备用同样允许对余热排出系统进行维修，而不降低装置的安全水平。

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

##### 2) 系统的设计基准

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。

## 4.8 非放射性废物处理系统

### 4.8.1 化学污染物

为满足本期工程 1、2 号机组的运行要求，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

1、2 号机组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，海水淡化系统拟采用“混合反应沉淀池+V 型滤池+细砂过滤器+两级反渗透”处理工艺。本期工程海水淡化系统的海水类排水排放量为 2.36 m<sup>3</sup>/s，其中浓盐水最大排放量约为 1.73 m<sup>3</sup>/s。

海水淡化系统加入的化学物质主要为次氯酸钠、三氯化铁、聚丙烯酰胺、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>。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古泊善后河，淡水处理系统采用“预臭氧氧化-混凝-沉淀-石英砂过滤-后臭氧氧化-活性炭吸附-消毒”的深度处理工艺。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、次氯酸钠、臭氧，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

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华龙机组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《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32 / 4440-2022）。

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  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ，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《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/4440-2022）中的 B 标准。

#### （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食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（电解海水），浓度为 8 mg/L，每天加药 2 次，每次加药 1h。非氧化性杀菌剂加药浓度 30 mg/L，一个月投加一次。阻垢缓蚀剂按 3~5 mg/L 投加，连续投加。

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（电解食盐水），浓度为 0.3~0.5mg/L，连续投加。补水池加药浓度为 1mg/L，一次性投加，隔天加一次。在进水流道投加非氧化性杀菌剂，加药浓度 30mg/L，一个月投加一次。在进水流道投加阻垢缓蚀剂，按 3~5 mg/L 投加，连续投加。

上述系统投加的次氯酸钠、阻垢缓蚀剂、非氧化性杀生剂等药剂加药方式为暂定，后续将根据外委专题试验成果及运行调试情况考虑。

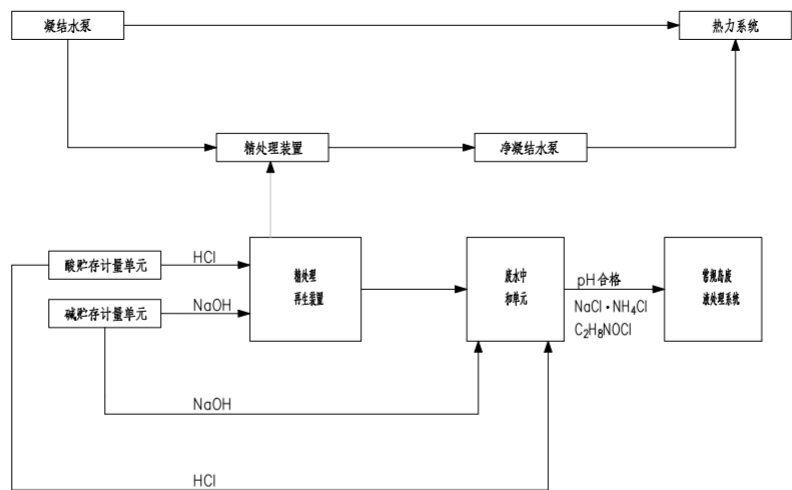
#### （5）循环水补水预处理系统

循环水补水预处理系统的原水取自海州湾，循环水补水预处理系统采用混凝沉淀的处理工艺。循环水补水预处理系统加入的化学物质主要为三氯化铁、聚丙烯酰胺。循环水补水预处理系统出水达标后供给本工程运行所需的循环水系统补水。

#### （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：

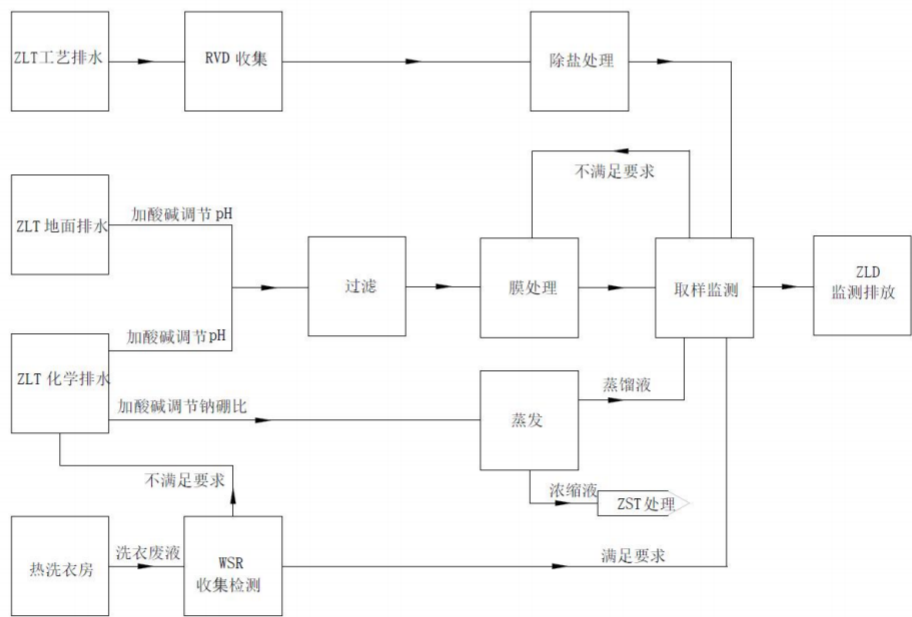




（7）废液处理系统

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。

三废系统化学物质排放系统图如下：



4.8.1.2 废水来源与排放

本期工程 1、2 号机组排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 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；

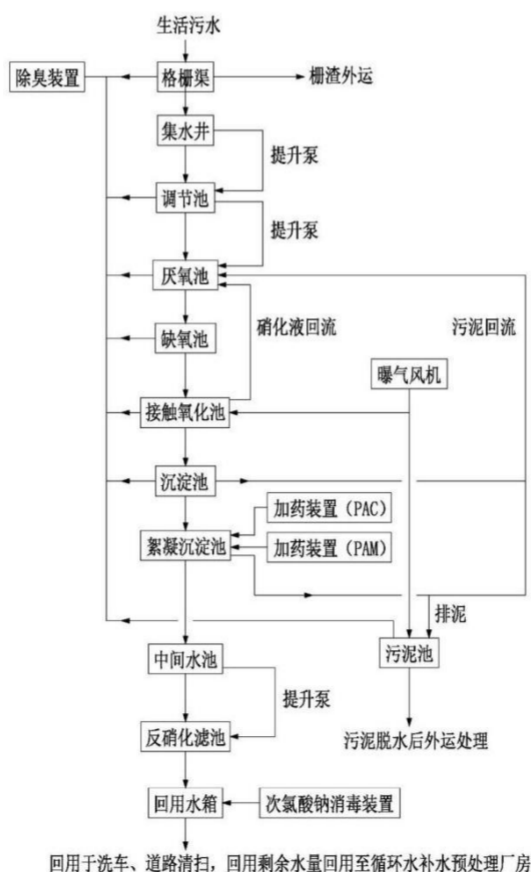
- 凝结水精处理系统；
- 废液处理系统；
- 热洗衣房系统。

#### 4.8.2 生活废物

1、2 号机组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，运行期间新增生活垃圾产生量约为 2.8 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。主厂区污水处理构筑物的设计规模为 200m<sup>3</sup>/d，厂前区污水处理构筑物的设计规模为 1200m<sup>3</sup>/d。本工程正常运行时生活污水产生量为 283m<sup>3</sup>/d；停机、大修、启动工况生活污水产生量为 373m<sup>3</sup>/d。污水处理构筑物主要工艺流程如下：



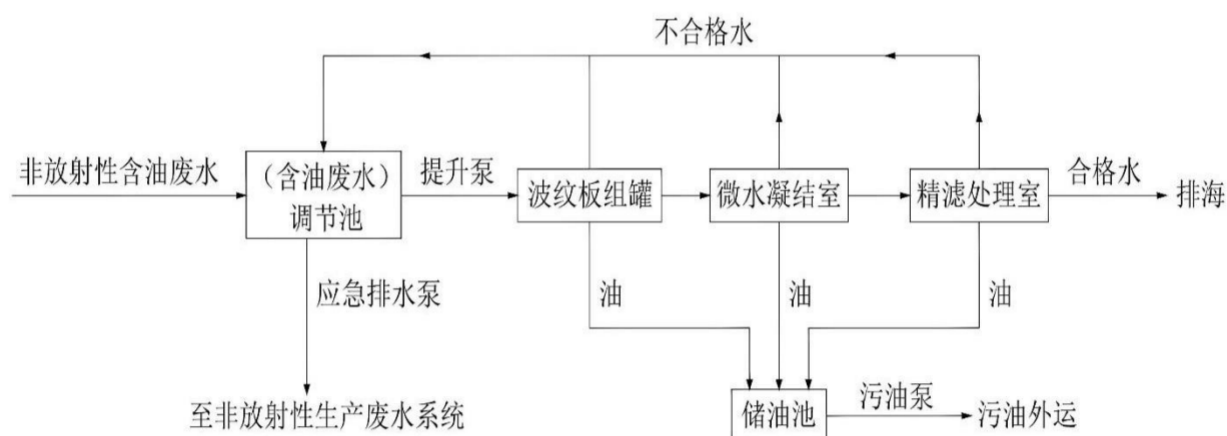
### 4.8.3 其他废物

1、2 号机组运行期产生的其它废物主要为非放射性生产废水、固体废物等。

#### 4.8.3.1 非放射性生产废水

本工程拟设置非放生产废水处理站，用于处理各类非放射性生产废水，主要包括重要厂用水系统冷却塔排污水、机组用除盐水厂房排水、制氯站排水、核岛非放生产废水、常规岛非放生产废水、BOP 子项地面冲洗水和洗眼器排水等。处理后的非放生产废水优先回用于循环水补水预处理厂房。鉴于不同子项建设进度存在差异及循环水系统冷却塔存在停机检修等情况，考虑无法回用的非放生产废水排入厂区排水泵房，最终排入大海。非放射性生产废水排放石油类执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准，其他指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/ 4440-2022）中的 B 标准。在非放生产废水处理站处理工艺末端设置在线监测仪表和取样口，用以监测出水水质。

通过室外管网收集 1、2 号机组汽机厂房、主变压器、高压厂用变压器和辅助变压器等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器（9SA）。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到石油类满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准、其他指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）中的 B 标准后，经生产废水管网排至厂区排水泵房，最终排海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，由有资质的厂家处置。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m<sup>3</sup>/h，每套设备设计处理能力为 5m<sup>3</sup>/h。



#### 4.8.3.2 固体废物

一般工业废物主要为淡水处理、污水处理、循环水补水预处理、海水淡化预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（9SA）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、循环水补水预处理、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（9SA）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，废弃铅蓄电池，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暂存库，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

运进核能供热发电厂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。

运出核能供热发电厂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 燃料供应

本项目的燃料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 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 <sub>2</sub>

首循环 177 组燃料组件，平衡循环每次换料 72 组。

新燃料运输容器特性：

·货包类型	A（F）
-------	------

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。

4.9.2 乏燃料运输

从核能供热发电厂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 1、2 号机组的乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，平衡循环每 18 个月平均换料 72 组燃料组件。按平衡换料数量考虑，如使用可装载 21 组组件的乏燃料运输容器，2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。乏燃料运输容器为不锈钢铅屏结构，已取得国家核安全局颁发的设计批准书和制造许可证，2022 年已完成 3 台容器产品供货，具备本工程使用的条件。

乏燃料运输的运输起点为本项目 1、2 号机组燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。乏燃料运输可采用公铁海联运的运输方式，燃料厂房至码头间考虑采用公路运输方式进行短途接驳，再由码头公海换装后，由专用运输船实施海运。专用运输

船到达中转码头，进行海公换装；通过公路短驳方式运输至铁路专用线完成公铁换装、专用线运输，最终运至规划的乏燃料后处理厂。具体运输容器类型、运输方案及路线，需要在国家相关主管部门批准，且乏燃料运输中的海运、铁路及公路运输积累成熟经验后，由承运部门确定。

### 4.9.3 放射性固体废物的运输

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 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

NH 厂房废树脂收集在华龙一号 NH 厂房废树脂贮槽中，QF 厂房废树脂和废活性炭收集在华龙一号 QF 厂房的废树脂贮槽中。NH 厂房废树脂贮槽内废树脂通过废树脂屏蔽运输车送到 QF 厂房的废树脂贮槽，与 QF 厂房废树脂和废活性炭一并在厂房内进行干燥处理，经封盖和剂量检测后再转运至固体废物暂存库（QT）装入 HIC 暂存。废树脂屏蔽运输车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，避免软管和快速接头处废树脂泄漏。在装载时，废树脂屏蔽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。废树脂屏蔽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。废树脂屏蔽运输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，形成装有烘干盐的 200L 钢桶废物包，经处理后通过屏蔽运输车转运至 QT 库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 QS 厂房，在 QS 厂房进行水泥固定处理后，再将形成的 200L 桶装水泥固定体送至 QT 库暂存。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  $2\text{mSv/h}$ ，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。

华龙一号产生的杂项干废物用专用运输车运送到 QS 厂房，经处理后送至 QT 库暂存。

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。

1、2 号机组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、装有水泥固定的废过滤器芯、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。

放射性固体废物的运输起点为本工程的固体废物暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。废物包外运前将论证和明确具体运输路线，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》以及 GB 41930-2022《低水平放射性废物包特性鉴定-水泥固化体》。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。

## 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 取排水工程施工对环境的影响

#### 5.2.3 减轻施工过程对环境影响的措施

### 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 设计地形地貌的改造措施

#### 5.3.7 水土保持措施

#### 5.3.8 施工期的节水措施

#### 5.3.9 施工期的大气噪声监测方案

#### 5.3.10 海域取排水管线施工期监测方案

#### 5.3.11 陆域取排水管线施工期监测方案

表:

表 5.3-1 各监测因子分析方法一览表

表 5.3-2 监测仪器表

表 5.3-3 环境空气各污染物的评价标准

表 5.3-4 建筑施工场界环境噪声排放限值

表 5.3-5 声环境质量标准限值



## 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，主要为回填工程。

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，目前已通过用地预审；次要进厂道路利用已有道路，对周边土地基本无影响。

一期工程施工场地将充分利用二期工程预留用地。施工场地需要布置混凝土搅拌站等设施，在施工建设过程中可能局部对周围环境产生影响，主要有混凝土搅拌等对生态环境的影响、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

本项目为全厂一次性征地，工程总用地面积约为 249.82ha，（不含环境监测设施、检修宿舍等厂外设施用地）。环境监测设施用地面积合计约 1.81ha，该用地由建设单位单独申请项目用地。

本项目厂外施工临时用地约 56.7ha。除厂外施工租地外，施工临建拟利用二期工程用地面积约 49.32ha。

#### （2）土地利用合理性分析

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，厂址用地满足 4 台华龙一号+2 台高温气冷堆的建设要求。为节约厂区用地，设计上合理利用厂址地基条件差的基础条件，充分利用纵向空间，设计了多个联合厂房、多层建筑及多层综合管廊，并采取缩减通道宽度、管廊上下叠放等多项措施。

### 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，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、护坡等）、植被种植、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

### 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

福建漳州核电厂 1、2 号机组施工量远大于本工程，用于施工期间对本工程大气的环境影响进行类比具有包容性。

从类比分析结果来看，本工程施工期间除颗粒物、 $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  外多数指标可以满足相关标准，颗粒物、 $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  除施工初期有少量不满足标准的情况出现，多数时间达标。主要超标原因为福建漳州核电厂 1、2 号机组同时平整场地范围较大，且多为产生颗粒物、 $PM_{10}$  和  $PM_{2.5}$  较多的爆破平整工作，随着平整工作的结束，对环境的影响也随之减少。总体上对环境的影响较小。本工程整体工程量较福建漳州核电厂 1、2 号机组更少，预计本工程整体对大气环境的影响处于可接受水平。

同时施工单位将严格执行施工场地“六个百分之百”的规定，具体标准为：

1、工地周边围挡 100%：要求围挡高度不低于 1.8m，围挡材料使用阻燃性材料，围挡内侧与周边土地接触部分要采用不低于 18cm 的植物进行覆盖。

2、物料堆放覆盖 100%：要求物料堆放要整齐有序，物料堆放高度不超过 1.5m，以篷布或其他方式完全覆盖，堆放物体的场地边线与周边土地接触部分要采用不低于 18cm 的植物进行覆盖。

3、土方开挖湿法作业 100%：要求土方开挖过程中，必须采用湿法作业，即在土方开挖前，对土壤进行充分的压实和加固。厂区周界围栏设置喷雾降尘设施。

4、路面硬化 100%：要求路面的硬化程度达到国家相关标准，即表面平整，无明显尘土和积水。

5、出入车辆清洗并密闭 100%：要求所有出入工地的车辆必须进行清洗，并采取密闭措施，防止尘土和杂物进入工地。

6、远程监控安装 100%：要求所有工地必须安装远程监控设备，对工地周边的环境进行实时监控。

后续将根据工程进度及相关法规标准适时开展施工期监测工作，如遇相关监测指标超标，会通过现场项目反馈施工单位整改。

#### 5.1.3.5 对声环境的影响

福建漳州核电厂 1、2 号机组施工量远大于本工程，用于施工期间对本工程噪声的环境影响进行类比具有包容性。

根据类比分析，本工程施工噪声在场界处预计可以满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的相关要求，本工程最近居民点为距离 0.9km 的吴赵村小李庄和兴三村李姚庄，预计可以满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）的二类标准。施工对环境噪声的影响较小。

后续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，会通过现场项目反馈施工单位整改。

#### 5.1.3.6 对水环境的影响

施工期生活污水采用化粪池收集，定日抽粪车抽取后拉至有营运许可证的污水处理站进行处理。厂前区的污水处理构筑物建成后，部分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，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，不能回用部分外运合规处理。

施工期土建安装阶段混凝土养护废水、清洗地面废水不收集，受热蒸发；清洗车辆废水沉淀后循环使用；现场试压冲洗废水回用于道路洒水。

施工期调试阶段产生的非放射性生产废水以排海为主，石油类执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准，其他指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/4440-2022）中的 B 标准，不能满足标准的部分水量外运处理。

因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

#### 5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废物主要是生活垃圾、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。

类比田湾 7、8 号机组，本工程 1、2 号机组施工期产生的危险废物主要包含 17 个种类，分别为：丁醇、丙酮；废弃柴油、汽油；废弃机油、润滑油等；废显（定）影剂、胶片及废像纸；废腐蚀液、废洗涤液；油漆桶；废弃的铅蓄电池；废电路板；废油漆、失效油漆、油漆沾染物；废酸；废弃胶粘剂、胶水等粘合剂、密封胶；废渗透喷罐；甲苯；过滤棉；废活性炭；废水性基层处理剂；废王水。施工期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。

因此，本工程 1、2 号机组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。

考虑到本项目施工工期较长，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。

###### 4）对文物古迹和风景名胜区的的影响



距离厂址最近的为东隅山抗日石刻，位于厂址 E 方位 6.8km 处；距离厂址最近的风景区为伊芦山景区，最近处位于厂址 WSW 方位 13km 处。厂址与风景区和文物保护单位的距离较远，施工不会对其造成影响。

## （2）对居民生产生活的影

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 5749-2022）。

#### （2）施工期用水量

本工程 1、2 号机组施工期间施工生产用水最大日用水量为 2215m<sup>3</sup>/d，施工人员生活用水最大日用水量为 875m<sup>3</sup>/d，施工现场降尘和洗车用水量为 2520m<sup>3</sup>/d。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 6185m<sup>3</sup>/d。

#### （3）供水水源

本工程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，供给本工程机组所需淡水。淡水处理站设计规模为 40000m<sup>3</sup>/d，淡水处理站一期工程供水能力 24000m<sup>3</sup>/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，市政水源针对本工程的日供水量约为 10000m<sup>3</sup>/d，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《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程水资源论证报告书》（报批稿），善后河用水主要包括河道外用水量、河道生态用水量，其中河道外用水量包括徐圩新区生产生活用水需求以及古泊善后河、叮当河至善后新闻沿线的农业用水需求。目前，徐圩新区生活生产用水需求均由江苏方洋水务有限公司通过徐圩水厂和徐圩新区第二水厂供水，无其他现状取水户。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，本工程

1、2 号机组施工期用水能够得到满足，施工期供水保证率可达到 90%，且施工期取水不影响生活、工业和农灌等其他用户。

#### （5）淡水取水工程施工对环境的影响

本项目淡水水源采用厂址南侧的古泊善后河地表水。淡水取水工程按全厂共用考虑，取水流量 42500m<sup>3</sup>/d。淡水取水工程包括取水口设施、重力引水管、淡水取水泵房。

取水口设施包括取水口主体结构、进水格栅、八字翼墙、保护河床安全的河底护砌、重力引水管道、八字翼墙两侧坡面向外 2m 保护范围设置硬质护坡保护等。其中八字翼墙、保护河床安全的河底护砌施工时采用修建临时施工围堰、大开挖及结合钢板桩+钢支撑的支护施工方案，取水口主体结构采用钢板桩+钢支撑的支护施工方案，重力引水管道采用顶管施工方案；本工程取水口主体结构、八字翼墙及顶管地基处理方式均采用高压旋喷桩处理，其中位于斜坡处的八字翼墙下的高压旋喷桩地基处理需待临时围堰施工好后填筑旋喷桩桩机临时施工平台，以确保地基处理的顺利进行。为降低对河道水质、河流的影响，围堰施工拟采用土石围堰。采用顶管施工的重力引水管道拟在厂区内设置始发井，以降低对善后河的影响。八字口进水段平面为梯形，八字翼墙两侧边坡为 1:2。

淡水取水泵房位于厂内，包括地上部分和地下部分，拟采用大开挖施工方案，地基处理方式采用桩基础。

淡水取水工程施工对周围环境的影响，主要是水下施工时造成河水浑浊，待施工结束后水质将恢复。本项目施工过程中产生的土石方、淤泥、泥浆、固废、废水等运回厂区统一外运处理，本项目不产生施工机械排气以外的废气。

### 5.2.2 取排水工程施工对水环境的影响

#### （1）海域施工

本项目用海位于江苏省连云港市徐圩新区管理范围，涉海工程布置在徐圩港区东南侧海域，涉海工程主要包括取水泵房、取水头部、取水管道等取水设施，排水口、排水管道等排水设施，以及检查井和检修道路等。本项目取水口位于徐圩港港池外水深-6.2m 处，圆形取水头部四周设取水窗口；在海陆分界处滩涂鱼塘处设置一座取水泵房，泵房通过引桥与陆域的海堤公路连接；本项目取水管道总长约 26.8km，其中位于海域部分长约 13.1km，采用 2 根取水管道，拟采用盾构、顶管施工方案；本项目排水管道总长约 25.6km，其中位于海域部分长度约为 11.9km，海岸线后第一个工作井至泵房采用 2 根管道；在 2 根排水管道进入泵房后，通过泵房内设置的排水流道汇集，然后通过 1 根大孔径盾构排水管道排至排水头部；排水头部采用海下多点式排水，排水扩散器位于管道末端。此外，施工期

还需配套建设工作井和施工道路，以及取水泵房施工平台。

根据《自然资源部办公厅关于江苏徐圩核能供热发电厂项目用海预审意见的函》（自然资办函[2023]688 号），本项目已于 2023 年 4 月 11 日取得用海预审意见。

#### 1) 海域施工期环境影响

施工期引起的悬浮泥沙扩散范围集中在取水工程头部、排水工程头部附近水域。其影响是短暂的，各产生悬浮泥沙施工环节施工时间共 25 天，随着施工结束，其影响将消失。

##### a. 施工期入海悬浮泥沙对生态环境的影响

在悬浮泥沙增量超 10mg/L 影响范围内可能会对浮游动植物、鱼卵、仔鱼等造成一定影响，但施工期扩散的悬沙最多持续一个潮周期左右后基本落淤完毕，持续影响时间不长，本工程施工造成的入海悬浮泥沙对浮游生物数量不会产生长期不利影响。

##### b. 海上施工对景观的影响

项目施工引起的景观影响主要为施工期引起的入海悬浮泥沙对海水水质的影响以及施工人员、施工机械等对视觉景观的影响。由于项目与各周边景观的位置关系可知，项目与各景观目标距离较远，项目施工对周边景观影响较小，且这些影响是暂时的，随着施工的结束而结束。因此，项目海域施工对周边景观影响较小。

##### c. 海上施工对航运的影响

通过与相关部门保持沟通，密切注意周边小型船舶动态，合理安排施工工序，制定完善的施工安全保障方案，加强施工现场的安全警戒工作等措施，本工程不会对过往船舶的航行安全产生较大影响，附近水域的通航环境不会显著恶化，工程的建设是有保障的。

##### d. 海上施工对防洪堤坝的影响

工程涉海堤部分的建设与现有防洪标准、有关技术要求和管理要求相适应。涉海堤部分的建设不占用海堤堤身范围，海域排水管道为盾构隧洞，距离海堤迎水坡堤脚最小平面距离约 154m，其余所有管道埋深在海堤堤脚 17m 以下，涉海堤部分工程建设不改变地形地貌现状，因此对海堤堤防、海床稳定几乎无影响。

#### 2) 海域施工与规划符合性

经比对自然资源部“三区三线”划定矢量数据成果，该项目用海未占用生态管控区，不涉及生态红线。本项目海域施工影响不涉及周边生态保护红线及周边环境保护目标（保护区等）。

根据施工期入海悬浮泥沙对海水水质的影响分析，施工期扩散的悬浮泥沙最多持续一个潮周期左右后基本落淤完毕，持续影响时间不长，随着施工结束，其对海水水质的影响



也将消失，对海水水质的影响是暂时的，可恢复的，因此本项目施工期悬浮泥沙影响与近岸海域环境功能区划水质要求是相符的。

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

施工期产生的扬尘污水主要取决于施工作业方式、材料的堆积及风力等因素，其中受风力影响最大。随着施工结束本项目对环境影响将消失，因此，本项目施工期对环境空气的影响较小。

### ②水环境

本项目穿越河流为顶管隧洞穿越，其施工方式不会对河流产生扰动，项目废水排放主要为泥浆水、施工人员生活污水以及混凝土养护废水。

生活污水处理方式：污水处理构筑物永临结合，厂前区污水处理构筑物建成投用后排放至此处统一处理。

生产废水处理方式：混凝土养护废水、清洗地面废水不收集，受热蒸发；清洗车辆废水沉淀后循环使用；顶管产生的泥浆水使用压滤机处理后，清水循环使用，淤泥由运至合法合规抛填场地抛填。

### ③噪声环境

在整个施工期，管线工程施工产生的噪声具有阶段性和短期性，仅在短时期内对工作井周边声环境造成一定影响，施工结束后噪声影响消失，同时应在施工过程中设置移动式声屏障。总之，管线施工对沿线区域声环境造成的短期影响是可以接受的。

### ④生态环境影响分析

本项目管线施工方式为顶管隧洞，工作井距离最近的生态保护目标较远，项目施工期不涉及项目周边生态环境保护目标，项目施工期废水、固废均得到合理处置，不排入管线周边生态环境保护目标，不会对其产生影响。

### ⑤固体废物



由于取排水管线采用顶管施工方式，埋深较深，不涉及土地用途调整和占用永久基本农田的情形，不需要办理征地。若后续取排水管线施工期间涉及工作井施工范围难以避让永久基本农田的问题，将按法定程序申请办理临时用地手续。

### 5.2.3 减轻施工过程对环境影响的措施

#### （1）减少围填泥沙入海污染海洋环境影响的措施

①避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。

②将施工期环保要求列入招投标内容。

#### （2）减轻疏浚过程对海域环境影响的环保措施

①施工过程中合理安排施工进度和选用施工器具，如设置拦污屏等防护措施等，尽量将悬沙影响和溢油风险降至最低。

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

#### （3）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

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

②施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。

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

④根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达 GB3552-2018《船舶水污染物排放控制标准（发布稿）》要求后到港外排放，禁止在港内排放。

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

#### （4）减少施工过程对基本农田影响措施

根据连云港市三区三线规划，项目取排水管线约 5km 需穿越基本农田区，不涉及生态保护红线区域。由于取排水管线采用顶管施工方式，埋深约 20m，不涉及土地用途调整和占用永久基本农田的情形，不需要办理征地。本项目后续取排水管线施工期间可能会涉及工作井施工范围难以避让永久基本农田的问题，针对上述问题，后期会优化在基本农田

区域的施工方案，加快施工进度，施工过程中通过耕地耕作层土壤剥离再利用等工程技术措施，减少对耕作层的破坏。每个管段施工结束后，会及时对施工工作井区域进行恢复。

土壤保护措施：实施“分层开挖、分层堆放和分层回填”的措施，在顶管井工作面开挖过程中生熟土分开堆放，管线建设完毕后及时尽量恢复沿线地表原貌，比如种植新的草地和其他与新环境相宜的植物，使土壤生态环境的影响得到有效的控制。施工结束后，可增施肥料，施肥时注意把有机肥和化肥结合使用，增加土壤有机质含量，恢复土壤团粒结构，减轻对土壤的压实效应，从而改良土壤结构及理化性质，同时加强灌溉，以提高土壤的保肥保水能力。在农田施工中回填时，还应留足适宜的堆积层，防止因河水、径流造成地表塌陷和水土流失。回填后剩余的弃土应平铺在田间或修田埂、渠埂，不得随意丢弃。

#### （5）减少施工过程对徐圩水源地影响的措施

本项目取排水管线不占用徐圩集中式饮用水源地边界，在施工过程中，严格控制施工范围，并且禁止施工废水、施工垃圾等乱排乱放，废水不会直接排放入徐圩集中式饮用水源地内，可控制对徐圩水源地基本无影响。

### 5.3 施工影响控制

#### 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

- 严格按照设计要求进行施工；
- 土石方爆破应严格遵守《爆破安全规程（GB6722-2014）》的相关规定；
- 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，避免水土流失；
- 雨季施工做好防护措施；
- 场地和边坡形成后，尽早进行绿化。

#### 5.3.2 施工扬尘的控制措施

- （1）场地平整之前，先将具有肥力的地表土剥离并集中堆放，用于绿化；
- （2）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；
- （3）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；
- （4）雨期施工的工作面不宜过大，应逐段、逐片的分期完成；
- （5）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；

（6）天气条件恶劣，影响回填质量时，应中止回填；

（7）凡具备绿化条件的地段，均应及时绿化；

（8）施工结束后，在全部厂址范围内，凡可进行绿化的用地均充分绿化；

（9）混凝土搅拌站的搅拌楼及皮带输送廊道以及成品料仓等部位采用全封闭措施；

各原材料筒仓设备安装除尘设备，降低粉尘外溢对环境造成的污染。

### 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 1、2 号机组施工期土建安装阶段混凝土养护废水、清洗地面废水不收集，受热蒸发；清洗车辆废水沉淀后循环使用；现场试压冲洗废水回用于道路洒水；曝光室洗片废水、不锈钢酸洗废液要求必须收集，运出场外由有资质的废水处理单位进行处理。

本工程 1、2 号机组施工期调试阶段产生的非放射性生产废水以排海为主，石油类执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准，其他指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/4440-2022）中的 B 标准，不能满足标准的部分水量外运处理。厂区内生产废水排入厂区排水泵房前取样监测，监测指标为：化学需氧量（COD<sub>Cr</sub>）、氨氮、总氮（以 N 计）、总磷（以 P 计）、悬浮物（SS）、生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、动植物油类、石油类、阴离子表面活性剂、色度、pH、粪大肠菌群数、水温，监测周期根据项目排水情况确定。

本工程 1、2 号机组施工期雨水收集、截留措施：项目前期通过新建排水明沟连接农场现有水渠形成临时雨水收集和排放系统，利用水渠、明沟、水塘接力排至东干河。同时，为减少雨水对周边水源保护区的影响，计划在厂区周边沿红线设置临时排水沟最终排向东干河，避免厂区内雨水流入古泊善后河。

施工期生活污水采用化粪池收集，定日抽粪车抽取后拉至有营运许可证的污水处理站进行处理。厂前区的污水处理构筑物建成后，部分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，不能回用部分外运合规处理。污水处理构筑物主要工艺详见 4.8.2 节。在生活污水处理站末端设置 pH、五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、氨氮、总磷（以 P 计）、总氮（以 N 计）在线监测仪表，自动监测以上 5 个指标；在生活污水处理站末端设置取样口，定期监测 pH、五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、氨氮、总磷（以 P 计）、总氮（以 N 计）、色度、嗅、浊度、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠埃希氏菌、化学需氧量（COD<sub>Cr</sub>）、悬浮物（SS）、动植物油类、石油类、粪大肠菌群数共计 20 个监测指标，每季度取样外送监测一次所有指标。

本工程 1、2 号机组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。本工程根据产生源头、工艺过程、成分分析、危险特性等，初步判断产生的废物是一般固废还是危险废物，再对照《国家危险废物名录》（2021 年版）进行归类；严禁将危险废物混入非危险废物中收集、贮存、运输和处置；危险废物与其他固体的混合物，以及危险废物处理后的废物的属性判定，按照国家规定的危险废物鉴别标准执行，尚未判定的，按危险废物管理；列入《国家危险废物名录》（2021 年版）中危险废物豁免管理清单中的危险废物，在所列的豁免环节，且满足相应的豁免条件时，可以按照豁免内容的规定实行豁免管理。

本工程 1、2 号机组施工期在危险废物暂存库（AR）建成投用前，现场设置危险废弃物集中暂存设施，集中分类暂存，由业主单位与具有相关资质的单位签订危险废物处置合同，定期外运处理。

### 5.3.6 设计地形地貌的改造措施

- 严格按照设计要求进行施工；
- 选择合理的施工时间，尽量避开雨季施工。若不能避开，雨季施工应做好防护措施；
- 优化施工工序，对填方段新形成的不稳定边坡要及时护坡，避免长时间裸露，修建临时性排水沟以避免径流对场地的冲刷；
- 基础开挖的土、石方要集中堆放，并及时回填于需要填方的地点或指定场地，避免水土流失；
- 厂区施工中场地平整应与地下建筑施工相结合，统筹考虑，杜绝重复挖填，土石方运输避免乱流；

—厂区内地下设施繁多，施工时要合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹安排的原则，确定临近地下设施尽量同槽一次开挖，同时应保持基坑土方边坡的稳定，基面不受扰动；

—所有建筑工地排水、设备清洗水要集中处理，尽量重复利用，对施工场所进行喷洒，减少地面起尘；

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

### 5.3.7 水土保持措施

本项目在厂区进行表土剥离及回覆、铺设碎石、景观绿化，布设雨水管道、排水沟、雨水口、跌水井、排水管、消力池、集水井、临时排水、沉沙池及苫盖等。

在厂外道路区进行表土剥离及回覆、景观绿化，布设钢筋混凝土排水沟及雨水口。

在厂外海水取排水工程区进行表土剥离及回覆、撒播种草、恢复耕地，修建临时挡土墙，布设临时苫盖、编织袋临时拦挡、雨水排放管、临时排水沟、沉沙池、苫盖。

在厂外淡水取水工程区进行表土剥离及回覆、撒播种草和恢复耕地，布设临时拦挡、苫盖。

在厂外供电工程区进行表土剥离及回覆、撒播种草和恢复耕地，布设沉淀池、苫盖、临时拦挡、彩条布、钢板。

在表土堆放场利用现有排水沟，增设临时挡土墙和临时绿化。

### 5.3.8 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。

### 5.3.9 施工期的大气噪声监测方案

#### 5.3.9.1 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《江苏徐圩核能供热发电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》。

##### 5.3.9.1.1 监测点位

在场地平整及土建阶段，在厂区内设置 5 个监测点。厂址边界监测点 4 个，即：东北

厂界、东北偏东厂界、西南厂界、应急道路门岗；厂区内无组织排放监测点 1 个，即：搅拌站。

若安装阶段搅拌站已停止使用，且堆土场已经完成绿化，则可撤除相应的监测点，否则应继续保留。厂区内除土建阶段所布 4 个厂界监测点保持不变外，还需增加 1 个厂区内环境空气质量监测点：业主办公楼。

调试阶段由于大规模土建施工已经基本结束，因此，待搅拌站停止使用后，厂区内的搅拌站监测点可以撤除，堆土场则需待其完成绿化后，堆土场监测点可以撤除。东北厂界、东北偏东厂界、西南厂界、应急道路门岗、业主办公楼 5 个监测点保持不变。

#### 5.3.9.1.2 监测因子及频率

根据环境保护行政管理部门的关注重点，结合本项目工程特性，厂区内无组织排放监测点的监测因子为： $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO、颗粒物（TSP）等四项，大规模爆破作业期间厂区内无组织排放监测点的监测因子为： $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO、颗粒物（TSP）等四项，厂区外的环境空气保护目标监测点的监测因子为： $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO、TSP、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 等七项。根据爆破作业使用的炸药成分不同，若产生上述监测因子以外的大气污染物，则应适当增加厂区内各监测点的监测因子，对其浓度进行监测。

无组织排放监测点按照《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041-2021）中的规定， $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO 和颗粒物（TSP）监测 1h 浓度值，每天在其正常施工时间内采样 4 次（08:00 时、11:00 时、14:00 时、17:00 时），每次连续采样 1h。爆破监测的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、CO 和颗粒物（TSP）监测 1h 浓度值，在炸药爆炸后立即进行采样，连续采样 1h；如进行多次爆破的，间隔半小时以上，额外增加一次采样，连续采样 1h。环境空气质量监测点根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的规定，TSP 日均值每天采样一次，每次连续采样 24 小时， $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、CO、 $\text{NO}_x$  日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h； $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、CO、 $\text{NO}_x$  小时均值每天采样 4 次（02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时），每次连续采样 1h。

#### 5.3.9.1.3 监测要求

监测方法应符合相关技术规范要求。监测所用仪器应按照国家计量法的要求进行检定，检定合格且在有效期内。监测环境应满足各污染物监测分析方法中关于环境的要求。监测分析方法按《环境空气质量标准》（GB3095-2012）执行，分析方法详见表 5.3-1，监测所用仪器见表 5.3-2。

#### 5.3.9.1.4 监测数据统计分析



环境空气各污染物的评价标准见表 5.3-3。

评价方法采用单因子评价法，评价公式如下：

$$I_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中： $I_i$ —— $i$  种污染物的单项污染指数；

$C_i$ —— $i$  种污染物的实测浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$  或  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$S_i$ —— $i$  种污染物的评价标准， $\text{mg}/\text{m}^3$  或  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

当  $I_i$  值大于 1 时该污染物浓度为超标，反之为未超标。

根据监测结果计算每项大气污染物的污染指数，分析各污染物达标情况和浓度变化规律，并对厂址周围大气环境质量做出总体评价。

#### 5.3.9.1.5 监测计划

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。

#### 5.3.9.2 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《江苏徐圩核能供热发电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》。

##### 5.3.9.2.1 监测点位

在厂区外共设置交通噪声监测点 3 个，即：省道莒杨线（S242）、进厂道路、应急道路。

在场地平整阶段，在厂区内布设 8 个监测点。厂址边界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；厂区内噪声源监测点 1 个，即：拟建搅拌站；取排水线路施工区域边界监测点 2 个：取排水线路施工区域北界、取排水线路施工区域南界；厂区内爆破噪声监测点，依据实际情况调整数量，暂时按 1 个计。



在土建阶段，在厂区内布设 13 个监测点。厂界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；施工场界监测点 4 个，即：东、南、西、北四个施工场界；厂区内噪声源监测点 2 个，即：拟建搅拌站；取排水线路施工区域边界监测点 2 个：取排水线路施工区域北界、取排水线路施工区域南界；厂内声环境监测点 1 个，即：业主办公楼。厂区内爆破噪声监测点，依据实际情况调整数量，暂时按 1 个计。

在安装及调试阶段，在厂区内布设 9 个监测点。厂界监测点 4 个，即：厂址东、西、南、北四个厂界；施工场界监测点 4 个，即：东、南、西、北四个施工场界；厂内声环境监测点 1 个，即：业主办公楼。

#### 5.3.9.2.2 噪声监测因子及频率

所有监测点在昼间和夜间分别进行测量，昼间监测时段为 6:00~22:00，夜间监测时段为 22:00~次日 6:00，连续监测两天（每个测点昼夜各两组有效数据）。爆破噪声监测参数为：最大声级  $L_{max}$ ；除爆破噪声外的其他噪声监测参数为：等效连续 A 声级  $L_{eq}$ ，最大声级  $L_{max}$ ，累积百分声级  $L_{10}$ 、 $L_{50}$ 、 $L_{90}$ ，标准偏差 SD。

对于厂区内除爆破噪声以外的监测点及取排水线路施工区域边界监测点，每次监测连续测量 20min；对于爆破噪声监测点，每次监测爆破瞬时值；对于除交通噪声以外的厂区外噪声监测点，每次监测连续测量 10min；对于厂区外的交通噪声监测点，每次监测连续测量 30min，同时记录车流量。

#### 5.3.9.2.3 监测要求

监测时在无雨、无雪、无雷电的天气条件下进行，风速大于 1.0m/s 时加防风罩，超过 5.0m/s 时，停止测量。

监测仪器和声校准器均按有关检定规程进行了定期检定，并保证在监测期间监测仪器和声校准器处于检定有效期内。

依据《声环境质量标准》（GB 3096-2008），监测点距离任何反射物（地面除外）至少 3.5m。监测时噪声分析仪置于三脚架上，传声器距地面的垂直距离 1.5m，并加风罩，周围无反射体。时间计权置于“快”响应，采样时间间隔不大于 1s。

监测结束后将结果记录在专用的环境噪声监测记录表中，包括监测时间，地点，监测人，记录人，等效声级  $L_{eq}$ 、累积百分声级  $L_{10}$ 、 $L_{50}$  和  $L_{90}$  以及标准偏差 SD 等参数，并记录当时的主要噪声源。

#### 5.3.9.2.4 监测数据分析及评价

##### （1）等效声级 $L_{eq}$

在声场内的一定点位上，将某一段时间内连续暴露的不同 A 声级变化，用能量平均的方法以 A 声级表示该段时间内的噪声大小。这个声级称为等效连续 A 声级，简称等效声级，单位为 dB (A)。

等效连续声级的数学表示：

$$Leq = 10 \lg \left( 1/T \int_0^T 10^{0.1L_A(t)} dt \right)$$

式中： $L_{eq}$ ——在 T 段时间内的等效连续 A 声级，dB (A)；

$L_A$ ——t 时刻的瞬时 A 声级，dB (A)；

T——连续取样的总时间，min。

### (2) 累积百分声级

$L_{10}$ 、 $L_{50}$  和  $L_{90}$  均属累积百分声级，分别表示在测量时段内有 10%、50% 和 90% 的时间噪声超过该值，也分别相当于测量时段内噪声平均峰值、平均声级和平均本底声级。

### (3) 标准偏差 SD

SD 表示所测各个声级的离散程度，以标准差表示，其数学表达式为：

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Li - \bar{L})^2}$$

式中  $Li$ ——测得的第 i 个声级，dB (A)；

$\bar{L}$ ——所有测得声级的算术平均值，dB (A)；

n——所测得声级得总个数。

### (4) 昼夜等效声级 $L_{dn}$

昼夜等效声级  $L_{dn}$  是考虑了噪声在夜间对人影响更为严重，将夜间噪声另增加 10dB(A) 加权处理后，用能量平均的方法得出 24 时的噪声平均值。其数学表达式为：

$$L_{dn} = 10 \lg [1/24 (T_d 10^{0.1L_d} + T_n 10^{0.1(L_n+10)})]$$

式中  $L_d$ ——昼间的等效声级，dB (A)；

$L_n$ ——夜间的等效声级，dB (A)；

$T_d$ ——昼间的时间，小时，一般为 16 小时；

$T_n$ ——夜间的时间，小时，一般为 8 小时。

厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中的三类标准；项目施工期施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 的相关限值。具体见表 5.3-4~表 5.3-5。

### 5.3.9.2.5 监测计划

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。

### 5.3.10 海域取排水管线施工期监测方案

海域工程的施工会引起厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域造成影响。为此，将委托专业单位开展海域工程施工期海域环境监测分析及评价工作，以了解施工对厂址周围海域环境所造成的影响，验证施工期所采取的环保措施的有效性。监测计划自海工工程施工开始至施工结束，在施工期的每年春、夏、秋、冬四季中具有代表性月份大小潮进行海水水质、沉积物质量、水生生物资源及海洋生物质量的监测。主要监测内容如下：

#### （a）海水水质

海水水质（含水文）检测项目包括：水深、余氯、透明度、盐度、水温、水色、浊度、pH 值、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、挥发性酚、无机氮（包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、硫化物、悬浮物、石油类、汞、镉、铅、铜、锌、砷、总铬、阴离子表面活性剂等。

#### （b）沉积物

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

#### （c）潮间带底质

潮间带底质调查项目包括：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、有机质、硫化物、含水率和氧化还原电位等 12 项。

#### （d）生物质量

在调查区域采集贝类、鱼类、藻类和甲壳类等代表性生物种类各 2 种，监测生物体内的石油烃、铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷等。

#### （e）水生生态

水生生态调查种类包括叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵、仔鱼）、底栖生物、微生物（粪大肠菌群）、潮间带生物、游泳动物等。

#### （f）潮间带生物质量

潮间带生物质量调查，调查生物选取贝类、藻类和甲壳类等 3 种代表生物，监测项目包括：铜、铅、锌、铬、镉、汞、砷、石油类等 8 个项目。

施工期主要包括取、排水工程盾构、取水口拦污防撞设施建设、取水泵房建设等施工。后续将委托专业单位开展海域工程施工期海域环境监测分析及评价工作，对海域施工期间的监测计划（包括监测布点、频次和监测内容等）进行进一步细化与完善，以了解施工对厂址周围海域环境所造成的影响，验证施工期所采取的环保措施的有效性。监测计划自海工工程施工开始至施工结束，在施工期的每年春、夏、秋、冬四季中具有代表性月份大小潮进行海水水质、沉积物质量、水生生物资源及海洋生物质量的监测。

施工期海域环境监测及分析评价专题正在开展过程中，待取得相关成果后补充完善。

#### 5.3.11 陆域取排水管线施工期监测方案

施工期对陆域取排水工程邻近环境产生的影响进行跟踪监测，包括大气环境、噪声、水质、施工现场清理、事故性监测以及植被恢复。现阶段监测方案为初步拟定方案，后续将委托专业单位开展陆域工程施工期陆域环境监测分析及评价工作，对陆域施工期间的监测计划（包括监测布点、频次和监测内容等）进行进一步细化与完善，以了解施工对厂址周围陆域环境所造成的影响，验证施工期所采取的环保措施的有效性。监测计划自陆域取排水工程施工开始至施工结束，在施工期定期对大气环境、噪声、水质、植被恢复等情况进行监测。

##### （1）大气环境

大气环境监测点的布设根据施工活动的特点以及引起的污染物浓度分布特征和气象条件，把施工位置作为无组织排放源，在上、下风向分别布设参照点及监测点，在取排水工程附近酌情布设一定数量的监测点。

施工期大气环境质量监测方法、数据处理，以及施工期大气环境质量评价等遵循《环境空气质量标准》（GB3095-2012）、《大气污染物综合排放标准》（DB32/4041-2021）、《施工场地扬尘排放标准》（DB32/4437-2022）和《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）等国家标准和导则的相关规定。

##### （2）噪声

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）和《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）等国家标准和导则的规定及要求，在取排水工程沿线四周及一定范围内声环境保护目标布设一定数量的噪声



监测点。施工期噪声监测除了应定期并特别注意在施工期间产生较大噪声时的监测外，也对施工厂界（场界、边界）和声环境保护目标附近可能存在的其他固定的、移动的或间歇的环境噪声污染源进行调查，并分析其对本项目监测结果的影响。

### （3）水质

陆域取排水工程施工期间在附近河流穿越点上游和下游处适当位置处设置监测点。污水监测参数选取根据雨水水质特点、《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/4440-2022）确定。

### （4）施工现场清理

施工结束后，监测施工现场的弃土、石、渣等垃圾和生态环境恢复情况。

### （5）事故性监测

根据事故性质、事故影响大小、视具体情况监测气、水等。

### （6）植被恢复

监测植被恢复和建设等生态环保措施落实情况。

表 5.3-1 各监测因子分析方法一览表

监测因子	方法依据	分析方法	最低检出限值（mg/m <sup>3</sup> ）
TSP	GB/T15432-1995	重量法	0.001
PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub>	HJ618-2011	重量法	0.010
SO <sub>2</sub>	HJ482-2009	甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法	0.004（日均），0.007（小时）
NO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub>	HJ479-2009	盐酸萘乙二胺分光光度法	0.003（日均），0.005（小时）
CO	GB9801-88	非分散红外法	0.3

表 5.3-2 监测仪器表

监测仪器	型号/规格	有效期
空气/智能 TSP 综合采样器	具体型号以实际监测为准（现场监测应设置备用仪器）	在监测期间各监测仪器应处于鉴定有效期内，具体以实际有效期为准
一氧化碳红外线气体分析器		
紫外可见分光光度计		
电子天平		
风向风速仪		
温湿度表		

表 5.3-3 环境空气各污染物的评价标准

污染物名称	平均时间	《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) 二级标准	单位
NO <sub>2</sub>	日平均	80	μg/m <sup>3</sup>
	小时平均	200	
NO <sub>x</sub>	日平均	100	
	小时平均	250	
SO <sub>2</sub>	日平均	150	
	小时平均	500	
CO	日平均	4	mg/m <sup>3</sup>
	小时平均	10	
PM <sub>2.5</sub>	日平均	75	μg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	日平均	150	
TSP	日平均	300	

表 5.3-4 建筑施工场界环境噪声排放限值

昼夜	夜间	单位
70	55	dB(A)

注：表中所列噪声值是指与敏感区域相应的建筑施工场地边界线处的限值。夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB（A）。

表 5.3-5 声环境质量标准限值

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

注：0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

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

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

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

影响的区域。

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



## 第六章 核能供热发电厂运行的环境影响

### 6.1 散热系统的环境影响

- 6.1.1 散热系统方案
- 6.1.2 散热系统对水体的物理影响
- 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响
- 6.1.4 冷却塔的影响

### 6.2 正常运行的辐射影响

- 6.2.1 流出物排放源项
- 6.2.2 照射途径
- 6.2.3 计算模式与参数
- 6.2.4 大气弥散和水体弥散
- 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度
- 6.2.6 公众的最大个人剂量
- 6.2.7 非人类生物的辐射剂量
- 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径
- 6.2.9 辐射影响评价

### 6.3 其他环境影响

- 6.3.1 化学污染物的环境影响
- 6.3.2 其它污染物的环境影响

### 6.4 退役

- 6.4.1 概述
- 6.4.2 退役策略选择
- 6.4.3 退役计划的制定
- 6.4.4 退役方案简述
- 6.4.5 便于退役的考虑
- 6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理
- 6.4.7 退役费用的考虑
- 6.4.8 退役管理设想
- 6.4.9 结论

表：

表 6.1-1	降水量与直观觉察的对照
表 6.1-2	华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心） 周边不同方位和距离处的水沉积量
表 6.1-3	华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心） 周边不同方位和距离处的盐沉积量
表 6.1-4	华龙两座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离 处的雾羽长度频率分布
表 6.1-5	高温堆单座冷却塔（以高温堆一期工程单座冷却塔为中心）周边不同方位和距 离处的雾羽长度频率分布
表 6.1-6	华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心） 周边不同方位和距离处的荫屏小时数
表 6.1-7	华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心） 周边不同方位和距离处太阳辐射损失百分比
表 6.2-1	气态途径核素剂量转换因子
表 6.2-2	气态途径元素浓集因子和转移系数
表 6.2-3	液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数
表 6.3-1	江苏徐圩核能供热发电厂与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

## 6.1 散热系统的环境影响

### 6.1.1 散热系统方案

本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。

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，圆形取水头部直径拟定为 28m，头部后方分别设两条取水盾构隧洞取水，在两条隧洞入口处设置独立进水间及钢闸门，闸门关闭后可对隧洞内部进行干检修。取水口位于水深-6.2m 处，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。取水头部外围拟设置一道拦污网。

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，共设 3 个排水头部，排水头部拟采用顶升管式排水形式，每个排水头部设一根顶升管。

#### 2) 厂区—泵房段取排水工程

厂区至滩涂泵房段单根管线长约 19.2km，采用 2 根取水管道和 2 根排水管道，2 根液态流出物管道分别内置在 2 根排水管道内，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，推荐厂区至滩涂泵房段（长约 19.2km）取排水管线采用顶管施工方案。结合靠近滩涂泵房段 5.5km 范围用海情况、周边既有建构筑物情况，取水管道拟采用 2 根 DN3000 钢筋混凝土管顶管，排水拟采用 2 根 DN2800 钢筋混凝土管顶管；其余靠近厂区段 13.7km 的管道，取水管道拟采用 2 根 DN3200 钢筋混凝土管顶管，排水管道拟采用 2 根 DN3000 钢筋混凝土管顶管。

#### 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，取水隧洞内径暂定 3.4m，采用两根隧洞取水，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 根盾构排水管，单根长约 6.4km，

排水隧洞内径暂定 3.4m，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，排水头部拟采用顶升管式排水形式，每个排水头部设一根顶升管。

## 6.1.2 散热系统对水体的物理影响

### 6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

为了解厂址海域的海床及岸滩稳定性条件和泥沙冲淤演变情况，掌握其发展变化规律，本工程开展了岸滩稳定性分析和泥沙冲淤数值模拟及物理模型试验研究工作，分析论证本项目取排水工程方案的泥沙运动规律和冲淤情况。

根据泥沙冲淤数模及物模结果，取水口位于徐圩港东防波堤东侧，受港区防波堤影响在此区域潮流流速偏小，泥沙运动处于冲、淤交替状态，东西两侧冲刷、南北两侧淤积。数模和物模结果基本一致。选取数模和物模成果中数值较大者作为建议采用值，计算得取水口西侧最大冲刷-0.25m/a、北侧最大淤积 0.27m/a、东侧最大冲刷-0.26m/a，南侧最大淤积 0.41m/a。工程建成 10 年后，取水口东西两侧冲刷、南北两侧淤积，数模和物模结果基本一致。统计得，取水窗口处最大淤积为 0.70m。排水口位于-5m 水深处，泥沙冲淤不明显，强度小于 0.12m/a。总体来看，工程实施后不会改变周边大范围水域的水动力环境，因此也不会造成周边水域出现明显的地形冲淤变化，冲淤变化主要位于取排水工程附近局部水域。

淤积区水深变浅，滩面泥沙起动悬浮的可能性增加，会影响水体混浊度，但由于本工程取水规模较小，淤积区域面积不大，因此对水体混浊度影响不明显。水温受太阳辐射影响通常呈现表层至底层逐渐降低的垂向分布规律，排水口在水下增加新的热源后会有对原有垂向分层模式产生影响，但考虑到本工程采用二次循环冷却方式，水量较小，垂向分层现象不显著，影响仅在局部区域。

### 6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

采用 MIKE3FM 软件的温盐模块开展本项目三维温排水研究。对于一期工程运行工况，夏季总的排水量为 4.2m<sup>3</sup>/s，排水温升为 2.7℃；冬季总的排水量为 3.9m<sup>3</sup>/s，排水温升为 10.5℃。

对于全厂规划机组运行工况，存在全厂热电联产和全厂发电两种运行方式，从保守角度考虑，分别选取夏、冬季排海总热量较大的运行工况。其中，夏季总的排水量为 5.2m<sup>3</sup>/s，排水温升为 7℃；冬季总的排水量为 7.5m<sup>3</sup>/s，排水温升为 10.5℃。

在冲淤平衡地形条件下，开展了推荐排水方案下规划机组运行和一期工程运行工况时



的三维温排水数值模拟研究，得出主要结论如下：

1) 由于本项目总的排热很小、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℃温升最大包络面积为 0.12km<sup>2</sup>（夏季小潮），夏季半月潮水文条件下，1℃温升最大包络面积为 0.08km<sup>2</sup>。一期工程夏季大、中、小潮及半月潮 1℃温升最大包络面积均小于 0.01km<sup>2</sup>。不同工况下 4℃温升最大包络面积均小于 0.01km<sup>2</sup>。

冬季典型潮水文条件下，全厂 2℃温升最大包络面积为 0.09km<sup>2</sup>（冬季小潮），冬季半月潮水文条件下，全厂 2℃温升最大包络面积为 0.12km<sup>2</sup>。一期工程冬季大、中、小潮及半月潮 2℃温升最大包络面积小于 0.02km<sup>2</sup>。不同工况下 4℃温升最大包络面积均小于 0.01km<sup>2</sup>。

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℃（冬季小潮、半月潮），全厂平均取水温升最大为 0.10℃（冬季小潮）；一期工程最大取水温升为 0.06℃（冬季小潮、半月潮），一期工程平均取水温升最大为 0.05℃（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

根据温排水计算结果，本项目全厂温排水符合调整后的近岸海域环境功能区划、国土空间规划，温排水影响不涉及周边生态保护红线。

##### （2）对海洋生态环境的影响

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

在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，但仅限于排放口附近，排放口以外海域由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

##### （3）对养殖业的影响

根据《连云港市连云区养殖水域滩涂规划（2022-2030 年）修编》，本工程排水口已归纳到海域养殖限制区中。

工程附近海域主要养殖品种为条斑紫菜，结合紫菜的养殖周期（10 月~次年 4 月），夏季不进行紫菜养殖，因此，夏季温排水对紫菜养殖基本不影响。正常气温条件下，对紫菜养殖有影响的主要为 4℃温升区，本项目一期工程冬季温升超 4℃影响面积<0.01km<sup>2</sup>。本工程温排水排放对工程周边海域的紫菜养殖影响较小。

### 6.1.3.3 卷吸效应和机械损伤

#### （1）卷吸效应和机械损伤

由于本工程取水量相对较小，取水窗口设计流速与天然潮流流速接近，运行期间对浮游生物、鱼卵仔鱼等能进入取水系统的生物造成损失的影响有限，不会造成整个区域海洋生态的变化。

#### （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”。

华龙一号机组和高温气冷堆机组均采用一机一塔配置方式。每台华龙一号机组循环水系统配置一座自然通风海水冷却塔（共 4 座）；每台高温气冷堆机组循环水系统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纯发电工况给出相关环境影响评价。热电联产工况冷却塔热负荷和运行水量较纯发电工况都有所降低，因此其对环境产生的影响都有所减少，因此选用纯发电工况给出相关环境影响评价。

#### 6.1.4.2 一期工程环境影响预测与评价

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 16500m<sup>2</sup>海水自然通风冷却塔（共 2 座），1 台纯发电高温气冷堆机组配一座 9500m<sup>2</sup>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。

#### 6.1.4.2.1 冷却塔对局地大气的影响预测与评价

根据本项目冷却塔基本参数和 2022 年 2 月至 2023 年 1 月的厂址逐时相关气象资料，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，对环境的影响明显减少；在温度低或湿度大的气象条件下，则影响加强。

通过 FLUENT 三维计算模型和 SACTI 程序分别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。

##### 1) FLUENT 三维计算模型飘滴和沉降预测结果

根据 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，可见最大水沉积量在距离厂址中心 2.5km 附近，约为  $0.075 \times 10^{-4}$  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。四个季度中最大水沉积量发生在秋季，距离厂址中心 2.5km 附近，约为  $0.095 \times 10^{-4}$  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。此外本项目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，本工程 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) SACTI 程序飘滴和沉降预测结果

表 6.1-2 给出了本工程 2 台华龙一号机组和 1 台高温气冷堆机组纯凝发电正常运行时，冷却塔引起附近局地范围内的水沉积量按华龙机组和高温堆机组各自结果值线性叠加的计算预测结果。

a) 地面沉积水量最大值出现在评价中心（一期工程华龙一号机组北向第一座冷却塔中心）NNE 方位 500m 处，约为  $9.6 \times 10^3$  kg/（km<sup>2</sup>·月），相当于全年增加 0.110mm 的降水

量。

b) 在 1000m 处,地面平均沉积水量  $2\text{E}+03\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ,相当于全年增加降水 0.056mm。

c) 在 3000m 处,地面平均沉积水量  $4.00\text{E}+02\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ,相当于全年增加降水 0.004mm。

由预测结果可知,地面沉积水量最大值出现在冷却塔中心 NNE 方位 500m 处。500m 处的平均沉积水量约为  $9.6\times 10^3\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ,相当于增加 0.110mm/年的降水量。本项目厂区范围以外的区域,飘滴引起的降水增加量不超过 0.2mm。本项目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,本工程 2 台华龙一号机组叠加 1 台高温气冷堆机组冷却塔纯凝发电运行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内含有氯化钠等盐分,这些盐分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 FLUENT 三维计算模型和 SACTI 程序分别计算在全年正常工况下冷却塔盐沉积量带来的影响。

### 1) FLUENT 三维计算模型冷却塔盐分沉积预测结果

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。

可见全年盐沉积量峰值为  $250\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ,出现在西偏南约  $15^\circ$  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,根据三维模型计算结果本期工程纯发电工况下厂外全年盐沉积量峰值为  $250\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ,春季盐沉积峰值最大,为  $340\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ,全年盐沉积水平超过  $200\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$  的面积约为  $1.02\text{km}^2$ 。厂附近地面盐沉积量按华龙机组和高温堆机组各自结果值叠加的盐沉积最大值小于可能对植物产生损害的限值  $1000\text{kg}/$



( $\text{km}^2 \cdot \text{月}$ )，可以认为盐沉积不会对周围植物造成影响。

本期工程纯发电工况盐沉积水平超过  $200\text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$  的区域下垫面性质主要包括河流、村庄、农田（主要是黄壤潮土，河道两岸有少量沙土），农作物的作物类型是水稻和小麦。耕作方式为采用机械化进行翻耕，翻耕深度在  $15\sim 25\text{cm}$  之间。连云港本地的熟制为一年两熟，为稻麦复种制，即每年六月份种水稻，十月份水稻收获后，翻耕播种小麦，越冬至来年六月收获，麦茬翻耕灌溉后再种水稻，如此实现稻、麦两种粮食作物轮种，所以水稻生长周期为每年 6 月至 10 月，小麦生长期为每年 11 月至第二年 6 月。

根据善后河的水质调查，总矿化度平均约为  $998.8\text{mg/L}$ 。以本期工程季度中计算的最大值 FLUENT 春季的结果进行分析，其矿化度增加  $0.0052\text{mg/L}$ ，影响程度仅为  $0.00052\%$ 。因此，善后河增加本项目冷却塔产生的盐沉积后，并不会超出相关指标，盐沉积对善后河的水质类别等影响极小。

善后河河道地表水作为灌溉用水，属于淡水～微咸水，其矿化度本底值为  $998.8\text{mg/L}$ 。以本期工程季度中计算的最大值 FLUENT 春季的结果累积半年，在  $0.2\text{m}$  稻田水深下，在冷却塔影响下含盐量升高  $10.2\text{mg/L}$ ，仍为淡水～微咸水，矿化度分级不变。所以盐沉积对稻田水质的影响较小。

以三维模型计算的一期纯发电工况下厂外全年盐沉积量峰值 ( $250\text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ) 考虑在农田土壤中的累积，经过 60 年后，土壤含盐量仅从  $0.1\%$  增至  $0.132\%$ ，盐渍化程度分级不变。且在 60 年盐沉积累积过程中，未考虑降水和灌溉等过程对盐沉积的缓解和降低含盐量的作用，所以该值选取较为保守。

水稻在土壤含盐量为  $0.1\%-0.3\%$  时可能受到影响，主要是由于水稻不同品种的耐盐性差异较大，如在低盐浓度 ( $0.15\%$ ) 下水稻产量与品种有关，‘盐粳 156’ 和 ‘盐粳 456’ 产量增加  $10.81\%$  和  $10.64\%$ ，而 ‘盐丰 47’ 产量下降  $15.79\%$ 。在 2017 年西陇区域土壤含盐量为  $0.188\%$  时，农田已正常种植水稻，所以在一期纯发电工况下盐沉积累积 60 年后的土壤含盐量从  $0.1\%$  增至  $0.132\%$ ，并不会影响水稻的生长，因此本项目的冷却塔盐沉积对水稻的影响较小。

小麦在土壤含盐量为  $0.1\%-0.3\%$  时几乎无影响，且不同小麦品种间的耐盐性也有差异。根据本项目小麦耐盐性实验发芽情况，排除偶然因素的影响后发现，在含盐量低于  $0.2\%$  时，含盐量对小麦几乎无影响，含盐量高于  $0.2\%$  时，可能会对小麦的芽期的出芽率及生长速度产生不利影响，在含盐量高于  $0.3\%$  时，不利影响明显。本项目开展的小麦耐盐性试验结果与标准内容相仿。且在 2017 年西陇区域土壤含盐量为  $0.188\%$  时，农田已正常种

植小麦，所以一期工程累积 60 年后的盐沉积范围内的土壤含盐量从 0.1%增至 0.132%，并不会影响小麦的生长，因此本项目的冷却塔盐沉积对小麦的影响较小。

综上，经初步分析，以三维模型分别计算的盐沉积峰值结果的最大值对盐沉积范围内的生态环境进行影响分析，其对地表水、稻田水质、土壤含盐量，以及对主要农作物（水稻和小麦）的影响较小。此外，本项目主要给徐圩石化园区供应工业蒸汽，且将长期处于热电联产工况运行模式下，盐沉积影响程度低于纯发电工况运行模式。

## 2) SACTI 程序冷却塔盐分沉积预测结果

表 6.1-3 给出了本工程 2 台华龙一号机组和 1 台高温气冷堆机组纯凝发电正常运行时电厂附近地面盐沉积量按华龙机组和高温堆机组各自结果值线性叠加的计算预测结果。

- a) 盐沉积的最大值出现在冷却塔中心（一期工程华龙一号机组北向第一座冷却塔中心）NNE 方位 500m 处，约为  $780.56\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 。
- b) 在 1000m 处，盐的平均沉积量约为  $435.24\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 。
- c) 在 2000m 处，盐的平均沉积量约为  $110.20\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 。

当飘滴中盐沉积率在  $100\sim 200\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$  的情况下，不会对植物产生危害；当盐沉积率在植物的生长期接近或超过  $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$  时，可能会对植物的叶片产生危害。根据初步计算结果，2 台华龙一号机组和 1 台高温气冷堆机组自然通风冷却塔运行时，厂外全年盐沉积量峰值为  $526\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，秋季盐沉积峰值最大，为  $871\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，全年盐沉积水平超过  $200\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$  的面积约为  $5.54\text{km}^2$ ，其中位于厂区内的面积约为  $2.83\text{km}^2$ ，位于厂区外的面积约为  $2.71\text{km}^2$ ，主要位于厂区的西南侧。厂附近地面盐沉积量按华龙一号机组和高温气冷堆机组各自结果值叠加的盐沉积最大值小于可能对植物产生损害的限值  $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，可以认为盐沉积不会对周围植物造成影响。

本期工程纯发电工况盐沉积水平超过  $200\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$  的区域下垫面性质主要包括河流、村庄、农田（主要是黄壤潮土，河道两岸有少量沙土）。农作物的作物类型是水稻和小麦。耕作方式为采用机械化进行翻耕，翻耕深度在 15~25cm 之间。连云港本地的熟制为一年两熟，为稻麦复种制，即每年六月份种水稻，十月份水稻收获后，翻耕播种小麦，越冬至来年六月收获，麦茬翻耕灌溉后再种水稻，如此实现稻、麦两种粮食作物轮种，所以水稻生长周期为每年 6 月至 10 月，小麦生长期为每年 11 月至第二年 6 月。

根据善后河的水质调查，总矿化度平均约为  $998.8\text{mg/L}$ 。以本期工程季度中计算的最大值 SACTI 秋季的结果进行分析，其矿化度增加  $0.0134\text{mg/L}$ ，影响程度仅为 0.00135%。因此，善后河增加本项目冷却塔产生的盐沉积后，并不会超出相关指标，盐沉积对善后河

的水质类别等影响极小。

善后河河道地表水作为灌溉用水，属于淡水～微咸水，其矿化度本底值为 998.8mg/L。以本期工程季度中计算的最大值 SACTI 秋季的结果累积半年，在 0.2m 稻田水深下，在冷却塔影响下含盐量升高 26.1mg/L，仍为淡水～微咸水，矿化度分级不变。所以盐沉积对稻田水质的影响较小。

以 SACTI 模型计算的一期纯发电工况下厂外全年盐沉积量峰值（526kg/(km<sup>2</sup>·月)）考虑在农田土壤中的累积，经过 60 年后，土壤含盐量仅从 0.1%增至 0.167%，盐渍化程度分级不变。且在 60 年盐沉积累积过程中，未考虑降水和灌溉等过程对盐沉积的缓解和降低含盐量的作用，所以该值选取较为保守。

水稻在土壤含盐量为 0.1%-0.3%时可能受到影响，主要是由于水稻不同品种的耐盐性差异较大，如在低盐浓度（0.15%）下水稻产量与品种有关，‘盐粳 156’和‘盐粳 456’产量增加 10.81%和 10.64%，而‘盐丰 47’产量下降 15.79%。在 2017 年西隅区域土壤含盐量为 0.188%时，农田已正常种植水稻，所以在一期纯发电工况下盐沉积累积 60 年后的土壤含盐量从 0.1%增至 0.168%，并不会影响水稻的生长，因此本项目的冷却塔盐沉积对水稻的影响较小。

小麦在土壤含盐量为 0.1%-0.3%时几乎无影响，且不同小麦品种间的耐盐性也有差异。根据本项目小麦耐盐性实验发芽情况，排除偶然因素的影响后发现，在含盐量低于 0.2%时，含盐量对小麦几乎无影响，含盐量高于 0.2%时，可能会对小麦的芽期的出芽率及生长速度产生不利影响，在含盐量高于 0.3%时，不利影响明显。本项目开展的小麦耐盐性试验结果与标准内容相仿。且在 2017 年西隅区域土壤含盐量为 0.188%时，农田已正常种植小麦，所以一期工程累积 60 年后的盐沉积范围内的土壤含盐量从 0.1%增至 0.168%，并不会影响小麦的生长，因此本项目的冷却塔盐沉积对小麦的影响较小。

综上，经初步分析，以 SACTI 模型分别计算的盐沉积峰值结果的最大值对盐沉积范围内的生态环境进行影响分析，其对地表水、稻田水质、土壤含盐量，以及对主要农作物（水稻和小麦）的影响较小。此外，本项目主要给徐圩石化园区供应工业蒸汽，且将长期处于热电联产工况运行模式下，盐沉积影响程度低于纯发电工况运行模式。

### （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 10~700μm 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。由于华龙一号机组和高温堆机组冷却塔相距大于 1km，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雾羽均分布于以其各自为中心 500m 范围内，通过 SACTI 程序软件分别计算一期 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，雾羽频率分布值结果详见其各自数据表 6.1-4 及 6.1-5。

表 6.1-6 给出了 2 台纯发电华龙一号机组和 1 台纯发电高温气冷堆机组运行时，按华龙机组和高温堆机组各自结果值线性叠加的全年中雾羽造成冷却塔周围地面各个方位上的“荫屏”小时数，表 6.1-7 给出了 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运行时，按华龙机组和高温堆机组各自结果值线性叠加的周围各个方位上全年太阳辐射累积损失量及其分布。

本工程 2 台纯发电华龙一号机组叠加 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（华龙一号机组一期工程北向第一座冷却塔中心）位置 N 方位约 200m 处，全年最大阴影时间约为 1970.7 小时，相应减少的太阳辐射能量约为 1772.4MJ/m<sup>2</sup>，约占总太阳辐射损失的 30.8%。

b) 在 1000m 处，各方向中最大的全年太阳辐射损失为 374.0MJ/m<sup>2</sup>，约占太阳总辐射损失的 6.5%。

c) 在 3000m 处，各方向中最大的全年太阳辐射损失约为 23.0MJ/m<sup>2</sup>，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，本工程 2 台纯发电华龙一号机组叠加 1 台纯发电高温气冷堆机组冷却塔正常运行时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 1770.4 小时，位于冷却塔中心位置 N 方位约 200m 处，1970.7 小时相应引起最大的太阳辐射能量损失为太阳辐射量的 30.8%。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，预计本工程 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）下雾与结冰

本工程 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。

#### 6.1.4.2.2 冷却塔噪声的影响预测

冷却塔的噪声评价的范围不应小于本项目厂区边界，并宜扩展至厂址周围敏感区或敏感目标附近。噪声标准根据敏感点所在区域的功能选定：厂址半径 3km 范围内的居住区，属于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中功能区的 1 类，噪声限值为昼间 55dB（A），夜间 45dB（A）。厂边界属于《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中功能区的 3 类，噪声限值为昼间 65dB（A），夜间 55dB（A）。由于海水冷却塔在运行期间连续 24 小时工作，噪声评价按照夜间标准执行。

通过超大型自然通风逆流式冷却塔噪声预报计算软件计算冷却塔噪声本底值。本项目华龙一号机组海水冷却塔设定为一个 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 79.1dB（A）。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 84.7dB（A）。

采用工业噪声专用软件 CadnaA 对上述三座冷却塔产生的叠加噪声进行预测和控制，预测结果显示，本工程规划建设冷却塔在厂界产生的最大噪声，已超过《工业企业厂界环境噪声排放标准》规定的 3 类夜间限值。其中华龙一号机组冷却塔在南侧厂界产生的最大噪声为 57.0dB（A），超出厂边界噪声限值 2.0dB（A）；高温气冷堆机组冷却塔在厂界产生的最大噪声为 61.2dB（A），超出厂边界噪声限值 6.2dB（A）。三台机组冷却塔运行时在厂址半径 3km 范围内的居住区产生的噪声区间值为 29.0dB（A）~44.7dB（A），满足《声环境质量标准》中的 1 类标准。因此，仅需采取一定措施降低冷却塔在厂界产生的噪声即可满足标准要求。

为降低冷却塔产生的噪声在厂界的影响，需采取一定的降噪措施，冷却塔降噪措施主要包括加装消音设备或设置隔音墙等。本项目基于当前总平面布置，计算了通过在厂界附近加装隔声屏障和在冷却塔进风口处加装消声器使厂界噪声达标的方案，具体如下。

##### （1）厂界附近加装隔声屏障

对于两台华龙一号机组高位塔，在南侧厂界附近增加长度约  $L=216\text{m}$ 、高度  $H=5\text{m}$  的声屏障。对于单台高温气冷堆机组常规塔，在南侧厂界附近增加长度约  $L=457\text{m}$ 、高度

H=5m 的声屏障。

经预测，加装声屏障方案可在厂界满足夜间 55dB（A）的噪声规范要求，在厂外敏感点处满足夜间 45dB（A）的噪声规范要求。

该方案经济性好且对冷却塔性能影响小。经前期论证，本方案具有可实施性，下一阶段，将结合实物系统保护要求，进行详细设计。

#### （2）冷却塔进风口处加装消声器

对于华龙一号机组冷却塔，靠近南侧下部进风 90° 区域范围增加消声量 10dB(A)阵列进风消声器；对于高温气冷堆机组冷却塔，下部进风 180° 区域范围增加消声量 20dB(A)阵列进风消声器。

经预测，加装消声器方案可在厂界满足夜间 55dB（A）的噪声规范要求，在厂外敏感点处满足夜间 45dB（A）的噪声规范要求。

该方案使用寿命长，不易受用地条件、实物保护系统要求等限制，但消声器造价高，且对冷却塔冷却性能影响相对隔声屏方案更大。

进风口加装消声器对冷却塔性能的影响体现在出塔水温升高，从而影响机组发电效益，对机组正常运行不产生影响。本方案的出塔温升影响量已包络在冷却塔设计余量内，正常情况下该消声设备不影响冷却塔的冷却效果，本方案具有可实施性。

上述提出的两种噪声治理方案均具备可实施性，各有优缺点，现考虑采用隔声屏方式，确保厂界及敏感点噪声满足相关要求。

#### 6.1.4.2.3 小结

本工程应用 SACTI 程序、计算流体软件 FLUENT 和工业噪声专用软件 CadnaA 等预测了本项目冷却塔雾羽的弥散、飘滴的沉积以及噪声的扩散规律，同时对冷却塔环境影响进行分析，根据本工程 2 台纯发电华龙一号机组和 1 台纯发电高温气冷堆机组海水自然通风冷却塔环境影响分析，得出如下结论：

（1）根据 FLUENT 三维计算模型，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。根据 SACTI 程序，由预测结果可知，地面沉积水量最大值出现在冷却塔中心 NNE 方位 500m 处。500m 处的平均沉积水量约为  $9.6 \times 10^3 \text{ kg/}(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，相当于增加 0.110mm/年的降水量。本项目厂区范围以外的区域，飘滴引起的降水增加量不超过 0.2mm。本项目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，本工程 2 台纯发电华龙一号机组叠加 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) 根据 FLUENT 三维计算模型，全年盐沉积量峰值为  $250\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，出现在西偏南约  $15^\circ$  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  $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，厂附近地面盐沉积量按华龙机组和高温堆机组各自结果值叠加的盐沉积最大值小于可能对植物产生损害的限值  $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，可以认为盐沉积不会对周围植物造成影响。根据 SACTI 程序，2 台华龙一号机组和 1 台高温气冷堆机组海水自然通风冷却塔运行时，厂外全年盐沉积量峰值为  $526\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，厂附近地面盐沉积量按华龙机组和高温堆机组各自结果值叠加的盐沉积最大值小于可能对植物产生损害的限值  $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，可以认为盐沉积不会对周围植物造成影响。且经初步分析，以三维模型和 SACTI 程序分别计算的盐沉积峰值结果的最大值对盐沉积范围内的生态环境进行影响分析，其对地表水、稻田水质、土壤含盐量，以及对主要农作物（水稻和小麦）的影响较小。此外，本项目主要给徐圩石化园区供应工业蒸汽，且将长期处于热电联产工况运行模式下，盐沉积影响程度低于纯发电工况运行模式。

(3) 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，本工程 2 台纯发电华龙一号机组线性叠加 1 台纯发电高温气冷堆机组冷却塔正常运行时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 1770.4 小时，位于冷却塔中心位置 N 方位约 200m 处，1970.7 小时相应引起最大的太阳辐射能量损失为太阳辐射量的 30.8%。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，预计本工程 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) 本工程 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) 本工程规划建设的 3 座冷却塔，运行时在厂址半径 3km 范围内的居住区产生的噪声区间值为  $29.0\text{dB}(\text{A}) \sim 44.7\text{dB}(\text{A})$ ，满足《声环境质量标准》中的 1 类标准 ( $45\text{dB}(\text{A})$ )；在厂界产生的最大噪声为  $61.2\text{dB}(\text{A})$ ，已超过《工业企业厂界环境噪声排放

标准》规定的 3 类夜间限值（55dB（A）），需采取降噪措施，确保冷却塔实际运行满足环保要求。通过噪声软件模拟计算，提出了在厂界附近加装隔声屏或在冷却塔进风口加装消声器的方案。经预测，采取上述任意一种措施后，均能使冷却塔产生的噪声在厂界及附近居住区达标。两种噪声治理方案均具备可实施性，各有优缺点，现考虑采用隔声屏方式，确保厂界及敏感点噪声满足相关要求。

## 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

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定以及选址阶段审评情况，本期工程 2 台华龙一号机组运行状态下拟定的放射性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	本工程暂定排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.17E+14	8.00E+14	14.63%
碘	1.53E+09	2.66E+10	5.75%
粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）	1.87E+08	6.67E+10	0.28%
氚	9.68E+12	2.00E+13	48.40%
C-14	7.30E+11	8.00E+11	91.25%

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》（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，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 台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	2.34E+14	5.46E+13	2.89E+14	2.40E+15	12.00%
碘	3.06E+09	4.78E+09	7.84E+09	8.00E+10	9.80%
粒子	3.74E+08	3.26E+07	4.07E+08	2.00E+11	0.20%



( $T_{1/2} \geq 8d$ )					
氚	1.94E+13	1.42E+13	3.35E+13	6.00E+13	55.90%
C-14	1.46E+12	1.13E+12	2.59E+12	2.80E+12	92.50%

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

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定以及选址阶段审评情况，本工程 2 台华龙一号机组运行状态下拟定的放射性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	本工程暂定排放量控制值 Bq/a	比值
氚	8.72E+13	1.00E+14	87.20%
C-14	5.36E+10	2.00E+11	26.80%
其余核素	3.82E+09	6.67E+10	5.73%

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，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设计值 Bq/a	2 台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	1.74E+14	5.60E+13	2.30E+14	3.00E+14	76.80%
C-14	1.07E+11	-	1.07E+11	6.00E+11	17.87%
其余核素	7.64E+09	1.02E+08	7.74E+09	2.00E+11	3.87%

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 C-14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 38.5Bq/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

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

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受纳水体为海域，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，正常运行工况下陆域管线跑冒滴漏的液态流出物通过地下水迁移对公众造成的辐射影响远小于总剂量的 10%。气态流出物通过沉降途径对善后河、徐圩新区应急备用水源地、徐圩新区集中式饮用水水源保护区造成辐射的影响小于总剂量的 10%，因此对饮用水和灌溉等其他的照射途径不予考虑。

## 6.2.3 计算模式与参数

### （1）气态途径

本运行状态下，气载流出物在大气中迁移和扩散及其对公众的辐射剂量的计算采用的是核环境影响评价程序包的正常气态流出物评价模块。该程序的正常气态流出物评价模块已于 2007 年通过国家环保总局的验收，可以用来计算核设施运行状态下排放的气载流出物对环境的影响。

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。

本工程采用二次循环冷却方案，冷却塔高约 200m，与气载流出物排放烟囱距离约 665m。根据中国辐射防护研究院提交的《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程冷却塔飘滴所致局地湿沉积调研报告》表明冷却塔排放的飘滴对局地湿度分布和降水无显著影响，冷却塔引起的年最大降水量远小于自然降水量，约低 2~4 个数量级。因此，在评价气载流出物湿沉积的辐射影响过程中暂不考虑冷却塔飘滴对局部湿沉降的影响。根据中国辐射防护研究院提交的《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程冷却塔对气载放射性流出物扩散影响专题（中间成果报告）》得到初步结论：即使在最不利扩散条件下，冷却塔对模拟区烟囱污染物迁移扩散的影响很小，对地面沉积影响程度也较小。根据上述结论，冷却塔对烟囱污染物大气弥散的影响很小，本工程在大气弥散计算过程中按照混合排放方式进行大气弥散

的评价计算。

在剂量估算中，对放射性核素衰变及地面沉积、清除和转移进行了考虑，并根据食谱、生活习性以及剂量转换因子的不同对各年龄组进行分别考虑，计算了空气浸没外照射、地面沉积外照射、烟云吸入内照射和农产品与动物产品食入内照射四种途径的辐射剂量。空气浸没外照射的计算考虑了建筑物的屏蔽效应，地面沉积外照射的计算根据联合频率考虑了干、湿沉积的共同影响。

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书第二章 2.2 节和 2.3 节。在剂量评价中，使用厂址半径 5km 范围内居民最大食谱计算厂址半径 5km 范围内公众所受到的最大个人剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受到的最大个人剂量，使用排水口附近居民最大食谱计算排水口附近公众所受到的最大个人剂量。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》（GB18871-2002），地表沉积和水中浸没剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993），沉积吸附分配系数  $K_d$  取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，各数据见表 6.2-3。在剂量评价中，使用厂址半径 5km 范围内居民最大食谱计算厂址半径 5km 范围内公众所受到的最大个人剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受到的最大个人剂量，使用排水口附近居民最大食谱计算排水口附近公众所受到的最大个人剂量。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

### 6.2.4 大气弥散和水体弥散

#### （1）大气弥散

根据厂址 2022 年 2 月~2024 年 1 月两整年的实测气象资料，采用  $\Delta T/U$  法进行大气稳定度分类，得到观测期间厂址区域中性 D 类天气为 29.8%，不稳定 A~C 类天气总和为 41.9%，稳定 E、F 类天气总和为 28.3%。

本工程设计中采用一机一塔的方案，冷却塔高约 200m。冷却塔对本项目排放的放射

性气载流出物在厂区附近的大气弥散有着影响。一方面，冷却塔的高大建筑结构将直接对周边气流产生扰动，并造成湍流场的改变。同时，冷却塔运行过程中因底部入口的抽吸作用而产生的局地循环能够进一步影响局地范围的流场。另一方面，冷却塔运行过程中排放的雾羽和飘滴将改变局地范围的湿度场，影响放射性物质的湿沉积。

根据中国辐射防护研究院提交的《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程冷却塔对气载放射性流出物扩散影响专题（中间成果报告）》及其他核电厂址冷却塔对大气弥散影响的专题报告的结果，冷却塔及其热羽对烟囱排放污染物总体扩散趋势与沉积影响较小。从辐射影响角度不会对厂址环境影响的可接受性造成影响，待完成本项目最终成果报告后将进行详细补充。

通过对最不利条件进行模拟，研究最不利条件下冷却塔对模拟区烟囱污染物迁移扩散的影响。模拟结果表明，由于冷却塔的卷吸效应，对烟囱污染物局地扩散有影响，但影响程度较小，对污染物总体扩散过程影响程度有限。三台冷却塔热羽同时排放时，地面最大沉积水量为  $1\text{E}+8\text{kg/km}^2\cdot\text{月}$ ，相当于全年增加降水  $3.3\text{mm}$ ，冷却塔飘滴引起的降水量比自然降水量低 2 个数量级，对地面沉积影响程度较小。冷却塔对烟囱污染物大气弥散的影响很小，本工程在大气弥散计算过程中按照混合排放方式进行大气弥散的评价计算。

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为  $3.51\text{E}-10\text{ s/m}^3 \sim 6.68\text{E}-07\text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为  $3.42\text{E}-10\text{ s/m}^3 \sim 6.68\text{E}-07\text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为  $3.51\text{E}-10\text{ s/m}^3 \sim 6.68\text{E}-07\text{ s/m}^3$ 。大气弥散因子最大值均出现在厂址 SW 方位 0-1km 处。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为  $5.27\text{E}-13\text{ m}^{-2} \sim 1.00\text{E}-09\text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为  $3.42\text{E}-12\text{ m}^{-2} \sim 6.68\text{E}-09\text{ m}^{-2}$ 。相对干沉积因子最大值均出现在厂址 SW 方位 0-1km 处。

Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围为  $1.48\text{E}-14\text{ m}^{-2} \sim 4.96\text{E}-11\text{ m}^{-2}$ ，相对湿沉积因子最大值均出现在厂址 SW 方位 0-1km 处。

## （2）水体弥散

南京水利科学研究院于 2023 年 2 月完成《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程液态流出物排放数值模拟研究报告》。在液态剂量计算中各类核素的海水稀释因子选取最不利潮型—典型小潮时的相应结果。

### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 SW 方位半径 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  $2.82\text{E}-07\text{Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $1.53\text{E}-05\text{Bq/m}^3$ （I-131）、



$3.60\text{E-}02\text{Bq/m}^3$ （Kr-85）。

本工程运行状态下，每年液态流出物排放量为  $32200\text{m}^3$ ，最不利工况下，间歇排放时单台贮槽的排放流量为  $18\text{m}^3/\text{h}$ ，冷却水流量为  $0.39\text{m}^3/\text{s}$ 。即使考虑排放海域内放射性本底的叠加效应，各类放射性核素浓度也都符合 GB3097-1997 的要求。

#### 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  $22.5\text{km}$ ，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 2 台华龙一号机组运行状态下，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  $3.86\text{E-}08\text{Sv/a}$ 、 $6.53\text{E-}08\text{Sv/a}$ 、 $4.66\text{E-}08\text{Sv/a}$ 、 $1.86\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

##### （2）液态途径

本工程 2 台华龙一号机组运行状态下，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  $2.52\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $3.01\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $8.94\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $7.23\text{E-}12\text{Sv/a}$ 。

##### （3）气液态综合途径

本工程 2 台华龙一号机组运行状态下，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）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $2.55\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $3.08\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $9.41\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $1.86\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。因此，本工程 2 台华龙一号机组运行状态下，公众受到的最大个人有效剂量为  $3.08\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占本期工程个人剂量约束值（ $0.08\text{mSv/a}$ ）的 3.85%。

#### 6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算本工程 2 台华龙一号机组正常运行时，由于气、液态流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平。

##### 6.2.7.1 生物的辐射效应

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

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

#### 6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

#### 6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类物种”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的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、介质、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

#### 6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，本工程 2 台华龙一号机组正常运行时，排放口周围海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，排放口周围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 台华龙一号机组正常运行时，排放口周围海域范围内水生生物是安全的。

#### 6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，本工程 2 台华龙一号机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-4}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台华龙一号机组正常运行时，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，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为  $5.57\text{E-}02 \text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

本工程运行状态下，考虑气态途径造成的最大个人剂量时，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  $1.05\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.30\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $4.01\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $2.19\text{E-}08\text{Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 E 方位 5~10km 处，此处居住的是圩丰镇周庄村、海堤村的村民，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $1.30\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，其中气载途径所致的剂量为  $2.01\text{E-}08 \text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为  $1.28\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

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 93.94%；其次为空气浸没外照射途径，约占气态途径总剂量的 1.56%；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 3.80%和 0.70%。气态途径的主要核素为 C-14，它

所致的剂量约占气态剂量的 75.95%；其它贡献较大的核素为 H-3，占气态途径总剂量的 21.31%。

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 99.85%。其次为岸边沉积外照射途径，约占液态途径总剂量的 0.15%；液态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 79.75%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 I-131，分别占液态途径总剂量的 10.47%和 3.58%。

气液态综合关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $1.28\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 98.34%；其次为气态途径的食入农牧产品内照射途径，占气液态总剂量的 1.44%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $1.04\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 79.73%；另外，Co-60 和 I-131 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 10.32%和 3.52%。

### 6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程 2 台华龙一号机组运行状态下，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 2 台华龙一号机组运行状态下，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

本工程 1、2 号机组工艺系统中化学污染物对环境的其它影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

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浓缩、脱水，固体物质不排入水体，脱水机滤液回收至排泥池，不直接排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。在线监测污泥浓缩上清液的悬浮物含量，达标后排放。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

海水淡化相关系统运行期间产生的海水类排水，与海水循环冷却水排水在厂区排水泵房掺混后排放，不会影响附近海域海水质量，不会降低循环水排水水质。本期工程海水淡化排水量为  $2.36 \text{ m}^3/\text{s}$ ，其中浓盐水排放量约为  $1.73 \text{ m}^3/\text{s}$ 。浓盐水排放的各关键水质指标参照执行《海水冷却水排放要求》（GB/T 39361-2020），海水淡化拟在以下排水管设置在线监测仪表：废水中和池排放管设在线 pH 计监测 pH 值；浓盐水排放管设置在线  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  检测仪；其他指标考虑定期取样检测。

#### 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、次氯酸钠、臭氧。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，经非放生产废水处理站处理达标后回用至循环水补水预处理厂房或排海。滤出液中的化学物质以游离氯为主，且浓度小于排放标准，因此不会对循环水补水或海洋环境造成影响。

#### 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  $2 \text{ g/L}$ ，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的。《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/4440-2022）中的 B 标准对含盐量没有限制，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

对于华龙机组循环水系统的水投加次氯酸钠溶液，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溶液（电解海水制氯），浓度为  $8 \text{ mg/L}$ ，每天加药 2 次，每次加药 1h；另外需要投加阻垢缓蚀剂及非氧化性杀生剂。

对华龙机组重要厂用水系统的淡水投加次氯酸钠溶液（电解食盐水制氯），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，进水流道加药浓度



为 0.3~0.5mg/L，连续投加；补水池加药浓度为 1mg/L，一次性投加，隔天加一次；另外需要投加阻垢缓蚀剂及非氧化性杀生剂。

上述系统次氯酸钠、非氧化杀菌剂、阻垢缓蚀剂的加药方式将根据外委专题试验成果及运行调试情况确定。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（ $\text{NH}_2\text{Cl}$ ）、二氯胺（ $\text{NHCl}_2$ ）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。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，余氯浓度很低。

阻垢剂、非氧杀生剂对排放对排水口海域生态环境的影响分析：

由于含磷类药剂会对水体产生富营养化，无磷、可降解的环境友好型阻垢剂、非氧杀生剂也应有广泛，可供选择的试剂种类较多。以市场上已成熟应用的无磷某阻垢剂和某非氧杀生剂为例，其对海洋生物的生态信息如下：

药剂	生物种类	生态资料
阻垢剂	黑头呆鱼	LC: 750mg/L(96h)
	水蚤	EC: 743mg/L(48h)
非氧杀生剂	黑头呆鱼	LC: 0.26mg/L(96h)
	大鳍鳞鲷太阳鱼	LC: 0.21mg/L(96h)
	红鲈	LC: $\geq 600\text{mg/L}$ (96h)
	无脊椎动物	LC: 0.27mg/L(48h)
	糖虾	LC: 13mg/L(96h)

可选择的阻垢剂和非氧杀生剂排入环境后受海洋潮汐的作用以及本身的降解作用，水体中的浓度迅速降低，因此对海洋生态环境影响也相对较小。

后续根据外委专题试验成果及运行调试情况，并对拟投加的阻垢剂、非氧化性杀菌剂开展专题研究及毒性试验，选择易自然降解的无毒、无环境残留型的非氧化型杀菌剂及无

磷环保型的阻垢剂，以满足环境保护要求。

### 6.3.1.5 循环水补水预处理系统

循环水补水预处理过程加入的化学物质主要为三氯化铁、聚丙烯酰胺。循环水补水预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循环水补水预处理厂房的生产废水泥浆中。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至循环水补水预处理厂房的排泥池再次参与污泥处理。因此，循环水补水预处理系统添加的化学药剂不会对周围环境造成影响。

### 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值范围为6~9，然后通过废水泵送到常规岛液态流出物排放系统（WLC）。再生废水中的主要物质是NH<sub>4</sub>Cl、NaCl和C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>NOCl。在中和池设置氨氮在线监测仪表，在NH<sub>4</sub><sup>+</sup>浓度大于3mg/L时，WLC系统将其排至SE子项进行处理，在NH<sub>4</sub><sup>+</sup>浓度小于等于3mg/L时，WLC系统将其排至WQB系统。以使得氨氮的排放满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/4440-2022）中的B标准，以允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。不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

本工程拟设置污水系统油水分离器（9SA），处理后的含油废水经生产废水管网排至厂区排水泵房，最终排入大海。本工程拟设置非放生产废水处理站，处理后的非放生产废水优先回用于循环水补水预处理厂房，无法回用的非放生产废水排入厂区排水泵房，最终排入大海。非放射性生产废水排放石油类执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级B标准，其他指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/4440-2022）中的B标准。

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

1、2 号机组运行后厂址内核岛部分噪声主要来源于华龙机组的运转，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。

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： $\Delta L$ ——噪声衰减量，dB（A）；

$r$ ——点声源至受声点的距离。

根据厂址布置平面图，本工程 1、2 号机组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  $\Delta L$  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

本项目将拟建 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。

田湾核电站厂址区域5km范围内电磁环境的主要评价结论如下：

工频电场/工频磁场：田湾核电站厂区工频电场强度监测值在0.164V/m~1428.52V/m之间，工频磁场强度监测值在0.036 $\mu$ T~9.793 $\mu$ 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 $\mu$ T~6.817 $\mu$ T之间；田湾核电站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 $\mu$ T~0.087 $\mu$ T之间。根据以往工程经验，机组正常运行时，开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外0-5m处，最大磁场强度一般在中相导线的正下方附近，然后随距离增加而降低。距离田湾核电站厂址最近的居民区为位于厂址NNW方位约1.4km处的自然村，此处工频电场监测值为0.371V/m，工频磁场监测值为0.043 $\mu$ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

本项目厂址周围的居民点距离厂址最近的自然村位于厂址S方位1.0km处，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 $\mu$ 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处的自然村，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 $\mu$ T。位于田湾核电站厂址NW方位约2.0km处的自然村，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 $\mu$ 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 $\mu$ T），符合标准要求。

由表6.3-1及以上分析可见，本项目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，本项目建成投运后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（9SA）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（9SA）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暂存库（AR 子项），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。

## 6.4 退役

### 6.4.1 概述

对核设施来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括源项调查、去污、厂内设备和系统的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废物进行处理、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核设施退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核设施的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对江苏徐圩核能供热发电厂一期工程 1、2 号机组将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

#### 6.4.2 退役策略选择

核动力厂退役是指在核动力厂运行寿期结束后，根据核动力厂所在厂址后续的使用用途所确定的退役目标，经过去污、拆除、厂房建（构）筑物拆除、场址清理等一系列工作，达到厂址的退役目标，即作为核设施厂址继续利用或达到无限制开放水平。

目前国际原子能机构推荐的退役策略分为两种：立即拆除和延迟拆除。

- (1) 立即拆除是将被放射性污染的设备、结构和设施的污染部分移除或者去污至允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用水平的策略。在这种情况下，退役执行活动在运行停止后的短时间内就开始进行。这个策略隐含指出退役项目应该立即完成，包括将设施中的所有放射性材料移除至另一个新的或者已经存在的有资质的设施中进行长期贮存或者处置。
- (2) 延迟拆除是将设施被放射性污染的部分处理或者放置在一定条件下一段足够的时间，直到可以进行后续的去污和/或拆除等操作，从而最终达到允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用的策略。

立即拆除策略要求在核能供热发电厂停止运行后的短时间内就开始进行退役，在这种情况下，核能供热发电厂内部分区域的放射性水平较高，要求采用更为先进的技术并对工作人员提供更为严格的保护以降低工作人员所将受到的辐射照射；延迟拆除也许会减少退役所产生的放射性废物的量，并减少对现场人员的辐射照射，但有可能因延迟拆除导致出现系统包容性恶化、档案资料散失、人员流失及长期监督维护需要高额费用支撑等缺陷。

上述两种策略各有利弊，具体选择何种策略需要充分考虑核电站所在国家有关退役的法规政策、放射性废物管理能力、从事退役的工作人员、退役费用估算和筹资方式、其他机组的影响、退役技术发展及其对安全及环境的影响等方面的因素，满足核能供热发电厂所在国家的放射性废物管理和核能发展战略要求。

1、2 号机组在设计中充分考虑了各退役策略的退役方案的需求，使得对拆除技术和辐射防护水平要求相对较高的立即拆除策略的实现成为可能。如果采取延迟拆除的策略，需要注意在封存期间保证足够的监护措施，确保设施安全。而封存之后的拆除由于放射性在一定程度上的衰变，可能会带来拆除技术上的简化。

综合比较各策略并考虑到国际上退役领域的发展趋势以及退役拆除技术的水平，针对本工程 1、2 号机组退役推荐选择立即拆除的退役策略。理由如下：

- 1、2 号机组的部分废物处理系统经过整治可在退役中继续使用。退役时建设废物处理设施，使退役工作具备处理整备放射性废物的能力，可保证退役过程中产

生的气态、液态及固态放射性废物都可得到良好安全的管理。

- 在本核能供热发电厂设计中，选择了便于去污的材料，在设备布置中采取了限制系统污染及污染扩散的措施，便于设备拆除及拆除阶段人员进出的措施等，可方便退役工作的开展。
- 核能供热发电厂在设计阶段考虑了很多先进的设计理念，采用了各种辐射源项控制技术，可保证退役时工作人员和公众的受照剂量保持在可合理达到的尽量低水平，实现辐射防护最优化的目标。且实行立即拆除策略可最大程度实现工作人员的平稳过渡并避免人才及资料流失等情况的发生。
- 我国已有乏燃料基金支持乏燃料外运及后处理等相关工作；根据国家政策，核设施退役经费在各核设施商业运行期内提取，从而保证退役所需资金充足。
- 通过已完成的核设施退役工程，我国积累了大量的核设施退役经验，结合国内外退役技术的发展及国内外交流合作的日益紧密，可保证待本工程 1、2 号机组退役时有可利用的技术及设备满足立即拆除的要求。

综合上述分析，在具备废物管理能力，存在便于退役开展的设计考虑，保护工作人员，国家政策支持及充足的资金保证，退役技术的不断发展等方面可以证明，本工程 1、2 号机组退役选择立即拆除的退役策略是合适的。

### 6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部门要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。核能供热发电厂退役计划分三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。其中安全分析和环境影响评价是退役计划安全实施的关键。

#### 6.4.3.1 初始退役计划

初始计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期间需使用的现有设施、系统和设备。

#### 6.4.3.2 中期退役计划

核能供热发电厂运行期间需要对初始退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计划（若发生重大事故时应立即制定）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计

划的系统和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

#### **6.4.3.3 最终退役计划**

核能供热发电厂安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

#### **6.4.4 退役方案简述**

##### **6.4.4.1 退役范围**

本工程 1、2 号机组规划建设两台华龙一号机组，电站设计寿命为 60 年。其退役范围具体包括 1、2 号机组的新建设施。

##### **6.4.4.2 退役方案**

本工程 1、2 号机组的退役，考虑需要经历安全关闭——厂房内放射性物项拆除——建（构）筑物去污、拆毁——场址清理等几个主要步骤，下面对退役方案简要介绍如下：

在停运过渡阶段进行必要的系统倒空、系统串洗等工作，有效降低待拆除物项的放射性水平。

退役拆除阶段，按照退役方案中确定的退役顺序，对存在放射性的厂房内物项进行拆除。拆除时对于放射性水平较高的部件（如反应堆压力容器、堆内构件等）采取远距离遥控或水下载体的拆除方式；对于大型设备（如蒸汽发生器、稳压器、主泵等），可将其移至新建废物处理设施进行解体，尽量选择冷切割工具，当冷切割不能满足切割要求时，辅以热切割方式，并在热切割工位旁设置移动式通风装置，为了减少人员辐照剂量或降低工作人员劳动强度，可选择使用机器人或自动切割设备进行切割拆除等操作；对于轻微污染的设备，经必要的擦拭去污后进行拆除，经检测达到解控标准后暂存，经审管部门认可后解控；对于电缆及其架桥等物项，经表面擦拭去污后，送至新建废物处理设施进行剥离等处理，达到解控标准的可解控。

当厂房内物项全部拆除完毕后，对建（构）筑物墙、地面的放射性进行调查，根据调查结果制定相应的去污方案。最后对整个厂房建（构）筑物进行表面去污，直至解控。

最后，当厂房全部去污完毕后，进行场址清理工作，对场址内污染地面的土壤进行分类收集。根据退役目标对建（构）筑物进行拆毁，并对污染土壤进行清理直至达到退役目标值。

##### **6.4.4.3 环境本底辐射水平调查**

根据国家相关标准的要求，本工程 1、2 号机组首次装料前，必须完成环境本底辐射水平调查，至少应获得最近两年的调查数据。本底调查包括环境 $\gamma$ 辐射、陆地环境介质监



测和海洋介质监测。环境 $\gamma$ 辐射的监测范围为以反应堆厂房为中心，半径 50km 范围内，其余陆地环境介质的监测项目一般取 20~30km，海洋介质的监测范围为排放口为中心，半径 10km 范围内。主要监测内容为：

（1）厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；

（2）两年本底调查的环境放射性监测项目，主要包括以下几类：

- 环境 $\gamma$ 辐射： $\gamma$ 辐射剂量率瞬时定点测量； $\gamma$ 辐射累积剂量测量
- 陆地介质：大气及沉降物、土壤和底泥以及陆生生物
- 海洋介质：海水、海洋沉积物、海洋生物

（3） $^{14}\text{C}$  本底调查的项目，主要包括以下几类：

- 陆域介质：水、生物
- 海洋介质：海水、生物

#### 6.4.4.4 退役废物管理

在本工程 1、2 号机组退役过程中，应根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）、《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）等废物管理相关标准的规定对各类废物进行分类，并进行相关的处理处置工作。

（1）放射性固体废物

对退役过程中产生的高放废物进行包装和暂存采取深地质处置方式处置；中放废物送废物处理设施进行检测、处理、整备，最终送中等深度处置场处置，处置深度通常为地下几十到几百米；低放废物可以在具有工程屏障的近地表处置设施中处置；极低放废物根据其材质及放射性水平分别进行收集和包装，送至新建废物处理设施进行处理，经检测进行解控或送至极低放填埋场填埋。

（2）放射性液体废物

系统倒空、系统串洗过程中产生的放射性废液，用原废液处理系统进行处理。

设备离线去污产生的废液，通过去污设施内配建的废液处理系统进行处理。

退役过程中工作人员产生的洗澡水等放射性水平较低的废液，利用原有系统进行收集、处理及最终排放；当原有系统拆除后，利用新建的废物处理设施的相关系统进行收集、处理和排放。

（3）放射性气载废物

退役过程中，放射性气载废物产生于使用热切割工具的拆除过程和对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房原有的通风系统。

#### 6.4.5 便于退役的考虑

目前越来越多的核设施退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核设施的退役进行充分考虑。尽可能在场址选择、总图布置、材料规范、系统设备布置等方面考虑利于退役的因素，以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，从退役废物产生源头进行控制，贯彻废物最小化原则，有效减少退役施工难度和费用。

本工程 1、2 号机组在最初设计时考虑了将来退役的便利性，并遵循以下原则：

- 1) 任何为方便退役所采取的设计措施，都应符合现有国家法规和标准的要求。
- 2) 方便退役的措施应遵循放射性废物最小化的原则。
- 3) 对材料选择、系统和设备、厂房布局和设备布置的设计，应方便去污、拆除，方便退役操作、设备的转移。
- 4) 为核设施退役而考虑的措施，应避免与设施安全可靠运行及维护等主要目的相互抵触。
- 5) 必要时进行利益代价分析，确保方便退役措施的合理性。

#### 6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：核能供热发电厂设计、竣工文件，所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在核能供热发电厂运行的几十年期间，因核能供热发电厂的变更和改进，这些文件与核能供热发电厂的真实状况的吻合性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。相对应的措施包括：

- 从设计和竣工文件中转化的机组基准文件应该随时更新；
- 应确保在核能供热发电厂寿期内这些文件的可用性。必须采取措施防止数据丢失（例如，保存副本）；
- 应记录可能对未来有影响的非常规事件（如，有关污染物溢出或泄漏的信息）。

需要采取措施来确保可以储存和查阅的退役所需的文件，主要包括：

- 与运行相关的图纸和图表，包括：机械和电气图、电缆敷设图、管道等轴图、布置图、贯穿件图、部件详细资料、钢筋图、组装专用工具图和所有设备以及反应堆装置的图纸；

- 对于选择性操作，允许使用和修改设备和建（构）筑物的其他文件（例如吊装机械的设计，专用工具，地板，承载结构，制造和设备规格书，土工技术试验结果）；

- 照片和录像（有字幕、日期和注释），有利于说明设备的组装和安装，土方工程和埋入地下的部分结构的施工，部件吊装方法，道路规划，同时关注那些将承受高放射性和污染的部件；

- 数量清单：混凝土量、钢筋吨数、电缆长度等验收文件，施工中使用的材料样本，这些样本可用来检查杂质，受辐照材料的强度数据、耐腐蚀能力等，同时也能够用来区分初始放射性和由于反应堆运行导致增加的放射性，特别是对于施工中采用的有初始人工放射性的材料；

- 保留反应堆施工材料（钢材，混凝土等）的样本和标本；
- 所有运行事件的记录及其评价，以及对原设备所做的所有改造的记录；
- 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件（方位图、涂片检测、各种取样等等）；
- 厂址放射性生态参考调查（陆地和海洋环境）也有益于形成最终退役报告。

#### 6.4.7 退役费用的考虑

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第 27 条的规定，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，并列入投资概算或生产成本。根据 NB/T/20048-2011《核电厂建设项目经济评价方法》，本工程退役基金按固定资产原值的 10% 计提，从投产后第一年开始平均提取。

#### 6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应有相关部门负责完成此项工作。

安全关闭期是从设施运行到退役主要拆除活动实施之间的一个重要阶段，该阶段从运行阶段末期启动。

这一阶段的任务主要是尽量完成需要类似运行期操作的系统作业，如全系统在线去污（如果需要），还应将运行期间堆放的废物收集做妥善处理整备，另外应对设施系统的放射性盘存量进行调查。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和厂址清理，使厂址最终无限制开放。

#### 6.4.9 结论

通过上述分析，得出如下结论：

1) 核能供热发电厂退役策略选择受多种因素影响，在本核能供热发电厂建造可行的前提下，从目前的国家政策、费用来源、废物出路以及退役技术方面来看，建议将来采用立即拆除策略。

2) 本工程 1、2 号机组在设计阶段已考虑方便退役工作的多项措施，将来建造过程中也应继续对退役工作进行充分考虑。

3) 在核能供热发电厂安全关闭期，建议指定有关责任部门负责考虑、实施退役的前期工作。

核能供热发电厂退役将涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在核能供热发电厂运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在专门的退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。



表 6.1-1    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 6.1-2（1/2） 华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的水沉积量

单位：kg/km<sup>2</sup>/月

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
100	2383	2839	4841	4562	3212	3999	4439	4221	3929	4148	4091	3410	3783	2993	2733	2623	3638
200	2424	2765	4688	4405	3060	3850	4312	4108	3840	4177	4248	3707	4135	3295	2996	2793	3675
300	2425	2680	4592	4249	2811	3571	4069	3992	3801	4180	4367	4069	4485	3593	3213	2941	3690
400	2589	2689	4700	4340	3091	3880	4644	4564	4381	4858	5050	4771	5365	4668	3690	3322	4163
500	3411	3431	6319	6766	5026	6710	7979	7885	7293	9611	8483	7150	7337	5761	4784	4422	6398
600	3366	3131	5501	5419	3856	5131	6215	6040	5635	7330	6935	6182	6443	4964	4155	4407	5294
700	3069	2799	4578	4160	2808	3600	4264	4092	3847	4640	4854	4977	5527	4749	3676	4271	4120
800	3308	2906	5083	4812	2983	4480	4333	4439	4284	4347	4835	4945	6076	5326	4427	4825	4463
900	3676	3049	6057	5582	3605	5739	5355	5694	5616	5297	5876	5351	6838	5590	5314	5347	5249
1000	3401	3323	6224	5683	3421	4839	5282	4790	4542	4485	4901	4773	6347	5235	5254	5229	4858
1100	3250	3396	6300	5801	3197	3800	4268	3926	3175	3306	4022	4113	5894	4870	4987	5123	4339
1200	2744	2863	5100	4596	2474	2990	2648	2935	2344	2641	3362	3494	5535	1334	3502	4826	3337
1300	2258	2268	4771	3575	1866	2080	1941	2008	1783	2070	3049	3067	5020	2345	2165	4034	2769
1400	1675	1991	4004	3177	1561	1579	1438	1495	1278	1616	2375	2655	4280	2227	1720	3208	2267
1500	1333	1840	3093	2387	1157	1480	1335	1282	1030	1485	1791	2203	3366	2168	1452	2387	1862
1600	1154	1629	2378	1889	967	1380	1330	1149	854	1273	1319	1851	3128	2092	1313	1761	1592
1700	969	1498	2183	1794	886	1180	1182	982	766	1218	1208	1643	2859	1825	1332	1290	1426
1800	752	1363	1896	1506	761	1080	1001	796	644	1070	892	1291	2398	1557	1270	972	1203
1900	610	1244	1705	1414	665	840	907	734	590	894	718	1064	1827	1500	1157	805	1042
2000	518	1162	1602	1314	611	681	805	691	557	815	664	938	1665	1364	1005	615	938
2100	444	1123	1530	1179	548	639	735	595	503	773	603	686	1415	1204	782	432	824
2200	517	1009	1540	1135	527	579	706	544	491	663	603	579	1160	976	677	384	756
2300	513	798	1403	1072	496	447	695	513	473	496	592	486	915	756	561	331	659
2400	470	750	1162	934	425	396	671	500	404	452	526	397	731	617	468	285	574
2500	414	734	1032	866	384	365	662	484	333	431	479	343	567	488	330	247	510
2600	385	706	959	819	362	351	620	438	264	431	450	304	428	389	262	225	462

表 6.1-2（2/2） 华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的水沉积量

单位：kg/km<sup>2</sup>/月

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
2700	350	707	932	812	349	350	586	425	262	416	441	337	379	279	236	230	443
2800	332	589	946	800	338	337	586	420	261	375	459	455	334	240	202	235	432
2900	309	459	914	777	327	305	604	404	249	286	433	437	284	197	172	224	399
3000	286	424	893	770	315	284	609	381	238	232	410	403	273	158	158	199	377
3100	264	419	884	762	314	273	590	356	217	232	400	388	284	146	155	171	366
3200	258	404	851	752	305	275	585	351	215	222	372	361	318	141	163	170	359
3300	196	389	848	761	297	262	586	329	194	210	334	349	302	155	148	162	345
3400	153	365	807	736	284	245	571	320	191	190	256	342	281	145	133	157	323
3500	132	349	744	692	248	223	540	316	180	180	214	324	249	127	125	154	300
3600	131	318	727	675	237	213	490	300	169	169	203	306	234	112	120	151	285
3700	123	306	718	671	227	212	481	269	158	168	203	295	225	107	113	143	276
3800	112	283	665	632	206	202	461	247	140	156	191	207	219	104	107	115	253
3900	103	280	657	624	206	201	452	235	132	155	191	131	216	103	101	96	243
4000	97	267	593	595	196	181	432	214	120	144	181	109	204	96	97	89	226
4100	96	254	592	596	184	167	419	212	115	134	179	103	178	93	86	87	218
4200	89	257	591	608	180	163	405	201	107	135	168	100	116	89	62	80	209
4300	87	240	581	594	168	163	399	199	104	132	166	96	94	64	54	77	201
4400	84	206	556	558	168	153	399	179	100	114	155	90	87	53	51	72	189
4500	78	180	504	528	158	143	389	168	95	96	111	70	70	49	49	68	172
4600	78	176	504	529	158	143	370	164	92	92	108	68	66	46	49	67	169
4700	77	174	485	530	158	143	370	156	89	91	107	65	64	46	48	65	167
4800	70	167	469	541	158	141	370	147	82	90	102	61	60	44	44	58	163
4900	64	159	466	542	158	137	361	141	77	87	97	59	59	42	42	54	159
5000	62	157	465	543	158	135	361	138	75	84	95	57	57	40	39	53	157

表 6.1-3（1/2） 华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的盐沉积量

单位：kg/km<sup>2</sup>/月

距离	S	SSW	SW	WSW	W	WN	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
100	219.2	236.4	346.7	326.4	253.1	298.1	323.4	317.2	305.2	326.3	328.0	289.6	317.8	271.6	249.5	239.7	290.5
200	217.4	224.0	325.9	308.0	238.1	285.1	309.8	302.2	290.5	322.2	336.8	306.6	334.4	284.9	259.1	246.0	286.9
300	211.6	210.6	313.7	292.6	216.1	261.6	288.9	289.4	282.1	316.3	342.3	322.9	351.3	298.7	265.0	246.4	281.8
400	216.0	206.8	322.9	300.5	226.4	271.3	319.4	329.6	320.6	355.5	385.8	371.0	416.6	393.5	304.4	260.2	312.5
500	284.3	266.9	466.0	503.6	391.1	524.3	617.5	622.5	581.3	780.5	687.0	575.6	598.6	487.7	396.9	350.6	508.4
600	300.5	264.7	432.6	448.6	342.2	451.1	553.5	547.3	521.4	700.9	649.9	559.7	549.7	397.5	364.2	376.4	466.3
700	281.2	239.2	355.6	343.6	256.1	335.5	394.5	387.6	367.3	482.3	490.2	465.7	455.6	387.9	298.0	360.0	368.8
800	302.1	254.7	391.2	382.5	262.6	407.9	393.1	408.9	396.8	457.8	469.8	456.6	493.8	416.0	339.9	399.7	389.6
900	332.7	270.6	482.4	453.9	308.1	519.8	482.3	524.5	526.1	548.0	568.2	503.2	572.2	406.1	416.4	440.3	459.7
1000	316.9	282.8	498.5	463.1	296.7	467.1	468.9	470.1	461.5	500.0	508.5	464.5	539.8	381.8	411.1	431.6	435.2
1100	292.2	275.6	497.0	463.7	281.4	357.8	349.3	354.3	315.7	348.6	430.4	413.2	510.1	342.4	376.5	409.8	376.1
1200	262.5	235.3	426.4	393.6	237.5	297.5	237.8	276.5	250.6	293.5	390.8	363.2	499.0	119.7	269.9	393.0	309.2
1300	229.6	209.5	401.8	307	176.5	220.8	185.9	206.5	205.2	249.6	353.6	331.5	478.2	179.7	172.3	336.7	265.3
1400	184.1	187.8	354.8	279.4	157.7	177.2	139.2	153.8	149.5	210.6	299.9	309.5	408.7	170.6	137.5	281.8	225.1
1500	155.1	177.7	289.4	228.5	129.5	170.4	128.6	136.8	126.2	198.6	258.4	282.5	323.4	165.5	118.3	230.1	194.9
1600	134.9	152.0	239.7	194.9	115.5	160.3	119.1	121.2	107.2	174.5	215.7	254.2	317.4	177.1	114.2	180.0	173.6
1700	111.6	138.9	218.5	179.4	107.1	151.9	110.7	109.9	99.68	163.2	193.7	223.7	302.4	169.7	119.6	138.8	158.7
1800	88.67	127.2	184.4	142.3	84.73	134.3	93.87	92.78	86.21	144.3	144.1	183.0	253.6	139.4	115	111.1	132.8
1900	75	116.2	169.1	130.2	75.8	107.8	86.59	85.2	79.56	119.8	126.3	162.2	205.7	147.4	108.8	94.54	118.1
2000	66.48	108.4	164.0	127.3	71.2	89.3	79.04	81.45	77.31	110.2	119.5	150.5	196.8	143.5	100.7	77.09	110.2
2100	59.79	104.1	158.6	118.9	66.95	84.18	73.97	74.57	72.86	104.8	114.7	127.8	182.4	128	88.46	59.63	101.2
2200	56.12	94.91	148.4	110.5	64.44	80.05	72.34	70.47	71.43	96.25	105.5	109.4	156.2	112.8	79.07	52.31	92.53
2300	52.53	77.08	136.4	102.5	60.19	68.94	71.11	67.98	69.13	79.66	95.69	93.06	132.0	96.9	69.73	45.09	82.39
2400	47.96	73.06	119.5	91.72	53.54	62.16	68.77	66.72	64.1	71.96	87.18	81.11	115.1	82.89	61.4	39.19	74.15
2500	42.66	71.33	106.4	84.82	49.41	58.13	65.88	63.6	56.92	67.2	80.01	72.56	97.58	70.68	49.36	35.39	67.00
2600	38.98	68.94	98.1	79.97	46.13	56.3	59.38	56.25	46.21	65.83	74.5	66.65	79.58	60.82	41.47	32.96	60.75
2700	37.27	66.57	95.93	78.54	45.05	55.37	58.33	56.27	46.24	64.44	71.52	64.23	69.63	50.16	37.19	31.99	58.05
2800	35.42	59.19	94.04	75.73	42.73	53.23	57.47	55.53	45.88	60.91	70.26	62.5	61.16	44.06	32.96	30.79	55.12



表 6.1-3（2/2） 华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的盐沉积量

单位：kg/km<sup>2</sup>/月

距离	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
2900	34.11	50.95	89.8	71.92	39.31	47.38	57.98	54.03	45.32	51.82	65.02	58.58	55.19	36.9	30.1	28.9	51.08
3000	32.75	47.12	84.43	68.82	37.2	41.9	57.7	52.21	43.79	44.39	59.43	53.2	51.52	32.17	28.57	26.35	47.60
3100	31.25	45.9	82.54	67.21	36.07	40.96	56.15	49.12	41.38	43.31	57.41	50.39	49.27	29.94	27.14	24	45.75
3200	29.75	43.12	74.94	62.38	33.31	39.89	55.78	48.26	40.66	40.4	49.4	44.51	44.51	28.41	26.04	23.59	42.81
3300	24.88	40.11	73.47	61.81	32.88	36.51	53.24	44.64	37.38	35.48	46.24	42.86	42.86	26.18	23.08	22.01	40.23
3400	22.34	37.77	69.77	58.93	30.63	33.44	52.79	44.33	36	32.57	40.67	41.43	39.36	24.03	21.26	21.79	37.94
3500	21.12	35.71	65.39	56.04	28.07	31.44	50.67	43.29	34.67	31.47	36.62	39.34	35.38	21.47	19.69	21.22	35.72
3600	20.4	33.77	63.42	54.53	27.15	30.28	47.85	41.07	33.39	30.84	35.72	38.21	33.78	19.05	18.84	20.59	34.31
3700	18.04	32.65	61.36	52.24	26.26	29.95	41.56	35.19	29.39	30.36	34.89	35.76	32.39	18.4	17.17	18.5	32.13
3800	16.1	30.71	58.55	49.68	24.94	28.8	37.54	31.51	26.67	28.53	33.66	30.01	31.8	17.59	15.94	16.01	29.88
3900	15.2	30.01	55.7	48.82	24.32	28.15	36.54	30.47	24.94	27.77	32.7	25.03	30.9	17.13	15.32	14.6	28.60
4000	14.51	28.05	50.36	45.6	22.52	25.85	35.05	29.14	23.25	26	31.43	22.79	29.13	15.84	14.69	13.9	26.76
4100	14.09	26.96	47.91	43.56	21.05	24.8	34.29	28.42	22.58	25.41	30.29	21.68	26.16	15.29	13.65	13.67	25.61
4200	13.33	25.78	46.88	42.76	20.44	23.56	33.09	27.33	21.59	24.65	29.79	20.93	22.13	14.31	11.88	13.03	24.47
4300	13	23.77	45.26	41.52	19.79	23.2	32.75	27.13	21.39	23.77	28.69	20.13	20.17	12.81	11.24	12.64	23.58
4400	12.58	20.28	40.89	38.16	18.39	22.36	32.15	26.11	20.73	21.83	23.99	18.08	18.37	11.5	10.89	12.03	21.77
4500	11.78	18.16	38.07	36.5	17.89	20.99	30.97	24.66	19.9	19.52	21.03	16.68	17.24	10.92	10.49	11.39	20.39
4600	11.67	17.23	36.79	35.51	17.21	19.72	29.78	24.51	19.75	18.24	20.28	15.95	16.18	10.38	10.31	11.22	19.67
4700	11.63	16.88	34.94	34.5	16.68	19.25	29.58	23.89	19.26	18.03	19.85	15.23	15.52	9.96	9.99	10.83	19.13
4800	9.87	16.23	33.06	33.12	15.94	18.57	28.31	22	17.92	17.62	17.95	14.16	14.76	9.5	9.06	9.55	17.98
4900	8.9	15.55	32.8	32.76	15.62	18.12	27.67	21.11	17.12	17.24	16.6	13.58	14.27	9.16	8.43	9.01	17.37
5000	8.4	15.05	32.72	32.73	15.49	17.35	27.24	20.56	16.48	15.98	16.18	13.13	13.94	8.69	7.74	8.44	16.88

表 6.1-4（1/4） 华龙两座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的雾羽长度频率分布

单位：%

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
5	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
10	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
15	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
20	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
25	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
30	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
35	2.72	4.48	10.61	9.73	5.74	7.85	8.11	8.28	7.33	7.36	7.49	4.53	5.39	3.12	2.69	3.04	98.46
40	2.64	4.01	9.65	9.19	5.55	7.75	8.04	8.04	7.04	6.93	6.46	4.14	4.98	3.04	2.61	2.92	92.99
45	2.59	3.92	9.27	8.95	5.39	7.62	7.87	7.58	6.68	6.59	6.04	3.93	4.59	2.91	2.55	2.81	89.27
50	2.52	3.64	8.36	8.05	4.75	5.54	6.63	6.04	4.72	4.66	4.57	3.28	4.12	2.71	2.28	2.59	74.45
55	2.32	3.4	7.58	6.91	4.13	5.11	6.11	5.47	4.14	3.96	3.65	2.69	3.68	2.5	2.01	2.39	66.06
60	2.24	3.4	6.99	6.43	3.95	5.11	5.82	4.95	3.88	3.96	3.44	2.53	3.4	2.5	1.91	2.25	62.77
65	2.06	3.12	6.4	5.49	3.16	3.81	4.65	3.72	2.84	2.33	2.43	1.86	2.68	2.08	1.6	1.96	50.2
70	1.94	3.12	6.11	5.32	2.98	3.81	4.33	3.43	2.69	2.33	2.28	1.79	2.56	2.08	1.54	1.85	48.16
75	1.76	3	5.97	5.15	2.91	3.64	4.06	3.09	2.28	2.11	2.04	1.66	2.36	1.93	1.31	1.66	44.95
80	1.53	3	4.87	4.41	2.47	3.64	3.73	2.65	1.93	2.11	1.7	1.24	1.8	1.93	1.13	1.44	39.59
85	1.19	3	4.87	4.41	2.47	3.64	3.11	2.02	1.28	2.11	1.7	1.24	1.8	1.93	0.7	0.99	36.47
90	0.75	2.77	4.87	4.41	2.47	3.35	2.37	1.47	0.91	1.99	1.7	1.24	1.8	1.8	0.4	0.62	32.94
95	0.75	2.77	3.95	3.74	1.8	3.35	2.37	1.47	0.91	1.99	1.2	0.86	1.18	1.8	0.4	0.62	29.17
100	0.55	2.1	3.3	3.28	1.52	2.49	1.99	0.99	0.58	1.55	0.9	0.55	0.76	1.14	0.24	0.41	22.35
105	0.55	1.39	3.3	3.28	1.52	1.69	1.99	0.99	0.58	1.08	0.9	0.55	0.76	0.61	0.24	0.41	19.84
110	0.51	1.16	2.43	2.53	0.98	1.47	1.79	0.89	0.46	0.9	0.35	0.24	0.33	0.48	0.15	0.35	15.05
115	0.51	0.83	2.43	2.53	0.98	0.73	1.79	0.89	0.46	0.46	0.35	0.24	0.33	0.18	0.15	0.35	13.23
120	0.51	0.81	2.42	2.48	0.96	0.69	1.79	0.89	0.46	0.42	0.34	0.19	0.33	0.15	0.15	0.35	12.95
125	0.51	0.81	2.42	2.48	0.96	0.69	1.79	0.89	0.46	0.42	0.34	0.19	0.33	0.15	0.15	0.35	12.95
130	0.51	0.81	2.42	2.48	0.96	0.69	1.79	0.89	0.46	0.42	0.34	0.19	0.33	0.15	0.15	0.35	12.95
135	0.51	0.81	2.42	2.48	0.96	0.69	1.79	0.89	0.46	0.42	0.34	0.19	0.33	0.15	0.15	0.35	12.95
140	0.51	0.81	2.42	2.48	0.96	0.69	1.79	0.89	0.46	0.42	0.34	0.19	0.33	0.15	0.15	0.35	12.95

表 6.1-4（2/4） 华龙两座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的雾羽长度频率分布

单位：%

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
145	0.42	0.81	2.42	2.48	0.96	0.69	1.63	0.63	0.38	0.42	0.34	0.19	0.33	0.15	0.09	0.3	12.24
150	0.42	0.81	2.42	2.48	0.96	0.69	1.63	0.63	0.38	0.42	0.34	0.19	0.33	0.15	0.09	0.3	12.24
155	0.42	0.64	2.42	2.48	0.96	0.4	1.63	0.63	0.38	0.23	0.34	0.19	0.33	0.07	0.09	0.3	11.51
160	0.42	0.64	2.13	2.17	0.78	0.4	1.63	0.63	0.38	0.23	0.27	0.15	0.24	0.07	0.09	0.3	10.53
165	0.24	0.64	2.13	2.17	0.78	0.4	1.42	0.37	0.27	0.23	0.27	0.15	0.24	0.07	0.05	0.18	9.6
170	0.24	0.64	2.13	2.17	0.78	0.4	1.42	0.37	0.27	0.23	0.27	0.15	0.24	0.07	0.05	0.18	9.6
175	0.24	0.64	2.13	2.17	0.78	0.4	1.42	0.37	0.27	0.23	0.27	0.15	0.24	0.07	0.05	0.18	9.6
180	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
185	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
190	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
195	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
200	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
205	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
210	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
215	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
220	0.24	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.42	0.37	0.27	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.05	0.18	7.57
225	0.1	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.29	0.18	0.13	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.02	0.05	6.82
230	0.1	0.47	1.61	1.52	0.56	0.24	1.29	0.18	0.13	0.18	0.21	0.09	0.15	0.02	0.02	0.05	6.82
235	0.1	0.19	1.61	1.52	0.56	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.21	0.09	0.15	0.01	0.02	0.05	6.42
240	0.1	0.19	1.61	1.52	0.56	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.21	0.09	0.15	0.01	0.02	0.05	6.42
245	0.1	0.19	1.61	1.52	0.56	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.21	0.09	0.15	0.01	0.02	0.05	6.42
250	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
255	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
260	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
265	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
270	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
275	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
280	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72



表 6.1-4（3/4） 华龙两座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的雾羽长度频率分布

单位：%

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
285	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
290	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
295	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
300	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
305	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
310	0.1	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.29	0.18	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.02	0.05	4.72
315	0.07	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.02	0.17	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.01	0.03	4.37
320	0.07	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.02	0.17	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.01	0.03	4.37
325	0.07	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.02	0.17	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.01	0.03	4.37
330	0.07	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.02	0.17	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.01	0.03	4.37
335	0.07	0.19	0.86	1.04	0.35	0.17	1.02	0.17	0.13	0.14	0.09	0.01	0.08	0.01	0.01	0.03	4.37
340	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
345	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
350	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
355	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
360	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
365	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
370	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
375	0.07	0.17	0.86	1.04	0.35	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.09	0.01	0.08	0	0.01	0.03	4.24
380	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31
385	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31
390	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31
395	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31
400	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31
405	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31
410	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31
415	0.07	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	1.02	0.17	0.13	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.31



表 6.1-4（4/4） 华龙两座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的雾羽长度频率分布

单位：%

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
420	0	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	0	0	0	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.88
425	0	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	0	0	0	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.88
430	0	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	0	0	0	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.88
435	0	0.17	0.55	0.54	0.27	0.09	0	0	0	0.11	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.88
440	0	0	0.55	0.54	0.27	0	0	0	0	0	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.51
445	0	0	0.55	0.54	0.27	0	0	0	0	0	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.51
450	0	0	0.55	0.54	0.27	0	0	0	0	0	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.51
455	0	0	0.55	0.54	0.27	0	0	0	0	0	0.06	0.01	0.08	0	0	0	1.51
460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
465	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
470	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
475	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
485	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
495	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-5（1/2） 高温堆单座冷却塔（以高温堆一期工程单座冷却塔为中心）周边不同方位和距离处的雾羽长度频率分布

单位：%

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
5	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
10	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
15	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
20	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
25	2.72	4.75	11.07	9.8	5.78	7.85	8.14	8.32	7.35	7.46	7.72	4.65	5.45	3.15	2.74	3.06	100
30	2.68	4.21	9.68	9.04	5.39	7.42	8.03	8.03	7.03	7.02	6.74	4.25	5.01	3	2.63	2.93	93.09
35	2.47	3.38	7.6	8.05	5.05	6.74	7.52	6.98	5.9	5.93	5.06	3.45	4.25	2.74	2.35	2.64	80.09
40	2.19	2.89	6.28	6.22	3.82	4.4	5.82	4.84	3.81	3.61	3.28	2.52	3.37	2.32	2.03	2.27	59.68
45	1.92	2.58	5.38	5.37	3.16	3.66	4.81	3.7	2.77	2.66	2.6	1.93	2.68	1.75	1.67	1.99	48.62
50	1.42	1.76	4.29	4.18	2.36	2.45	3.36	2.36	1.52	1.32	1.38	0.99	1.54	0.99	0.92	1.36	32.22
55	0.79	1	3.07	3.12	1.69	1.59	2.48	1.54	0.99	0.94	0.92	0.53	0.91	0.43	0.42	0.62	21.04
60	0.47	0.67	2.33	2.51	1.13	0.8	1.91	0.96	0.48	0.54	0.4	0.23	0.4	0.19	0.17	0.34	13.53
65	0.38	0.5	1.93	2	0.87	0.5	1.76	0.69	0.38	0.27	0.29	0.15	0.23	0.05	0.09	0.27	10.34
70	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
75	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
80	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
85	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
90	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
95	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
100	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
105	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
110	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
115	0.24	0.37	1.48	1.58	0.59	0.29	1.5	0.38	0.3	0.17	0.22	0.08	0.15	0.02	0.05	0.18	7.58
120	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
125	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
130	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
135	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
140	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27

表 6.1-5（2/2） 高温堆单座冷却塔（以高温堆一期工程单座冷却塔为中心）周边不同方位和距离处的雾羽长度频率分布

单位：%

距离（m）	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
145	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
150	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
155	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
160	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
165	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
170	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
175	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
180	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
185	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
190	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
195	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
200	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
205	0.21	0.37	1.21	1.11	0.51	0.21	1.22	0.37	0.3	0.15	0.18	0.08	0.15	0.01	0.03	0.17	6.27
210	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
215	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
220	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
225	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
230	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
235	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
240	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
245	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
250	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
255	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
260	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
265	0.07	0.17	0.54	0.61	0.31	0.1	1.02	0.16	0.13	0.13	0.06	0.01	0.08	0	0.01	0.03	3.41
270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-6 华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处的荫屏小时数

单位：h

距离 (m)	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
200	1577.	1554.	1567.	1584.	1698.	1828.	1880.	1941.	1970.	1949.	1906.	1827.	1741.	1666.	1626.	1636.	1747.
400	1049.	1029.	1052.	1131.	1324.	1542.	1543.	1492.	1393.	1424.	1437.	1476.	1392.	1323.	1249.	1203.	1316.
600	467.7	502.0	582.0	742.7	1023.	1126.	985.3	821.9	719.3	711.7	780.3	947.9	1082.	1064.	849.6	575.5	811.4
800	295.3	311.7	402.5	537.7	810.3	848.3	671.4	536.8	456.6	417.8	471.2	592.6	1011.	1379.	698.3	353.9	612.2
1000	233.1	239.0	310.0	443.7	648.6	645.3	483.2	378.3	312.3	287.5	311.5	411.9	982.4	1757.	588.4	272.5	519.1
1200	180.3	212.5	260.0	370.7	521.0	487.3	374.5	239.8	204.4	175.9	231.3	301.7	806.2	180.6	463.8	203.6	325.9
1400	134.1	173.8	225.3	326.4	435.1	377.8	289.1	175.6	135.0	111.9	163.8	187.5	586.3	1341	298.3	134.2	318.5
1600	96.35	144.3	199.3	291.4	355.0	306.8	237.8	126.7	102.8	90.25	121.2	143.1	367.0	667.3	157.8	84.16	218.2
1800	73.28	115.3	186.2	255.6	288.5	253.9	199.4	110.5	84.1	70.36	98.53	124.5	240.3	352.9	76.39	56.46	161.6
2000	56.84	93.1	172.3	237.4	225.4	217.8	176.2	95.47	72.44	60.35	82.09	103.5	184.5	193.8	54.46	46.47	129.5
2200	44.31	76.73	159.7	224.5	194.5	202.9	129.6	80.5	64.01	47.88	58.51	87.93	127.2	130.3	39.35	37.11	106.5
2400	36.61	61.98	143.8	208.6	158.2	170.9	113.7	74.09	57.65	42.59	48.27	62.76	95.27	106.4	34.61	31.17	90.43
2600	31.72	51.05	122.4	193.5	136.4	152.1	99.9	67.34	51.02	34.36	35.67	52.46	72.73	89.48	24.96	24.16	77.46
2800	29.38	39.91	102.6	179.9	122.1	133.6	87.04	53.98	42.22	31.68	29.9	44.36	54.63	69.6	18.97	20.09	66.26
3000	23.44	29.94	91.05	163.7	107.2	120.7	73.26	51.61	34.68	30.06	28.01	38.14	40.34	47.38	16.54	17.92	57.14
3200	17.15	25.34	80.72	152.3	99.6	110.5	60.29	49.44	28.78	27.99	25.98	33.95	31.86	39.43	14.8	15.45	50.85
3400	14.68	18.93	67.7	140.4	88.98	96.71	53.93	44.96	27.62	22.74	22.13	27.86	22.83	33.13	12.77	13.65	44.31
3600	10.73	13.38	60.6	131.4	79.62	78.85	49.62	39.51	21.8	20.09	19.5	24.79	17.94	28.15	9.79	12.12	38.62
3800	7.63	9.64	50.93	116.1	73.05	71.16	44.05	33.13	21.57	17.64	18.08	22.03	14.48	23.21	8.46	11.62	33.92
4000	6.37	5.83	43.81	109.9	68.95	68.16	34.61	29.65	21.03	16.09	13.97	21.5	11.39	21.21	7.81	9.84	30.64
4200	4.65	3.09	36.49	102.1	63.78	63.56	33.82	25.49	19.25	14.77	10.14	21.1	10.93	18.64	7.64	7.37	27.68
4400	2.84	2.08	26.9	97.58	57.25	58.27	31.29	24.01	16.53	13.18	8.09	19.63	10.08	17.65	6.76	4.82	24.81
4600	2.1	1.51	22.17	86.6	48.71	52.44	26.99	22.45	13.94	11.51	6.83	16.7	10.35	14.95	5.52	3.95	21.67
4800	1.27	1.4	16.8	80.51	44.2	48.75	24.36	20.36	11.98	9.74	6.18	17.25	9.58	14.83	3.9	3.16	19.64
5000	0	1.4	14.57	69.05	43.84	42.85	23.62	17.86	11.54	9.02	5.73	16.66	9.25	12.75	3.02	2.6	17.74



表 6.1-7 华龙两座冷却塔叠加高温堆单座冷却塔（以华龙一期工程北向第一座塔为中心）周边不同方位和距离处太阳辐射损失百分比

单位：%

距离 (m)	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	AVG
200	22.85	22.76	23.07	23.49	25.06	27.32	28.99	30.27	30.8	29.85	28.36	26.6	24.98	23.8	23.04	23.33	25.91
400	13.88	13.91	13.88	15.03	17.87	22.21	24.53	25.3	23.2	22.93	21.29	20.03	17.9	16.87	16.14	16.13	18.82
600	5.11	5.96	6.94	8.6	11.85	14.31	14.66	12.68	10.84	10.45	10.28	11.21	12.6	12.01	8.41	5.7	10.10
800	2.93	3.38	4.54	5.89	8.31	9.8	8.77	7.48	6.65	5.64	5.58	6.39	13.62	17.68	7.3	3.41	7.34
1000	2.41	2.52	3.42	4.83	6.2	6.6	5.65	5	4.42	3.78	3.46	4.32	14.88	26.36	6.8	2.88	6.47
1200	1.87	2.28	2.91	3.71	4.95	4.4	4.12	2.99	2.76	2.16	2.27	3.01	12.01	1.71	5.84	2.35	3.71
1400	1.41	1.82	2.47	3.39	3.98	3	2.93	2.1	1.67	1.31	1.5	1.57	7.64	19.5	3.88	1.44	3.73
1600	0.88	1.51	2.25	3.06	3.21	2.3	2.26	1.41	1.2	1	0.99	1.06	3.34	7.78	1.78	0.74	2.17
1800	0.64	1.15	2.09	2.63	2.47	1.8	1.91	1.23	0.91	0.75	0.8	0.76	1.67	2.36	0.5	0.34	1.38
2000	0.47	0.98	1.98	2.45	1.72	1.5	1.7	1.1	0.8	0.63	0.66	0.57	0.94	0.89	0.29	0.25	1.06
2200	0.35	0.79	1.85	2.2	1.43	1.2	1.23	0.98	0.66	0.46	0.44	0.37	0.55	0.5	0.21	0.18	0.84
2400	0.26	0.62	1.59	2.04	1.1	1	1.1	0.82	0.56	0.41	0.42	0.32	0.4	0.3	0.19	0.13	0.70
2600	0.14	0.51	1.35	1.89	0.8	0.8	0.9	0.8	0.49	0.23	0.22	0.24	0.2	0.3	0.11	0.12	0.57
2800	0.11	0.33	1.19	1.77	0.7	0.7	0.8	0.6	0.38	0.21	0.11	0.2	0.12	0.2	0.07	0.1	0.47
3000	0.1	0.28	1.01	1.64	0.53	0.6	0.58	0.6	0.28	0.2	0.1	0.2	0.1	0	0.01	0.1	0.40
3200	0.1	0.19	0.81	1.5	0.4	0.5	0.53	0.6	0.27	0.2	0.1	0.09	0.06	0	0	0.09	0.34
3400	0.09	0.19	0.72	1.37	0.4	0.4	0.4	0.57	0.24	0.2	0.09	0.08	0.02	0	0	0.08	0.30
3600	0.02	0.18	0.67	1.33	0.3	0.4	0.4	0.45	0.24	0.2	0.09	0.05	0	0	0	0.04	0.27
3800	0	0.08	0.58	1.18	0.3	0.3	0.4	0.32	0.23	0.13	0.08	0	0	0	0	0	0.23
4000	0	0	0.41	1.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.22	0.1	0.08	0	0	0	0	0	0.19
4200	0	0	0.34	0.96	0.19	0.2	0.29	0.3	0.17	0.1	0.07	0	0	0	0	0	0.16
4400	0	0	0.22	0.92	0.18	0.2	0.28	0.3	0.16	0.1	0.04	0	0	0	0	0	0.15
4600	0	0	0.21	0.8	0.13	0.2	0.28	0.3	0.06	0.1	0	0	0	0	0	0	0.13
4800	0	0	0.16	0.68	0.1	0.2	0.23	0.27	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0.11
5000	0	0	0.15	0.43	0.1	0.1	0.2	0.22	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0.08

表 6.2-1 (1/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没	地表沉积	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
H-3	3.31E-19	0.00E+00	4.20E-11	5.70E-11	7.30E-11	1.20E-10	2.70E-11	3.45E-11	4.65E-11	9.60E-11
C-14	2.65E-18	1.68E-20	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	6.20E-12	8.90E-12	1.10E-11	1.90E-11
Kr-85m	6.83E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.55E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	3.94E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	9.72E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.27E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.39E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.11E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	5.44E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	1.85E-14	3.82E-16	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	7.40E-09	1.90E-08	3.70E-08	7.20E-08
I-132	1.14E-13	2.29E-15	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	9.40E-11	2.20E-10	4.50E-10	1.10E-09
I-133	3.00E-14	6.43E-16	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	1.50E-09	3.80E-09	8.30E-09	1.90E-08
I-134	1.32E-13	2.63E-15	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	4.50E-11	1.10E-10	1.80E-10	4.80E-10
I-135	8.09E-14	1.52E-15	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	3.20E-10	7.90E-10	1.70E-09	4.10E-09
Cr-51	1.53E-15	3.12E-17	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	3.70E-11	6.59E-11	1.00E-10	2.60E-10
Mn-54	4.14E-14	8.22E-16	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	1.50E-09	2.40E-09	3.81E-09	7.51E-09
Co-57	5.68E-15	1.16E-16	2.10E-10	5.80E-10	8.90E-10	2.90E-09	1.00E-09	1.50E-09	2.30E-09	4.40E-09
Co-58	4.82E-14	9.61E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.10E-09	3.10E-09	4.50E-09	9.00E-09
Co-60	1.27E-13	2.38E-15	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	3.10E-08	4.00E-08	5.90E-08	9.20E-08
Fe-59	6.04E-14	1.13E-15	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	3.70E-09	5.50E-09	7.90E-09	1.80E-08
Sr-89	4.46E-16	6.89E-17	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08

表 6.2-1（2/2） 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没	地表沉积	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
Sr-90	4.46E-16	6.89E-17	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08
Zr-95	3.65E-14	7.32E-16	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	4.80E-09	6.80E-09	9.70E-09	2.00E-08
Nb-95	3.78E-14	7.57E-16	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	1.50E-09	2.20E-09	3.10E-09	6.80E-09
Ru-103	2.28E-14	4.69E-16	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	2.40E-09	3.50E-09	5.00E-09	1.10E-08
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	2.80E-08	4.10E-08	6.40E-08	1.40E-07
Sb-125	2.05E-14	4.31E-16	1.10E-09	2.10E-09	3.40E-09	1.10E-08	4.80E-09	6.80E-09	1.00E-08	2.00E-08
Cs-134	7.66E-14	1.54E-15	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	2.00E-08	2.80E-08	4.10E-08	7.00E-08
Cs-136	1.07E-13	2.12E-15	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	2.80E-09	4.10E-09	5.70E-09	1.50E-08
Cs-137	2.92E-14	6.03E-16	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.90E-08	4.80E-08	7.00E-08	1.10E-07
Ba-140	8.83E-15	2.00E-16	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.10E-09	7.60E-09	1.10E-08	2.70E-08
Ce-141	3.53E-15	7.51E-17	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	3.20E-09	4.60E-09	6.30E-09	1.40E-08

表 6.2-2 气态途径元素浓集因子和转移系数

元素\途径	浓集因子		转移系数	
	牧草	农作物可食部分	奶 d/L	肉 d/kg
Ba	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-03	2.00E-03
Ce	1.00E-01	5.00E-02	3.00E-04	2.00E-04
Co	2.00E+00	8.00E-02	1.00E-02	7.00E-02
Cr	1.00E-01	1.00E-03	2.00E-04	9.00E-02
Cs	1.00E+00	4.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Fe	1.00E-01	1.00E-03	3.00E-04	5.00E-02
I	1.00E-01	2.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Mn	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-04	7.00E-04
Nb	2.00E-01	1.00E-02	4.00E-06	3.00E-06
Ru	2.00E-01	5.00E-02	3.00E-05	5.00E-02
Sb	1.00E-01	1.00E-03	2.50E-04	5.00E-03
Sr	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-03	1.00E-02
Zr	1.00E-01	1.00E-03	6.00E-06	1.00E-05



表 6.2-3（1/2）      液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m <sup>3</sup> /kg
H-3	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-11	2.30E-11	3.10E-11	6.40E-11	1.00E-04
C-14	1.68E-20	2.99E-21	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	2.00E-01
Cr-51	3.12E-17	3.34E-18	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	5.00E+00
Mn-54	8.22E-16	8.98E-17	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	3.05E-02*
Fe-59	1.13E-15	1.31E-16	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	5.00E+00
Co-58	9.61E-16	1.04E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.26E-01*
Co-60	2.38E-15	2.77E-16	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	2.26E-01*
Sr-89	6.89E-17	5.43E-19	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	2.51E-03
Sr-90	1.68E-18	1.12E-19	2.80E-10	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	2.51E-03
Sr-91	7.52E-16	7.61E-17	6.50E-10	1.20E-09	2.10E-09	5.20E-09	2.51E-03
Sr-92	1.27E-15	1.49E-16	4.30E-10	8.20E-10	1.40E-09	3.40E-09	2.51E-03
Y-90	1.10E-16	1.03E-18	2.70E-09	5.90E-09	1.00E-08	3.10E-08	1.00E+03
Y-91	7.49E-17	9.56E-19	2.40E-09	5.20E-09	8.80E-09	2.80E-08	1.00E+03
Zr-95	7.32E-16	7.91E-17	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	2.06E+01*
Nb-95	7.57E-16	8.20E-17	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	5.00E+01
Mo-99	1.85E-16	1.62E-17	6.00E-10	1.10E-09	1.80E-09	5.50E-09	0.00E+00
Tc-99m	1.22E-16	1.33E-17	6.40E-10	1.30E-09	2.30E-09	1.00E-08	1.00E-02
Ru-103	4.69E-16	4.95E-17	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	3.00E-02
Ru-106	0.00E+00	0.0-0E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	3.00E-02
Ag-110m	2.68E-15	2.97E-16	2.80E-09	5.20E-09	7.80E-09	2.40E-08	9.20E-01*
Sb-124	1.76E-15	2.00E-16	2.50E-09	5.20E-09	8.40E-09	2.50E-08	1.00E-01
Te-131m	1.39E-15	1.54E-16	1.90E-09	4.30E-09	7.80E-09	2.00E-08	1.00E-01
Te-131	4.94E-16	4.54E-17	8.70E-11	1.90E-10	3.50E-10	9.00E-10	1.00E-01
Te-132	2.31E-16	2.31E-17	3.80E-09	8.30E-09	1.60E-08	4.80E-08	1.00E-01
Te-134	8.89E-16	9.36E-17	1.10E-10	2.20E-10	3.90E-10	1.10E-09	1.00E-01

\*：数据取自中国辐射防护研究院 2024 年 5 月完成的《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程厂址接纳海域泥沙核素吸附特性研究总结报告》。

表 6.2-3（2/2）      液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m <sup>3</sup> /kg
I-131	3.82E-16	4.04E-17	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	2.00E-03
I-132	2.29E-15	2.46E-16	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	2.00E-03
I-133	6.43E-16	6.49E-17	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	2.00E-03
I-134	2.63E-15	2.86E-16	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	2.00E-03
I-135	1.52E-15	1.75E-16	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	2.00E-03
Cs-134	1.54E-15	1.66E-16	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	1.14E+00*
Cs-136	2.12E-15	2.34E-16	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	1.14E+00*
Cs-137	3.04E-18	6.70E-17	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	1.14E+00*
Cs-138	2.34E-15	2.66E-16	9.20E-11	1.70E-10	2.90E-10	1.10E-09	1.14E+00*
Ba-140	2.00E-16	1.91E-17	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.00E-01
La-140	2.24E-15	2.57E-16	2.00E-09	4.20E-09	6.80E-09	2.00E-08	0.00E+00
Ce-141	7.51E-17	7.78E-18	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	2.00E+02
Ce-143	3.19E-16	2.89E-17	1.10E-09	2.40E-09	4.10E-09	1.20E-08	2.00E+02
Ce-144	2.06E-17	1.95E-18	5.20E-09	1.10E-08	1.90E-08	6.60E-08	2.00E+02
Pr-143	2.07E-17	2.27E-19	1.20E-09	2.60E-09	4.30E-09	1.40E-08	0.00E+00
Pr-144	1.65E-16	5.07E-18	5.00E-11	9.50E-11	1.70E-10	6.40E-10	0.00E+00

\*：数据取自中国辐射防护研究院 2024 年 5 月完成的《江苏徐圩核能供热发电厂一期工程厂址接纳海域泥沙核素吸附特性研究总结报告》。

表 6.3-1 江苏徐圩核能供热发电厂与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

	江苏徐圩核能供热发电厂	田湾1-6号机组
建设规模	4台华龙一号+2台高温气冷堆	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

---

## 第七章 事故的环境影响和环境风险

### 7.1 放射性事故和后果评价

#### 7.1.1 事故描述

#### 7.1.2 事故后果计算

#### 7.1.3 事故后果评价

### 7.2 严重事故

#### 7.2.1 事故描述

#### 7.2.2 事故后果

#### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

### 7.3 场内运输事故

#### 7.3.1 新燃料运输事故

#### 7.3.2 乏燃料运输事故

#### 7.3.3 放射性固体废物运输事故

### 7.4 其他事故

#### 7.4.1 化学物爆炸

#### 7.4.2 火灾

#### 7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

### 7.5 事故应急

#### 7.5.1 制定场内核事故应急预案的主要依据

#### 7.5.2 应急组织

#### 7.5.3 应急状态分级

#### 7.5.4 应急设施

#### 7.5.5 应急响应能力的维持

#### 7.5.6 厂址周围道路条件

#### 7.5.7 应急计划区



## 7.1 放射性事故和后果评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2011 中事故工况下的辐射防护要求，需对本项目设计基准事故的潜在照射后果进行评价。本章针对 1、2 号机组华龙一号事故源项，采用厂址气象数据，计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果，并评价各事故的剂量后果是否满足 GB 6249-2011 的要求。

华龙一号机组所考虑的主要设计基准事故如下：

- 失水事故
- 控制棒弹出事故
- 蒸汽发生器传热管破裂事故
- 卡轴事故
- 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故
- 主蒸汽管道破裂事故
- 废气处理系统衰变箱破裂事故
- 化学容积控制系统容控箱破裂事故
- 燃料操作事故

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的相关规定，将失水事故、控制棒弹出事故、蒸汽发生器传热管破裂事故（事故前碘峰）、卡轴事故、主蒸汽管道破裂事故、燃料操作事故按照极限事故进行评价；蒸汽发生器传热管破裂事故（事故触发碘峰）、安全壳外含有一次侧冷却剂的小管道破损事故、废气处理系统衰变箱破损事故、化学和容积控制系统容控箱破裂事故按照稀有事故进行评价。

### 7.1.1 事故描述

#### 7.1.1.1 失水事故

一回路系统中等效直径大于 34.5cm 的破裂定义为大破口失水事故。

大破口失水事故通常可分为四个阶段：

- 喷放阶段，破裂开始到安注箱注射开始的阶段。
- 喷放结束/再灌水阶段，安注箱开始注射并持续直到堆芯底部开始淹没的过程。
- 早期再淹没阶段，直到安注箱注射结束。
- 晚后期再淹没阶段，直到堆芯完全骤冷和长期冷却建立。

大破口失水事故属于极限事故。

#### 7.1.1.2 控制棒弹出事故

控制棒弹出事故是由于控制棒驱动机构耐压壳机械损坏，导致控制棒组件和驱动轴弹出堆芯外。这种机械损坏将导致正反应性的快速引入和堆芯不利的功率分布畸变。事故中可能引起局部的燃料棒损坏。

控制棒弹出事故属于极限事故。

#### 7.1.1.3 蒸汽发生器传热管破裂事故

蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）考虑一根传热管完全双端剪切断裂。

假定事故出现在功率运行时，反应堆冷却剂被裂变产物污染的程度相当于具有有限数量破损燃料棒连续运行的情况。由于该事故使放射性冷却剂从 RCS 向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或蒸汽向冷凝器的排放系统失效，则放射性活度将通过蒸汽发生器的安全阀和（或）大气释放阀向大气排放。

SGTR 事故分析的分析目的如下：

- （1）验证无蒸汽发生器满溢发生，不会有向环境的放射性液体释放（工况 A）；
- （2）计算向环境的最大放射性蒸汽释放（工况 B）。

蒸汽发生器传热管破裂（事故并发碘尖峰）属于稀有事故，蒸汽发生器传热管破裂（事故前碘尖峰）属于极限事故。

#### 7.1.1.4 卡轴事故

该假想事故假设反应堆冷却剂泵转子瞬间卡住，受影响反应堆冷却剂环路的流量快速降低，导致反应堆在流量低信号下触发紧急停堆。如果事故发生时反应堆正在功率运行状态，堆芯流量降低会导致冷却剂温度快速升高。这种温度升高可能使燃料棒发生 DNB，此时如果反应堆没有紧急停堆，就可能导致燃料损伤。

卡轴事故属于极限事故。

#### 7.1.1.5 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故

这类事故是同反应堆冷却剂系统相连接并贯穿安全壳的小管道（例如取样管）破裂引起的。这类小截面管道破裂引起的冷却剂排放流量可以由一台上充泵来补充，稳压器内维持运行水位，允许操作员实施正常停堆。排放物所含放射性核素浓度与一次冷却剂的相同。

安全壳外含有一次冷却剂的小管道破裂事故属于稀有事故。

#### 7.1.1.6 主蒸汽管道破裂事故

蒸汽系统管道损坏最保守的假设是导致最快降温冷却的双端剪切断裂。

蒸汽系统管道破裂引起的蒸汽排放，最初将使蒸汽流量增加，而后在事故期间由于蒸汽压力下降，蒸汽流量减小。从一回路导出能量导致冷却剂的温度和压力下降。在存在负

的慢化剂温度系数的情况下，降温导致正反应性引入。

对于供热蒸汽管道破裂，一台华龙一号的供热母管蒸汽管道破口事故由主蒸汽隔离阀流通面积限制其瞬态后果，事故后果不超过主蒸汽管道断裂事故。对于汽轮机供汽蒸汽管道破裂，其事故后果也不超过主蒸汽管道断裂事故。

如果假定在紧急停堆之后具有最大负反应性的 RCCA 卡在完全抽出的位置，则增加了堆芯临界并返回功率运行的可能性。通过安全注射系统注射硼酸使堆芯最终停堆。

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。

#### 7.1.1.7 废气处理系统衰变箱破裂事故

废气处理系统（ZGT）的用途是从反应堆冷却剂中排除气体裂变产物，并处理和控制在气体放射性流出物向环境的释放。

处理废气使用了气体缓冲罐、过滤器和压缩机。在换料前反应堆先停堆，此时 ZGT 系统的废气总量最大。

ZGT 系统破损可能有各种起因，例如缓冲罐或贮存罐破裂、操作员差错或阀门失效等。

一个罐完全破裂导致事故发生时该罐内所含的所有气体和碘排放，并使得供给该破裂罐的管线在操纵员将其隔离前继续释放放射性活度。

考虑负荷跟踪运行情况下该事故的环境排放源项。ZBR 系统处理的一回路排放的含氢反应堆冷却活度在 ZGT 罐中积累。一回路水活度为瞬变之后达到的峰值。

废气处理系统衰变箱破裂事故属于稀有事故。

#### 7.1.1.8 化学容积控制系统容控箱破裂事故

某些液体罐也装有放射性气体，这些罐破损也会使气体向环境释放。

这类事故中的设计基准事故是化学和容积控制系统（RCV）罐破损。

在正常运行条件下，化学和容积控制系统 RCV 罐内贮存的放射性活度，尤其是气态活度是最大的放射性活度。

容积控制罐如果完全破损，该罐中全部液体和气体就释放到罐所在的房间中，并且在操纵员隔断 RCV 下泄管线之前，还会有一定量的液体继续释放出来。

化学容积控制系统容控箱破裂事故属于稀有事故。

#### 7.1.1.9 燃料操作事故

燃料操作事故是指一组乏燃料组件跌落在乏燃料水池内，导致经过辐照的这组乏燃料组件燃料棒包壳破损。假定事故发生在停堆后 100h，这是停堆后将乏燃料送至贮存池的最短时间。事故导致组件内所有的燃料棒包壳破损，包壳间隙中的放射性物质全部立即释



放到乏燃料水池中。裂变产物中惰性气体不滞留水中，乏燃料水池对不同形态碘的滞留因子不同。

燃料操作事故属于极限事故。

## 7.1.2 事故后果计算

### 7.1.2.1 事故大气弥散条件

采用厂址 2022 年 2 月~2024 年 1 月两整年气象铁塔 10 米高度风向、风速、大气稳定度三维联合频率以及厂址扩散参数计算大气弥散因子。对于保守模型，计算全厂址概率水平为 95%以及各方位概率水平为 99.5%的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子，取其中较大值作为 0~2 小时保守的大气弥散因子；对于现实模型，取全厂址 50%概率水平的小时大气弥散因子作为 0~2 小时现实的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

### 7.1.2.2 事故剂量

对各类设计基准事故分别计算了非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002，甲状腺内照射剂量转换因子取自于 ICRP71 号报告；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺剂量转换因子，则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。

## 7.1.3 事故后果评价

对于华龙一号，采用《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中相关规定进行事故后果评价。设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：

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

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



根据计算结果，华龙一号设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2011 的要求。

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

对于华龙一号机组，其设计上考虑了完善的严重事故预防及缓解措施，可以防止大量放射性向环境释放的严重事故发生。

### 7.2.2 事故后果

采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模式计算严重事故造成事故造成的放射性后果。NUREG/CR-4691 模拟了放射性物质释放入大气的严重事故的场外后果。NUREG/CR-4691 提出的评价模式可以估算公众剂量，健康效应以及环境污染的经济代价和损失。

利用厂址气象铁塔 2023 年一整年的逐时气象数据，采用 NUREG/CR-4691 评价模式，计算华龙一号机组二级 PSA 全事故谱 2 天、7 天、1 个月和 1 年内不同距离处超越指定有效剂量的概率。

结果表明，华龙一号二级 PSA 全事故谱概率加权后，在距离反应堆中心 1km 处，2 天有效剂量超过 10mSv、7 天有效剂量超过 50mSv、1 个月和一年有效剂量超过 30mSv 的概率均小于 30%。

### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

“华龙一号”三代核电技术设计上满足“纵深防御”原则，运行管理上考虑了多个防御层次，限制事故发展，防止堆芯熔化，缓解严重事故，包容放射性物质，减轻放射性物质释放后果。安全设施遵循多重性、多样性、独立性、保守性等设计原则。基于国际上对严重事故的研究成果和我国核安全法规的要求，考虑了完善的严重事故预防与缓解措施。

## 7.3 场内运输事故

### 7.3.1 新燃料运输事故

本项目新燃料组件的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，同时燃料棒包壳仍能保证芯块不漏失，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。

### 7.3.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国进行了多次大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

### 7.3.3 放射性固体废物运输事故

本工程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 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

NH 厂房废树脂收集在华龙一号 NH 厂房废树脂贮槽中，QF 厂房废树脂和废活性炭收集在华龙一号 QF 厂房的废树脂贮槽中。NH 厂房废树脂贮槽内废树脂通过废树脂屏蔽运输车送到 QF 厂房的废树脂贮槽，与 QF 厂房废树脂和废活性炭一并在厂房内进行干燥处理，经封盖和剂量检测后再转运至固体废物暂存库（QT）装入 HIC 暂存。废树脂屏蔽运输车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，避免软管和快速接头处废树脂泄漏。在装载时，废树脂屏蔽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。废树脂屏蔽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。废树脂屏蔽运输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，形成装有烘干盐的 200L 钢桶废物包，通过屏蔽运输车转运至 QT 库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 QS 厂房进行水泥固定处理，形成的 200L 桶装水泥固定体再送至 QT 库暂存。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。

华龙一号产生的杂项干废物用专用运输车运送到 QS 厂房，经处理后送至 QT 库暂存。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 10 $\mu$ Sv/h，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。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全，运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施，降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。放射性废物运输车辆司机上岗前经过驾驶训练和培训，在运输过程中严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

## 7.4 其他事故

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）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

### 7.4.1 化学物爆炸

厂区内贮存的化学物品中除了氢气以外，都不是直接易爆的化学物。氢气和氮气是一起作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧。清除覆盖气体时，是将这些气体排入放射性废气处理系统的衰变箱内。废气处理系统中配备有氢氧监测器，氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量，因而不会发生氢气爆炸事故。

### 7.4.2 火灾

本项目可能产生火灾危险的设备：

——所有使用润滑油的设备，例如：汽轮机、电动机、泵、伺服机构、阻尼器、变压器、膜压机等；

——电气设备和电缆；

——使用燃油的设备，如柴油发电机；



——除碘器；

——专用防护材料（油漆涂料、顶板等）。

本项目的防火设计严格执行有关的设计规范，例如《核动力厂设计安全规定》HAF102-2016；《核动力厂防火与防爆设计》HAD102/11-2019；《核电厂防火设计规范》GB/T 22158-2021，贯彻预防为主，防消结合的方针。通过预防火灾、限制火灾蔓延、火灾探测以及通过自动的或由电站运行人员操作的灭火措施来实现防火的目的。尽量使用非易燃的建筑材料和设备，对易产生火灾的物品要选择好安全贮存的位置。在设计中要考虑限制火灾蔓延的措施和设施。

### 7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

针对非放化学品的环评风险，按照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）的相关要求，根据本项目涉及的危险物质及工艺系统危险性和环境敏感程度确定环境风险潜势为 I，仅需要开展简单分析。

本项目仅涉及危险物质的使用与贮存，针对危险化学品的物理化学性质，在其使用过程中均采取相应的防护措施。

## 7.5 事故应急

### 7.5.1 制定场内核事故应急预案的主要依据

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）要求在厂址选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建厂址必须在其场内和场外核事故应急预案审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对营运单位制定核事故应急预案提出了相应的要求。

核事故应急的目的是在核设施发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

按照国家核事故应急条例、核应急法规要求，核设施场内核事故应急预案应该在首台机组首次装料前六个月完成。本工程将根据要求适时完成场内核事故应急预案编写并上报评审。

### 7.5.2 应急组织

#### 7.5.2.1 场内核应急组织

中核苏能核电有限公司在应急准备与响应中的主要责任如下：

（1）贯彻、执行国家核事故应急工作的方针、政策和法规；



（2）制定场内应急预案，建立场内应急组织，保障应急准备与响应所需资源，做好场内应急准备工作；

（3）确定电站的应急状态，及时、有效和协调地实施本项目场内应急响应行动，在事故造成的放射性后果实际或可能影响场外时，向江苏省核事故应急指挥部提出进入场外应急状态和采取公众防护行动的建议；

（4）按规定及时向国家核应急协调委员会（国家核应急办）、江苏省核事故应急委员会（江苏省核应急办）、生态环境部（国家核安全局）、生态环境部华东核与辐射安全监督站、国家能源局、中国核工业集团公司及中国核能电力股份有限公司等有关部门提供有关信息资料；

（5）配合和协助开展江苏省核事故应急委员会的应急准备和响应行动。

场内应急组织由应急指挥部及其领导下的运行控制组、设备抢修组、仪控抢修组、技术支持组、辐射防护组、后勤保障组、保卫消防组、公众信息组、建安协调组组成。后续在编制场内核事故应急预案时，将对本项目场内应急组织进一步完善。

#### 7.5.2.2 与外部核应急组织间的接口

根据国务院《核电厂核事故应急管理条例》，我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。

核事故应急期间，本项目应急指挥部有责任和义务及时向国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、江苏省核事故应急委员会（江苏省核应急办）、生态环境部（国家核安全局）、生态环境部华东核与辐射安全监督站、国家能源局、中国核工业集团公司和中国核能电力股份有限公司等部门和单位的应急机构（组织）通报和报告，并密切予以配合，协调一致地实施应急响应行动。必要时，本项目应急指挥部可请求和获得场外支援，同时电站也将接受来自上述单位的指示。

#### 7.5.3 应急状态分级

应急等级是指按照国家有关安全法规，根据核设施出现紧急情况其特征、性质、规模、后果及严重程度，特别是其可能造成放射性后果的严重性及影响范围对核设施的应急级别进行划分，以更好地实施应急响应行动。我国《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）规定核动力厂的应急状态分为：应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个等级。根据有关法规、标准的要求，同时按照本工程可能发生的事故和可能导致事故或事件的性质、特征、后果或可能的后果及其严重程度，将本项目的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个级别。

（1）应急待命：出现可能危及厂址安全的某些特定工况或事件，表明厂址安全水平处于不确定或可能有明显降低。

（2）厂房应急：厂址的安全水平有实际的或潜在的大的降低，但事件的后果仅限于厂房或场区的局部区域，不会对场外产生威胁。

（3）场区应急：厂址的工程安全设施可能严重失效，安全水平发生重大降低，事故后果扩大到整个场区，除了场区边界附近，场外放射性照射水平不会超过紧急防护行动干预水平，早期的信息和评价表明场外尚不必采取防护措施。

（4）场外应急：发生或可能发生放射性物质的大量释放，事故后果超越场区边界，导致场外的放射性照射水平超过紧急防护行动干预水平，以至于有必要采取场外防护措施。

各应急状态的启动条件、应急处置、响应终止将在场内核事故应急预案中详细给出，并且，为了迅速且恰当地确定应急状态等级，基于本工程的设计和厂址特征，将制定确定应急状态等级的应急初始条件以及应急行动水平，以便应急状态下能够快速准确地对应急状态进行分级。

#### 7.5.4 应急设施

本项目遵循积极兼容的原则建设场内应急设施，主要包括：主控制室、远程停堆站、技术支持中心、应急指挥中心、应急通讯系统、应急监测和评价设施、保卫消防设施、急救和医疗设施、公众信息中心、备用应急指挥中心等。

##### 7.5.4.1 主控制室

“华龙一号”机组每台机组设置有一个主控制室，主控制室是本项目在正常和事故工况下实施电站运行控制的关键场所，也是本项目应急响应期间运行控制组的主要工作场所，其在应急响应期间的主要功能为：

- 集中控制、监测、分析和诊断机组的运行和事故状态，保证安全运行、维持安全状态或缓解事故后果；
- 在应急指挥中心启动之前，履行应急启动、应急通知、应急指挥等功能。

##### 7.5.4.2 远程停堆站

“华龙一号”机组每台机组设有一个远程停堆站，是独立于主控制室的关键控制场所。主控室和远程停堆站分别位于不同的防火区域，它们之间的距离保证操纵员在 15 分钟之内能够到达，并保证撤离路径是安全的，其在应急响应期间的主要功能为：

- 当主控制室由于某种原因（如火灾）变得不可用时，可靠地控制反应堆的停堆过程直到其进入安全停堆状态，并确保反应堆余热的导出；

- 触发安全系统并监视其工作过程；
- 获取机组和反应堆状态的重要安全信息。

#### 7.5.4.3 技术支持中心

“华龙一号”机组每台机组设有一个技术支持中心。技术支持中心在平时用作机组当班安全工程师的值班场所，在应急响应期间则是供电站技术支持组成员工作的场所，其主要功能为：

- 对已经发生或可能发生的事故工况（包括严重事故）的分析、预测和诊断提供技术支持和指导；
- 对缓解事故或使机组或电站恢复到安全状态可采取的控制措施提供建议；
- 与机组主控制室、电站应急指挥中心进行信息交流，提供技术支持。

#### 7.5.4.4 应急指挥中心

应急指挥中心是在应急响应期间指挥场内应急响应和与场外协调应急响应行动的重要场所，其在应急响应期间的主要功能为：

- 统一指挥电站内部各应急专业组和应急人员的响应行动；
- 保持电站与国家和地方政府有关部门、行业主管部门以及场外应急组织之间的通信联系，接收和传送有关信息，协调场内外应急响应行动；
- 根据事故工况和事故释放源项，进行辐射后果评价，提出场外公众防护行动建议；
- 供执行设备检修、系统或设备损坏探查任务的人员以及有关配合人员集合与待命。

#### 7.5.4.5 保卫消防设施

保卫消防设施在应急时可实施区域控制、人员清点、厂区交通管制、火灾监控和报警。

#### 7.5.4.6 急救和医疗设施

厂区设置有职业医疗中心，应急指挥中心内部也设有医疗处置室，并配备简易医疗设备和器材，可在应急状况下进行伤员的现场救护和体表污染洗消。

#### 7.5.4.7 公众信息中心

公众信息中心主要功能是接待公众和新闻媒体的采访，对公众和新闻媒体的信息需求作出响应，发布有关本项目应急状态的信息，收集公众对有关本项目事故应急的舆论和反应，澄清失真的传闻等。

#### 7.5.4.8 备用应急指挥中心

在本项目处于事故工况下，且应急指挥中心失去可居留性后，备用应急指挥中心可以为应急指挥部提供应急指挥和决策的场所。



#### 7.5.4.9 应急通讯系统

应急通信系统主要包括语音通信、数据通信、和视频通信。由固定电话、移动电话、视频通信、卫星通信等多种通信手段组成常规通信与应急通信兼容的综合性应急通信网络。

应急通信是指挥和实施场内应急响应行动以及保持与场外应急组织联系的重要手段，通信设施的完善和信息传递的畅通是对整个应急响应过程的有力保障，应急通讯系统在应急状态下提供本项目场内应急组织及设施与国家核安全监管部门、组织之间的通信联络和信息传输，各应急通讯系统及设备能保证在应急状态下可提供可靠、冗余的场内、外通讯联络手段，各通讯子系统的关键设备均有备用。

#### 7.5.4.10 应急监测和评价设施

应急监测和评价设施主要包括机组事故工况监测与评价设施、环境辐射监测设施以及场外辐射后果评价设施，另外还包括消防仪控系统（包括火灾报警系统）等特殊的事件/事故监测与评价设施。

在应急情况下，机组事故工况和堆芯损坏状况监测和评价的设施主要用于反应堆装置的监测、控制和诊断系统，安全参数显示系统，辐射监测以及事故后监测。机组消防仪控系统（包括火灾报警系统）和地震保护仪控监测系统，属于特殊的事件/事故监测与评价设施。

场外辐射后果评价设施主要包括场外辐射后果评价系统及气象观测系统。环境辐射监测设施主要包括环境监测楼、固定式环境  $\gamma$  辐射监测站、监督性监测前沿站和流出物监测实验室、环境监测车和环境介质采样车等，这些场外辐射后果评价设施和环境辐射监测设施在设计上均是覆盖全厂使用，能够满足多机组事故应急状态需求。

### 7.5.5 应急响应能力的维持

为了能在一旦发生事故时能够快速有效地执行应急预案，应按照常备不懈的原则做好各项应急准备工作，维持必要的应急响应能力，主要包括：

#### （1）应急预案的修订和完善

根据应急演习及运行中实际出现过的应急状态，认真总结经验及教训，对应急预案及相关执行程序加以修订完善，本项目场内核事故应急预案至少每两年进行一次必要的修订并报国家核安全局审评。

#### （2）建立并坚持应急工作人员培训制度

应急培训是维持和提高应急岗位工作人员响应能力的主要手段，对所有应急工作人员进行定期培训，包括新提名的应急岗位工作人员的岗前培训及原有应急工作人员的定期轮



训。

### （3）应急设施、设备及通讯等系统的维护

所有应急设施、设备及通讯、监测、评价等系统都必须妥善维护，并有严格的保养及试验制度，以保证其处于随时可用状态。

### （4）按法规要求定期进行各种类型及规模的应急演练

应急演练是检验应急准备状况的主要手段。核事故应急响应过程十分复杂，因此应急演练也多种多样，一般按演习涉及的范围可分为：

- 单项演习：为检验某些应急响应基本技巧或分系统检验应急组织响应能力、应急设施核设备状况而进行的较小范围的演习，分练习和部分练习；要求每年至少一次，通讯及数据传输系统的练习则应更多。

- 综合演习：本项目应急组织全面启动的应急演练，应急响应过程中会涉及本项目的绝大部分甚至全部应急组织、应急设施及设备；要求每两年一次。

- 联合演习：场内、外应急组织全面启动的应急演练，要求在首次装料前进行，并在运行期间每五年一次。

## 7.5.6 厂址周围道路条件

厂址所在连云港市交通条件便利，高速公路方面已形成以 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。普通国省干线公路初步形成“六纵七横”布局，基本实现二级及以上全覆盖。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 10km 涉及省道 S242，县道 15 条，乡道 42 条。

本厂址周围交通便利，除分布有 G15、G228、S242 等干线公路或城市主干道外，还分布有连接至各村街不同等级的村道或乡道，便利的交通条件有利于制定和实施应急预案。

## 7.5.7 应急计划区

根据 GB/T 17680.1-2008《核电厂应急计划与准备准则第 1 部分：应急计划区的划分》中相关规定，在确定本工程应急计划区范围时，应遵循下述一般方法：

（1）确定应考虑的事故的类型及源项；

（2）计算事故通过烟羽照射途径使公众可能受到的预期剂量和采取特定防护行动后的可防止的剂量，并估计可能被污染的食品和饮用水的污染水平；计算中所用的环境转移模式和参数是审管部门推荐或认可的；

(3) 将所得到的剂量数据与 GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》所规定的相应的通用优化干预水平或行动水平进行比较，确定应急计划区的范围大小，使在所确定的应急计划区的范围之外，事故可能导致的公众剂量和食品与饮用水的污染水平分别低于相应的通用优化干预水平和行动水平。

GB/T 17680.1-2008《核电厂应急计划与准备准则第 1 部分：应急计划区的划分》中对大型压水堆应急计划区（EPZ）测算应考虑的事故给出了如下规定：

(1) 既应考虑设计基准事故，也应考虑严重事故，以使在所确定的应急计划区内所做的应急准备能应对严重程度不同的事故后果；

(2) 对于发生概率极小的事故，在确定应急计划区时可以不予考虑，以免所确定的应急计划区的范围过大而带来不合理的经济负担；

(3) 应利用国家有关审管部门认可的分析方法与程序来确定所考虑事故的源项与后果，在暂时没有合适的分析方法与程序可供利用的情况下，可参照利用同类机型同类事故的源项数据，但应经过论证；

(4) 确定应急计划区时所考虑的事故及源项应经国家有关审管部门认可。

根据 GB/T 17680.1-2008《核电厂应急计划与准备准则第 1 部分：应急计划区的划分》，在确定烟羽应急计划区范围时，应遵循如下安全准则：

(1) 在烟羽应急计划区外，所考虑的后果最严重的事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不应超过 GB18871-2002 所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平；

(2) 在烟羽应急计划区外，对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列，相应于特定紧急防护行动的可防止的剂量一般应不大于 GB 18871-2002 所规定的相应的通用优化干预水平。

在确定食入应急计划区范围时，应遵循的安全准则如下：

在食入应急计划区外，大多数严重事故序列所造成的食品和饮用水的污染水平不应超过 GB 18871-2002 所规定的食品和饮用水的通用行动水平。

根据《核电厂应急计划与准备准则 第 1 部分：应急计划区的划分》(GB/T 17680.1-2008) 的规定，对于压水堆核电厂，其烟羽应急计划区的区域范围，一般应考虑反应堆热功率的大小，在以反应堆为中心、半径 7-10km 范围内确定，其中内区半径为 3-5km；福岛事故后，国内大型压水堆烟羽应急计划区范围一般均按照内区 5km，外区 10km 来进行推荐。我国《国家核应急预案》（2013 年修订版）对食入应急计划区范围进行了规定，即以核电厂为中心、半径为 30 至 50 公里划定的区域。福岛事故后，根据国内其他核电项目的工程

实践，一般按 50km 来确定。

基于现阶段的初步评价结果，初步推荐本工程的应急计划区范围如下：

— 烟羽应急计划区：烟羽应急计划区外区范围是以本项目各机组反应堆厂房为中心，半径 10km 的包络区域，烟羽应急计划区内区范围是以本项目各机组反应堆厂房为中心，半径 5km 的包络区域。整个厂址的烟羽应急计划区范围，应是以各机组所确定的烟羽应急计划区范围的包络。

— 食入应急计划区：以本项目各机组反应堆厂房为中心，半径 50km 的包络区域。整个厂址的食入应急计划区范围，应是以各机组所确定的食入应急计划区范围的包络。

对于实际边界的确定，GB/T 17680.1-2008 要求还应考虑厂址周围的具体环境特征（如地形、行政区划边界、人口分布、交通和通信等）社会经济状况和公众心理等因素，使最终划定的应急计划区实际边界（不一定是圆形）符合实际，便于进行应急准备和应急响应。

## 第八章 流出物监测与环境监测

### 8.1 辐射监测

#### 8.1.1 流出物监测

#### 8.1.2 辐射环境监测

#### 8.1.3 应急监测

### 8.2 其他监测

#### 8.2.1 热影响监测

#### 8.2.2 化学污染物和生活污水监测

#### 8.2.3 液态流出物排放管线泄漏监测

#### 8.2.4 气象观测

#### 8.2.5 水文观测

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

#### 8.3.2 环境监测设施

#### 8.3.3 监督性监测设施

### 8.4 质量保证

#### 8.4.1 质量控制

#### 8.4.2 质量管理

表：

表 8.1-1 江苏徐圩核能供热发电厂正常运行期间环境辐射监测大纲初步方案

表 8.2-1 非放射性化学污染物和生活污水监测初步方案



## 8.1 辐射监测

### 8.1.1 流出物监测

本工程 1、2 号机组的运行期间流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。其中，气载和液态放射性流出物是造成环境污染的主要源项，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。

本工程 1、2 号机组将设置电厂辐射监测系统，对流出物的排放管道上的液态流出物和气载流出物进行监测，同时本工程 1、2 号机组将设置流出物实验室，对气载流出物及液态流出物的取样样品进行测量。

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 1、2 号机组制定流出物监测方案的主要依据和参考的文件如下：

- 《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）；
- 《Sampling airborne radioactive materials from the stacks and ducts of nuclear facilities》（ISO 2889-2023）；
- 《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》（NB/T 20374-2016）；
- 《气载放射性物质取样一般规定》（HJ/T 22-1998）；
- 《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）；
- 《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）》（国核安函[2014]49 号）；
- 《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》（国核安发[2020]44 号）。

#### 8.1.1.2 监测目的

本工程 1、2 号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，鉴别排放性质、种类及其程度，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。

#### 8.1.1.3 监测原则

本工程 1、2 号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1、2号机组采用单堆布置，每台机组核岛厂房设置一个排风烟囱，核岛反应堆厂房、安全厂房、核燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房及附属厂房的放射性排风经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放，每个烟囱均设有气载放射性流出物连续监测和取样测量。

#### 8.1.1.5 液态放射性流出物监测

来自核岛和常规岛各厂房和系统的放射性废液经处理后，分别汇总到核岛液态流出物排放系统及常规岛液态流出物排放系统的贮罐中，作为液态放射性流出物集中排放。本工程1、2号机组设有核岛/常规岛液态流出物排放厂房（QA/QB厂房）。QA/QB厂房主要收集、贮存和监测排放核岛和常规岛液态流出物。液体放射性流出物监测包括取样测量和连续监测。

#### 8.1.1.6 配合地方环保部门监督性监测

本工程建成后将采取以下措施，支持地方环保部门进行监督性监测：

（1）根据有关规范要求配合江苏省环保部门监督性监测流出物实验室的建设，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）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；

（4）向地方生态环境部门及时提供流出物监测月报表，地方生态环境部门以季报、年报的形式反馈给核能供热发电厂相关环境监测数据；

（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 1、2 号机组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。环境监测大纲将在运行阶段的环评报告中提供，本阶段的环评报告简要地描述运行后拟建的环境监测设施及设想的监测方案。

#### 8.1.2.1 监测依据

运行期间环境监测依据和参考的主要标准规范有：

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率技术规范》（HJ1157-2021）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- 《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》（国核安发[2012]98 号文）；
- 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发[2012]16 号文件）；
- 《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）》（国核安函[2014]49 号）。

#### 8.1.2.2 监测目的

运行期间环境监测的目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 $\gamma$ 辐射水平的变化，以评估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水平的变化，并查找原因；
- 评估厂址周围环境辐射水平变化趋势，采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

#### 8.1.2.3 监测范围

根据国家有关法规，运行期间拟进行环境辐射监测的范围如下：

- 环境 $\gamma$ 辐射水平监测范围为以厂址为中心半径 20km 范围内，其余陆地环境放射性监测项目的监测范围为半径 10km 范围内。
- 海洋环境放射性监测以本工程排水口为中心，最远半径为 10km，重点监测本工程排放口 2km 以内的海域。

#### 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）居民密集地区、主导风下风向及环境敏感点适当增加监测点；
- （3）与运行前环境调查保持适当比例的同位点；
- （4）环境 $\gamma$ 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；
- （10）关注废液排放管线环境辐射监测。



### 8.1.2.5 监测项目

本工程 1、2 号机组运行期间环境监测大纲初步方案详见表 8.1-1，主要监测项目有：

#### （1）气象要素测量

- 风速、风向、空气温度、相对湿度、降水量、大气压、天空总辐射、净辐射。

#### （2）环境 $\gamma$ 辐射水平监测

- 主要测量的项目有环境 $\gamma$ 辐射剂量率的连续监测、累积剂量监测及瞬时剂量率的测量。

#### （3）环境介质放射性核素浓度监测

- 气溶胶： $^{90}\text{Sr}$  及 $\gamma$ 能谱分析
- 大气沉降物： $^{90}\text{Sr}$  及 $\gamma$ 能谱分析
- 空气中  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $^{131}\text{I}$
- 降水： $^3\text{H}$
- 陆地水体

饮用水：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $\gamma$  能谱、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  分析；

地表水（水库、河流等）：总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  分析；

地下水： $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及 $\gamma$ 能谱，可选择部分点位分析  $^{14}\text{C}$ 。

- 陆生生物

肉类、水果、粮食、蔬菜等样品： $^3\text{H}$ (TFWT,OBT)、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 核素分析，每类至少选择一个样品进行  $^{90}\text{Sr}$  分析；

牛奶：进行  $^{131}\text{I}$  分析测量；

指示生物： $^{90}\text{Sr}$  和 $\gamma$ 能谱分析。

- 海洋介质

海水：总 $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^3\text{H}$ ，可选择部分点位分析  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及 $\gamma$ 能谱；

海洋沉积物： $^{90}\text{Sr}$  及 $\gamma$ 能谱分析，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： $^3\text{H}$ （TFWT，OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及 $\gamma$ 能谱分析。

- 土壤及底泥

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

#### （4）废液排放管线

针对取排水管线周边不同环境介质所受影响，排水管线的环境辐射监测初步拟定以下

内容，后续随项目进展进一步确定监测方案：

- 依托排水管线沿线布置的工作井或在排水管线沿线直接建造地下水监测井的方法对排水管下方的地下水进行定期取样监测，监测项目为  $\gamma$  能谱、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 。
- 加强关注排水管线沿线周围的环境敏感点位。

#### 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

- 物理测量和分析： $\alpha/\beta$ 放射性活度测量、 $\alpha$  能谱分析、 $\gamma$ 能谱分析、 $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  放射性活度测量；
- 放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的  $^{90}\text{Sr}$  等核素进行测量分析。

##### （2）固定式环境 $\gamma$ 辐射监测和移动式辐射监测

- 设置环境监测站，进行连续监测；
- 设置环境监测车/应急监测车进行本工程周边环境 $\gamma$ 辐射监测。

##### （3）气象观测

- 在气象塔及地面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）根据有关规范要求配合江苏省环保部门监督性监测前沿站及监测子站的建设；
- （2）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；
- （3）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解。

#### 8.1.3 应急监测

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 $\gamma$ 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）环境监测站：具备应急条件下进行连续监测的能力。
- （2）环境监测车/应急监测车和环境介质取样车：可以快速给出环境 $\gamma$ 辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等。
- （3）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。
- （4）移动式环境 $\gamma$ 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 $\gamma$ 辐射监测子系统，作为 $\gamma$ 辐射水平监测的补充手段，以快速恢复环境监测能力。
- （5）环境实验室：环境实验室在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

## 8.2 其他监测

### 8.2.1 热影响监测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。

### 8.2.2 化学污染物和生活污水监测

本工程1、2号机组非放射性生产废水排放执行《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）和《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017），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）车辆冲洗标准。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环境的影响，计划在废水处理工艺末端排放口进行非放射性污染物的监测，初步方案见表8.2-1。

### 8.2.3 液态流出物排放管线泄漏监测

本工程现阶段厂外液态流出物排放管道内置于排水管道中，内管走液态流出物，外管走非放循环冷却水。正常工况下，外管可能以微小渗漏的方式向环境持续泄漏，此时内管在正常情形下以微小渗漏或者异常破裂情形下向外管泄漏液态流出物并与非放循环冷却水混合。特殊工况下，外管可能以破裂的方式向环境一次性泄漏，通过在线监测方式及时发现管道破裂后停止管线的排放。采用该套管的管道布置方式进行液态流出物和循环冷却水排放，且内、外管按照核电厂的相关规范标准进行设计，强度较高，因此内、外管同时破裂的概率极低。

内管在线泄漏监测可以采用音波法，音波法使用的声波产生于振动发出的压力波，当管道发生泄漏时，管道内输送介质在泄漏瞬间产生具有一定特征的音波，并沿管道内介质

向两端传播，现场数据采集处理终端接收音波信号，与 GPS 时钟一起通过网络传输给泄漏监测定位服务器。泄漏监测定位服务器进行实时识别处理，确定管道是否发生泄漏，同时利用管段两端接收到信号的时差，判断泄漏发生位置。通过对泄漏点上下游临近流量计数据的采集计算，可以计算泄漏量。

音波法泄漏监测系统的主要性能指标可达到：

- 1) 灵敏度： $\geq 1\%$ 瞬时流量；
- 2) 定位精度： $\pm 200\text{m}$ ；
- 3) 响应时间： $\leq 1\text{min}$ ；
- 4) 误报频次：5 次/年。

液态流出物长距离排放管线跑冒滴漏的长期辐射影响评价，按保守考虑，假设渗漏发生的位置位于地下水迁移路径上距离环境敏感点（徐圩新区水源取水点）最近的位置，按持续渗漏考虑。

#### 8.2.4 气象观测

厂址气象站位于厂区的上风向，地势平坦，四周均十分开阔。气象观测系统由地面气象站和气象铁塔组成，地面气象站主要设置有气温、湿度、气压、风速、风向、降水、总辐射、净辐射等传感器，气象铁塔在 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度处架设了风速、风向和气温传感器。

观测期间（2022.2~2024.1）铁塔和地面站各气象数据的联合获取率为 99.31%，用于计算联合频率的各气象要素的数据联合获取率为 99.32%，满足导则要求。

#### 8.2.5 水文观测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

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

#### 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



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 1、2 号机组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：

（1）气象站

对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录。

（2）环境监测站

本厂址拟在厂区内设置 4 个环境监测站，在厂区外设置 12 个环境监测站，用于正常运行期间及应急期间的环境 $\gamma$ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。在监测站位置选择时，主要与结合监督性监测子站互补基本覆盖本厂址周围陆域各方位，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。

（3）环境监测车/应急监测车

设置环境监测车/应急监测车。定期对厂区周围环境 $\gamma$ 辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。

（4）环境介质采样车

环境介质采样车采集厂址周围各类环境介质，采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

（5）移动式环境 $\gamma$ 辐射监测子系统

可连续测量环境 $\gamma$ 辐射水平。在事故期间且固定式环境 $\gamma$ 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 $\gamma$ 辐射水平监测的补充手段。

### 8.3.2.2 环境实验室

环境实验室拟建设在烟羽应急计划区外并且避开了年主导风的下风向，用于环境介质样品的处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。

### 8.3.2.3 厂区及液态流出物排放管线地下水监测井

（1）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，将设置厂区地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。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：

（2）液态流出物排放管线监测井

依托排水管线沿线布置的工作井或在排水管线沿线直接建造地下水监测井的方法对排水管下方的地下水进行定期取样监测，监测项目为  $\gamma$  能谱、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 。该方案将根据工程设计进展进一步确定。

### 8.3.3 监督性监测设施

本厂址将依据《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，为地方生态环境部门建设监督性监测系统，监督性监测系统包括监督性流出物实验室、监督性监测前沿站、监督性监测子站等设施。

## 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《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等国家和行业标准规范的要求建立质量保证体系，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

为了保证辐射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《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等国家和行业标准规范的要求建立质量保证体系，制订环境及流出物监测大纲，对周围环境及流出物的监测进行质量控制和质量管理。

#### 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、交接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）采样装置应以文件形式说明其对放射性物质的收集效率；

（4）只要样品可获得，应采集不少于每批次样品总数 10% 的平行双样；

（5）样品在采集和运输过程中应防止样品被污染或样品对环境造成污染；

（6）应有一定比例的留样备查，实验室应明确规定不同类型留样的保存期。

#### 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；
- （2）分析测量的每种质量控制样品数不低于分析测量总样品数的 5%；
- （3）在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；
- （4）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；
- （5）参加能力验证或实验室之间分析测量比对活动，对存疑和不满意结果进行分析、查明原因并采取纠正措施；
- （6）对监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有需检定的放射性测量仪器都按照检定周期定期检定；
- （7）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）监测人员应正确理解监测方法中的计算公式，保证监测数据的计算和转换不出差错，计算结果应进行校核；
- （2）监测结果的有效位数应与监测方法中的规定相符，计算中间所得数据的有效位数应多保留一位；
- （3）数据处理计算中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须进行复核；
- （4）监测结果应使用法定计量单位；
- （5）采用计算机或自动化设备进行监测数据的采集、处理、记录、结果打印、储存、检索时，应建立和执行计算机数据控制程序，在数据的采集、转换、输入、输出、储存等过程中，保证信息的完整性、数据处理过程的可溯性。

### 8.4.2 质量管理

#### 8.4.2.1 组织机构

将针对辐射环境监测及流出物监测的特点，明确本单位质量管理体系建立、运行、维护和持续改进方面的责任、权力和工作程序，主要包括：

- （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，对从事辐射监测和质量管理的培训、资格确认、任用、授权和能力等进行规范管理，确保这些工作人员达到并保持与其承担的工作相适应的水平，因此，拟制定下列措施：

（1）从事辐射监测的人员必须具有相应的文化程度以及相关的专业知识和工作能力；

（2）对从事辐射监测的所有人员进行上岗前培训，熟练掌握有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价等内容，经技术考核取得相应的资格方能上岗；

（3）为了保持从事辐射监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。



表 8.1-1（1/3） 江苏徐圩核能供热发电厂正常运行期间环境辐射监测大纲初步方案

监测对象		布点原则	监测项目	采样频次	采样范围
γ辐射	辐射空气吸收剂量率	设置 16 个连续监测子站，原则上在烟羽应急计划区范围内 16 个方位布设监测站点，沿海核动力厂，靠海一侧可根据需要布设监测站点	γ辐射空气吸收剂量率	连续	10km
	γ辐射累积剂量	厂外烟羽最大浓度落点处；厂界周围 8 个方位角按半径 2km、5km、10km、20km 的圆所形成的各扇形区域内陆地（岛屿）布点；对照点	γ辐射累积剂量	1 次/季	20km
空 气	气溶胶 <sup>a</sup>	主导风下风向	每周测量一次γ能谱，当总β活度浓度大于该站点周平均值的 10 倍或γ能谱中发现人工放射性核素异常升高，则将滤膜样品取回实验室进行γ能谱等分析	总β：1 次/天或 γ能谱：1 次/周	10km
		厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向、主要居民点、对照点	γ能谱 年度混合样品分析 <sup>90</sup> Sr	累积采样，1 次/月，采样体积不低于 10000m <sup>3</sup>	10km
	沉降物 <sup>a</sup>	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10km 的居民区、对照点	γ能谱 年度混合样品分析 <sup>90</sup> Sr	累积采样，1 次/季	10km
	气体	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10km 的居民区、对照点	<sup>14</sup> C、 <sup>131</sup> I	累积采样，1 次/月	10km
	气体	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区<10km 的居民区任选其中 1~2 个点	<sup>3</sup> H（HTO）	1 次/周	10km
	降水	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10km 的居民区、对照点	<sup>3</sup> H	混合样品 1 次/月	10km

表 8.1-1（2/3） 江苏徐圩核能供热发电厂正常运行期间环境辐射监测大纲初步方案

监测对象			布点原则	监测项目	采样频次	采样范围
陆 地	表层土壤		<10km，16 个方位角内（主导风下风向适当加密），部分点位可同农作物采样点；对照点	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱，每个方位最近的 1 个点加测 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	10km
	植物 b	农作物	主导风下风向厂外最近的村镇；对照点	$^3\text{H}$ （TFWT，OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 能谱、每类至少选择一个样品进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析	收获期 1 次/年	10km
	动物 b	禽、畜	主导风下风向厂外最近的村镇；对照点	$^3\text{H}$ （TFWT，OBT）、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 能谱，每类至少选择一个样品进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析	1 次/年	10km
		牛（羊）奶	主导风下风向厂外最近的奶场；对照点	$^{131}\text{I}$	1 次/季	10km
	指示生物		尽量选择厂外烟羽最大浓度落点处	根据指示生物浓集特性确定监测核素种类	收获期 1 次/年	10km
陆 地 水	地表水 <sup>c</sup>		预计受沉降影响的地表水；上游对照点，可选择部分点位分析 $^{14}\text{C}$	总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$	平、枯水期各 1 次	10km
	地表水沉积物		同地表水	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 能谱，10km 范围内的水体加测 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	10km
	地下水 <sup>c</sup>	厂内监测井		$\gamma$ 能谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ ，可选择部分点位分析 $^{14}\text{C}$	1 次/月，抽测 1 次/月	10km
		可能受影响的地下水、对照点			平、枯水期各 1 次	10km

表 8.1-1（3/3） 江苏徐圩核能供热发电厂正常运行期间环境辐射监测大纲初步方案

监测对象			布点原则	监测项目	采样频次	采样范围
陆 地 水	饮用水 <sup>c</sup>		关键人群组饮水及可能受影响的水源	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 能谱、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ，可选择部分点位分析 <sup>90</sup> Sr、 <sup>14</sup> C	平、枯水期各 1 次	10km
	陆地水生生物 <sup>b</sup>	植物	主导风下风向厂外或流域覆盖厂址区域面积最大的水体；对照点	<sup>90</sup> Sr、 <sup>14</sup> C、 $\gamma$ 能谱	收获期 1 次/年	10km
		动物	主导风下风向厂外或流域覆盖厂址区域面积最大的水体；对照点	<sup>90</sup> Sr、 <sup>14</sup> C、 $\gamma$ 能谱	1 次/年	10km
海 洋	海水 <sup>c</sup>		排放口附近海域；对照点	<sup>3</sup> H、总 $\beta$ 、 <sup>40</sup> K，可选择部分点位分析 <sup>14</sup> C、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱	1 次/半年	10km
	海洋沉积物		同海水采样点，包括潮间带土、潮下带土和海底沉积物；对照点	<sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 <sup>239+240</sup> Pu	1 次/年	10km
	海洋生物 <sup>b</sup>	植物	排放口附近海域藻类等植物（含指示生物）	<sup>3</sup> H（TFWT，OBT）、 <sup>14</sup> C、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱（包括 <sup>131</sup> I）	收获期 1 次/年	10km
		动物	排放口附近海域鱼类、海藻、软体类以及甲壳类生物（含指示生物）	<sup>3</sup> H（TFWT，OBT）、 <sup>14</sup> C、 <sup>90</sup> Sr、 $\gamma$ 能谱（包括 <sup>131</sup> I）	1 次/年	10km

注：a  $\gamma$ 能谱分析应重点关注核设施排放的特征核素，可根据核设施排放的特征核素来选择分析的核素，气溶胶及沉降物 $\gamma$ 能谱分析项目一般可选择但不限于 <sup>7</sup>Be（质控用）、<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce 等放射性核素。

b 生物、土壤、沉积物中 $\gamma$ 能谱分析项目一般可选择但不限于 <sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>137</sup>Cs、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce 等放射性核素。

c 水中 $\gamma$ 能谱分析项目一般可选择但不限于 <sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>106</sup>Ru、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>124</sup>Sb、<sup>137</sup>Cs、<sup>134</sup>Cs、<sup>144</sup>Ce 等放射性核素。

表 8.2-1 非放射性化学污染物和生活污水监测初步方案

监测对象	监测类型	监测指标	监测频次	监测点位	备注
生活污水	日常监测	流量、pH、水温、化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）、氨氮、总磷	在线监测	污水处理构筑物工艺末端	日常监测由运行主管部门负责
		总氮	每日一次		
	定期监测	流量、pH、水温、化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）、氨氮、总磷、总氮、悬浮物（SS）、五日生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）、动植物油类、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群数、色度、嗅、浊度、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠埃希氏菌	暂定每月一次，以地方环境保护行政主管部门要求为准	污水处理构筑物工艺末端取样口	定期监测由专业检测机构执行
生产废水	日常监测	流量、pH、水温、化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）、氨氮、总磷	在线监测	非放生产废水处理站工艺末端	定期监测由专业检测机构执行
		总氮	每日一次		
		流量、pH、水温、化学需氧量（COD <sub>Cr</sub> ）、氨氮、总磷、总氮、悬浮物（SS）、色度、五日生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）、石油类、动植物油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群数	暂定每月一次，以地方环境保护行政主管部门要求为准	非放生产废水处理站工艺末端取样口	
酸碱废水	日常监测	pH	在线监测	海水淡化厂房、除盐水处理厂房、制氯站的中和池	日常监测由运行主管部门负责
含油废水	日常监测	石油类	在线监测	污水系统油水分离器（9SA）工艺末端	日常监测由运行主管部门负责



---

## 第九章 利益代价分析

### 9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

### 9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

## 9.1 利益分析

### 9.1.1 运行带来的直接利益

中核苏能核电有限公司作为业主，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。

### 9.1.2 建设和运行带来的间接利益

#### 9.1.2.1 社会效益

江苏徐圩核能供热发电厂的建设，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，核能供热发电厂各岗位的就业人数总计约为 1281 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。核能供热发电厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。

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。

#### 9.1.2.2 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。本项目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 726 万吨，可减排二氧化碳约 1960 万吨（2.7 吨二氧化碳/每吨标煤）。同时，燃煤释放的 CO<sub>2</sub> 是全球 CO<sub>2</sub> 重要来源，而 CO<sub>2</sub> 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。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，本项目利用海水淡化技术，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。

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 直接代价

#### （1）建设期环保设施投资

江苏徐圩核能供热发电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

运行期间的环保费用包括退役基金，乏燃料处理处置基金和中低放废物处理处置费。

乏燃料后处理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%。

### 9.2.2 间接代价

#### 9.2.2.1 社会代价

本项目的厂区和生活区需要征用大量的土地。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。

本项目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。

#### 9.2.2.2 环境代价

施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘、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，本项目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本工程 1、2 号机组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。由于本项目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本项目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。

本项目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：江苏徐圩核能供热发电厂是经济的、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。本项目的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。



---

## 第十章 结论与承诺

### 10.1 结论

10.1.1 核能供热发电厂建设项目

10.1.2 环境保护设施

10.1.3 放射性排放

10.1.4 辐射环境影响评价结论

10.1.5 非辐射环境影响评价结论

### 10.2 承诺

## 10.1 结论

### 10.1.1 核能供热发电厂建设项目

江苏徐圩核能供热发电厂厂址位于连云港市徐圩新区西陇山区域，紧靠善后河。厂址规划建设“4 台华龙一号压水堆机组和 2 台高温气冷堆机组”，一次规划，分期实施。

### 10.1.2 环境保护设施

#### 10.1.2.1 放射性废物处理系统

本工程 1、2 号机组放射性废液管理系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放机组正常运行期间（包括发生预计运行事件时）产生的放射性废液。废液管理系统由下列系统组成：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）、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）。其中废液处理系统（ZLT）和核岛液态流出物排放系统（ZLD）同时用于处理、监测和排放本工程 3 号机组高温气冷堆核岛产生的放射性废液。

1、2 号机组常规岛凝结水精处理系统再生水和二回路检修排水等排水在氨氮超标时首先送往常规岛废水处理站（SE）进行处理，处理至氨氮、总氮和 COD 等污染物指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）中的 B 标准后送往常规岛液态流出物排放系统（WQB）进行槽式排放。SE 子项为 4 台华龙机组共用。

1、2 号机组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。

1、2 号机组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。

1、2 号机组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）。

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（QS）和放射性固体废物暂存库（QT）组成。

#### 10.1.2.2 污水处理系统

本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，处理出水满足相关标准要求。通过室外管网收集的非放射性生产废水，汇集至非放生产废水处理站进行处理，处理出水满足相关标准要求。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。

#### 10.1.2.3 辐射环境监测

为保证核能供热发电厂各系统运行的有效性，保护环境、公众和职业人员安全，本工程将设置完整而全面的流出物监测系统和能够覆盖整个厂址区域的辐射环境监测设施，并且制订运行期间流出物和环境监测方案以及应急监测方案。

#### 10.1.3 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，本期工程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氙和碳-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。

#### 10.1.4 辐射环境影响评价结论

##### 10.1.4.1 运行状态下的环境影响评价

###### （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 2.55 E-06Sv/a、3.08 E-06Sv/a、

9.41E-07Sv/a、1.86E-07 Sv/a。受到的最大个人有效剂量为 3.08E-06Sv/a，约占本期工程个人剂量约束值（0.08mSv/a）的 3.85%。

#### “三关键”分析：

本工程运行状态下最大个人有效剂量出现在厂址 E 方位 5~10km 处，此处居住的是圩丰镇周庄村、海堤村的村民，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 1.30E-06 Sv/a。可能的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.28E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 98.34%；其次为气态途径的食入农牧产品内照射途径，占气液态总剂量的 1.44%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 1.04E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 79.73%；另外，Co-60 和 I-131 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 10.32%和 3.52%。

#### （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”正常运行时，排水口附近海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率分别在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，排水口附近海域范围内各种水生生物所受的剂量率小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程“2 台华龙一号压水堆机组”正常运行时，厂址附近海域水生生物是安全的。

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”正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-4}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程“2 台华龙一号压水堆机组”正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

#### 10.1.4.2 事故工况下的环境影响评价

对于华龙一号，采用《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中相关规定进行事故后果评价。设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

根据计算结果，华龙一号设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2011



的要求。

### 10.1.5 非辐射环境影响评价结论

#### 10.1.5.1 施工期间的环境影响

##### （1）社会环境影响

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）施工噪声的影响

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。因此施工噪声对环境的影响是可以接受的。

##### （3）对大气环境的影响

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）对水环境的影响

施工期生活污水、施工期土建安装阶段生产废水尽可能回用，无法回用部分外运处理，不排入环境；施工期调试阶段产生的非放生产废水以排海为主。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）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。

##### （6）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。工程施工将引起海域悬浮泥砂颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对

浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

#### （7）陆域取排水工程施工的影响

陆域取排水工程施工期间主要对大气、噪声环境的影响，在施工期间将采取措施，减小影响，并随着施工结束本项目对环境影响将消失。陆域取排水工程不涉及对河流水质、生态环境的影响。

#### （8）淡水取水工程施工的影响

淡水取水工程施工对周围环境的影响，主要是水下施工时造成河水浑浊，待施工结束后水质将恢复。施工过程中产生的土石方、淤泥、泥浆、固废、废水等运回厂区统一外运处理，本工程不产生施工机械排气以外的废气。

#### （9）水土保持

工程施工期间，将针对厂区、厂外道路区、厂外海水取排水工程区、厂外淡水取水工程区、厂外供电工程区及表土堆放场采取有效的工程措施开展水土保持防治工作，在工程建设期及植被恢复期还将进行水土保持监测。通过以上措施，可有效防治施工期间的水土流失情况。

#### （10）固体废弃物的影响

施工期间的固体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。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。

### 10.1.5.2 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  $4^{\circ}\text{C}$  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  $4^{\circ}\text{C}$ ，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。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  $4^{\circ}\text{C}$  温升最大包络面积均小于  $0.01\text{km}^2$ 。

#### （2）生活污水和生产废水的影响

本工程产生的生活污水全部回用；生产废水尽可能回用，无法回用部分排放，排放的生产废水石油类满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准，其他指标满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB32/ 4440-2022）中的 B 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浓缩、脱水，固体物质不排入水体，脱水机滤液回收至排泥池，不直接排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。在线监测污泥浓缩上清液的悬浮物含量，达标后排放。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。海水淡化相关系统运行期间产生的海水类排水，与海水循环冷却水排水在厂区排水泵房掺混后排放，排放参照《海水冷却水排放要求》（GB/T 39361-2020）执行，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，经非放生产废水处理站处理达标后回用至循环水补水预处理厂房或排海。滤出液中的化学物质以游离氯为主，且浓度小于排放标准，不会对循环水补水或海洋环境造成影响。

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循环水补水预处理厂房的生产废水泥浆中。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至循环水补水预处理厂房的排泥



池再次参与污泥处理，不会对周围环境造成影响。

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 pH 值范围为 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排放满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（DB 32/ 4440-2022）中的 B 标准，允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。不会影响附近海域的海水质量。

#### （4）冷却塔的影响

本工程冷却塔运行所引起的降水不会对厂址附近区域内的农田等产生影响，盐沉积对地表水、稻田水质、土壤含盐量，以及对主要农作物（水稻和小麦）的影响均较小。冷却塔形成的雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响，也不会导致地面结雾现象。

冷却塔运行时将会产生一定噪声，在厂址半径 3km 范围内的居住区产生的噪声区间值为 29.0dB（A）~44.7dB（A），满足《声环境质量标准》中的 1 类标准（45dB（A））；在厂界产生的最大噪声为 61.2dB（A），已超过《工业企业厂界环境噪声排放标准》规定的 3 类夜间限值（55dB（A）），现考虑采用隔声屏方式进行降噪，确保厂界及敏感点噪声满足相关要求。

### 10.2 承诺

本报告书给出的对本工程 1、2 号机组建设和运营管理单位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，积极与施工方沟通，尽量采取对环境影响小的施工方式。

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”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，从核能供热发电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”是可行的。