

浙江金七门核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

(选址阶段)

中核浙能能源有限公司
二〇二五年八月



密级：

图册（文件）编号	
2416-J00HYK02	
共 1 册 第 1 册	
版次：A	状态：DES

浙江金七门核电厂 3、4 号机组

工 程 号	2416
子项号或系统号	
子项或系统名称	
设 计 阶 段	可行性研究
专 业	综合
图册（文件）名称	环境影响报告书
	（选址阶段）
图册（文件）序号	
批 准	 2025.8.17

J	E	8	3	3	0	0	0	0	0	2	B	2	2	0	0	0	M	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

中国核电工程有限公司
工程咨询单位甲级资信证书：甲 012024010521



编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	浙江金七门核电厂3、4号机组（选址阶段）		
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）	中核浙能能源有限公司		
统一社会信用代码	9133000009169289X1		
法定代表人（签章）	钟华		
主要负责人（签字）	姚照红		
直接负责的主管人员（签字）	高波		
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、第十章	BH026937	高桂玲
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣
魏刚	第九章	BH026932	魏刚
韩蕊	第五章	BH026658	韩蕊
胥密	第六章	BH071294	胥密

薛娜	第二章、第四章、第七章	BH026661	薛娜
----	-------------	----------	----

文件修改记录

版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2025.8	-	-	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 其他说明

第二章 厂址与环境

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

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

- 4.1 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽—电力系统
- 4.3 核电厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统
- 4.5 专设安全设施
- 4.6 放射性废物系统和源项

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其他环境影响

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 场内运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众意见采纳情况总结

10.7 承诺

第一章 概 述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称与营运单位

1.1.2 建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 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 其他说明

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称与营运单位

核电厂名称：浙江金七门核电厂 3、4 号机组

核电厂营运单位：中核浙能能源有限公司

1.1.2 建设性质

浙江金七门核电厂 3、4 号机组为扩建项目。

浙江金七门核电厂 3、4 号机组项目由中核浙能能源有限公司作为业主公司负责投资、建设与运营。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

浙江金七门核电厂厂址规划建设六台“华龙一号”百万千瓦级压水堆核电机组，厂区统一规划，分期建设。浙江金七门核电厂 3、4 号机组计划建设两台百万千瓦级压水堆核电机组及其配套设施，工程采用“华龙一号融合技术方案 2.0 版”方案。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

浙江金七门核电厂 3、4 号机组为 2 台建设规模百万千瓦级压水堆核电机组。按照工程固定价总投资资金需求，项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资（包含换汇所需资金）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。

1.4 建设目的

1) 符合国家能源战略和产业政策

核电是一种安全、可靠、清洁、经济的能源，由于其具备资源消耗少、环境影响小和供应能力强等优点，已成为与火电、水电并列的世界三大电力供应支柱，在世界能源结构中有着重要的地位。在中国，积极安全有序发展核电，逐步提高核电在能源供应中的比例，已成为国家重要的能源发展战略。

2020 年 9 月 22 日，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上做出二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和的重大宣示，这是对我国加快构建清洁低碳能源系统提出的革命性要求。核电作为清洁低碳能源，能够为“碳达峰、碳中和”目标做出重要贡献已得到广泛共识。2021 年 10 月 26 日，国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知要求，积极安全有序发展核电。

我国油、气资源贫乏，水能、煤炭资源较丰富，但分布很不均衡，煤炭资源主要分布在北部，水能资源主要分布在西部，呈现“北煤西水”的能源分布格局。主要电力负荷又

分布在东、南部经济较为发达地区。作为世界能源消费大国，发展核电是解决我国资源分布不均、能源短缺的重要途径。

加快核电建设是优化能源结构、保护环境、实现可持续发展的重要措施，对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求，实现能源、经济和生态环境协调发展，提升我国综合实力、工业及科学技术水平，具有重要意义。

2) 满足浙江省电网负荷增长需求

2024 年，浙江省国内生产总值突破 9 万亿元，达到 9.01 万亿元，按可比价格计算，比 2023 年同期增长 5.5%。分产业看，第一、二、三产业增加值分别为 2586 亿元、34800 亿元和 52800 亿元，比 2023 年分别增长 3.5%、6.1%和 5.1%。浙江经济运行总体保持良好增长态势。

随着浙江省产业结构优化调整，第三产业和居民用电比重不断上升。2024 年全社会用电量、最高负荷分别为 6780 亿千瓦时、12334 万千瓦，同比增长 9.49%、11.9%，是继广东、江苏后全国第三个最高用电负荷突破 1 亿千瓦的省份。

基于此，结合浙江地区经济发展规划、经济发展布局、用电量历史发展趋势开展浙江电网电力需求预测。预计 2030 年，全省全社会最高负荷、用电量将分别达到 15600~16500 万千瓦、7800~8300 亿千瓦时，“十五五”年均增长分别为 4.7~5.2%、3.9~4.5%左右。本工程投产后可填补浙江电网一定的电力缺口，满足电网负荷发展需要。

3) 助力环境保护，落实节能减排政策

目前浙江省电源结构中有较多的燃煤机组，大量燃煤机组的建设，不可避免地要大量增加二氧化硫、氮氧化物、烟尘灰渣等污染物的排放量，地区的环境将受到严重影响。另外，电力是国家污染减排的重点领域，国家严格控制“长三角”等地区新建燃煤火电厂，对排放总量实行严格控制，环境成为影响电力发展的重要因素。

核电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。浙江金七门核电厂 3、4 号机组采用的“华龙一号融合技术方案 2.0 版”三代核电技术，每年可有效减少排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物、二氧化碳等污染物。浙江正在创建“清洁能源示范省”，能源发展与生态环境保护的关系更加紧密，减排治污、控制城市环保指标、提高城市生态环境质量刻不容缓。以核电替代部分煤电，不但可以减少煤炭的开采、运输和燃烧总量，而且是电力工业减排污染物的有效途径，是减缓地球温室效应的重要措施，是优化能源结构的优先选择。

4) 改善电源布局 and 结构，促进资源优化配置

浙江省是经济大省、资源小省。省内能源资源储量相对较少，石油、煤炭等一次能源资源严重匮乏，全省的煤炭、石油、天然气等一次能源均需靠外区调入，同时水资源、风资源等新能源后续开发空间有限。浙江省原煤探明储量很少，且大部分已开采利用。目前，浙江省原煤产量很低，且近年来产量持续下降，电力生产比较依赖外购煤炭发电，电煤供应受资源采购、交通运输等的约束不断加大，发电成本也逐年提高。因此，为保证能源的长期稳定供应，核能将成为必不可少的替代能源。发展核电可改善浙江省的能源供应结构，能减少浙江电网电力需求对煤炭、天然气等常规一次能源的依赖，扭转浙江省传统能源发展模式，调整和优化能源结构，保障能源安全 and 经济安全，落实能源可持续发展的方针。

5) 有助于带动地方经济发展

核电工程项目是一个劳动力、技术和人才密集的行业，核电产业是区域经济可持续发展的重要影响因素。核电机组投资大，经济效益好，建设周期长，涉及产业链和技术门类众多，需要吸纳大量有一定专长的劳动力，将为浙江省厂址周边地区增加劳动就业岗位，增加国民收入，有利于社会安定团结。核电站的建设可以积极促进周边地区设备制造、电子信息、材料加工、建筑建材、教育培训、交通运输、社会服务等多个行业的发展，促进科技创新，带动经济发展。

1.5 建设项目的进度

浙江金七门核电厂 3、4 号机组计划 2026 年 3 月核准，单台机组建设周期暂定为 54 个月，两台机组间开工时间间隔 10 个月。

1.6 环境影响报告书编制依据

本工程为满足编制报告书的要求开展了相关专题的研究工作。本报告遵循的主要法规、标准和导则：

主要法规

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日）；

- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）；
- 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日）；
- 《中华人民共和国消防法》（2021 年 4 月 29 日修改）；
- 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）；
- 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国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）；
- 《中华人民共和国海域使用管理法》（2002 年 1 月 1 日）；
- 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；
- 《国家危险废物名录》（2025 年版）；
- 《水产种质资源保护区管理办法》（2016 年 5 月 30 日）；
- 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010 年 12 月 22 日）；
- 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011）；
- 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）；
- 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997）；
- 《浙江省海洋环境保护条例》（2017 年 9 月 30 日）；
- 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2021 年修正）；
- 《浙江省生态环境保护条例》（2022 年 8 月 1 日）；
- 《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年修正）。

技术导则、标准

- 《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）；
- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；
- 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）；
- 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）；

- 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03, 1987）；
- 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04, 1989）；
- 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05, 1991）；
- 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06, 1991）；
- 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09, 1990）；
- 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10, 1991）；
- 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11, 1991）；
- 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01, 2019）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）；
- 《核电厂水文地质调查与评价技术规范》（NB/T 20306-2014）；
- 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- 《海洋调查规范》（GB/T12763.1~2, 4~11-2007）；
- 《海洋调查规范 第3部分：海洋气象观测》（GB/T12763.3-2020）；
- 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局, 2002）；
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）；
- 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；
- 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- 《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）；
- 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；

- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；
- 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）；
- 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ1037-2019）；
- 《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；
- 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- 《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）；
- 《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

本报告正常运行工况和事故工况下的剂量评价标准，遵循《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中的有关规定。

（1）运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

正常运行工况下的剂量约束值，遵循 GB6249-2025 的规定：“任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv 的剂量约束值”，因此确定本厂址剂量约束值为 0.25mSv/a。浙江金七门核电厂厂址规划建设 6 台华龙一号核电机组，拟定的浙江金七门核电厂 3、4 号机组剂量约束值为 0.08mSv/a。

根据 GB 6249-2025 的第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，浙江金七门核电厂厂址 6 台机组运行状态下的年放射性排放量应控制在 6.3 条款规定值的所有反应堆的流出物年排放总量控制值以内，具体如下：

（a）气态流出物

- 惰性气体， 6.0×10^{14} Bq/a；
- 碘， 2.0×10^{10} Bq/a；
- 长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）， 5.0×10^{10} Bq/a；
- 氚， 6.0×10^{13} Bq/a；
- 碳-14， 2.8×10^{12} Bq/a。

（b）液态流出物

- 氚， 3.0×10^{14} Bq/a；
- 碳-14， 6.0×10^{11} Bq/a；
- 其余核素（除氚、C-14 外）， 5.0×10^{10} Bq/a。

本厂址属滨海厂址，液态流出物排放浓度执行 GB6249-2025 第 6.5 条规定的要求，即：“对于受纳水体为海洋的核动力厂场址，其槽式排放口处的液态流出物中氙的活度浓度不应超过 3×10^7 Bq/L，碳-14 的活度浓度不应超过 3×10^3 Bq/L，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1 000 Bq/L，各核素活度浓度应满足附录 D 的要求；”

（2）事故工况下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），在评价选址假想事故时，应考虑保守大气弥散条件和烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射途径。非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过上述途径所接受的有效剂量不得大于 250 mSv，规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30 d）通过上述照射途径所接受的有效剂量不得大于 250 mSv。在事故的整个持续期间内，环境影响评价范围内公众群体集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

（3）海水中的放射性核素浓度标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，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

根据《宁波市生态环境局关于浙江金七门核电厂二期工程非放射性环境影响评价执行标准请示的复函》的要求，本工程环境影响评价所遵循的非放标准如下：

1.7.2.1 环境质量标准

（1）核电厂厂址周边区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 年修订）中的二级标准。

（2）厂址附近海水水质按照浙江省近岸海域环境功能区划（2024 年修编）要求执行的《海水水质标准》（GB3097-1997）中二类标准。

（3）厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准，即：昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)；周围声环境敏感点执行 GB3096-2008 中的 1 类标准，即：昼间 55dB(A)、夜间 45dB(A)。

（4）厂址区域工频电场强度和工频磁感应强度评价标准执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的对应于50Hz频率的公众曝露控制限值（离地面1.5m高度），即工频电场：4kV/m；工频磁场：0.1mT。

1.7.2.2 非放射性污染物排放标准

（1）核电厂施工期间的大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2无组织排放监控浓度限值。另外，施工期间油漆喷涂等工序产生的NMHC（非甲烷总烃）执行《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）中排放限值：监控点处1h平均浓度值执行10mg/m³，监控点处任意一次浓度值执行30mg/m³。

（2）施工期、运行期生活污水排放COD_{Cr}、氨氮、总氮、总磷执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表2排放浓度限值要求，其余指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级A标准。

运行期非放射性生产废水（除石油类）排放执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表2排放浓度限值要求和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级A标准，非放射性含油废水的石油类排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级B标准，其余指标执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表2排放浓度限值要求和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级A标准。

（3）建筑施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，即昼间70dB(A)、夜间55dB(A)。企业厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准，即昼间60dB(A)、夜间50dB(A)。

（4）本工程一般工业固废的处置和贮存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

1.8 工程组成

浙江金七门核电厂3、4号机组主体工程为核岛、常规岛和配套设施BOP工程，具体工程组成详见第四章。本工程主厂区外配套工程包括与一期工程共用的进厂道路和应急道路、环境监测子站与监督性监测子站、运行服务支持基地以及气象站等。

1.9 环境保护措施

本工程新建的环保设施包括放射性废物处理设施、污水系统油水分离器和流出物监测、环境监测设施及厂区绿化等。

（1）辐射影响防治措施

放射性废物管理系统包括核岛疏水排气系统、废液处理系统、废气处理系统、固体废物处理系统以及常规岛废水处理系统等。它们分别用于收集、处理、监测、暂存或排放核电厂运行过程中产生的放射性液体、气体和固体废物。

核岛疏水排气系统分成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，共 6 个独立的子系统，每个子系统收集不同种类的放射性废物。这些子系统根据废物的特性，通过各自的独立管网将废物分别输送到核辅助厂房内的硼回收系统、废气处理系统和废液处理系统进行处理。

废液处理系统的功能为收集、贮存和处理核电厂运行过程中产生的放射性废液（即地面排水、化学排水和工艺排水），并把放射性浓度和化学含量降低到可向外界环境排放的水平。根据需要，废液可经过滤、蒸发和絮凝注入及活性炭吸附与离子交换处理。处理后对液态流出物进行监测排放，将超标废液返回蒸发处理。

废气处理系统用于处理核电厂正常运行工况和预计运行事件中产生的含氢放射性废气，以便将预期的放射性废气年释放量和核电站工作人员的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。废气处理系统对来自核岛疏水排气系统收集的含氢放射性废气进行氢氧复合和活性炭滞留衰变处理，以降低废气氢含量和放射性水平，衰变后经取样分析满足排放要求时，则排至核辅助厂房的通风系统。

固体废物处理系统的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂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。

常规岛废水处理系统用于接收、贮存、处理、监测核电厂常规岛产生的常规污染物超标的废液。排往该系统的废水主要为凝结水精处理系统再生废水，此外，还包括二回路停机检修排水、二回路启机排水及蒸汽发生器排污系统排水中常规污染物超标的废水。处理过的废液经监测合格后，通过常规岛液态流出物排放系统向环境排放。

（2）非放射性影响防治措施

①污水处理设施

本工程运行期间生活污水和非放射性生产废水（不包括处理达标的含油废水、除盐水生产厂房废水）汇集至生产生活污水废水处理站，施工临建区的生活污水汇集至1、2号机组临建区生活污水处理站，拟新建污水系统油水分离器。除盐水生产厂房废水在子项内进行水质监测，若达到排放标准则直接排海，若超标则排入生产生活污水废水处理站进行处理。上述污废水经生化处理和深度处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级A标准、《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表2排放

浓度限值要求和《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排海。1、2号机组临建区生活污水处理站设计规模 $2\times 2000\text{m}^3/\text{d}$ ，厂区生产生活污水污水处理站设计规模 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ，均为金七门核电厂1~4号机组服务。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过油水分离设施处理后，石油类达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级B标准，其余指标在子项内进行水质监测，若达到排放标准则直接排海，若超标则排入生产生活污水污水处理站进行处理。分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，每套设备设计处理能力为 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

②噪声污染防治措施

本工程通过合理布置总平面，使重点噪声源尽量布置在厂区中部，并充分利用其他辅助建筑物进行屏蔽。

发电机、汽轮机、水泵、空压机等设备在招标过程中提出设备噪声水平要求，并布置在室内、对设备基础采取减震处理、必要时加装消声器。厂房四周墙体选用隔声较好的结构，必要时采用吸声材料，使厂房的建筑结构起到一定的隔声效果。从而使厂区边界处噪声满足国家标准要求。

③固体废物污染防治措施

a.一般工业固废

正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量的工业固体废物，有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，将纳入全厂固废收集处理系统，委托专业单位对上述废物进行处置。

b.危险废物

运行时，将会产生废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等危险固体废物，将其归类后，委托具有危险废弃物处置资质的单位对其处置。

c.生活垃圾及污泥

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。海水淡化厂房设置污泥浓缩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。

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），本工程辐射环境影响评价的范围为以 3 号机组反应堆为中心，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。

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《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000），本项目施工期大气环境评价范围为施工场界及厂址附近主要环境敏感点。

（2）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 范围内敏感目标。

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场界外 1m 及厂址附近主要环境敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）及《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施工场界外 1m 及厂址附近主要环境敏感点。

（3）水环境

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

（4）电磁辐射

工频电场强度、工频磁场强度：以开关站为中心，半径 0.5km 的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：调查范围为核电厂厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

（5）生态环境

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），陆生生态环境的现状调查评价范围为厂址半径 10km；水生生态环境的现状调查评价范围为以金七门核电厂排水口为中心，半径 15km 范围的海域。

1.11 其他说明

本报告计算辐射环境影响时按照堆芯额定功率 3210MWt 进行保守计算。

建设项目经费、环保设施投资、利益代价分析均为初步测算结果。

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.6 地形地貌

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

厂址位于浙江省宁波市象山县鹤浦镇原金七门村，地处南田岛南缘，猫头洋北岸。

厂址中心北距舟山市政府约 106km（本小节均为直线距离）、距宁波市政府约 89km、距象山县政府约 42km，西距三门核电厂中心约 31km，西南距台州市政府约 62km。

厂址边界西南距南山岛边界最小距离约 200m。

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

本工程拟用地面积约 42hm²（含 1、2 号机组已征地 6.82hm²，土地利用现状类型为建设用地），陆域征地面积约 33.36hm²（含厂外设施用地 2.96hm²），非陆域申请面积约 1.82hm²。土地利用现状类型包括建设用地、农用地（林地、耕地和园地等）及未利用地。

2.1.2.2 非居住区及规划限制区

依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017RK）中的基本假定和计算模型，以设计基准大破口失水事故（DBALOCA）为选址假想事故，并结合厂址代表性气象站的实际观测气象条件进行计算，确定非居住区范围以反应堆厂房为中心，半径 500m。

核电厂规划限制区范围以反应堆厂房中心为中心，半径 5km。

2.2 人口分布与饮食习惯

厂址半径 80km 范围涉及浙江省宁波市的北仑区、鄞州区、奉化区、象山县、宁海县，舟山市的普陀区，台州市椒江区、黄岩区、路桥区、三门县、天台县、温岭市及临海市，共计 1 省 3 市 13 个县（市、区）。

厂址半径 80km 范围资料来自调查范围涉及的省和市、县（市、区）2022 年统计年鉴资料；厂址半径 15km 范围资料来自涉及的市、县（市、区）相关部门及镇（乡）政府部门的 2022 年末有关统计资料；厂址半径 5km 范围资料来自鹤浦镇人民政府等；其他相关资料来源于政府官网、正式出版的书刊、图件等。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布

厂址半径 5km 范围内涉及鹤浦镇下辖 7 个行政村的 7 个自然村，2021 年户籍人口总数约 6 千人。厂址半径 5km 范围内的金七门村、杨柳坑村以及水湖涂村现已完成搬迁，

搬迁后距离厂址最近的是牧童岙村，位于厂址 NNW 方位 3.1km 处，2021 年有户籍人口约 8 百人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内规模以上企业有 1 家，是象山苏宜矿业有限公司，位于厂址 WNW 方位，约 4.9km。

厂址半径 5km 范围内没有学校、医院、养老院及监狱。

厂址半径 5km 范围内有一处风门口旅游区（未定级），位于厂址 NNE 方位，约 4.6km。风门口旅游区坐落于象山鹤浦镇南田岛省级森林公园内，景区面积约 10 平方公里。旅游高峰期每年 7~8 月和 10 月，每天约几百人，其他时间人数较少。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围内涉及鹤浦镇、高塘岛乡及石浦镇下辖的共 45 个行政村，2021 年户籍人口总数约 4.9 万人。厂址附近的金七门村、杨柳坑村以及水湖涂村现已完成搬迁，搬迁后距离厂址最近的是牧童岙村，位于厂址 NNW 方位 3.1km 处，2021 年有户籍人口约 8 百人。

厂址半径 10km 范围内有养老院 4 所。其中距离厂址最近的是鹤浦镇南田墩养老院，位于厂址 NNW 方位 5.1km 处。

厂址半径 10km 范围内没有学校、幼儿园、医院和监狱。

厂址半径 10km 范围内有规模以上的工业企业共两家，分别是厂址 WNW 方位 4.9km 处的象山苏宜矿业有限公司，生产建筑石料；厂址 NW 方位 5.3km 处的宁波汇能能源有限公司，从事光伏发电。

厂址半径 10km 范围涉及两处旅游景区，分别是鹤浦大沙沙滩（3A），位于厂址 NNE 方位约 9.6km；风门口旅游区（未定级），位于厂址 NNE 方位，约 4.6km。厂址半径 10km 范围内没有旅游景区的规划。

2.2.1.3 流动人口

厂址所在鹤浦镇 2021 年有长期流入人口约 2.7 千人，短期流入人口约 1.2 千人，主要为务工人员；高塘岛乡有长期流入人口约 7 百人，流出人口约 2 百人，短期流入和流出人口均约 2 千人。

厂址半径 10km 范围涉及两处旅游景区，分别是鹤浦大沙沙滩（3A）和风门口旅游区（未定级）。

鹤浦大沙沙滩（3A）：位于厂址 NNE 方位约 9.6km，旅游淡季（11 月~4 月）接待游

客月均约 1000 人、旺季（5 月~10 月）月均约 7200 人。

风门口旅游区（未定级）：位于厂址 NNE 方位约 4.6km。风门口旅游区坐落于象山鹤浦镇南田岛省级森林公园内，景区面积约 10 平方公里。旅游高峰期为每年 7~8 月和 10 月，每天约几百人，其他时间人数较少。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址评价区域 80km 范围内 2021 年有户籍人口约 354 万人，厂址半径 80km 范围内平均人口密度为 176 人/km²，陆域平均人口密度为 563 人/km²。浙江省同期平均人口密度为 623 人/km²。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围超 10 万人的居民区共 5 个，涉及浙江省宁波市、台州市共计 1 省 2 市 5 个县（市、区）。距离厂址最近的是象山县丹东街道和丹西街道集中居住区，最近处位于厂址 N 方位 44.8km，2021 年户籍人口总数约 12 万人；人口最多的是椒江区城区，最近处位于厂址 SW 方位约 64.9km 处。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 10km 范围主要包括象山县的鹤浦镇、高塘岛乡。根据象山县土地“三调”数据，厂址半径 10km 范围所在区域涉及土地地类主要有乔木林地、沿海滩涂、果园等，厂区范围的土地类型是乔木林地。

根据《象山县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址所在地涉及部分城镇弹性发展区，未规划基本农田或生态保护红线。

厂址半径 5km 范围内矿产资源有 1 处，为象山县鹤浦镇马小坦村、大南田村大娘湾炮台山、杨柳坑村北牛外炮台山建筑用石料（凝灰岩）矿。矿产为建筑用凝灰岩，位于厂址 WNW 方位，约 4.9km，现处于开采状态，开采公司为象山苏宜矿业有限公司，年开采量为 555 万吨。

厂址半径 10km 范围内没有自然保护区、国家公园，涉及 1 处森林公园，即象山南田岛省级森林自然公园，位于厂址 N~NNE 方位，厂址中心距一般控制区边界最近处约 1.1km。

厂址半径 10km 范围涉及两处旅游景区，分别是鹤浦大沙沙滩（3A）和风门口旅游区（未定级）。

鹤浦大沙沙滩（3A）：位于厂址 NNE 方位约 9.6km。旅游淡季（11 月~4 月）接待游客月均约 1000 人、旺季（5 月~10 月）月均约 7200 人。

风门口旅游区（未定级）：位于厂址 NNE 方位，约 4.6km。风门口旅游区坐落于象山鹤浦镇南田岛省级森林公园内，景区面积约 10 平方公里。旅游高峰期为每年 7~8 月和 10 月，每天约几百人，其他时间人数较少。

厂址排放口半径 15km 水域涉及象山花岙岛国家级海洋公园，位于排放口的 W 方位 10.1km 处。花岙岛上涉及一处石林景区，国庆等法定节假日会根据游客量开通接驳大巴，路线为花岙岛码头至花岙石林景区。景区仅一处陆上出入口，游客登上花岙岛后，主要道路可直达景区停车场，后步行 5 分钟至景区售票处。石林景区于 2004 年对外开放，年均客流量 7 万人次。

厂址半径 10km 范围有文物保护单位 1 处，即奉旨永远封禁碑，位于厂址 WSW 方位、距离约 0.8km。该碑已暂存至象山县文物馆，工程结束后回迁至厂址 W 方位约 1.6km。

厂址半径 10km 范围内划定的距离厂址最近的基本农田位于厂址 N 方位，约 2.7km；最近的生态保护红线位于厂址 N~NNE 方位，约 1.0km，即象山南田岛省级森林自然公园。

厂址半径 50km 范围内涉及的中型水库有 6 座，分别是大塘港水库、车岙港水库、胡陈港水库、溪口水库、仓岙水库和隔溪张水库。距离厂址中心最近的中型水库是象山县大塘港水库，位于 NW 方位，距离约 22.0km。

厂址半径 15km 范围内涉及的小型水库有 6 座，其中有小（1）型水库有 4 座，分别是大乌岩水库、樊岙水库、黄金坦水库、小百丈水库；小（2）型水库有 2 座，分别是横坑里水库和高坎头水库。

厂址半径 15km 范围内涉及 1 条鹤浦大河（乡镇级），位于厂址 N 方位，最近处约为 6.5km。河道长度是 11.80km，集雨面积是 34.08km²。源出樊岙水库，流经樊岙村、五利村、蟹厂村等 5 个村，是鹤浦镇行洪排涝的主要河道，也是农业灌溉水源地。

根据《浙江省水功能区水环境功能区划分方案（2015）》，厂址半径 15km 范围涉及的水功能区有 1 个，即樊岙河象山农业、工业用水区（甬江 93，G0201301503013），目标水质与现状水质均为 III 类。

厂址半径 15km 范围内居民饮用水主要来自当地自来水厂，不饮用地下水。厂址半径 15km 范围内有自来水厂一处，为象山县第二自来水有限公司，水源是樊岙水库（N 方位，约 6.6km）、供水量 300 万 m³/年，供水范围是鹤浦全镇。

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 2023 年 12 月完成的《浙江金七门核电厂 1、2 号机组厂址周围人口环境及其外部人为事件调查和统计》和中核第四研究设计工程有限公司于 2025 年 3 月完成的《浙江金七门核电厂 3、4 号机组可行性研究厂址附近陆域生态环境调查专题报告》编制。

2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围内主要种植的粮食作物以稻谷、小麦为主，小麦的生长期为 180 天左右，稻谷分为早稻、单季稻和连作晚稻，生长季节不同，储存期为 24 个月，早稻基本被粮食局收购，单季稻和连作晚稻销往县内；蔬菜主要包括叶菜、根菜、果实类和水生类，其中叶菜的生长期较短，在 3-4 个月左右，其他蔬菜的生长期在 280-300 天左右；经济作物的生长期在 100-150 天左右，贮存期为 6 个月，销往杭州和宁波。厂址附近区域粮食作物的种类主要是谷物、豆类和薯类等；其他农作物主要包括药材。

2.3.2.2 畜牧业情况

牛和羊的饲养方式均为散养，猪的饲养方式为圈养，鸡、鸭、鹅的饲养方式均为圈养。家畜家禽的饲料品种均为颗粒料，牛、羊和奶牛的饲料除颗粒料外还配合青草和豆渣，饲料来源为购买，饮水来源为饮用水。

猪：屠宰后贮存期为 1-3 天，销往县内，温州，宁波，临海，萧山。

牛：屠宰后贮存期为 1-3 天，销往温州和宁波。

羊：平均每只羊每天消耗 1.3 公斤饲料，屠宰后贮存期为 1-2 天，销往县内。

家禽：平均每只鸡每天消耗 0.13 公斤饲料，屠宰后贮存期为 1-3 天，肉制品销往不同地方，其中，鸡肉销往县内；鸭肉销往温岭、椒江和临海；鹅肉销往宁波。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

全县林地面积 1004223 亩，其中：乔木林地 762574 亩，占 75.94%；竹林 27502 亩，占 2.74%；灌木林地 159242 亩，占 15.86%；未成林造林地 22917 亩，占 2.28%；迹地 1692 亩，占 0.17%；宜林地 29018 亩，占 2.88%。

矿产资源主要有建筑石料、黄沙、铁、铅锌、铜、多金属、锰、钨、金、铌钽、萤石、珍珠岩(松脂岩)、高岭土灰岩、矿泉水。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

2.3.2.4.1 植物

（1）苔藓植物

调查区内分布的苔藓植物资源，以收集相关的文献资料为主，结合当地的生境特点，整理出苔藓植物名录。调查区内分布有苔藓类植物 40 科 70 属 99 种，其中苔类植物 16 科 24 属 32 种、角苔类 1 科 2 属 2 种，藓类植物 23 科 44 属 65 种。

（2）维管植物

根据现场调查和资料统计，共有维管束植物 143 科 510 属 896 种，其中蕨类植物 15 科 32 属 54 种，裸子植物 7 科 11 属 14 种，被子植物 121 科 467 属 828 种。

2.3.2.4.2 动物

（1）鸟类

结合资料收集和现场调查，浙江金七门核电厂址周边陆域 10km 调查范围统计到鸟类有 17 目 46 科 134 种。家燕、黑尾鸥、白头鹎等鹎类以及鸫鹛类为优势种，金翅雀、暗绿绣眼鸟、棕背伯劳、强脚树莺、家燕、珠颈斑鸠以及鹛科种类等为常见种。

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。

调查区域记录有国家一级重点保护野生鸟类 2 种，分别为青头潜鸭和黄胸鹀；国家二级重点保护野生鸟类 16 种，分别为鸳鸯、白腰杓鹬、大杓鹬、大滨鹬、半蹼鹬、草鹛、斑头鸫鹛、鸮、蛇雕、林雕、凤头鹰、普通鵟、白胸翡翠、红隼、燕隼、画眉。

（2）哺乳动物

调查区域共记录有哺乳动物种类 5 目 7 科 8 种。从目级水平统计，啮齿目的种类最多，有 4 种；翼手目、食肉目、偶蹄目和兔形目，种数各 1 种。从科级水平统计发现，鼠科最多，有 2 种；其他科各 1 种。

调查区未记录国家重点保护野生哺乳动物，记录有浙江省重点保护野生哺乳动物 1 种，为黄鼬。

（3）两栖动物

现场调查记录到两栖动物 2 目 6 科 8 种。两栖动物仅 2 目，其中有尾目仅 1 种，无尾目 7 种。从科级水平统计，蟾蜍科和蛙科最多，各 2 种，其他科各 1 种。

调查区域未发现国家重点保护野生两栖动物，分布浙江省重点保护动物 1 种，为东方蝾螈。

（4）爬行动物

调查区共统计到爬行动物 1 目 7 科 9 种。爬行动物仅 1 目，石龙子科和游蛇科最多，均有 2 种；其他科各 1 种。

调查区域未记录统计到国家重点保护野生爬行动物，记录有浙江省重点保护爬行动物宁波滑蜥、舟山眼镜蛇、滑鼠蛇、王锦蛇。

（5）腹足纲软体动物

本次调查在调查区共记录有腹足纲软体动物 1 个纲 3 目 6 科 7 种。

（6）环节动物

本次调查在调查区共记录有 2 纲 3 目 3 科 5 种，其中寡毛纲近孔寡毛目包括颤蚓科，后孔寡毛目包括巨蚓科和正蚓科，蛭纲无吻蛭目的沙蛭科。调查区域内环节动物主要分布在城镇和农田等生境。

（7）食腐类节肢动物

在调查区共记录食腐类动物 6 纲 8 目 15 科 32 种，分别为唇足纲、甲壳纲、倍足纲、内口纲、软甲纲和昆虫纲，其中唇足纲 4 种，软甲纲 5 种，倍足纲 3 种，甲壳纲 2 种，内口纲 1 种，昆虫纲为 17 种。

（8）飞行类昆虫

根据厂址周边区域历史文献资料，共统计到飞行类昆虫 14 目 89 科 371 种。从昆虫类群整体看，调查区所调查的种类中最多的是鳞翅目（165 种），其次为鞘翅目（76 种）、蜻蜓目（33 种）、半翅目（21 种）、等翅目（17 种）、膜翅目（16 种）、同翅目（15 种）、直翅目（12 种）、双翅目（8 种）、脉翅目（3 种）、蜚蠊目（2 种）、螳螂目（1 种）、缨翅目（1 种）和广翅目（1 种）。

2.3.2.4.3 厂址区域动植物特征

浙江金七门核电项目厂址位于南田岛南端的金七门村，地形为岩石基质的海岸丘陵山坡，土壤主要为粗骨土、饱和红壤和岩秃。项目厂址为样线 1 所在地，山坡植被茂密，植被以常见的海滨丘陵山坡常绿阔叶林为主，主要包括樟群系和青冈群系，并有小片以马尾松群系为主的暖性常绿针叶林和毛竹林。此外，局部区域还有少量椿叶花椒群系、野梧桐群系、朴树群系、白栎群系等落叶群系，灌草丛植被主要有海州常山群系、柃木群系、白鹃梅群系、天仙果群系以及五节芒草丛、铺地黍草丛、狗牙根草丛、马唐草丛、加拿大一枝黄花草丛等，层间藤本有葛藤、菝葜、多花勾儿茶、紫藤、地锦、小果蔷薇、海金沙、雀梅藤、薜荔、大叶胡颓子、鸡矢藤等藤蔓交错缠绕，森林植被覆盖度高，总盖度可达

90%以上。

2.3.2.5 陆域生态保护红线

2024 年 11 月 22 日，浙江省人民政府批准发布《象山县国土空间总体规划（2021-2035 年）》（浙政函〔2024〕157 号），厂址陆域 10km 范围内陆域生态保护红线为浙江宁波象山南田岛省级森林公园生态保护红线。生态保护红线根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《浙江省人民政府办公厅关于加强生态保护红线监管的实施意见》（浙政办发〔2022〕70 号）等文件相关要求进行管理。

2.3.2.6 陆域生态环境分区管控单元

根据《象山县生态环境分区管控动态更新方案》（象政发〔2024〕24 号），本项目厂区位于宁波市象山县鹤浦产业集聚重点管控单元（ZH33022520024），项目建设符合相关生态环境管控单元准入要求。

2.3.2.7 厂址 10km 范围内 16 个方位距离最近的种植区、饲养场、自然保护区

厂址半径 10km 范围内无自然保护区。距离厂址最近的种植区为基本农田，位于厂址 N 方位，约 3.5km。距离厂址最近的家畜家禽养殖场是象山鹤浦吉南畜牧养殖专业合作社，距离厂址中心约 1km、SW 方位。

2.3.2.8 南山岛及厂址周边海岛情况

本节内容依据中核第四研究设计工程有限公司于 2025 年 3 月完成的《浙江金七门核电厂 3、4 号机组可行性研究厂址临近海岛生态现状调查及分析评价专题报告》编制。

南山岛调查区记录有维管束植物 68 科 134 属 177 种（含种下等级及变种），其中蕨类植物 9 科 11 属 12 种，裸子植物 1 科 1 属 2 种，被子植物 58 科 122 属 163 种，主要包括常绿阔叶林、落叶阔叶林、常绿阔叶灌丛与疏灌草丛等主要植被类型，植被划分为 3 个植被型组，5 个植被型，16 个群系。南山岛调查样线区域内分布有浙江省重点保护野生植物 2 种，为柃木和全缘冬青。在南山岛区域记录到鸟类 10 目 26 科 47 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鸟类群、森林灌木丛鸟类群和岛礁沿岸及潮间带等，分布国家二级重点保护鸟类 1 种，为画眉；分布浙江省重点保护鸟类 3 种，为黑尾鸥、棕背伯劳、画眉。南山岛调查样线区域共记录有哺乳动物种类 3 目 4 科 4 种，南山岛面积较小，缺乏淡水资源，两栖动物种类缺乏，夏季调查发现中华蟾蜍 1 种，偶见。南山岛调查记录到的爬行动物有 1 目 3 科 4 种，分布浙江省重点保护动物滑鼠蛇和王

锦蛇。

花岙岛调查区记录有维管束植物共 139 科 470 属 799 种（含种下等级及变种），其中蕨类植物 16 科 33 属 58 种，裸子植物 5 科 8 属 11 种，被子植物 118 科 429 属 730 种，主要包括常绿阔叶林、落叶阔叶林，常绿落叶阔叶混交林、暖性针叶林、针阔混交林、常绿阔叶灌丛、落叶阔叶灌丛、暖热性疏灌草丛和草本沼泽等主要植被类型，植被划分为 6 个植被型组，10 个植被型，27 个群系。在花岙岛发现国家一级保护植物 4 种，均为人工栽培，即水杉、苏铁、银杏和南方红豆杉；国家二级重点保护植物野大豆和香果树 2 种。浙江省重点保护野生植物 5 种，为龙须藤、全缘冬青、柃木、红淡比、野豇豆。在花岙岛区域记录到鸟类 15 目 44 科 119 种，分布于此的鸟类类群主要有浅海和潮间带鸟类群、森林灌木丛鸟类群、内陆湿地水域鸟类群、农田鸟类群、居民点鸟类群等，记录有国家二级重点保护野生鸟类 12 种，分别为白腰杓鹬、大杓鹬、大滨鹬、草鹁、鸮、黑翅鸢、林雕、凤头鹰、普通鵟、红隼、游隼、画眉；记录到浙江省重点保护野生鸟类有 18 种，分别为翘鼻麻鸭、红头潜鸭、凤头潜鸭、琵嘴鸭、罗纹鸭、赤膀鸭、赤颈鸭、斑嘴鸭、绿头鸭、针尾鸭、绿翅鸭、黑尾鸥、普通鵟、寿带、虎纹伯劳、棕背伯劳、画眉、叉尾太阳鸟。哺乳动物的调查主要参照上次调查结论、现场调查和村民访问，共记录有调查区域的哺乳物种类 6 目 9 科 10 种。花岙岛调查记录到的两栖动物 1 目 4 科 5 种。花岙岛调查区记录到的爬行动物 1 目 6 科 9 种，分布浙江省重点保护爬行动物宁波滑蜥、舟山眼镜蛇、滑鼠蛇、王锦蛇。

南山东岛调查区记录有维管束植物有 45 科 75 属 90 种（含变种及种下等级），其中蕨类植物 6 科 8 属 9 种，裸子植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 38 科 66 属 80 种，在南山东岛记录有浙江省重点保护野生植物 1 种，为柃木，未发现国家重点保护野生植物和古树名木，未发现外来入侵植物。在南山东岛区域记录到鸟类 6 科 7 种，未记录到国家和浙江省重点保护野生鸟类，未记录到其它陆生脊椎动物。

骑马礁和蟹礁属于象山南田岛西岛群，位于南山岛南侧和西侧，为岩礁，现场调查未发现维管植物和脊椎动物。

八排门岛属于象山南田岛西岛群，位于南田岛西侧南田湾出海口，现场调查发现维管植物 37 科 66 属 75 种，其中蕨类植物 3 科 3 属 3 种，被子植物 34 科 63 属 72 种。现场调查中共记录到鸟类 9 科 9 种，未记录到国家和浙江省重点保护野生鸟类，未记录到其它陆生脊椎动物。

园士屿属于象山南田岛西岛群，位于南田岛西南侧水湖涂村堤坝内，现场调查记录到维管植物 30 科 44 属 51 种，其中蕨类植物 2 科 2 属 2 种，裸子植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 27 科 41 属 48 种，未发现陆生脊椎动物，未发现特殊的自然和人文遗迹。

小扁屿属于象山南田岛西岛群，位于南田岛西南侧水湖涂村堤坝内，现场调查发现维管植物 28 科 41 属 46 种，其中蕨类植物 2 科 2 属 2 种，裸子植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 25 科 38 属 43 种，未发现陆生脊椎动物，未发现特殊的自然和人文遗迹。

鬼礁山屿属于象山南田岛东岛群，现场调查发现维管植物 36 科 56 属 61 种，其中蕨类植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 35 科 55 属 60 种，未发现陆生脊椎动物，未发现特殊的自然和人文遗迹。

獐铁链礁、中埠头岛、箬帽礁和下扁担礁属于象山南田岛东岛群，为岩礁，现场调查未发现维管植物和脊椎动物，未发现特殊的自然和人文遗迹。

大埠头礁位于南田岛东侧，紧贴南田岛风门口省级森林公园东南侧，调查共统计到维管植物 22 科 31 属 32 种，其中蕨类植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 21 科 30 属 31 种，未发现陆生脊椎动物，未发现特殊的自然和人文遗迹。

中扁担礁位于象山南田岛东侧，紧贴南田岛猪脑髓山东北侧，调查共统计到维管植物 15 科 18 属 19 种，均为被子植物，未发现陆生脊椎动物，未发现特殊的自然和人文遗迹。

两月礁是位于象山南田岛东侧，倒船澳北侧的半月岩礁，一水之隔紧贴南田岛大岗头山半岛，调查共统计到维管植物 12 科 17 属 18 种，其中蕨类植物 1 科 1 属 1 种，被子植物 11 科 16 属 17 种，未发现陆生脊椎动物，未发现特殊的自然和人文遗迹。

南山岛为基岩岛，海岸地貌为岩质海岸，岛滩类型多为岩滩，早年有村民放养山羊，存有两处简易房屋，现已废弃，无人居住，另东北部登岛点立有南山岛石碑，调查未发现其它特殊的人文遗迹。花岙岛地质遗迹共有三大类 17 个型，24 处主要地质遗迹，遗迹类型以地貌景观大类为主，地质构造大类、岩石矿物与矿床大类次之，地貌景观大类中以海上石林柱状节理景观最为典型，海蚀海积地貌数量最多。此外花岙岛有张苍水纪念馆、花岙兵营遗址、花岙盐场等人文遗迹。

2.3.3 水产资源及水生态概况

本节依据中国水产科学研究院东海水产研究所于 2024 年 10 月完成的《浙江金七门核电厂 1、2 号机组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）项目总技术报告》编制。

2.3.3.1 厂址附近海域海洋沉积物质量

所有调查海区底质表层沉积物样品中总有机碳、硫化物、油类、有机氯（六六六和滴滴涕）、重金属（铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷）测值均符合《海洋沉积物质量》第一类。

2.3.3.2 厂址邻近海域中的海洋生物

排水口半径 15km 海洋生物情况如下：

（1）叶绿素 a 和初级生产力

2023 年 11 月航次，调查海域表层海水中叶绿素 a 含量变动范围介于 $0.68\sim 2.48\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.53\text{mg}/\text{m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 变动幅度介于 $0.68\sim 3.50\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.54\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2024 年 1 月航次，调查海域表层海水叶绿素 a 含量变动范围介于 $0.20\sim 1.94\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.20\text{mg}/\text{m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 变动幅度介于 $0.68\sim 1.73\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.25\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2024 年 4 月小潮航次，调查海域表层海水叶绿素 a 含量变动范围介于 $1.29\sim 2.93\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.79\text{mg}/\text{m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 变动幅度介于 $0.65\sim 2.51\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.76\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2024 年 4 月大潮航次，调查海域表层海水叶绿素 a 含量变动范围介于 $0.68\sim 2.28\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.48\text{mg}/\text{m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 变动幅度介于 $1.06\sim 2.45\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $1.61\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2024 年 8 月航次，调查海域表层海水叶绿素 a 含量变动范围介于 $2.89\sim 12.96\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $5.71\text{mg}/\text{m}^3$ ；底层海水叶绿素 a 变动幅度介于 $2.01\sim 12.69\text{mg}/\text{m}^3$ 之间，均值 $5.85\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2023 年 11 月航次，调查海域初级生产力波动范围介于 $6.59\sim 226.04\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间，平均值 $39.17\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

2024 年 1 月航次，调查海域初级生产力波动范围介于 $1.08\sim 80.78\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间，平均值 $10.04\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

2024 年 4 月小潮航次，调查海域初级生产力波动范围介于 $9.54\sim 183.97\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间，平均值 $65.43\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

2024 年 4 月大潮航次，调查海域初级生产力波动范围介于 $6.16\sim 163.62\text{g}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间，平均值 $28.36\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

2024 年 8 月航次，调查海域初级生产力波动范围介于 $14.50\sim 883.82\text{mg}\cdot\text{C}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$

之间，平均值 $163.48 \text{ mg} \cdot \text{C} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

（2）微生物

五个航次所有样品粪大肠菌群含量全部符合《海水水质标准》第一类（ ≤ 2000 个/L）。

（3）浮游植物和赤潮生物

i 浮游植物

通过 2023 年 11 月至 2024 年 4 月的四个季节 5 个航次的调查，在排水口半径 15 公里范围内，浮游植物网样和水样中共鉴定出浮游植物 5 门 152 种。其中，硅藻 108 种，甲藻 41 种，金藻、绿藻和针胞藻各 1 种。

ii 赤潮生物

2023 年 11 月至 2024 年 8 月 5 个航次，15 公里范围内，共鉴定出赤潮生物 3 门 48 种，硅藻 23 种，甲藻 13 种，金藻 1 种、针胞藻 1 种。

（4）浮游动物

2023 年 11 月航次，共鉴定出浮游动物 46 种；2024 年 1 月航次，共鉴定出浮游动物 22 种；2024 年 4 月小潮航次，共鉴定出浮游动物 34 种；2024 年 4 月大潮航次，共鉴定出浮游动物 31 种；2024 年 8 月航次，共鉴定出浮游动物 49 种。

（5）潮下带底栖生物

2023 年 11 月航次，潮下带中共鉴定底栖生物 5 大类 35 种，其中，环节动物种类数最多 22 种，甲壳动物 5 种，软体动物 6 种，其他动物各 1 种。2024 年 1 月航次，潮下带样品中共鉴定大型底栖生物 4 大类 14 种，其中，环节动物种类数最多 11 种，软体动物 1 种，其他动物各 1 种。2024 年 4 月航次，潮下带（底泥）样品中共鉴定大型底栖生物 6 大类 36 种，其中，环节动物种类数最多 22 种，甲壳动物 7 种，软体动物 4 种，其他动物 3 种。2024 年 8 月航次，潮下带样品中共鉴定大型底栖生物 6 门 56 种，其中，环节动物种类数最多 26 种，甲壳动物 11 种，软体动物 10 种，棘皮动物 3 种，其他动物 6 种。

（6）潮间带大型底栖生物

2023 年 11 月航次，共鉴定出 7 大类 77 种，其中软体动物最多，有 28 种，环节动物 25 种，甲壳动物 19 种，其他动物各 1 种。2024 年 1 月航次，共鉴定大型底栖生物 7 大类 57 种，其中软体动物最多，有 16 种，环节动物 10 种，甲壳动物 14 种，其他动物 5 种。2024 年 4 月航次，共鉴定大型底栖生物 7 大类 87 种，其中，定量样品共鉴定出 7 大类 79 种，其中软体动物和甲壳动物最多，各 26 种，环节动物 22 种，其他动物 5 种（刺胞动物 2 种，鱼类、纽形动物和棘皮动物各 1 种）。2024 年 8 月，共鉴定出 5 大类 56 种，其中软体动物最多，有 22 种，甲壳动物 19 种，环节动物 11 种，其他动物 4 种。

（7）鱼卵仔鱼

2023 年 11 月航次，垂直网和水平网中共采集到 2 种鱼卵、5 种仔稚鱼，其中，鱼卵仅采集自水平网，仔稚鱼仅采集自垂直网。2024 年 1 月航次，未在垂直网中采集到任何鱼卵或者仔稚鱼样品，仅在水平网中采集 2 种仔稚鱼（犀鳕属和石首鱼科）样品。2024 年 4 月小潮航次，仅在水平网中采集到小黄鱼的鱼卵，未在垂直网中采集到鱼卵；在垂直网和水平网中采集到仔稚鱼 7 种。2024 年 4 月大潮航次，未采集到鱼卵样品，在垂直网中采集仔稚鱼 6 种。2024 年 8 月航次，在垂直网和水平网中采集仔稚鱼 10 种，仔稚鱼 17 种。

（8）污损生物

共鉴定出 15 种污损生物，其中，甲壳动物和软体动物均为 4 种，苔藓动物 3 种，刺胞动物和环节动物各 2 种。

底层月板、季板，上、下半年板和全年板共鉴定出污损生物 14 种，其中软体动物种类数最多，有 4 种，甲壳动物和苔藓动物各 3 种，刺胞动物和环节动物各 2 种。

（9）特殊海洋生境描述

本项目排水口半径 15km 范围内无红树林、珊瑚礁、海草床和海藻场等特殊生境。

2.3.3.3 生物质量

（1）2023 年 11 月航次

所有样品的石油烃残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求；鱼类和甲壳类样品的铬残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求；

鱼类样品的铜残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类的铜残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求；

鱼类样品的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求；

鱼类样品的砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类样品的砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求；

鱼类样品的镉残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求，甲壳类样品的镉残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求；

鱼类样品的汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类样品的汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求；

鱼类和甲壳类样品的铅残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求。

（2）2024 年 4 月航次

所有样品的石油烃残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求。

鱼类和甲壳类样品的铬残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求；双壳类样品的铬残留量均符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第一类要求。

鱼类样品的铜残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类的铜残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求，双壳类样品的铜残留量均符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第一类要求。

鱼类样品的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类的锌残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，双壳类样品的锌残留量均符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第一类要求。

鱼类样品的砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类样品的砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，菲律宾蛤仔样品的砷残留量超《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第一类要求，所有双壳类符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第二类要求。

鱼类样品的镉残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求，甲壳类样品的镉残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求，毛蚶样品的镉残留量超《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第一类要求，所有双壳类符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第二类要求。

鱼类样品的汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，甲壳类样品的汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求，贝类样品的汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》的要求。

鱼类和甲壳类样品的铅残留量均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》的要求；菲律宾蛤仔和缢蛏样品的铅残留量超《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第一类要求，所有双壳类符合《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第二类要求。

2.3.3.4 工程周围环境敏感目标

2.3.3.4.1 保护区

厂址 80km 范围内有 1 个国家级自然保护区（浙江象山韭山列岛国家级自然保护区）、2 个国家级水产种质资源保护区（东海带鱼国家级水产种质资源保护区、象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区）；有 2 个国家海洋公园（浙江象山花鸟岛国家海洋公园、浙江中国核电工程有限公司

江渔山列岛国家海洋公园）。

2.3.3.4.2 保护性水生生物

根据相关历史调查资料，在宁波、台州海域主要有抹香鲸、东亚江豚、中华鲟、大海马（野外种群）、黄唇鱼、锦绣龙虾（野外种群）、中国鲎、棱皮龟、蠵龟、海龟、玳瑁 11 种珍稀濒危水生生物。

2.3.3.4.3 经济物种“三场一通道”

（1）依据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批）

农业部公告第 189 号（2002 年）《中国海洋渔业水域图》（第一批），厂址附近水域涉及中上层鱼类（主要包括鲐、鲹、马鲛和蓝圆鲹等）和近底层鱼类（主要包括带鱼、大黄鱼、小黄鱼和银鲳）的“三场一通道”。

（2）依据《东海区主要经济种类三场一通道及保护区图集》

厂址附近涉及带鱼、大黄鱼、小黄鱼、白姑鱼、蓝点马鲛、银鲳、鲈、三疣梭子蟹、曼氏无针乌贼等的“三场一通道”。

2.3.3.5 渔业生产与海水养殖

2.3.3.5.1 渔业生产情况

2021 年，象山县海水养殖面积共 11213 公顷，海水养殖产量为 158408 吨，其中海上养殖 78956 吨，滩涂养殖为 37350 吨，其他养殖产量为 42102 吨。

2022 年，象山县海水养殖面积共 11213 公顷，海水养殖产量为 176820 吨，其中海上养殖 86865 吨，滩涂养殖为 41625 吨，其他养殖产量为 48330 吨。

2023 年，象山县海水养殖面积共 11613 公顷，海水养殖产量为 201400 吨，其中海上养殖 103200 吨，滩涂养殖为 46600 吨，其他养殖产量为 51600 吨。

2.3.3.5.2 养殖分布情况

根据《象山县养殖水域滩涂规划（2023-2030）》，结合象山县在新编制的国土空间规划和“三区三线”划定成果。象山县水域滩涂规划面积为 366535.21 公顷，包括海上禁养区 365619.14 公顷，滩涂禁养区 540.62 公顷，水库禁养区 375.45 公顷。排水口 15 km 范围内规划养殖水域滩涂面积约 28086.46 公顷，其中，规划禁止养殖区 4782.4 公顷，规划海上限制养殖区面积 12084.78 公顷，规划滩涂限养区 784.89 公顷，规划海上养殖区 2769.18 公顷，滩涂养殖区 296.06 公顷，池塘养殖区 89.11 公顷。

2.3.3.6 海域生态保护红线

根据《象山县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址半径 15km 范围内海域生态红线有“浙江象山花岙岛国家海洋公园生态保护红线”，生态保护红线根据《自然资源部生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《浙江省人民政府办公厅关于加强生态保护红线监管的实施意见》（浙政办发〔2022〕70 号）等文件相关要求进行管理。

2.3.3.7 海域生态环境分区管控单元

根据《象山县人民政府关于印发象山县生态环境分区管控动态更新方案（发布稿）的通知》象政发〔2024〕24号，排水口15km范围内涉及环境管控单元3个，其中排水口所处环境管控单元名称为宁波象山县海洋重点管控单元（HY33020020007），邻近单元有象山县花岙国家海洋公园优先保护单元（HY33020010014）、宁波近海海域海洋一般管控单元（HY33020030001）。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围内规模以上企业有 22 家，主要分布在鹤浦镇船舶基地及石浦镇打鼓峙，多为船舶制造业。距离厂址最近的是象山苏宜矿业有限公司，生产经营品种为建筑石料，有职工 32 人，位于厂址的 WNW 方位 4.9km 处。

厂址半径 15km 内有 3 处工业园区，分别是鹤浦镇的船舶工业区和小微创业园（NNW 方位 12.4km）、象山国际水产保税冷链物流基地（N 方位 13km）以及石浦镇的打鼓峙岛工业区块（NW~NNW 方位 14.5km），各园区的主要发展情况如下：

- 石浦镇工业：以机电加工、水产品加工为主，工业产业集中在石浦科技园区、门前塘水产品加工园区配套区、万泰工业园区和水产品加工园；镇区西南沿港、沿渔港北路和渔港中路有大量水产品加工或冷冻厂；东门岛、打鼓峙岛等也存在工业。打鼓峙岛主要集聚船舶制造及修理业。
- 鹤浦镇工业：以临港型工业为主，工业产业主要集中在鹤浦镇船舶工业区及小微创业园、象山国际水产保税冷链物流基地。工业以修造船、水产品加工、机械配件为主，发展光伏发电为代表的清洁能源产业。
- 高塘岛乡工业：集中在江北工业小区，主要发展汽车电器配件、水泵、船舶舾装件等产业。

上述工业园区均位于危险源筛选距离之外，其相关规划和发展不会对厂址安全构成影

响。

根据《象山县工业高质量发展“十四五”规划》（象发改〔2021〕53 号），厂址半径 10km 范围内不涉及产业园区等工业发展规划。

厂址半径 5km 范围内矿产资源主要有 1 处，矿产为建筑用凝灰岩，位于厂址 WNW 方位约 4.9km 处，现处于开采状态，开采公司为象山苏宜矿业有限公司，年开采量为 555 万吨。

厂址半径 15km 范围内的外部人为事件危险源分布如下：

（1）固定危险源

厂址半径 15km 范围内涉及危险品使用企业 6 家，距离厂址最近的危险品使用企业为象山苏宜矿业有限公司，位于厂址 WNW 方位 4.9km 处，该企业储存柴油最大储存量为 20t。

厂址半径 15km 范围内仅有一家液化石油气储配站，为象山县鹤浦液化石油气储配站，位于厂址 NNW 方位 12.1km 处，该储配站液化石油气的最大储量为 200m³。

（2）移动危险源

厂址半径 15km 范围内，危险品陆上运输主要通过油罐车、槽车、危险品运输专用车辆运输，距离厂址最近的运输道路为 Y607，运输路线最近处位于厂址 NNW 方位约 4.9km 处。

厂址半径 15km 范围内当前没有燃气管道。

厂址半径 15km 范围内规划有中压燃气管网。距离厂址最近的规划中压燃气管道为远景建设中压管道，最近处位于厂址 NNW 方向约 11.3km，管径为 De250，压力为 0.4MPa。

厂址半径 15km 范围内的水上航道、港口、码头均不涉及危险品的运输，仅有 1 处盘基作业区规划涉及危险品油品的储存和运输，位于厂址 N 方位约 12.4km 处。

厂址半径 15km 范围内的外部人为事件危险源均不会对厂址安全造成影响。

2.3.4.2 交通

（1）公路、铁路

厂址半径 15km 范围，公路分布较少，无高速、国省干道，只有县道石三线（X508）和其他乡道及村道。距离厂址最近的道路是 Y607，该道路直通厂区，已规划为本项目的进厂路线；除 Y607 外，距离厂址最近的道路是 Y614，最近处位于厂址 NNW 方位 6.7km 处。

厂址半径 15km 范围内的交通规划具体如下：

- 鹤浦至明港高速（象山东海岸高速公路），距离厂址 10.2km，N 方位，全长 48.5km；
- 石浦至鹤浦跨海通道，距离厂址 10.2km，N 方位，该高速在前期谋划阶段，海底隧道长约 4km，隧道加引桥全长 6.7km；
- 国道 G527 岳井洋大桥及接线工程象山段（中界山大桥及接线工程），距离厂址 11.3km，NNW 方位，新建一级公路 8.3 公里，改建 3.2 公里，隧道长 965 米；
- 省道鹤浦镇疏港公路（鹤浦-水湖涂段）距离厂址 2.2km，NW 方位，新改建二级公路，全长 9.5 公里，隧道长 970 米，正在建设中；
- 202 省道环石浦港鹤浦至高塘公路工程，距离厂址 10.1km，N 方位，新建二级公路 10.7 公里，跨海大桥约 1700 米。

（2）海运

厂址周围 15km 所在区域为石浦港区，水上航线共有 10 条，其中现状航道 9 条，距离厂址最近的为南田支航道，其总航程为 5.5km，为 3000 吨级双向乘潮航道，航道宽度 1000m，最近处位于厂址 SSE 方位约 2.2km 处；规划航道 1 条，为 5000 吨级船舶乘潮双向通航航道，位于厂址 N 方位约 0.2km 处，其主要为苏宜矿业有限公司运输石料，上述航道均不涉及危险品的运输。

厂址周围 15km 属石浦港区，范围主要为石浦镇、鹤浦镇、高塘岛乡之间的狭长港湾两侧岸线，并包括珠门和三门湾等岸段，划分为盘基、雷公山、箬渔山、打鼓峙、万寿塘、预留港口发展区共 6 个作业区，主要服务地方城市客货运和临港产业配套等。

- 雷公山作业区：由雷公山至下塘岸线，可布置 5 万吨级及以下通用泊位 10 余个，并在后方配套港口仓储及物流用地。
- 箬渔山作业区：由林门口西侧至东侧岸线，可布置万吨级及以下货运泊位 10 余个，兼顾船舶供油功能，并在后方配套港口仓储及物流用地，作业区东侧布置支持系统。
- 盘基作业区：包括炮台山西侧岸线、汰网屿岛岸线和水上客运中心岸线，炮台山西侧自东向西规划布置万吨级及以下通用泊位 4 个，为后方产业物流园提供公共运输服务，并布置支持系统；规划汰网屿岛为燃料油加注，可布置多个万吨级及以下油品泊位；客运中心岸线以已建成石浦水上客运中心为基础，对现有对台码头进行升级改造，以满足万吨级邮轮靠泊需求，打造集邮轮、游船和车客渡一体的旅游集散中心。

- 打鼓峙和万寿塘作业区：打鼓峙、万寿塘规划为海洋产业配套作业区，已基本建成，可结合产业发展需要，对岸线进行整合提升，可布置万吨级以下通用泊位。
- 预留港口发展区：规划珠门、金七门岸线作为预留港口发展区，应结合后续产业运输需求和建港条件研究，明确港口发展方向和开发方案。

上述 6 个作业区中仅盘基作业区涉及危险品油品的储存和运输，位于厂址 N 方位约 12.4km 处。

厂址半径 15km 范围内有 4 个锚地，距离厂址最近的是南山西生产类避风锚地。

厂址半径 15km 范围内的现有码头 5 个，规划拟建码头 5 个。

厂址半径 10km 范围内的水上航道均不涉及危险品的运输，不会对厂址安全造成影响。

（3）空运

厂址附近机场有 3 个，分别是台州路桥机场（SW 方位、约 74km）、宁波栎社机场（NNW 方位、约 97km）及舟山普陀山机场（NNE 方位，约 106km）。

厂址附近航线有 3 条，分别是 X11 航线（NW 方位，约 15.6km）、W13 航线（ESE 方位，约 42.6km）及 J603 航线（W 方位，51.7km）。

厂址半径 16km 范围内没有大型机场，厂址半径 4km 范围内没有经过的航线及起落通道，根据核安全导则 HAD101/04（1989）的要求，可不考虑飞机坠毁事故对厂址安全造成影响。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址所在区域属于中亚热带湿润气候，是东亚季风盛行的地区。该地区气温适中，四季分明，水热同季，湿润多雨。

厂址位于东、西风带交替影响的过渡区，也是温带、热带各类天气系统频繁交替影响的区域。四季大气环流特点如下：

冬季影响本区气候和天气的主要环流系统是中纬度西风槽，对应的是地面强大的蒙古冷高压。北方冷气团的频繁南下入侵，不仅带来强降温 and 低温冷害，也常常伴随偏北大风。冬季气候相对干冷、盛行风为偏北或东北风。

春季 3~4 月的春雨季节，南支西风急流减弱，冷高压北退，在变性冷气团与紧接的冷气团共同作用下，多持续性阴雨天气。5~6 月的梅雨季节，北方冷空气与来自低纬的暖湿气流交汇，多持续性降水过程，其中大范围的暴雨多出现于 6 月，并以 6 月中下旬频率最

高。

夏季本区主要处于西太平洋副热带高压的控制下，多高温晴热天气。夏季盛行偏南和东南气流，台风影响频繁。主要的天气类型有副热带高压控制下的晴热天气、副热带高压边缘的多雷阵雨天气以及台风影响下的狂风暴雨天气。副热带高压的强度和位置直接影响着本区台风活动的多寡。

秋季，高空西风带明显南压，东亚大槽加深，南支急流建立，西太平洋副高进一步南落回撤，冷空气开始活跃，偏北风增强。地面气压场上，印度低压减弱，蒙古高压和阿留申低压形成。秋季多晴朗天气，降水减少，气温下降。

天气变化是各种不同时空尺度天气系统相互作用、交替影响的结果。影响厂址区域的天气既有高中纬度天气系统又有低纬度天气系统。主要有：（1）西风带天气系统，如北支西风槽、西南低涡、冷锋、江淮静止锋等；（2）副热带天气系统，如南支西风槽、西太平洋副热带高压、西南倒槽等；（3）热带天气系统，如热带云团、台风等。

厂址周边主要有五个气象站，分别为石浦站、宁海站、三门站、洪家站和大陈站。

根据厂址周边大陈站、洪家站、宁海站、三门站、石浦站五个气象站自建站~2024 年的气象资料统计结果，厂址区域年平均气温为 16.7~17.6℃，极端最高气温为 43.1℃，极端最低气温为-9.6℃；年平均相对湿度为 78.7~84.2%，最小相对湿度为 0%；年平均风速为 1.8m/s~6.2m/s，最大风速为 44.1m/s，极大风速为 59.5m/s；年平均降水量为 1354.5~1690.3mm，一日最大降水量为 355.7mm；年平均气压为 1000.8~1015.5hPa，极端最高气压为 1041.5hPa，极端最低气压为 946.1hPa；年平均日照时数为 1611.8~1908.9h；年平均总云量为 4.4~6.5 成；年平均低云量为 3.8~6.9 成；最大积雪深度为 50cm。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

以下根据石浦气象站 1956~2024 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

石浦站年平均风速为 5.0m/s；5 月份平均风速最小，为 4.3m/s；7 月份平均风速最大，为 5.6m/s。资料记录范围内的最大风速为 40.0m/s；极大风速为 57.9m/s。年最多风向为 N，风频为 15.7%，次多风向为 SW，风频为 14.5%。年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 3.6%。

2) 气温

石浦站年平均气温为 16.7℃；8 月份平均气温最高，为 27.3℃；1 月份平均气温最低，

为 5.9℃。石浦站建站以来极端最高气温为 38.8℃，极端最低气温为-7.5℃。

3) 相对湿度

石浦站年平均相对湿度为 80.2%；12 月平均相对湿度最低，为 70.9%；6 月平均相对湿度最高，为 90.3%。最小相对湿度为 4.0%。

4) 降水

石浦站年平均降水日数为 155.8d，6 月平均降水日数最多，为 17.4d；12 月平均降水日数最少，为 9.3d。年平均降水量为 1416.6mm，6 月平均降水量最多，为 212.0mm；12 月平均降水量最少，为 54.2mm。一日最大降水量为 286.7mm，出现在 2017 年 10 月 15 日。

5) 气压

石浦站年平均气压为 1001.4hPa；12 月份平均气压最高，为 1010.2hPa；7 月份平均气压最低，为 991.6hPa。极端最高气压为 1025.1hPa，极端最低气压为 954.5hPa。

6) 水汽压

石浦站年平均水汽压为 17.4hPa；7 月份平均水汽压最高，为 30.8hPa；1 月份平均水汽压最低，为 7.1hPa。

7) 云量

石浦站年平均总云量和低云量分别为 6.5 成和 3.8 成。月平均值最高值均出现在 6 月份，分别为 8.2 成和 5.0 成；月平均值最低值均出现在 12 月份，分别为 5.2 成和 2.9 成。

8) 日照

石浦站年平均日照时数为 1908.9h；7 月份平均日照时数最长，为 242.4h；8 月份次之，为 240.2h；2 月份平均日照时数最少，为 109.8h。

9) 蒸发

石浦站年平均蒸发量为 1296.8mm；7 月份平均蒸发量最大，为 176.2mm；2 月份平均蒸发量最低，为 59.5mm。

2.4.2.2 极端气象

1) 热带气旋

调查 1949~2024 年间以厂址为中心、半径 400km 范围内的热带气旋资料，共得到 250 个样本，平均每年约 3.3 个。采用耿贝尔函数进行极值拟合，得到百年一遇热带气旋最低中心气压为 889.4hPa，百年一遇热带气旋最大风速为 52.7m/s，百年一遇热带气旋极大风速为 79.1m/s。

2) 龙卷风

调查 1949~2024 年以厂址为中心，经度 3° 、纬度 3° 范围内的所有龙卷风资料，调查面积合计 55689km^2 。共得到龙卷风样本 176 例，采用富士达~皮尔森强度分类法对区域内的龙卷风进行逐个分类，得到 F0 级 93 例，F1 级 66 例，F2 级 16 例，F3 级 1 例。

以 10^{-7} /年作为设计基准龙卷风的概率水平进行评价，最终确定厂址区域设计基准龙卷风为 F3 级，设计基准龙卷风风速为 92.0m/s 。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

最大龙卷风速	92.0m/s
平移速度	17.8m/s
最大旋转风速半径	50m
总气压降	63.3hPa
压降速率	22.5hPa/s
最大旋转风速	74.2m/s

3) 极端风速

收集大陈站、洪家站、宁海站、三门站和石浦站五个气象站自建站~2024 年的实测风资料，采用耿贝尔函数进行极值拟合，并考虑各气象站的实测极值，最终确定厂址区域百年一遇实测极端风最大风速为 51.8m/s ，百年一遇实测极端风极大风速为 70.4m/s 。

综合热带气旋和实测极端风的统计结果，本工程与核安全有关的抗震 I 类建（构）筑物设计基准风速为 79.1m/s （3s 阵风）。

4) 极端气温

收集大陈站、洪家站、宁海站、三门站和石浦站五个气象站自建站~2024 年的极端气温资料，采用耿贝尔函数进行拟合，并考虑各气象站的实测极值，最终确定厂址区域百年一遇最高气温为 44.0°C ，百年一遇最低气温为 -11.9°C 。

5) 极端积雪

收集大陈站、洪家站、宁海站、三门站和石浦站五个气象站自建站~2024 年的历年冬季最大积雪深度。采用耿贝尔函数对各站的历年极端雪深序列进行拟合。分别采用耿贝尔和 PIII 函数对各站的历年冬季连续 2d 和 3d 最大降水量序列进行拟合，最终取两者平均值作为百年一遇冬季 48h 最大降水量。按照导则的要求，百年一遇雪荷载为极端雪深和冬季 48h 最大降水量的叠加值。最终确定厂址区域百年一遇雪荷载为 2.44kN/m^2 。

2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址气象站 2023 年 10 月~2024 年 9 月一整年的现场气象要素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

观测期间厂址地面气象站年平均风速为 3.7m/s。其中 7 月份平均风速最高，为 6.0m/s；4 月份平均风速最低，为 2.8m/s。最大风速为 22.3m/s，极大风速为 34.5m/s。

观测期间厂址地面气象站年最多风向为 N，频率为 21.2%；次多风向为 SSE，频率为 18.4%。各风向频率多集中于偏东北风与偏南风向上，春秋冬季偏东北风频率较高，夏季偏南风频率较高，其它风向分布基本平均。年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 0.0%。

根据观测期间气象铁塔各高度及厂址地面气象站的各月和年平均风速可见，铁塔各高度（10m、30m、50m、75m、100m）的年平均风速分别为 3.2m/s、4.6m/s、4.8m/s、5.0m/s 和 5.2m/s，年平均风速随高度增高而增大。月平均风速最高均出现在 7 月份，分别为 4.8m/s、7.6m/s、7.9m/s、8.1m/s 和 8.4m/s；月平均风速最低均出现在 4 月份，分别为 2.6m/s、3.5m/s、3.8m/s、4.0m/s 和 4.2m/s；观测期间气象铁塔各高度最大风速分别为 17.7m/s、22.9m/s、23.0m/s、23.0m/s 和 23.2m/s；极大风速分别为 29.0m/s、35.1m/s、33.3m/s、32.4m/s 和 31.0m/s。

观测期间气象铁塔 10m、30m、50m、75m、100m 高度处年最多风向均为 N，频率分别为 20.2%，21.5%，18.8%，16.5%和 12.6%；铁塔 100m 高度处次多风向为 SSW，频率为 11.4%；75m 和 50m 高度处次多风向为 S，频率分别为 10.0%和 9.9%；30m 和 10m 高度处次多风向为 SSE，频率分别为 11.8%和 14.7%。气象铁塔各高度（10m、30m、50m、75m、100m）的年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率分别为 0.1%、0.2%、0.1%、0.4%和 0.1%。

2) 气温

观测期间厂址地面气象站和气象铁塔各高度（10m、30m、50m、75m、100m）年平均气温分别为 17.7℃、17.8℃、17.3℃、17.3℃、17.2℃和 17.1℃；月平均气温最高值均出现在 8 月份，分别为 29.0℃、28.6℃、28.0℃、28.0℃、27.8℃和 27.6℃；月平均气温最低值均出现在 2 月份，分别为 7.8℃、7.9℃、7.5℃、7.3℃、7.3℃和 7.2℃。

气象铁塔各高度（10m、30m、50m、75m 和 100m）出现的最高气温分别为 32.9℃、31.7℃、31.6℃、31.6℃和 31.9℃；最低气温分别为-4.3℃、-4.6℃、-4.8℃、-5.0℃和-5.3℃。观测期间厂址地面气象站出现的最高气温为 35.0℃；最低气温-4.6℃。

观测期间气象铁塔 10~30m、10~50m、10~75m、10~100m 各层年逆温的出现频率分

别为 5.4%、9.1%、11.4%、12.7%；强逆温的出现频率分别为 0.2%、0.1%、0.1%、0.1%。说明气象铁塔各层全年逆温出现频率相对较低。

3) 相对湿度

厂址地面气象站年平均相对湿度为 82.1%；1 月平均相对湿度最低，为 70.7%；6 月平均相对湿度最高，为 93.4%；观测期间出现的最小相对湿度为 24.4%。

4) 降水

观测期间地面气象站年降水时数为 820h，年降水量为 1147.3mm，月平均降水量 6 月份最大，为 235.2mm；8 月份最小，平均降水量为 19.1mm。观测期间出现的一日降水量最大值为 82.6mm。年均降水量多分布在偏北和偏南风上。

5) 气压

观测期间厂址地面气象站年平均气压为 1019.3hPa，1 月平均气压最高，为 1027.1hPa；8 月平均气压最低，为 1011.5hPa。观测期间地面气象站出现的最高气压为 1039.3hPa；最低气压为 1002.2hPa。

6) 水汽压

厂址地面气象站年平均水汽压为 19.2hPa；7、8 月份平均水汽压最高，为 34.8hPa；1 月份平均水汽压最低，为 7.9hPa。

7) 蒸发

厂址地面气象站年蒸发量为 655.6mm；7 月份平均蒸发量最大，为 135.2mm；2 月份平均蒸发量最低，为 23.8mm。

8) 辐射

观测期间年平均总辐射量和净辐射量分别为 168.1W/m^2 和 79.6W/m^2 ，月平均总辐射量最高值出现在 8 月，为 259.4W/m^2 ；月平均总辐射量最低值出现在 2 月，为 100.6W/m^2 。月平均净辐射量最高值出现在 7 月，为 152.3W/m^2 ；月平均总辐射量最低值出现在 2 月，为 100.6W/m^2 ；月平均净辐射量最低值出现在 12 月，为 26.5W/m^2 。

9) 露点温度

厂址地面站平均露点温度为 14.4°C ；8 月份平均露点温度最高，为 26.6°C ；1 月份平均露点温度最低，为 2.5°C 。

2.4.4 大气稳定度

根据厂址气象铁塔 2023 年 10 月至 2024 年 9 月一整年的实测气象资料，采用 $\Delta T \sim u$

法进行稳定度的划分，得到厂址以 D 类天气占主导，频率为 54.5%，其次为不稳定的 A~C 类，频率为 36.5%，稳定的 E~F 类频率最低，为 9.0%。

2.4.5 联合频率

根据 2023 年 10 月至 2024 年 9 月地面气象站 10m、气象铁塔 75m 高度的风向、风速和地面气象站的降水量观测结果，以及采用 $\Delta T-u$ 法得到的稳定度分类统计结果，得到的地面站 10m 高度和气象铁塔 75m 高度的风向-风速-大气稳定度三维联合频率和风向-风速-大气稳定度-降水四维联合频率。用于计算联合频率的数据联合获取率为 94.6%。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

厂址各稳定度下混合层高度的推荐值为：

A-B 稳定度 530m

C 类稳定度 493m

D 类稳定度 478m

2.4.6.2 大气扩散参数

为研究厂址的大气扩散特征，在厂址开展了 SF_6 示踪物试验、湍流观测和大气扩散数值模拟。综合三种方法得到的厂址区域的大气扩散参数。

2.4.6.3 海陆风、热内边界层等对大气弥散条件的影响

厂址半径 80km 范围内，地形分界明显，东部沿海，西部为丘陵和山地，最低海拔-4m，最高海拔 1031m，地形高差达 1035m；厂址半径 10km 范围内，最低海拔-4m，最高海拔 374m，地形高差为 378m。

厂址所在区域属亚热带湿润季风气候区，受季风气候显著，四季风场变化明显。受大气环流和季风演替影响，春季盛行偏西南风和偏东北风；夏季盛行偏西南风；秋、冬季低层大气盛行偏东北风。

厂址附近的小尺度风场表现为中尺度背景流动与局地地形扰动的叠加结果。在系统影响型流动条件下，厂址半径 10km 小尺度范围内风场的空间变化较小，风场较为均匀，污染物搬运轨道较为平直。由于厂址地势平坦，大部分区域为海面，且风场持续稳定，小尺度内受地形影响形成的绕流型风场较少。中尺度区域内受天气系统影响形成的风场占有较高比例，且大多数时间风速较强，且风向持续稳定。只有当系统风较弱，风速较低时，海

陆风环流才有条件发生。分析结果表明，在中尺度风场中海陆风环流发生的频率较低，小尺度区域内海陆风发生时间与中尺度区域内的发生时间基本吻合。

在大天气系统控制及西侧高地以及东部海域的共同作用下，当地污染输送轨迹主要为系统影响型轨迹，局地海陆风环流型轨迹仅占少数。系统影响型流动是该地区的主要大气流动形式。中尺度范围内海陆风环流在沿海区域表现不明显，且该地区全年受东北向、西南向季风影响明显，四季中出现局地海陆风环流型轨迹较少，仅在系统背景风较弱，风速较低的情况下发生，表现为如下特征：由于向岸流和离岸流的演替出现，轨迹范围分布较广。局地海陆风环流型轨迹主要表现为偏东北向和偏西南向轨迹之间以及偏西北和偏东南向轨迹之间的转换，由于风向的转变，部分轨迹深入西北内陆地区和东北部地区，同时，东南海域也受到部分影响。受局地海陆风环流影响，厂址排放污染物的扩散范围较广。

在大气环流、西部高地以及东部海域的共同作用下，厂址释放的气态污染物的输送趋势以西南向和东北向最为明显，向西北向的输送相对较少，相对而言，易向西南部和东北部输送，向西北部输送易受山体阻隔作用向较低地形处移动，未见向东部的长距离输送。春季主要向厂址西南部和东北部输送，少量为西北部输送；夏季主要向东北部输送；秋、冬两季输送方向存在协同性，主要向厂址西南部输送。

沿海地区的热内边界层一般与海风密切相关。厂址区域热内边界层是存在的，但是出现几率较低。热内边界层的典型高度为 450-500m。

总体而言，厂址区域风速较大，气态污染物输送速度较快，轨迹持续平直，有利于大气的扩散。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价核电厂正常运行状态和事故工况下气态流出物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。气象观测系统各气象要素年数据联合获取率均应保证在 90%以上。

厂址气象站于 2015 年 4 季度开始正式观测，气象观测系统由气象铁塔风、温梯度测量系统，其中梯度观测指标包括对 10m、30m、50m、75m 和 100m 处的风向、风速和气温观测；地面气象观测包括对风向、风速、气温、湿度、总辐射、净辐射、气压、降水（包括固态降水）、蒸发量共 9 项要素的观测。

气象观测仪器在安装架设前均进行了标定，并在安装调试前，在现场开展了气象塔气象要素梯度观测的风向和风速的水平比对。

2023 年 10 月~2024 年 9 月铁塔和地面气象站所有气象数据的联合获取率为 94.6%，数据获取率满足 HAD101/02（1987）规定的大于 90%的要求。

2.5 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程基准。本节内容主要依据《浙江金七门核电厂工程水文分析计算专题报告》（2016.08）、《浙江金七门核电厂 1、2 号机组工程水文复核分析计算研究报告》（2023.06）、《浙江金七门核电厂 3、4 号机组可行性研究工程海域水文测验（春、夏、秋季）技术报告》（2025.02）、《浙江金七门核电项目工程海域冬季水文测验外委项目技术报告》（2024.09）、《浙江金七门核电项目设计波浪复核数模计算研究》（2023.04）、《浙江金七门核电厂 3、4 号机组可行性研究阶段岸滩稳定性和泥沙冲淤数值模拟研究报告》（2025.07）等编制。

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

（1）地理、地形条件

金七门核电厂位于宁波市象山县鹤浦镇的南田岛南缘的金七门村，厂址距离象山县约 46km，距北面鹤浦镇约 11km。南田岛陆域地貌以侵蚀剥蚀丘陵为主。厂址东侧面向大海，均为基岩，海蚀地貌发育，存在海蚀崖和海蚀槽。隔金七门水道有南山岛，金七门水道属潮流深槽，该潮流深槽东部面临开敞海域。金七门水道往三门湾口方向水深逐渐变浅，水下浅滩发育，山体岬角之间潮滩发育。厂址西南侧是炮台山与小南山之间的淤泥质潮滩，往西北方向延伸分别是南田岛水湖涂、南田涂，水湖涂南部为粉沙滩。

本项目共布设 6 处潮位站进行海洋水文观测。其中大目涂、石浦、健跳、大陈岛为长期站，金七门、北渔山为自设临时站。

（2）潮汐特性

金七门厂址位于三门湾外，直面东海，海域开阔，对厂址专用站 2015 年 4 月 1 日至 2016 年 3 月 31 日的同步观测资料进行调和分析，结果表明工程海域潮汐类型属规则半日潮，潮汐特征值及潮位参数，结果如下：

100 年一遇高潮位	5.11m
50 年一遇高潮位	4.78m
平均高潮位	2.09m
厂址平均海面	0.225m
平均低潮位	-1.51m
50 年一遇低潮位	-3.33m

100 年一遇低潮位	-3.40m
平均涨潮历时	6 小时 12 分
平均落潮历时	6 小时 12 分

（3）海流

2024 年 1 月~2024 年 10 月，在工程及附近海域布设了 11 条定点水文测验垂线(JQM1~JQM11)进行大、中、小潮汛全潮综合水文测验，这 11 条水文垂线按其所在位置可分成两个区域。其中，JQM1~JQM3 和 JQM11 垂线所构成的水域称“厂址前沿海域”，JQM4~JQM10 垂线所构成的水域称“厂址周边海域”。

1) 测点最大涨、落潮流流速

测点最大涨潮流流速多出现在 JQM8 垂线，冬、春、夏、秋季分别为 1.25m/s、1.44m/s、1.21m/s、1.38m/s；测点最大落潮流流速多出现在 JV1 垂线，冬、春、夏、秋季分别为 1.72m/s、1.76m/s、1.41m/s、1.89m/s。从四季垂线平均最大流速比较来看，四季间涨潮流差异最大为 0.38m/s，发生在 JQM10 垂线；落潮流差异最大为 0.91m/s，发生在 JQM1 垂线。潮流呈往复流时，季节间流向变化较小，潮流呈旋转流时，季节间流向变化较大。潮流随潮汛变化规律良好，整体上，大潮流速最大、中潮次之、小潮流速最小。厂址前沿海域，涨潮流历时明显长于落潮流历时；厂址周边海域，总体上落潮流历时长于涨潮流历时。

2) 潮流类型及运动形式

工程海域的潮流性质为非正规半日浅海潮流类型，浅水效应较为显著，具体表现为涨、落潮的流速不等和涨、落潮流的历时不等；各季潮流特性没有本质差异。厂址前沿海域除 JQM3 垂线外，其|K|值都在 0.22 以内，具有显著的往复流特征。JQM3 垂线|K|值则在 0.25 附近，具有一定的往复流特性。厂址周边海域的 JQM5、JQM6、JQM7 和 JQM10 垂线|K|值介于 0.26~0.49，均大于 0.25，具有明显的旋转流特征，其余各垂线|K|值大多小于 0.25，具有往复流特征。

3) 实测最大涨、落潮流流速范围

厂址前沿海域，因局部复杂的微地形影响，当潮波进入时，由于南田岛对涨潮流的阻流作用，致使南田岛东侧 JQM1~JQM3 垂线涨潮流流速减缓，四季的各垂线实测最大涨潮流流速为 0.63~1.08m/s，而位于南田岛西侧 JQM11 垂线又因金七门水道归流作用，涨潮流明显增强，四季实测最大涨潮流流速为 0.99~1.13m/s；落潮流由三门湾、南田湾汇入厂址前沿海域，经金七门水道逐渐增强，金七门水道西侧 JQM11 垂线四季各垂线实测最大落潮流流速为 0.78~1.02m/s，金七门水道东侧 JQM1~JQM3 垂线四季各垂线实测最大落潮流流速为 0.60~1.89m/s。

厂址周边海域，整体上实测最大涨、落潮流由东向西逐渐增强。四季各垂线实测最大涨潮流流速，东侧海域介于 0.83~1.14m/s，南侧海域介于 0.84~1.22m/s，西侧海域为 1.07~1.44m/s；实测最大落潮流流速，东侧海域介于 0.71~1.28m/s，南侧海域为 0.94~1.41m/s，西侧海域为 1.07~1.38m/s。

4) 四季垂线平均最大涨、落潮流流速范围

总体而言，冬、春、夏、秋季测区垂线平均最大涨潮流流速分别介于 0.40~1.13m/s、0.20~1.24m/s、0.23~1.11m/s、0.36~1.27m/s。垂线平均最大落潮流流速分别介于 0.32~1.58m/s、0.28~1.60m/s、0.28~1.10m/s、0.31~1.70m/s。

5) 余流

测区余流整体不大，最大垂线平均余流流速为 0.23m/s，出现在 JQM1 垂线大潮汛。冬、春、夏、秋季垂线平均余流流速分别介于 0.02~0.19m/s、0.02~0.22m/s、0.01~0.23m/s、0.01~0.18m/s，余流流速多在 0.10m/s 以内。

(5) 海水温度

依据厂址专用站（2015 年 4 月~2016 年 3 月）海水表层温度资料和厂址附近海域石浦海洋站（1960~2021 年）海水温度资料，统计确定了金七门厂址海域多年平均海水温度为 18.1℃，最近五年平均海水温度值为 19.1℃，多年平均各月的海水水温为 8.5~27.9℃。

根据 2024 年 1 月~2024 年 10 月在厂址处水文测验期间的相关成果，本测区水温的季节变化十分明显，冬季→春季→夏季→秋季水温呈现先升高后降低的趋势，即冬季水温最低，夏季水温最高。实测水温特征值：冬、春、夏、秋季实测最高水温分别为 10.01℃、21.44℃、29.91℃、25.14℃；实测最低水温分别为 7.58℃、17.26℃、21.33℃、22.58℃。

水温平面分布：从宏观上看，测区各垂线间水温互差不大。从微观上看，冬季厂址南侧、厂址东侧海域水温相对较高，厂址西侧、厂址前沿海域水温相对较低，春季、夏季则规律相反；水温的垂直分布：秋、冬季表层水温往往低于底层水温；春、夏季表层水温往往高于底层；从各季表底层温差比较来看，秋、冬季的表底层温差小于春、夏季；水温的周日变化：当潮流呈往复运动时，水温的周日变化呈现双峰形态，即随潮流的往复运动呈现半日周期的变化；当潮流呈旋转流运动时，潮流引起的水温周期性变化不甚明显；水温周日变化还与地形有关，如厂址前沿海域由于微地形的作用，致使水温的周日变化较为复杂。

(6) 海水盐度

根据 2024 年 1 月~2024 年 10 月在厂址处水文测验期间的相关成果，实测盐度特征值：冬、春、夏、秋季实测最高盐度分别为 27.907、27.345、33.210、28.012。

盐度的季节变化特征：总体上四季观测期间盐度变化不大，冬季、春季、夏季、秋季平均盐度分别介于 27.123~27.756、25.431~26.587、29.857~32.328、25.028~26.630。

盐度的平面分布特征：总体上呈现由外海向近岸、由东向西逐渐降低的分布特征。

盐度的垂向分布特征：春季、夏季、秋季较为一致地表现为上表层较低而底层较高的特征，冬季表现不明显；盐度周日变化特征：与水温周日变化基本一致。

（7）泥沙

1) 含沙量

根据 2024 年 1 月~2024 年 10 月在厂址处水文测验期间及厂址专用水文站实测相关成果，冬季大、中、小潮平均含沙量分别介于 0.396~0.957kg/m³、0.091~0.686kg/m³、0.130~0.534kg/m³；春季大、中、小潮平均含沙量分别介于 0.118~0.657kg/m³、0.080~0.449kg/m³、0.008~0.036kg/m³；夏季大、中、小潮平均含沙量分别介于 0.029~0.198kg/m³、0.018~0.089kg/m³、0.009~0.035kg/m³；秋季大、中、小潮平均含沙量分别介于 0.200~0.570kg/m³、0.070~0.242kg/m³、0.020~0.116kg/m³。含沙量随潮汛变化规律整体表现为：大潮潮动力强，含沙量最大，中潮次之，小潮含沙量最小。整体上，秋、夏季含沙量层差较大，春、冬季含沙量层差较小。

2) 悬沙粒径

根据四季测区悬沙粒径比较结果，悬沙粒径随季节变化不大，总体上冬、夏季悬沙中值粒径略大于春、秋季。厂址前沿海域，冬、春、夏、秋季各垂线平均中值粒径分别介于 0.0071~0.0083mm、0.0056~0.0079mm、0.0052~0.0086mm、0.0071~0.0083mm。厂址周边海域，冬、春、夏、秋各垂线平均中值粒径分别介于 0.0062~0.0085mm、0.0046~0.0087mm、0.0052~0.0103mm、0.0066~0.0083mm。测区悬沙粒级分类属于极细粉砂和细粉砂范畴。

3) 底质类型和分布

各站四季大、中、小潮表层底质样的采集与分析结果表明：测区底质主要由粉砂和粘土组成，并含有极少量的砂。冬、春、夏、秋季底质粒径分别介于 0.0086mm~0.0284mm、0.0079mm~0.0269mm、0.0083mm~0.0239mm、0.0087mm~0.0272mm，总体上，底质粒径随季节变化不大，底质类型多属于细粉砂~中粉砂范畴。

（8）海冰

厂址所在区域在地理上属亚热带气候，湿润温和而多雨，根据厂址附近石浦站 1960 年~2021 年的水温实测资料，历史最高表层海水水温为 31.5℃，历史出现在 2018 年 8 月，历史最低表层水温为 4.0℃，出现在 1968 年 2 月。依据建立的厂址与石浦表层水温相关关系，推算的金七门厂址海域的历史最高海水温度值为 31.0℃，历史最低海水温度值为 4.4℃，

故厂址海域不存在冰情影响问题。

（9）岸滩演变

1) 岸线变化

1975~1989 年期间该海域岸线有不同程度的向海淤进。淤进幅度较大的区域主要在三门湾西部、下洋涂和白蕉水道北部浅滩上，另外在石浦港沿岸及高塘岛、花岙岛、南田岛西部局部岸线也有小幅向海推进。这一时期岸线变化主要是人工围垦浅滩造成的，各区域的围垦面积：三门湾内约 46km^2 ，下洋涂约 8.1km^2 ，白蕉水道约 14.8km^2 ，石浦沿岸及高塘岛、花岙岛、南田岛西部共约 5.6km^2 。

1989~2000 年期间，三门湾海域海岸线变化不大。

2000~2010 年期间，三门湾西部、下洋涂和白蕉水道沿岸以及高塘岛、花岙岛、南田岛西部局部岸线都有不同程度向海推进，水域面积也相应不同程度缩小。这一时期岸线变化主要是 2000 年之后滩涂水域围填海造成的。

2) 海床等深线变化

1964 年，0m 等深线分别位于南田岛近岸及南山岛近岸，金七门西侧水深超过 2m；金七门东侧 0m、2m 和 5m 等深线贴岸分布，深槽水深超过 10m。

1964~2005 年期间，金七门西侧滩面淤浅，0m 等深线有所淤积外移，2m 等深线由南田岛附近外移至南山岛南侧，2m 等深线后退至金七门附近；金七门两侧近岸 5m 等深线的位置变化不大；金七门东侧 10m 等深线的位置明显淤积南移，南山岛南侧 10m 等深线的位置变化不大。

2005~2013 年期间，金七门西侧、东侧及南侧 0m、2m、5m 和 10m 等深线的形状和位置吻合度较高，显示各个等深线均保持基本稳定状态。

2013~2020 年期间，金七门 0m、5m 和 10m 等深线呈淤外移积状态，2m 等深线变化不大。这一时期金七门淤积受三门湾内围填海等人类活动影响较大。

以上分析可以看出，金七门外海 0m、2m、5m 等深线变化小，岸滩保持稳定，尤其是深槽北侧滩面地形长期保持稳定；金七门附近深槽 10m 以深区域及西侧滩面则呈淤积趋势。

2.5.1.2 陆地水文

（1）水文描述

象山县位于浙江省东部沿海，象山港与三门湾之间，北临象山港，东濒大目洋，南滨三门湾，西接宁海县。全县由象山半岛东部和 608 个岛礁组成，陆地面积 1175.16km^2 ，海域面积 5335km^2 。

象山县多年平均降水量为 1462.8mm，多年平均径流深 734.7mm，多年平均水资源量为 $9.327 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其中地表水 $8.634 \times 10^8 \text{m}^3$ （可利用量 $4.78 \times 10^8 \text{m}^3$ ），地下水 $0.693 \times 10^8 \text{m}^3$ （可开采量 $0.1877 \times 10^8 \text{m}^3$ ）；保证率 90% 年地表水资源量为 $5.110 \times 10^8 \text{m}^3$ ，保证率 95% 年地表水资源量为 $4.097 \times 10^8 \text{m}^3$ ，保证率 97% 年地表水资源量为 $3.826 \times 10^8 \text{m}^3$ 。全县人均水资源量 1752.5m^3 （2000 年人口为基准），虽高于宁波市人均占有量 1314m^3 ，但仅为全省、全国相应统计值的 82.4% 和 77.1%，仍属水资源不丰富的地区。

象山县水资源区域分布不均匀，受地形的影响，地区性差异较大，由西北向东南沿海递减。西北部山区为全县的降水中心区，多年平均降水量为 1595.5mm（西周），平均径流深 963.7mm（西周），东南部沿海多年平均降水量约 1432.8mm（石浦），平均径流深 702.1mm（石浦），海岛多年平均降水量仅 1301.2mm，平均径流深仅 500mm 左右。

水资源的年际年内分布也不均匀，受季风气候影响，年际年内差异较大，丰、平、枯水年有连续、交替发生的现象。降雨主要受梅雨和台风控制，年内多集中在 4~10 月，这 7 个月的降雨量占全年降雨量的 71~75%，其中 6~9 月占全年降水的 40.8%~50%。降雨的年际变化亦较大，以丹城站为例，最大年降水量（1991 年 2177.6mm）与最小年降水量（1967 年 770.6mm）比为 2.83。

（2）水利工程

目前全县已建中型水库 5 座，小型水库 77 座，总库容 $10045.7 \times 10^4 \text{m}^3$ ；山（池）塘 2086 座，灌溉库容约 $1134 \times 10^4 \text{m}^3$ ；全县河网总长度 710km，水面积 12.7km^2 ，正常蓄水量 $1870.47 \times 10^4 \text{m}^3$ ；全县总蓄水容量 $13050.17 \times 10^4 \text{m}^3$ 。在山区及丘陵地区，还利用堰坝引水灌溉，现有堰坝 635 处，干旱年份引水量约为 $230 \times 10^4 \text{m}^3$ ；建成白溪水库引水工程，白溪水库位于宁海县岔路镇，集水面积 254km^2 ，总库容 $16840 \times 10^4 \text{m}^3$ ，兴利库容 $8150 \times 10^4 \text{m}^3$ ，每天向象山县供水 $5 \times 10^4 \text{m}^3$ ；地下水开发利用的主要形式是打井取水，全县共有各类水井 7433 处，年可供水量 $817 \times 10^4 \text{m}^3$ ，占地下水资源总量的 11.78%。

（3）淡水水源

南田岛属于水利分区的 IV 区，是象山县最大的岛屿，位于象山县南部，面积约 102km^2 ，地形东高西低，东部为山地，西部地势较为平缓；主要河流为鹤浦，发源于小西天，通过鹤浦大闸注入石浦港，全长 9.8km，流域面积 41.3km^2 ，上游建有樊岙、小百丈水库。

由于南田岛水资源量不大，且水资源时空分布不均匀，现有水利工程蓄水能力较小，又缺乏有利的建库条件，可供水量有限，在枯水年份，淡水供应较为紧张。根据《象山县水资源综合规划报告》的成果，现有水利工程的供水量仅基本满足 2030 年水平年保证率 90% 的用水需求，为满足区域用水需求，规划建设大唐港水库引水工程；大唐港水库位于中国核电工程有限公司

象山县定山境内，为三门湾内港岳井洋支流，属堵港蓄淡工程，集水面积 134km^2 ，总库容 $4642\times 10^4\text{m}^3$ ，兴利库容 $1935\times 10^4\text{m}^3$ ，主要供农业用水，在 90%保证率枯水年份，满足灌区用水条件下，尚可富余水量约 $2500\times 10^4\text{m}^3$ ，可以满足南田岛的引水需求。

根据象山县及核电厂所在区域的淡水资源规划利用的实际情况，核电厂运行期间的生活用水和生产用水拟由海水淡化厂房产品水提供，施工期淡水用水由浙江省宁波市象山县第二自来水有限公司提供，绿化、浇洒、洗车等用水由中水系统提供。下一阶段将进一步论证施工期与运行期全厂生活、生产用水采用淡水水源的可行性。

2.5.2 地下水

厂址所处南田岛为独立海岛，岛内主要水系为鹤浦大河，以樊岙水库为源头，自南向北流经樊岙村、五利村、蟹厂、鸭嘴头，至鹤翔流入大海，入海口有鹤浦大闸调节，总长度 10.8km 。

2.5.2.1 厂址附近范围水文地质特征

厂址位于浙江东部沿海象山半岛低山丘陵区，属天台山脉东部沿象山港延展部分。厂址附近范围内水文地质条件简单，含水层呈层状分布，岩性、厚度、渗透性变化均较小，空间分布稳定，地下水补、径、排条件简单。

2.5.2.1.1 地层岩性

根据已有成果，厂址附近范围第四系发育，沉积类型多样，可分为坡洪积层、坡残积层、海积—冲海积层，基岩主要为下白垩统西山头组（ K_{1x} ）含砾凝灰岩、沉凝灰岩和凝灰熔岩、流纹斑岩、熔结凝灰岩等，零星分布潜流纹斑岩和安山玢岩岩脉。

厂址地层可划分为第四系和下白垩统西山头组（ K_{1x} ）凝灰岩，零星分布安山玢岩岩脉（ $\alpha\mu$ ）侵入岩。

第四系可分为人工堆积层（ Q_4^{ml} ）、全新统堆积层（ Q_4^{col} ）、全新统海积层（ Q_4^m ）层、冲海积（ Q_4^{al+m} ）层、全新统坡洪积层（ Q_4^{dl+pl} ）、上更新统冲湖积（ Q_3^{al+tl} ）、海积（ Q_3^m ）、冲海积（ Q_3^{al+m} ）层和坡残积层（ Q_3^{dl+el} ）。基岩主要为下白垩统西山头组（ K_{1x} ）凝灰岩，零星分布有安山玢岩岩脉（ $\alpha\mu$ ）等。

2.5.2.1.2 地下水的类型及特征

根据地下水赋存条件、水力特征及埋藏条件，厂址附近范围地下水类型可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大类。

2.5.2.1.2.1 松散岩类孔隙水

根据含水层岩性不同，松散岩类孔隙水可划分为全新统海积层孔隙水、全新统坡洪积层孔隙水、第四系坡残积层孔隙水和全风化层孔隙水等。

1) 全新统海积层孔隙水

地下水赋存于全新统海积层内，含水层岩性主要为淤泥质粉质黏土、粉质黏土层，含水层厚度约为 5~20m，近山前趋薄，近海变厚，总体上含水层透水性差，属微透水层。地下水接受大气降水补给和地表水体的下渗补给，向海域较低的方向径流，蒸发是其主要排泄方式。

2) 全新统坡洪积层孔隙水

地下水赋存于全新统坡洪积层内，含水层岩性以含黏性土碎石、含砾粉质黏土为主，分布于厂址附近范围内沟谷中下游地势低洼地带及沟口地带，含水层厚度一般为 5~10m，向沟谷源头逐渐变薄。含水层主要接受大气降水补给，上游沟谷接受山坡汇水下渗补给，与地表水体水力联系密切，丰水期部分接受地表水体补给。地下水位受地形控制，在沟谷上游水位埋深一般为 1~4m，下游埋深多为 0.5~1.5m，个别地段受地势起伏影响也会出露地表形成下降泉。地下水沿沟谷源头顺地势向沟谷口缓慢径流，向下游径流和泉出露是本含水层的主要排泄方式。

3) 第四系坡残积层孔隙水

地下水赋存于第四系坡残积层中，含水层一般分布于山前坡麓边缘，多呈小范围的带状分布，厚度 2~5m 不等，岩性主要为含砾粉质黏土、粉质黏土，透水性弱。含水层主要接受大气降水补给，随地势向低洼处径流，流速缓慢，向下部风化基岩下渗和侧向径流为其主要排泄方式。

4) 全风化层孔隙水

地下水赋存于全风化层中，含水层岩性为凝灰岩，全风化层呈高岭土化，黏土矿物充填裂隙，透水性差；含水层主要接受大气降水入渗补给，在地势低洼沟谷处，接受上部第四系松散岩类孔隙水的下渗补给，沿地势向下游低洼处径流，流速缓慢，沿程径流途径短。

2.5.2.1.2.2 基岩裂隙水

厂址附近范围基岩裂隙水主要赋存于强风化层，呈小范围的带状分布，少量赋存于中等~微风化岩层，多以脉状形式分布。基岩裂隙水赋存条件差，水量贫乏，渗透性弱，无统一的地下水位。

2.5.2.1.3 地下水补给、径流与排泄条件

松散岩类孔隙水接受大气降水、地表水体等补给，补给，排泄方式主要为蒸发、径流等。地下水沿地势向下游低洼处径流，并最终排泄至大海。

全风化层孔隙水主要接受大气降水和上覆土层中孔隙水的入渗补给，其次是基岩裂隙水侧向补给，地下水随地形地势向下游低洼处径流，运动迟缓，排泄于大海。

基岩裂隙水接受上部松散岩类孔隙水补给，沿节理裂隙缓慢径流，在地势低洼处排泄出地表。

2.5.2.1.4 水文地质单元划分

厂址附近范围地表分水岭总体上呈“工”字形分布，可将南田岛分为相对独立的四部分，另加南山岛独立海岛，共计五个部分。南田岛南北向以小南山～龙王山～大头岗～荷花心～胖蓬岩～风门口～白岩山为分水岭，风门口～小南山东侧均面向猫头洋，西侧有东西向分水岭水牛背～大头岗、炮台山～龙王山，将西区分为上、中、下三个单元，分别为大南田～牧童岙水文地质单元、水湖涂～杨柳坑水文地质单元、金七门水文地质单元；南田岛东侧为小南山～风门口水文地质单元。各水文地质单元之间相互独立，形成各自补给、径流、排泄系统。金七门核电厂位于金七门水文地质单元。

1) 金七门水文地质单元

金七门水文地质单元平面呈“K”字形，以北侧龙王山为分水岭，包括龙王山南侧及厂址所在的小南山半岛、长皮长半岛。

该水文地质单元水文地质条件较为简单。龙王山南侧总体北高南低，地表水和地下水径流由山岭→缓坡→入海，径流途径短、水量小、排水快，部分地表径流和地下水径流沿坡面汇入冲沟，汇集至金七门村后注入大海；小南山半岛和长皮长半岛上地表水和地下水径流由山岭→缓坡→入海，径流途径短、水量小。

该水文地质单元内地下水主要接受大气降水和基岩裂隙水的补给。龙王山南侧后缘为坡残积层缓坡，地下水径流缓慢。

2) 大南田～牧童岙水文地质单元

大南田～牧童岙水文地质单元位于厂址附近范围西北侧，南侧以水牛背～大头岗为分水岭，西侧以荷花心～胖蓬岩～风门口为分水岭，北侧以白岩山～老鹰山为分水岭，形成三面环山，开口西北的地形特征。主分水岭控制了地下水和地表水的流向，对于该水文地质单元地下水和地表水构成了天然屏障，并决定了地表水和地下水总体呈北西向流的趋势。

该水文地质单元内地表水和地下水主要接受大气降水补给。该单元内地下水和地表水

受次级分水岭控制后，总体流向表现为放射状，地下水和地表水均随地势汇集，径流表现为山岭→缓坡→平原，最终经南田墩沟渠汇集后注入大海。

3) 水湖涂～杨柳坑水文地质单元

水湖涂～杨柳坑水文地质单元位于南田岛西侧中部，北侧以水牛背、东侧以龙王山、南侧以炮台山为分水岭。本区地表地势起落明显，水牛背最高为 326.6m，龙王山最高 259m，其余山脊多为 150m 左右，陡降较大，坡面泄水较快，地下水和地表水表现为山岭→缓坡→入海，径流较短。

该水文地质单元内地表水和地下水主要接受大气降水补给。该单元受次一级低丘分水岭分割，平面地形上呈圈椅状汇水，开口向西，地表水和地下水由北向南、由西向东汇入冲沟，直接注入大海。

4) 小南山～风门口水文地质单元

小南山～风门口水文地质单元西侧以小南山～龙王山～大头岗～荷花心～胖蓬岩～风门口～白岩山一线为界，东侧直临大海。该水文地质单元内无常年地表水流，地表水和地下水主要接受大气降水补给，地表水、地下水均随地形由坡面直流入海。

5) 南山岛水文地质单元

南山岛为独立海岛，岛上无地表水体，不存在地表汇流的小规模冲沟，本单元具有统一的边界和补给、径流、排泄条件，属独立水文地质单元。该水文地质单元内地下水主要接受大气降水补给，地下水径流由山岭→缓坡→入海，径流途径短、水量小，地下水均随地形由坡面直流入海。

2.5.2.1.5 现有地下水利用情况

根据调查，厂址附近范围主体经济以海产品养殖和渔业捕捞为主，无大型和中型工厂、矿山等企业，不存在大型地下水供水水源地和地下水供水工程。

金七门水文地质单元内民井共 2 眼，均位于金七门村，目前该村已完成拆迁，水井均已被回填。厂址附近范围内其他水井分布于水湖涂～杨柳坑等其他水文地质单元，与金七门水文地质单元地下水无水力联系。

金七门水文地质单元共有泉 6 眼。目前，1、2 号机组场地已开始平整，场地平整后，位于厂区内泉将不存在；位于厂区北侧龙王山泉，在边坡开挖后，泉将不存在；因此，项目建设过程中，该水文地质单元内仅有厂址上游 1 眼泉可能存在，项目建设、运行对该泉水无影响。

2.5.2.2 厂址水文地质特征

3、4 号机组厂区场地尚未开挖整平，为原始地形地貌，雨季地表水呈放射状向低处径流或渗入土层中，最后排入海洋中。

2.5.2.2.1 地下水类型及赋存条件

3、4 号机组厂区场地内水文地质条件简单，地下水类型有松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。其中松散岩类孔隙水可细分为第四系海积层孔隙水、第四系坡洪积层孔隙水、第四系坡残积层孔隙水和全风化层孔隙水。

2.5.2.2.1.1 第四系孔隙水

1) 第四系海积层孔隙水

(1) 沙滩区孔隙水

主要分布于东部后沙头海湾，含水层厚度一般为 2~5m。

地下水赋存于潮间海滩，含水层为海积成因的砂类土层，以粉细砂为主，局部为卵砾石层。沙滩出露面积不大，沙滩区地下水位变化不大，地下水位位于地表或接近地表。该含水层粉细砂层的渗透系数为 $1.52 \times 10^{-2} \sim 1.59 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ ，渗透性等级为强透水。

(2) 泥滩区孔隙水

主要分布于金七门西海湾，含水层厚度一般为 6~10m。

地下水赋存于潮间带，含水层为淤泥（含砂）、粉细砂或粉土，局部为卵砾石层。泥滩区地下水位变化不大，地下水位接近地表。该含水层淤泥（含砂）的渗透系数为 $6.38 \times 10^{-5} \sim 8.89 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，渗透性等级为中等~弱透水。

金七门村所在山麓斜坡向泥滩倾斜，泥滩区下部粉质黏土混碎石层中地下水一般为微承压水。

2) 第四系坡洪积层孔隙水

该含水层主要位于金七门村附近山麓斜坡地段，地面高程小于 30m，含水层厚度一般为 5~20m 左右不等，边界以山坡为界，在丘陵坡脚地段厚度较薄。地下水赋存于全新统坡洪积层内，含水层主要为粉质黏土混碎石，因坡洪积地层颗粒组成的不均匀性，渗透性表现出一定的差异。地下水补给来源主要为大气降水，其次是基岩裂隙水，并最终径流排泄于大海。地下水流向大致沿或斜交沟谷方向，运动迟缓，排泄于大海。

根据试验成果，该含水层粉质黏土混碎石的渗透系数为 $1.16 \times 10^{-5} \sim 1.09 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，渗透性等级为中等~弱透水。

3) 第四系坡残积层孔隙水

该地下水赋存于丘陵区第四系坡残积层中，主要分布于山前坡麓边缘，多呈小范围的带状分布，厚度 2~5m 不等。含水层为可塑~硬塑状粉质黏土混碎石、粉质黏土。地下水主要接受大气降水补给，随地势向低洼处径流，向下部风化基岩下渗和下方侧向渗流排泄，流速缓慢，径流途径短。该层渗透性约为 $10^{-5} \sim 10^{-4}$ cm/s，渗透性等级为中等~弱透水。

4) 全风化层孔隙水

全风化层厚度为 0.7~7.5m，平均厚度 3.3m，主要分布在丘陵区山坡下部山麓斜坡地段。主要接受大气降水入渗补给，在地势低洼沟谷处，接受上部第四系松散岩类孔隙水的下渗补给，随地形地势向下游低洼处径流，沿程径流途径短。

2.5.2.2.1.2 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于强风化层中，少量赋存于中等~微风化层中。赋存于强风化层中基岩裂隙水，多呈小范围的带状分布，含水层厚度一般小于 5m。含水层富水性与岩性、地形坡度、风化带厚度以及表部植被发育程度有关，总体上表现为富水性差、均匀性差、流向受地形控制明显。赋存于中等~微风化层中基岩裂隙水，以脉状形式赋存，均匀性差，无统一的地下水位。

2.5.2.2.2 地下水的补、径、排条件

第四系坡残积层孔隙水主要接受大气降水及周边基岩裂隙水侧向补给。地下水流向大致沿或斜交沟谷方向，最终排泄于大海。

第四系坡洪积层孔隙水补给来源主要为大气降水，其次是基岩裂隙水侧向补给，地下水流向大致沿或斜交沟谷方向，运动迟缓，排泄于大海。地下水水位埋深浅，动态变化大。

第四系海积层孔隙水与海水相连通，受海水涨退潮影响，主要接受大气降水及海水入渗补给，水位埋深浅，地下水向地势低洼处径流排泄，最终排向大海。

全风化层孔隙水主要接受大气降水和上覆土层中孔隙水的入渗补给，其次是基岩裂隙水侧向补给，地下水随地形地势向下游低洼处径流，沿程径流途径短。

基岩裂隙水接受大气降水入渗补给及上部松散岩类孔隙水的下渗补给，沿裂隙下渗到一定深度后转向水平运动，地下水总流向和地形总坡向一致，排泄于沟谷低洼地段，泉是其主要排泄方式，最终排向大海。

综上所述，3、4 号机组厂区地下水补给来源以降水为主，总体沿地势向低洼处径流

排泄，最终汇入大海。场地平整后，地下水总体流向不会发生改变。

2.5.2.2.3 岩土层渗透性

根据前期成果，厂址开展了 8 组试坑渗水试验，试验层分别为②₁层粉细砂层、②层淤泥（含砂）和③层粉质黏土混碎石层。根据渗水试验结果，②₁层粉细砂层的渗透系数为 $1.52 \times 10^{-2} \sim 1.59 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ ，其渗透等级为强透水。②层淤泥（含砂）的渗透系数为 $6.38 \times 10^{-5} \sim 8.89 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ ，其渗透等级为中等透水～弱透水。③层粉质黏土混碎石的渗透系数为 $1.43 \times 10^{-4} \sim 6.28 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ ，其渗透等级为中等透水。厂址在山麓斜坡地段 K18 和 K20 两个钻孔开展了抽水试验，试验含水层为③层粉质黏土混碎石。

根据钻孔抽水试验成果，③层粉质黏土混碎石的渗透系数为 $1.16 \times 10^{-5} \sim 1.09 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ ，其渗透等级为中等透水～弱透水。

金七门村所在山麓斜坡向泥滩倾斜，海涂区粉质黏土混碎石中地下水一般为微承压水。为测定其渗透性，在山麓斜坡下边缘开展了 K16 钻孔抽水试验，试验含水层为⑤₁层粉质黏土混碎石和⑥₁层粉质黏土混碎石。

根据钻孔抽水试验成果，⑤₁层粉质黏土混碎石和⑥₁层粉质黏土混碎石的综合渗透系数为 $1.21 \times 10^{-4} \sim 2.16 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ ，其渗透等级为中等透水。

为查明厂区基岩裂隙水渗透性，在利用已有成果资料的基础上，共计开展了 10 个钻孔压水试验，试验段为中等～微风化凝灰岩。根据钻孔压水试验成果，厂址区中等风化～微风化凝灰岩的透水率主要为 $0.1 \text{ Lu} \sim 7.53 \text{ Lu}$ ，属极微透水～中等透水层，局部微风化凝灰岩岩体完整，属极微透水层。

2.5.2.2.4 水力联系

1) 地下水与海水之间的水力联系

3、4 号机组场地内地下水随地形由高向低径流排泄，最终汇入大海。

在海域滩涂区第四系海积层中赋存的地下水与海水相连通，在涨潮时接受海水入渗补给，在退潮后，第四系海积层孔隙水向地势低洼处径流排泄，最终排向大海。

2) 地下水之间的水力联系

3、4 号机组场地内松散岩类孔隙水与基岩裂隙水之间存在相互补给关系，松散岩类孔隙水接受大气降水补给后垂向补给基岩裂隙水；松散岩类孔隙水随地形由高向低径流途中，接受基岩裂隙水侧向补给。

2.5.2.2.5 水化学特征

厂区取水样 12 组，分别为松散岩类孔隙水 6 组，基岩孔隙裂隙水 3 组，海水样 3 组，所取水样均进行了水质简单分析和侵蚀性 CO_2 测定。

根据水质分析成果，3、4 号机组丘陵区松散岩类孔隙水 pH 值为 6.98~7.05，为中性水，矿化度介于 216.096~510.45 mg/L 之间，属淡水，水化学类型主要为 $\text{SO}_4\text{-Na (K) -Ca}$ 型；基岩裂隙水 pH 值为 7.14~8.81，矿化度介于 310.263~1447.665mg/L 之间，属淡水~低矿化水，水化学类型为 Cl- Na (K) 型、 $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na (K)}$ 、 $\text{SO}_4\text{-Ca}$ 、 $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Mg(Ca)}$ 型水。

滩涂区第四系孔隙水地下水 pH 值为 6.88，矿化度为 7157.557mg/L，属中矿化水，水化学类型为 Cl- Na (K) 型，表明滩涂区地下水与海水有水力联系。

2.5.2.3 现有和计划的地下水利用情况

3、4 号机组场地及其附近没有大的地下水供水源地，地下水用户主要为金七门村居民生活饮用及小部分农业灌溉，金七门村已搬迁，取水点已废弃。

核电厂无利用地下水的计划。

2.5.2.4 电厂建设对地下水的影响

场地平整后，厂区内局部地段地下水流场将发生变化，但未改变地下水的总体流向，仍为由中部向四周排泄。核电厂建设不会对厂区地下水产生影响。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 天文潮

采用厂址专用站一年的潮位观测资料进行调和分析，用所得的调和常数计算 2016~2034 年这 19 年间的逐时及日高低天文潮位，计算结果如下：

最高天文潮位：	3.48m
最低天文潮位：	-2.92m
10%超越概率天文高潮位：	3.32m
10%超越概率天文低潮位：	-2.72m

2.5.3.2 风暴潮增、减水

（1）概率论法

根据《浙江金七门核电厂 1、2 号机组工程水文复核分析计算研究报告》（2023.06），利用健跳水文站 1976~2021 年的增减水序列对原报告重现期增减水进行了复核，经复核分析后推荐重现期增、减水仍采用原报告结果，即千年一遇增水值为 3.38m，千年一遇减水值为 -1.82m。

（2）确定论法

1) 可能最大热带风暴参数（PMTC）确定

依据浙江、福建两省相关资料，通过大气静力学方程、热力学方程和状态方程等，确定本厂址的 PMTC 参数，其中台风外围气压取 1010hPa，台风中心气压取 891hPa，最大风速半径为 30km，台风移动速度为 35km/h。

2) 计算模型

应用丹麦水力学研究所开发的平面二维水流数值模型（MIKE 21）模拟厂址海域大范围的风暴潮。

计算范围：计算域的水边界西至广东汕头，南至台湾岛南端，东至日本琉球群岛—韩国济州岛东侧一线，北至渤海辽东湾北岸，大致范围为 $21.5^{\circ}\text{N}\sim 41^{\circ}\text{N}$ 、 $116.5^{\circ}\text{E}\sim 127^{\circ}\text{E}$ ，整个计算域面积为 $1030\text{km}\times 2180\text{km}$ ，即 224 万 km^2 。

边界条件：大区边界取静压水位，以平均海平面为初始条件。

地形：大范围计算的地形主要取自近年的新出版海图，浙江沿海的河口、港湾如钱塘江河口、杭州湾、象山港、三门湾、椒江河口、台州湾、乐清湾、甌江河口均采用近年测量的大比例尺的水下地形图对地形进行修正。

3) 模型验证

采用已建立的数值模型对影响本厂址附近海域的 7 次有代表性的台风风暴潮过程进行了模拟计算。根据已有的研究和秦山核电、三门核电以及苍南核电的成果，对本厂址增水不利的台风应为西行登陆型，因此，选择六场西行登陆型台风作为验证台风，这六场台风为：5612 号台风、9417 号台风、9711 号台风、0414 号、0515 号和 1211 号。验证结果表明所建立的风暴潮模型较好的模拟了健跳站和大目涂站每个显著的台风增水过程，可认为所建立的风暴潮模型是可靠的，可以满足本厂址处 PMSS 计算的要求。

4) 可能最大风暴潮增、减水计算

根据厂址 400km 范围内中心气压小于 975hPa 的热带气旋各移动方向占比统计，考虑厂址处可能最大风暴潮增、减水出现的路径在 $250^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 和 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 之间。可能最大风暴潮增水最不利路径计算方案为：移速 35km/h，路径为在厂址-1.5R $\sim$ +1.5Rkm 处登陆，每 15km（0.5R）为一个计算组次，移向为 $250^{\circ}\sim 360^{\circ}$ （移向东北）和 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ （移向西北），每 10° 为一个计算组次。计算结果表明：距厂址 30km（-1.0R）处登陆，移速为 35km/h，运行方向为 330° 的台风引起的厂址可能最大风暴潮增水为 4.77m。

可能最大风暴潮减水最不利路径计算方案为：移速 35km/h，路径为在厂址以东 45km（记为+1.5R）到厂址以西 45km（记为-1.5R）的直线，每 15km（0.5R）为一个计算组次，

移向为 25° 、 20° 、 15° 、 10° 、 5° 、 0° 、 355° （ -5° ）、 350° （ -10° ）。计算结果表明：距厂址东侧 15km（0.5R）处登陆，运行方向为 20° 的台风引起的厂址可能最大风暴潮减水为 -2.83m。

综上，厂址可能最大风暴潮增水为 4.77m，由厂址南侧 30km 处登陆、运行方向为 330° 的台风引起；可能最大风暴潮减水为 -2.83m，由厂址东侧 15km 处登陆、运行方向为 20° 的台风引起。

2.5.3.3 海平面异常

原报告分析了工程海域的海平面变化状况，预测工程海域海平面未来 60 年将上升 23cm。

根据《浙江金七门核电厂 1、2 号机组工程水文复核分析计算研究报告》（2023.06），《2021 年中国海平面公报》中海平面监测和分析结果表明，1980 年至 2021 年中国沿海海平面上升速率为 3.4mm/a，以此速率推算，未来 60 年将上升 21cm。根据健跳水文站多年海平面资料，应用海平面变化预测模型推算得到工程海域海平面上升速率为 0.31cm/a，未来 60 年海平面将上升 17cm。

遵循合理偏保守原则，最终推荐金七门厂址海域未来 60 年海平面将上升 23cm。

2.5.3.4 假潮

假潮是指封闭或半封闭的水域由于大气的、海洋的或者其它个力扰动，水体发生与水域固有频率有关的振动，是该水体地形对外力的一种响应，其振动周期与水域的大小和形状、水深有关。

三门湾假潮振动的周期约在 3.8h 到 4.5h 之间，平均 4.1h，界线位于西岸壳塘山、青峙山一带至东岸金七门一带，故三门湾一带存在假潮振动现象。通过实测资料的谱分析发现，1/6 分潮有异常增大现象且其周期与假潮周期基本一致，因此可以认为假潮振动已包括在天文潮汐的变化之中，不宜另行作为单独因子在设计基准洪水位中计算。

2.5.3.5 海啸

由于我国东南沿海受近海岛屿和大陆架保护，进入沿海地区的海啸波能量很快衰减，在我国大陆沿海尚未发生严重的地震海啸。金七门厂址及其附近区域是我国一个以弱震活动为主，中强震活动频次较低的地区，最高震级仅为 6 级。自从 1970 年有仪器记录以来，在厂址周围 100km 范围内记录到的最大地震仅为 3.3 级（1993 年），历史上也未见破坏性地震记载。三门湾海域大部分区域水深小于 20m，水深较小，历史上也尚无海啸的记载。工程海域基本上不具备海啸发生的条件。

对于外来海啸波传入的影响，引用《我国沿海核电站地震海啸风险论证》报告中的结

果进行分析，该次论证工作对可能影响我国沿海核电站的潜在地震海啸进行了数值模拟计算，计算的潜在地震海啸源主要分布在琉球海沟和马尼拉海沟。计算结果表明除了浙江三门核电厂和福建宁德核电厂会遭受琉球海沟各断层产生的轻微海啸波外，预计琉球海沟产生的海啸不会造成灾害。各组海啸源中 RL4 对三门核电厂附近海域影响最大，最大海啸波幅在 0.38m。金七门核电厂距三门核电厂仅 30km，可以认为外海可能传入的海啸对本厂址的影响幅度也在同一量级，远小于最大可能风暴潮增水的 4.77m，表明对本厂址而言主要考虑的极端洪水事件是可能最大风暴潮增水而不是海啸增水，因此，海啸洪水在本厂址的设计基准洪水位计算中不列入。

2.5.3.6 波浪影响

厂址专用波浪观测站布设在金七门东面水深约 10m 处，观测结果表明：全年有效波高多集中在 1.5m 以内，以 0.5~1.0m 范围居多。全年有效波高多集中在 N~E 向，NE 向占最大比例，为 16.31%，其次为 NNE 向，所占比例为 13.21%。

全年强浪向为 NE 向，最大波高为 8.02m，其次为 ENE 向，最大波高为 5.65m。春季最大波高为 4.82m，出现在 SW 向；夏季最大波高为 8.02m，出现在 NE 向，夏季次强波高为 5.65m，出现在 ENE 向；秋季最大波高为 3.85m，出现在 NE 向；冬季最大波高为 2.86m，出现在 NNW 向，其次为 2.84m，ENE 向。由此可得：全年最大波高出现在夏季，与夏季台风盛行有关，最小波高出现在冬季，因此冬季波浪相对较小。

根据《浙江金七门核电厂 1、2 号机组工程水文复核分析计算研究报告》（2023.06），可能最大台风浪的计算是采用引起可能最大风暴潮的台风路径和与之相应的 PMTC 参数，利用波浪模型计算完成。根据确定的可能最大热带气旋(PMTC)参数： P_{∞} 代表台风外围气压或正常气压取值 1010hPa，台风中心气压 P_0 取 891hPa，台风最大风速半径 R 取 30km，台风移速 V_d 取 35km/h。可能最大风暴潮假想台风路径为 NW 向路径。可能最大台风浪的计算水位，按照 DBF 水位 8.32m。

鉴于本工程南侧局部海域有深槽存在，地形梯度变化大，但范围较小，外围海域水下地形较平缓，坡度小于 1:1000，破碎系数取 0.60。

厂址外海-20m 等深线特征点处可能最大台风浪结果为有效波高 11.0m， $H_{1/100}$ 为 17.0m，平均周期 13.5s。

2.5.3.7 洪水影响

按照《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09-1990），核电厂址的设计基准洪水位的组合如下：

10%超越概率天文高潮位： 3.32m

可能最大风暴潮增水：4.77m

海平面上升：0.23m

设计基准洪水位：8.32m

综合考虑波浪、土石方平衡等因素，厂坪标高为 15.50m，高于设计基准洪水位。波浪的影响通过护岸解决，确保与安全有关的构筑物不被海洪淹没。

2.5.3.8 陆域洪水

本厂址属滨海厂址，厂址附近无大的溪流和江河通过，不存在溪流和江河在厂址引起洪水泛滥。厂区暴雨洪水将通过厂区排水系统就近排入大海，核岛排水系统按千年一遇降雨量设计，可能最大降水（PMP）来校核。

2.6 地形地貌

厂址用地范围主要包括小南山半岛、长皮长半岛、金七门村、炮台山及龙王山。

1、2 号机组用地主要为小南山半岛西部，场地已平整至 15.50m（1985 国家高程基准，下同）；原金七门村已于 1、2 号机组完成搬迁。

本工程用地范围包括小南山半岛东部、原金七门村、龙王山南侧及长皮长半岛最西端。

小南山半岛东部南北两侧为丘陵地貌（标高约 0m~80m）、中部为人工地貌（1、2 号机组临时进厂道路，道路标高约 15.00m）；原金七门村为人工地貌（回填至 15.00m 的施工临建场地）；龙王山为丘陵地貌（标高约 0m~263m）；长皮长半岛最西段为丘陵地貌（标高约 0m~37m）。

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 浙江金七门核电厂辐射环境调查测量仪器一览表

表 3.1-2 主要测量参数（放化分析部分）

表 3.1-3 气溶胶样品中 γ 能谱分析测量参数

表 3.1-4 水样 γ 能谱分析测量参数

表 3.1-5 土壤、沉积物 γ 能谱分析测量参数

表 3.2-1 环境空气质量标准限值

表 3.2-2 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

2020 年 3 月至 5 月，浙江国辐环保科技有限公司在厂址周围开展了辐射环境本底调查。2020 年 8 月至 12 月，浙江国辐环保科技有限公司依据专家审查意见对环境 γ 辐射剂量率测量点位进行了补充监测，编制完成了《浙江金七门核电项目辐射环境本底调查专题报告》（B 版，以下简称“2020 年初步调查”）。本章主要采用 2020 年初步调查中的调查数据，对金七门核电厂周围环境的辐射环境本底情况进行说明。

3.1.1.1 调查内容

2020 年初步调查主要分为资料收集及实地调查两部分。

（1）相关数据和资料收集

本次调查需收集的主要资料有：

- 核电厂半径 30km 范围内核设施，铀、钍矿设施概况；
- 核电厂半径 15km 内同位素生产以及非密封放射性同位素应用概况；
- 核电厂半径 5km 内 I 类和 II 类放射源的应用概况；
- 厂址所在的浙江省宁波市的原野贯穿辐射剂量率资料；
- 浙江省宁波市土壤放射性本底资料。

（2）现场实地调查

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

3.1.1.2 调查方法

（1）布点原则

2020 年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；
- 充分考虑核电厂周围地区人口分布、居民饮食结构等调查资料，同时参考当地气象的资料；
- 重点关注主导风向下风向区域；
- 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。

（2）调查范围及布点方案

1) 环境 γ 辐射剂量率

- 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内按半径 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位的扇形区域内布点。
- 布点方案：共布设 70 个测量点。
- 补充调查点位：共布设 16 个补充测量点。

2) 环境 γ 辐射累积剂量

- 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内，按半径 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位的扇形区域内布点，同一方位与环境 γ 辐射剂量率点位重合。
- 点位布设：本次调查共布设 70 个测量点。

3) 连续 γ 辐射剂量率

- 点位布设：布设一个点位，进行两个月的连续 γ 辐射剂量率监测。

4) 空气

- 调查范围：以厂区为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：共设置 3 个采样点位。

5) 土壤

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内，在 8 个方位角内的陆地（岛屿）上布点。
- 点位布设：共设置 15 个采样点位分别为。

6) 陆地水体

A. 饮用水

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。

- 点位布设：共布设 2 个点位。

B. 地下水

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：共布设 2 个点位。

C. 地表水和沉积物

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：地表水和沉积物测量点位一致，共布设 5 个点位。

7) 受纳水体（海水和海洋沉积物）

- 调查范围：厂址排水口附近。
- 点位布设：海水共布设了 4 个采样点。

（3）测量仪器及测量方法

分析方法采用现行有效的国家标准、行业标准或地方标准分析方法。本次调查测量仪器名称及型号详见表 3.1-1，测量参数详见表 3.1-2~表 3.1-5。

3.1.1.3 调查结果

（1）相关数据和资料收集

相关资料调查结果如下：

- 核电厂半径 30km 范围内，无铀、钍矿设施，无列入监管的《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录（第一批）》设施；
- 核电厂半径 30km 范围内无核设施；
- 核电厂半径 15km 内无同位素生产以及非密封放射性同位素应用；
- 核电厂半径 5km 内无 I 类和 II 类放射源。

（2）环境 γ 辐射剂量率

A. 宇宙射线测量

选择位于核电厂厂址西北约 33km 的车岙水库（海拔为 5.4m）作为测量宇宙射线响应值的水体，测量结果为 13.0nGy/h。

B. 环境 γ 辐射剂量率

环境 γ 辐射剂量率一共测量了 70 个点位，其中 39 个道路点位，扣除宇宙射线响应值后测值范围为 63.6~126nGy/h，平均值为 95.3nGy/h。

环境 γ 辐射剂量率补充测量共 16 个点位，其中补充道路点位 7 个，扣除宇宙射线响

应值后测值范围为 88.0~126nGy/h，平均值为 111nGy/h；原野补充设点 9 个，扣除宇宙射线响应值后测值范围为 83.7~119nGy/h，平均值为 98.0nGy/h。

环境 γ 辐射剂量率测点共 86 个，其中原野测点共计 40 个，扣除宇宙射线响应值后测值范围为 63.6~124 nGy/h，平均值为 93.6 nGy/h。道路测点计共 46 个，扣除宇宙射线响应值后测值范围为 63.6~126 nGy/h，平均值为 97.6 nGy/h。

C. γ 辐射剂量率累积剂量

环境 γ 辐射累积剂量共布设了 70 个点位， γ 辐射剂量率累积剂量片布放时间约为 2 个月，布放点位同环境 γ 辐射剂量率监测点位。 γ 辐射剂量率累积剂量原野测值最低值是 85.2 nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），最高值是 138nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），平均值为 101.9 nGy/h；道路测值最低值是 69.6 nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），最高值是 123nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），平均值为 100.6 nGy/h。

D. 连续 γ 辐射剂量率

连续 γ 辐射剂量率共布设 1 个点位，小时测量值变化范围为 139.6~153.5 nGy/h。

（3） 空气

A. 气溶胶

空气中气溶胶样品采样体积均大于 10000 m³，气溶胶样品的分析项目包括 γ 核素（¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、⁵⁹Fe、¹³¹I、⁷Be）。

γ 谱分析测量结果中，除 ⁷Be 外，其余核素结果均低于探测限。⁷Be 的活度浓度范围为 3.38~9.84mBq/m³。

B. 空气中 ³H、¹⁴C

³H 的活度浓度范围为 3.68~6.85mBq/m³，转化为水中氚活度浓度为 0.31~0.55Bq/L。

¹⁴C 的测量结果范围为 0.042~0.062Bq/m³，转化为碳中 ¹⁴C 的测量结果范围为 0.20~0.29Bq/g·碳。

（4） 陆地水体中放射性核素活度浓度

A. 地表水

地表水每个样品采集 100L 左右。

地表水监测项目为 ⁹⁰Sr、³H、¹⁴C 和 γ 核素（¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn）。

γ 谱测量结果均低于探测限。

放化分析⁹⁰Sr、³H、¹⁴C给出了全部测量结果。其中：

^{90}Sr 的活度浓度范围为 1.73~3.75mBq/L，均值为 2.67mBq/L。

^3H 的活度浓度范围为 0.28~0.43Bq/L，均值为 0.36Bq/L。

^{14}C 的活度浓度范围为 0.94~5.51mBq/L，均值为 3.49mBq/L。转化为碳中 ^{14}C 的测量结果范围为 0.21~0.24Bq/g·碳。

B. 沉积物

沉积物（底泥）样品的分析项目包括 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K ）。

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

^{238}U 的活度浓度范围为 42.8~57.2Bq/kg·干，均值为 47.2Bq/kg·干。

^{226}Ra 的活度浓度范围为 34.4~55.1Bq/kg·干，均值为 42.4Bq/kg·干。

^{232}Th 的活度浓度范围为 56.7~67.6Bq/kg·干，均值为 61.4Bq/kg·干。

^{40}K 的活度浓度范围为 605~1456Bq/kg·干，均值为 894Bq/kg·干。

^{137}Cs 的活度浓度范围为 0.74~2.84Bq/kg·干，均值为 1.84Bq/kg·干。

放化分析中 ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为 0.40~2.69Bq/kg·干，均值为 0.98Bq/kg·干。

C. 地下水

每个样品采集 90L 左右用于分析 ^3H 的样品，地下水监测项目为 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）。

γ 谱测量结果均低于探测限。

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

^{90}Sr 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $1.71 \pm 0.22 \text{ mBq/L}$ 、 $0.88 \pm 0.15 \text{ mBq/L}$ 。

^3H 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $0.26 \pm 0.08 \text{ Bq/L}$ 、 $0.38 \pm 0.07 \text{ Bq/L}$ 。

^{14}C 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $3.69 \pm 0.46 \text{ mBq/L}$ （转化为碳中 ^{14}C 的测量结果为 $0.23 \pm 0.03 \text{ Bq/g} \cdot \text{碳}$ ）、 $1.46 \text{ m} \pm 0.18 \text{ Bq/L}$ （转化为碳中 ^{14}C 的测量结果为 $0.21 \pm 0.03 \text{ Bq/g} \cdot \text{碳}$ ）。

D. 饮用水

每个样品采集 90L 左右用于分析 ^3H 的样品，饮用水监测项目为总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素（ ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）。

γ 谱测量结果均低于探测限。

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

总 α 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $9.71\pm 3.39\text{ mBq/L}$ 、 $14.8\pm 3.7\text{ mBq/L}$ 。

总 β 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $47.0\pm 2.6\text{ mBq/L}$ 、 $44.8\pm 2.9\text{ mBq/L}$ 。

^{90}Sr 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $1.06\pm 0.23\text{ mBq/L}$ 、 $1.05\pm 0.12\text{ mBq/L}$ 。

^3H 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $0.33\pm 0.05\text{ Bq/L}$ 、 $0.47\pm 0.08\text{ Bq/L}$ 。

^{14}C 设置两个测量点位，活度浓度分别为 $0.83\pm 0.10\text{ mBq/L}$ (转化为碳中 ^{14}C 的测量结果为 $0.20\pm 0.02\text{ Bq/g 碳}$)、 $0.95\pm 0.12\text{ mBq/L}$ (转化为碳中 ^{14}C 的测量结果为 $0.24\pm 0.03\text{ Bq/g 碳}$)。

(5) 海域放射性核素活度浓度

A. 海水

每个样品采集 100L 左右，海水分析项目包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素(^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{65}Zn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru)。

γ 谱测量结果均低于探测限。

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

总 β （未扣除 ^{40}K 贡献值）的活度浓度范围为 $5.83\sim 5.92\text{ Bq/L}$ ，均值为 5.87 Bq/L 。

^{90}Sr 的活度浓度范围为 $1.23\sim 1.73\text{ mBq/L}$ ，均值为 1.56 mBq/L 。

^3H 的活度浓度范围为 $0.33\sim 0.46\text{ Bq/L}$ ，均值为 0.39 Bq/L 。

^{14}C 的活度浓度范围为 $6.12\sim 6.73\text{ mBq/L}$ ，均值为 6.43 mBq/L 。

B. 海洋沉积物

海洋沉积物共设置 7 个采样点，海洋沉积物测量项目包括 ^{90}Sr 和 γ 核素(^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K)，测量频次为 1 次。

γ 谱分析结果中，放射性核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 、 ^{137}Cs 都给出了测量结果，其它核素测量结果均低于探测限。其中：

^{238}U 的活度浓度范围为 $30.8\sim 46.1\text{ Bq/kg 干}$ ，均值为 36.4 Bq/kg 干 。

^{226}Ra 的活度浓度范围为 $28.5\sim 34.3\text{ Bq/kg 干}$ ，均值为 30.6 Bq/kg 干 。

^{232}Th 的活度浓度范围为 $37.9\sim 47.9\text{ Bq/kg 干}$ ，均值为 44.4 Bq/kg 干 。

^{40}K 的活度浓度范围为 $670\sim 908\text{ Bq/kg 干}$ ，均值为 793 Bq/kg 干 。

^{137}Cs 的活度浓度范围为 $0.77\sim 1.63\text{ Bq/kg 干}$ ，均值为 1.32 Bq/kg 干 。

放化分析结果中， ^{90}Sr 的活度浓度范围为 $0.21\sim 1.12\text{ Bq/kg 干}$ ，均值为 0.46 Bq/kg 干 。

（6） 土壤

每个样品的采样量约 2kg。土壤样品的分析项目包括 ^{90}Sr 和 γ 核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K)。

γ 谱分析测量结果中，放射性核素 ^{137}Cs 、 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 均给出了测量结果，其中：

^{137}Cs 的活度浓度范围为 $<0.44\sim 9.90\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，均值为 $2.83\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

^{238}U 的活度浓度范围为 $32.2\sim 55.3\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，均值为 $42.3\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

^{226}Ra 的活度浓度范围为 $23.8\sim 47.7\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，均值为 $36.4\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

^{232}Th 的活度浓度范围为 $43.7\sim 68.8\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，均值为 $56.5\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

^{40}K 的活度浓度范围为 $634\sim 1065\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，均值为 $788\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

放化分析结果中， ^{90}Sr 的活度浓度范围为 $0.23\sim 4.03\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，均值为 $1.03\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

3.1.1.4 质量保证措施

为了对调查过程进行全面控制，以保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，在 2020 年初步调查过程中采取了一系列质量保证措施。在调查过程中质量保证措施主要有以下几个方面：

（1）组织机构及人员配备

为了保证调查工作的质量，浙江国辐环保科技有限公司专门成立了浙江金七门核电项目辐射环境本底调查工作项目组。辐射环境质量调查单位具备浙江省质量技术监督局颁发的《检验检测机构资质认定证书》。在资质认定允许范围内开展本项目监测工作。参与本次调查的人员均持证上岗。

（2）样品管理

依据《样品管理程序》（GFHB-CX-28-2019）对样品的运输、接收、处置、保护、存储、保留、清理或返回以及样品的识别等各个环节实施有效的控制，保证检测样品的有效、完整、唯一。主要要点：

➤ 现场记录

采样人员及时真实地填写采样记录，并签名。记录内容要求尽可能的详尽。

➤ 样品保存

- 经过现场制备的水样，应尽快分析，保存期一般不超过 2 个月；
- 密封后的土壤样品必须在 7d 内测定其含水率，烘干保存；

- 采集的样品分类保存，防止交叉污染；
- 样品需妥善交换、验收和领取；
- 质保人员和采样人员按照采样单认真清点样品，移交给样品管理员；
- 样品验收后，存放在样品贮存间，由样品管理员妥善保管，以防丢失和污染；
- 分析人员按检测通知单，按规定程序领取样品；
- 需要流转的样品，填写样品记录单，进行样品交接测量。

（3）标准物质的控制

所有标准物质均在有效期内使用。

（4）仪器设备的控制

仪器本底质控图是检查仪器状态是否正常的主要手段。在项目分析测量中涉及到的仪器主要有：高纯锗 γ 谱仪，液闪谱仪和低本底 α/β 测量装置。

主要仪器在使用期间均在检定/校准有效期内。

（5）质控样品分析

实验室分析的样品，按不少于 10% 的比例，进行了平行样分析实验。平行实验测量结果的相对偏差均满足实验室控制指标。

实验室分析的样品，按不少于 10% 的比例，进行了加标样分析实验。加标回收率均满足实验室控制指标。

本次调查对两个土壤样品进行了 γ 能谱复测，复测结果与首测测量结果相对偏差满足实验室控制指标。

（6）实验室比对分析

本次调查实验室分析部分的外部质量控制，采取外检比对的方式，外检单位为苏州热工院。气溶胶和土壤样品各一个。外检结果满足本次调查的外部质控要求。

3.1.2 辐射环境质量评价

中国核电工程有限公司委托核工业北京地质研究院于 2015 年 3 月至 5 月完成了《浙江金七门核电厂环境放射性质量调查报告》（以下简称“2015 年初步调查”）。

本报告将浙江国辐环保科技有限公司“2020 年初步调查”的调查结果与核工业北京地质研究院“2015 年初步调查”的调查结果进行了比较，通过对比分析可知，核电厂周围环境 γ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度处于环境本底水平，未发现明显异常。

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司研发中心联合天津品凡检测科技有限公司于 2024 年 12 月完成的《浙江金七门核电厂 3、4 号机组厂址周围大气环境现状调查及评价报告》。

执行标准和评价依据：

——《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；

——《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）。

按照《宁波市生态环境局关于浙江金七门核电厂二期工程非放射性环境影响评价执行标准请示的复函》，项目区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准，规定的标准限值见表 3.2-1。

3.2.1.2 大气环境质量评价

SO₂ 小时浓度均值变化范围为未检出~18μg/m³。日均值变化范围 8~15μg/m³。监测期间，评价区域内 SO₂ 小时均值和日均值均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

NO₂ 小时浓度均值变化范围为 14~42μg/m³。日均值变化范围 18~34μg/m³。监测期间，评价区域内 NO₂ 小时均值和日均值均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

NO_x 小时浓度均值变化范围为 19~46μg/m³。日均值变化范围 22~41μg/m³。监测期间，评价区域内 NO_x 小时均值和日均值均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

CO 小时浓度均值变化范围为未检出~0.8mg/m³。日均值变化范围 0.3~0.6mg/m³。监测期间，评价区域内 CO 小时均值和日均值均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

O₃ 小时浓度均值变化范围为 25~100μg/m³。日最大 8 小时均值变化范围 74~92μg/m³。监测期间，评价区域内 O₃ 小时均值和日最大 8 小时均值均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

颗粒物 PM_{2.5} 日均值变化范围 18~66μg/m³。监测期间，评价区域内 PM_{2.5} 日均值满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

颗粒物 PM_{10} 日均值变化范围 $32\sim 95\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。监测期间，评价区域内 PM_{10} 日均值满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

颗粒物 TSP 日均值变化范围 $62\sim 192\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。监测期间，评价区域内 TSP 日均值满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

综上，从监测结果上来看， SO_2 、 NO_2 、 NO_x 、CO、 O_3 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、TSP 均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值要求。

3.2.1.3 质量保证

《浙江金七门核电厂 3、4 号机组厂址周围大气环境现状调查及评价报告》引用的监测数据为天津品凡检测科技有限公司检验检测并出具的监测报告，天津品凡检测科技有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：19021250040，且监测内容在天津品凡检测科技有限公司的检验检测的能力范围内。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 声环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司研发中心联合天津品凡检测科技有限公司于 2024 年 12 月完成的《浙江金七门核电厂 3、4 号机组厂址周围噪声现状调查及评价报告》。

执行标准和评价依据：

——《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；

——《声环境质量标准》（GB 3096-2008）。

根据宁波市生态环境局象山分局发布的《象山县人民政府办公室关于印发象山县声环境功能区划分（调整）方案的通知》，金七门项目区域未进行声环境功能区划分。参照《宁波市生态环境局关于浙江金七门核电厂二期工程非放射性环境影响评价执行标准请示的复函》，厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准，周围声环境敏感点执行 1 类标准，交通噪声执行 4a 类标准。《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的标准限值见表 3.2-2。

3.2.2.2 声环境质量评价

（1）厂界及厂区内环境噪声现状评价

厂界环境噪声监测点：第一天昼间噪声等效声级为 $54.4\sim 58.3\text{dB}(\text{A})$ ，第二天昼间噪声等效声级为 $55.2\sim 59.5\text{dB}(\text{A})$ ；第一天夜间噪声等效声级为 $46.9\sim 48.6\text{dB}(\text{A})$ ，第二天

夜间噪声等效声级为 45.7~48.7dB（A），昼夜均低于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准。

3、4 号机组场界噪声监测点：第一天昼间噪声等效声级为 68.0~69.0dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 67.4~68.3dB（A）；第一天夜间噪声等效声级为 52.2~53.6dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 51.5~52.4dB（A），昼夜均高于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准。

厂区内噪声源监测点目前暂未开工建设，其声环境质量现状为：第一天昼间噪声等效声级为 55.4~58.4dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 55.5~55.7dB（A）；第一天夜间噪声等效声级为 48.2~48.9dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 47.6~47.6dB（A），昼夜均低于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准。

超标原因分析：

3、4 号机组噪声监测点昼间、夜间噪声均高于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准的限值。根据《浙江金七门核电厂 1、2 号机组施工期噪声监测分析及评价报告(2024 年第三次)》，此次监测为 2024 年 8 月 22 日~8 月 24 日，此时 1 号机组处于负挖阶段，2 号机组处于正挖阶段，处于施工高峰期。噪声主要来源为 1 号机组建设施工产生的机械噪声和 2 号机组正挖产生的机械噪声、爆破噪声、海工施工噪声等，还有移动砂石生产线生产噪声和厂址区域内道路上施工车辆行驶产生的交通噪声。

此次监测 1、2 号机组的 4 个施工场界噪声监测点昼间噪声等效声级为 62.1~66.8dB(A)，夜间噪声等效声级为 50.1~53.4dB（A），处于较高水平，可以满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的标准限值。3、4 号机组场界监测点位距离 1、2 号施工场地较近，1、2 号机组的施工活动为噪声超标的主要原因。

（2）声环境保护目标噪声现状评价

声环境保护目标噪声监测点：第一天昼间噪声等效声级为 48.4~52.7dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 48.8~52.3dB（A）；第一天夜间噪声等效声级为 39.4~43.5dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 41.1~43.7dB（A），昼夜均低于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类标准。

（3）厂区外固定噪声源现状评价

厂区外固定噪声源监测点：第一天昼间噪声等效声级为 53.3~53.8dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 53.6~53.9dB（A）；第一天夜间噪声等效声级为 43.2~43.7dB（A），第

二天夜间噪声等效声级为 43.4~43.7dB（A），昼夜均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中标准限值。

（4）网格噪声现状评价

网格噪声监测点：第一天昼间噪声等效声级为 49.2~52.9dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 49.5~52.7dB（A）；第一天夜间噪声等效声级为 39.2~43.2dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 40.3~42.76dB（A），昼夜均低于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类标准限值。

（5）交通噪声现状评价

交通噪声监测点：第一天昼间噪声等效声级为 62.3~65.5dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 61.2~64.8dB（A）；第一天夜间噪声等效声级为 45.7~47.1dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 46.8~47.7dB（A），昼夜均低于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 4a 类标准限值。

（6）海域噪声现状评价

海域噪声监测点：第一天昼间噪声等效声级为 51.2~55.0dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 51.4~57.3dB（A）；第一天夜间噪声等效声级为 40.4~42.7dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 41.3~44.0dB（A），昼夜均低于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准限值。

3.2.2.3 质量保证

《浙江金七门核电厂 3、4 号机组厂址周围噪声现状调查及评价报告》引用的监测数据为天津品凡检测科技有限公司检验检测并出具的监测报告，天津品凡检测科技有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：19021250040，且监测内容在天津品凡检测科技有限公司的检验检测的能力范围内。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.3.1 海水水质现状调查

为了解厂址附近海域的海洋环境状况，委托相关单位进行厂址海域生态环境现状调查与评价专题研究。本小节依据《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）项目总技术报告》（中国水产科学研究院东海水产研究所，2024 年 10 月）编制。

（1）水质调查时间、范围及站位设置

调查时间为 2023 年~2024 年，取四个季度的代表月进行现场调查取样，其中秋、冬、

夏季在大潮期调查，春季在大、小潮期调查，共计 5 个调查频次，具体为 2023 年 11 月航次、2024 年 1 月航次、2024 年 4 月大潮航次、2024 年 4 月小潮航次、2024 年 8 月航次。

调查范围以核电厂排放口为中心半径不小于 50 km 的海域，共设置大面调查站位 48 个，定点连续观测站 2 个。

（2）水质调查要素

大面站位调查要素包括：水温、水深、盐度、电导率、水色、透明度、浊度、pH、总碱度、溶解氧、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、挥发性酚、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、非离子态氨、活性磷酸盐、硅酸盐、硫化物、氯化物、氰化物、氟化物、石油类、阴离子表面活性剂、总磷、总氮、悬浮物、硼、重金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、镍）、硒、余氯等，共 39 项。

连续站位调查要素包括：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，共 10 项。

（3）评价标准

按照《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》，调查站位执行水质一类标准有 21 个站位，按《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类进行评价，执行水质二类标准有 27 个站位，按《海水水质标准》（GB3097-1997）第二类进行评价。

3.2.3.2 海水质量评价

海水水质现状评价结果显示，所有站位海水中 pH、COD、挥发性酚、非离子氨、油类、铬、镉、砷、硒、氰化物、阴离子表面活性剂测值均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）第一类，符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。下文表述中未提到的航次，即该航次没有出现超标情况。各参数具体超标情况如下：

（1）溶解氧

2024 年 8 月航次，大面站表、底层分别有 6.3%、35.7% 的溶解氧测值超第一类海水水质标准，所有样品均符合第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有 4.2%、32.1% 的溶解氧测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

（2）BOD₅

2023 年 11 月航次，大面站表、底层分别有 4.2%、6.3% 的 BOD₅ 测值超第一类海水水质标准，所有样品均符合第二类海水水质标准；所有样品均符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 1 月航次，大面站表、底层分别有 22.9%、14.8%的 BOD_5 测值超第一类海水水质标准，所有样品均符合第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有 14.6%和 12.5%站位的 BOD_5 测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 4 月小潮航次，大面站表、底层分别有 10.4%、9.4%的 BOD_5 测值超第一类海水水质标准，所有样品均符合第二类海水水质标准；所有样品均符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，大面站表、底层分别有25.0%、35.7%的 BOD_5 测值超第一类海水水质标准，所有样品均符合第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有18.8%、25.0%的 BOD_5 测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

（3）无机氮

2023年11月航次，大面站表、底层分别有83.3%和71.9%的无机氮测值超第一类海水水质标准，表、底层分别有39.6%和31.3%的无机氮测值超第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有60.4%和50.0%站位的无机氮测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年1月航次，大面站表、底层分别有93.8%和96.3%的无机氮测值超第一类海水水质标准，表、底层分别有54.2%和66.7%的无机氮测值超第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有75.0%和88.9%站位的无机氮不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年4月小潮航次，大面站表、底层分别有85.4%和78.1%的无机氮测值超第一类海水水质标准，表、底层分别有37.5%和46.9%的无机氮测值超第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有56.3%和62.5%站位的无机氮不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年4月大潮航次，大面站表、底层分别有79.2%和87.1%的无机氮测值超第一类海水水质标准，表、底层分别有47.9%和51.6%的无机氮测值超第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有62.5%和71.0%站位的无机氮不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，大面站表、底层分别有50.0%和35.7%的无机氮测值超第一类海水水质标准，表、底层分别有18.8%和10.7%的无机氮测值超第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有29.2%和17.9%站位的无机氮不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》

水质目标要求。

（4）活性磷酸盐

2023年11月航次，大面站表、底层分别有35.4%和37.5%的活性磷酸盐测值超第一类海水水质标准；大面站表、底层分别有8.3%和15.6%的活性磷酸盐测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年1月航次，大面站表、底层分别有16.7%和11.1%的活性磷酸盐测值超第一类海水水质标准，均符合第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有2.1%、7.4%的活性磷酸盐测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年4月小潮航次，大面站表、底层分别有16.7%和6.3%的活性磷酸盐测值超第一类海水水质标准，均符合第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有2.1%和3.1%的活性磷酸盐测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年4月大潮航次，大面站表、底层分别有45.8%和32.3%的活性磷酸盐测值超第一类海水水质标准，均符合第二类海水水质标准；大面站表、底层分别有10.4%、16.1%海水样品的活性磷酸盐测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，大面站表、底层分别有18.8%和10.7%的活性磷酸盐测值超第一类海水水质标准，均符合第二类海水水质标准；大面站表层有2.1%海水样品的活性磷酸盐测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

（5）Cu

2023年11月航次，大面站表、底层分别有25.0%、31.3%的铜测值超第一类海水水质标准，均符合第二类海水水质标准；表、底层海水样品分别有6.3%、12.5%的铜测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，大面站底层有3.6%的铜测值超第一类海水水质标准，均符合第二类海水水质标准；所有样品均符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

（6）Zn

2024年4月小潮航次，大面站表、底层分别有45.8%、56.3%的锌测值超第一类海水水质标准，所有样品均符合第二类海水水质标准；表、底层分别有27.1%、34.4%样品不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 4 月大潮航次，大面站表、底层分别有 70.8%、64.5%的锌测值超第一类海水水质标准，所有样品均符合第二类海水水质标准；表、底层分别有 37.5%、35.5%样品不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，大面站表、底层分别有10.4%、10.7%的锌测值超第一类海水水质标准，底层有3.6%样品超第二类海水水质标准；表、底层分别有6.3%、10.7%样品不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

（7）Pb

2023 年 11 月航次，大面站表、底层分别有 2.1%和 15.6%的铅测值超第一类海水水质标准，全部符合第二类海水水质标准；底层海水样品有 9.4%的铅测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 1 月航次，大面站表层有 4.2%的铅测值超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；所有样品均符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 4 月小潮航次，大面站表、底层分别有 45.8%和 62.5%的铅测值超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；表、底层分别有 18.8%、40.6%的铅测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 4 月大潮航次，大面站表、底层分别有 41.7%和 51.6%的铅测值超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；表、底层海水样品分别有 22.9%、29.0%的铅测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，大面站表、底层分别有43.8%和39.3%的铅测值超第一类海水水质标准，分别有8.3%、3.6%的铅测值超第二类海水水质标准；表、底层分别有25.0%、25.0%的铅测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

（8）Hg

2023 年 11 月航次，大面站表、底层分别有 27.1%和 31.3%的汞测值超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；表、底层分别有 14.6%和 12.5%的汞测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 4 月大潮航次，大面站表层有 4.2%的汞测值超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；表层有 2.1%的汞测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，大面站表、底层分别有58.3%和57.1%的汞测值超第一类海水水质标

准，符合第二类海水水质标准；表、底层分别有31.3%和25.0%的汞测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

（9）Ni

2023 年 11 月航次大面站表、底层分别为 54.2%、59.47%的镍测值出现超第一类海水水质标准，符合第二类海水水质标准；表、底层分别有 20.8%和 31.3%的镍测值不符合《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求，排水口执行二类水质标准。五个航次中，排水口具体超标情况如下：

2023 年 11 月航次，排水口有 11.1%样品无机氮测值超《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 1 月航次，排水口有 66.7%的样品无机氮测值超《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 4 月小潮航次，排水口有 88.9%的样品无机氮测值超《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024 年 4 月大潮航次，排水口有 44.4%的样品无机氮测值超《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

2024年8月航次，排水口有11.1%的样品无机氮测值超《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》水质目标要求。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ 808-2016）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2023）
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）

- 《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ 972-2018）

3.2.4.2 调查内容及范围

（1）工频电场、工频磁场强度：以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：调查范围为本工程核电厂厂址周围 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（试行）》（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，每个测点位置上分别测量工频电场与工频磁场强度。

（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/T 10.2-1996），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 监测时间及天气

2023 年 12 月 20 日至 12 月 24 日，共 5 天，对浙江金七门核电项目厂址周围电磁环境进行了监测。监测气象条件符合监测规范及仪器使用要求。

3.2.4.5 电磁辐射源调查

厂址半径 5km 范围内，现有电磁辐射源包括：凤凰山村联通通信基站、凤凰山村移动通信基站、小南田村电信通信基站、小南田村移动通信基站、风门口移动通信基站、风门口电信通信基站、牧童岙电信通信基站、杨柳坑电信通信基站、龙王山移动通信基站、龙王山联通通信基站、220kV 象风线输电线路。

3.2.4.6 监测点设置

浙江金七门核电厂 1、2 号机组拟建 500kV 出线开关站、220kV 辅助开关站以及 500kV 出线输电线路、220kV 辅助输电线路，3、4 号机组拟建 1000kV 开关站及 1000kV 输电线

路。由于目前金七门 3、4 号机组拟建 1000kV 开关站及 1000kV 出线输电线路的电磁辐射监测工作正在进行中，因此本节内容暂不包含拟建 1000kV 开关站及 1000kV 输电线路的相关电磁辐射监测内容，待金七门 3、4 号机组电磁环境现状调查报告完成后，将根据最新的电磁辐射监测数据升版本节内容。

a) 厂区内监测点设置

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：

厂区内共设置 12 个监测点，在厂区边界设 5 个，厂址中心 1 个，厂区内 6 个。编号 N1~N12，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) 开关站及第一跨监测点设置

在每个拟建开关站东、南、西、北边界外 5m 处设置监测点位，编号 K1~K8，监测工频电场和工频磁场强度。在第一跨以导线档距中央弧垂最低位置地面投影处监测工频电场、工频磁场强度，编号 K9~K10。开关站及第一跨共设 10 个监测点。

c) 主变压器监测点设置

浙江金七门核电厂拟建 6 个主变压器，对于主变压器，选择以主变围墙为起点，在远离进出线一侧设监测点，按 5m 间距，在 0~50m 范围设点，每个主变压器设 11 个监测点，共设置 66 个监测点，监测工频电场强度与工频磁场强度。

d) 输电线路监测点设置

浙江金七门核电厂一期工程拟建 2 条输电线路，厂址 5km 范围内有一条 220kV 象风线输电线路。因此，共设 3 处监测断面（编号 P1~P3），断面设置情况如下：

P1 为拟建 500kV 出线输电线路监测断面，P2 为拟建 220kV 辅助输电线路监测断面，P3 为 220KV 象风线输电线路监测断面。分别在各拟建输电线路垂直方向和平行方向设置监测断面，每个监测断面上监测点设置如下：

（1）垂直方向的监测断面点位设置

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

（2）平行方向的监测断面点位设置

在拟建输电线路边相导线外设双侧平行监测断面，监测路径选在边相导线对地面投影点外 15m（220kV）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。

现场监测过程中根据实际情况（如地形限制等）对监测点数量进行调整，并逐一编号（P1-1~P1-28、P2-1~P2-28、P3-1~P3-28）。

e) 厂址半径 5km 范围内环境敏感区监测点设置

厂址半径 5km 范围内敏感区布点原则按照居民点、自然风景区设置监测点，由于 5km 范围内的金七门村、杨柳坑村、水湖涂村已搬迁或计划搬迁，不设置监测点位。厂址半径 5km 范围内敏感区共设置 4 个监测点，其中居民点 3 个，自然风景区 1 个，编号 1~4。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。

厂区外布设 10 个通信基站监测点，编号 T1~T10，监测射频综合场强。

3.2.4.7 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 分钟内的平均值应小于 0.4W/m^2 （电场强度限值 12V/m）。

3.2.4.8 电磁辐射现状监测质量保证措施

- (1) 项目监测前已事先依据工作大纲和质保大纲制定监测方案及实施细则；
- (2) 依据工作大纲合理布设监测点位，保证各监测点位的代表性、可行性和可比性；
- (3) 监测仪器的响应频率、量程等符合被监测对象的有关参数，准确获取符合实际辐射水平的测量结果；
- (4) 电磁辐射监测方法采用现行有效的国家标准、行业标准和地方标准分析方法，监测人员持有国家辐射环境监测技术中心颁发的专业技能考核合格证。负责监测过程内部质量监督的人员持有浙江省合格评定协会颁发的内审员证书，并经公司内部授权任命，负责监测数据审核和专题报告审核的人员具备高级工程师资格；
- (5) 监测仪器经计量部门定期检定，检定合格并且监测日期在检定有效期内；
- (6) 每次测量前、后均检查仪器工作状态是否正常；
- (7) 建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器和探头的校准说明书、监测

方案、监测布点图、测量原始数据等，以备复查；

（8）严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术总负责人审定。

3.2.4.9 电磁辐射现状监测结果评价

1) 厂区内电磁辐射监测结果评价

— 工频电场/工频磁场强度监测结果分析

厂区监测点工频电场强度监测值范围在 0.04~0.49V/m 之间。工频电场强度最大值出现在 N3 监测点（厂界西南），其监测值为 0.49V/m。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0053~0.0232 μ T 之间，工频磁场强度最大值出现在 N3 监测点（厂界西南），其监测值为 0.0232 μ T，各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

— 射频综合场强监测结果分析

所有监测点监测值在 0.24~0.43V/m 之间，最大值出现在 N9 监测点（拟建 3 号机组地下廊道），其监测值为 0.43V/m，各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m，符合标准要求。

2) 开关站及第一跨监测结果评价

所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.06~0.34V/m 之间，最大值出现在 K5 监测点（拟建 220kV 辅助开关站东 5 米），监测值为 0.34V/m。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0051~0.0134 μ T 之间，最大值出现在 K3 监测点（拟建 500kV 出线开关站西 5 米），监测值为 0.0134 μ T。各点监测值差异不大。所有监测点均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

3) 主变压器监测结果评价

a) 拟建 1 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.05~0.15V/m 之间，最大值出现在 A4 监测点（拟建 1 号机组主变压器-西侧 15 米）处，其监测值为 0.15V/m，各点监测值变化趋势不明显，所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0053~0.0087 μ T 之间，最大值出现在 A4 监测点（拟建 1 号机组主变压器-西侧 15 米）处，其监测值为 0.0087 μ T，各点监测值变化趋势不明显。所有

监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

b) 拟建 2 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.04~0.11V/m 之间，最大值出现在 B10 监测点（拟建 2 号机组主变压器-东侧 45 米）处，其监测值为 0.11V/m，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0060~0.0091 μ T 之间，最大值出现在 B10 监测点（拟建 2 号机组主变压器-东侧 45 米）处，其监测值为 0.0091 μ T，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

c) 拟建 3 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.04~0.08V/m 之间，最大值出现在 C10 监测点（拟建 3 号机组主变压器-西侧 45 米）处，其监测值为 0.08V/m，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0052~0.0076 μ T 之间，最大值出现在 C8 监测点（拟建 3 号机组主变压器-西侧 35 米）和 C10 监测点（拟建 3 号机组主变压器-西侧 45 米）处，其监测值为 0.0076 μ T，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

d) 拟建 4 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.05~0.08V/m 之间，最大值出现在 D9 监测点（拟建 4 号机组主变压器-东侧 40 米）和 D10 监测点（拟建 4 号机组主变压器-东侧 45 米）处，其监测值为 0.08V/m，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0062~0.0072 μ T 之间，最大值出现在 D5 监测点（拟建 4 号机组主变压器-东侧 20 米）处，其监测值为 0.0072 μ T，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

e) 拟建 5 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.05~0.31V/m 之间，最大值出现在 E4（拟建 5 号机组主变压器-西侧 15 米）、E5（拟建 5 号机组主变压器-西侧 20 米）、E7（拟建 5 号机组主变压器-西侧 30 米）多个监测点处，其监测值为 0.31V/m，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0053~0.0078 μ T 之间，最大值出现在 E5 监测点（拟建 5 号机组主变压器-西侧 20 米）处，其监测值为 0.0078 μ T，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

f) 拟建 6 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.04~0.12V/m 之间，最大值出现在 F5 监测点（拟建 6 号机组主变压器-东侧 20 米）处，其监测值为 0.12V/m，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0047~0.0084 μ T 之间，最大值出现在 F5 监测点（拟建 6 号机组主变压器-东侧 20 米）处，其监测值为 0.0084 μ T，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

4) 输电线路监测结果评价

a) 拟建 500kV 出线输电线路（P1 监测断面）监测数据分析

拟建 500kV 出线输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 0.04~0.52V/m 之间。在 P1-14 监测点（拟建 500kV 出线输电线路垂直断面西边相外 10 米）处最大，其值为 0.52V/m，由于此监测断面位于金七门村中，受金七门村内的居民用电等影响，各点监测值变化无明显分布规律。平行监测断面工频电场强度监测值在 0.12~0.45V/m 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

拟建 500kV 出线输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0046~0.0130 μ T 之间，在 P1-22 监测点（拟建 500kV 出线输电线路垂直断面西边相外 50 米）处最大，其值为 0.0130 μ T，由于此监测断面位于金七门村中，受金七门村内的居民用电等影响，各点监测值变化无明显分布规律。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.0053~0.0072 μ T 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

b) 拟建 220kV 辅助输电线路（P2 监测断面）监测数据分析

拟建 220kV 辅助输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 0.05~0.13V/m 之间。在 P2-2 监测点（拟建 220kV 辅助输电线路垂直断面东边相外 5 米）处最大，其值为 0.13V/m，各点监测值变化趋势不明显。平行监测断面工频电场强度监测值在 0.06~0.09V/m 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

拟建 220kV 辅助输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0056~0.0078 μ T 之间，在 P2-21 监测点（拟建 220kV 辅助输电线路垂直断面西边相外 45 米）处最大，其值为 0.0078 μ T，各点监测值变化趋势不明显。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.0054~0.0067 μ T 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

c) 220kV 象风线输电线路（P3 监测断面）监测数据分析

220kV 象风线输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 11.99~30.71V/m 之间。在 P3-1 监测点（220kV 象风线输电线路垂直断面东边相下 0 米）处最大，其值为 30.71V/m，监测值随监测点距输电线路的距离增大不断减小，符合输电线路工频电场强度一般趋势。平行监测断面工频电场强度监测值在 24.12~27.16V/m 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

220kV 象风线输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0559~0.1203 μ T 之间，在 P3-2 监测点（220kV 象风线输电线路垂直断面东边相外 5 米）处最大，其值为 0.1203 μ T，监测值随监测点距输电线路的距离增大不断减小，符合输电线路工频磁场强度一般趋势。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.0714~0.0958 μ T 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

5) 厂址半径 5km 范围内环境敏感区和通信基站监测结果评价

a) 厂址半径 5km 范围内环境敏感区监测结果

— 工频电场/工频磁场强度监测结果分析

所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.07~0.48V/m 之间，最大值出现在 1 监测点和 3 监测点处，其监测值为 0.48V/m。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 $0.0078\sim 0.0197\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 3 监测点处，其监测值为 $0.0197\mu\text{T}$ 。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT （ $100\mu\text{T}$ ），符合标准要求。

— 射频综合场强监测结果分析

所有监测点监测值在 $0.14\sim 0.25\text{V/m}$ 之间。最大值出现在 4 监测点，其监测值为 0.25V/m 。点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m ，符合标准要求。

b) 通信基站监测结果

所有监测点监测值在 $0.47\sim 1.82\text{V/m}$ 之间。最大值出现在 T9 点，其监测值为 1.82V/m 。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m ，符合标准要求。

表 3.1-1 浙江金七门核电厂辐射环境调查测量仪器一览表

序号	名称	数量	型号规格	监测项目
1	高压电离室	1	RS-S131-200	γ 辐射剂量率
2	X- γ 辐射剂量 当量率仪	2	FH40G+FHZ672E-10	
3	热释光测量系统	1	RGD-3D	γ 辐射累积剂量
4	高纯锗 γ 谱仪	1	GEM-5083LBC	γ 核素
5		1	GEM-S8530	
6		1	GMX4076LBB (CFG-SV-LB-76)	
7		1	GMX4076LBB	
8	低本底计数器	2	MPC-9604	^{90}Sr 、总 α 、总 β
9	低本底液闪谱仪	1	Quantulus1220	^3H 、 ^{14}C

表 3.1-2 主要测量参数（放化分析部分）

测量 项目	监测 对象	样品量	计数 时间 (min)	本底 (cpm)	计数 效率 (%)	化学 回收率 (%)	最低探测限	
							本调查	HJ969-2018
总 α	水	2L	1000	0.2	7	100	$2 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$	$2 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$
总 β	水	2L	1000	0.5	50	100	$2 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$	$5 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$
^{90}Sr	土壤	50g	1000	0.5	54	50	$2 \times 10^{-1} \text{Bq/kg}$	$2 \times 10^{-1} \text{Bq/kg}$
	水	20L	1000	0.5	54	60	$3 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$	$3 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$
^3H	空气	2L	1000	0.52	18	—	$5 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$	$5 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$
	水	2L	1000	0.52	18	—	$2 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$	$5 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$
^{14}C	空气	1.2m^3	1200	1.29	30.0	—	$5 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$	$5 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$
	水	20L	300	1.6	35.0	—	$2 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$	$5 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$

表 3.1-3 气溶胶样品中 γ 能谱分析测量参数

样品量：10000m³ 测量时间：1440min
样品几何尺寸：将滤膜装于 $\phi 75\text{mm} \times H50\text{mm}$ 圆柱形塑料盒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	探测限 (mBq/m ³)	
					本调查	HJ969-2018
⁵⁴ Mn	834.8	0.9998	8.6×10^{-3}	0.01983	5.3×10^{-3}	—
⁵⁸ Co	810.75	0.9945	6.25×10^{-3}	0.026650	5.0×10^{-3}	—
⁶⁰ Co	1332.5	0.9998	3.8×10^{-3}	0.01430	4.9×10^{-3}	—
¹³⁴ Cs	795.8	0.854	9.3×10^{-3}	0.02057	6.1×10^{-3}	—
¹³⁷ Cs	661.7	0.8521	1.0×10^{-2}	0.02382	2.5×10^{-3}	5.0×10^{-3}
⁷ Be	477.59	0.1042	7.5×10^{-3}	0.02208	6.0×10^{-1}	—
¹³¹ I	364.5	0.8124	2.0E-03	0.03396	3.1×10^{-3}	1.0×10^{-2}

表 3.1-4 水样 γ 能谱分析测量参数

样品量：25L 测量时间：1440min
样品几何尺寸：富集后装于 $\phi 75\text{mm} \times H50\text{mm}$ 圆柱形塑料盒

核素	能量(keV)	发射几率	探测限 (Bq/L)	
			本调查	HJ969-2018
⁵⁴ Mn	834.83	0.9998	1.3×10^{-3}	—
⁵⁸ Co	810.75	0.9945	1.2×10^{-3}	—
⁶⁰ Co	1332.5	0.9998	1.2×10^{-3}	—
¹³⁴ Cs	795.84	0.8544	1.4×10^{-3}	—
¹³⁷ Cs	661.7	0.8513	1.4×10^{-3}	2×10^{-3}
⁶⁵ Zn	1115.52	0.5075	2.4×10^{-3}	—
^{110m} Ag	657.75	0.9474	1.3×10^{-3}	—
¹⁰⁶ Ru	621.93	0.0993	1.4×10^{-3}	—

表 3.1-5 土壤、沉积物 γ 能谱分析测量参数样品几何尺寸：装于 $\phi 75\text{mm} \times H50\text{mm}$ 圆柱形塑料盒

核素	能量(keV)	发射几率	本底计数率 (s^{-1})	探测效率	最低探测限($\text{Bq/kg} \cdot \text{干}$)	
					本调查	HJ969-2018
^{54}Mn	834.8	0.9998	3.2×10^{-3}	0.01293	2.3×10^{-1}	—
^{58}Co	810.75	0.9945	2.9×10^{-3}	0.01345	2.5×10^{-1}	—
^{60}Co	1332.5	0.9998	1.8×10^{-3}	0.00934	2.4×10^{-1}	—
^{134}Cs	604.7	0.9760	5.5×10^{-3}	0.01620	2.5×10^{-1}	—
^{137}Cs	661.6	0.8462	4.1×10^{-3}	0.01521	2.6×10^{-1}	5×10^{-1}
^{40}K	1460.7	0.1070	2.6×10^{-3}	0.00876	2.9	—
^{226}Ra	609.3	0.4628	1.2×10^{-2}	0.016112	7.7×10^{-1}	—
^{232}Th	911.1	0.2770	2.4×10^{-3}	0.01217	7.7×10^{-1}	—
^{238}U	63.3	0.0381	1.2×10^{-2}	0.00865	1.8×10^1	—

表 3.2-1 环境空气质量标准限值

污染物名称	平均时间	标准值		单位
		一级	二级	
SO ₂	24 小时平均	50	150	μg/m ³
	1 小时平均	150	500	
NO ₂	24 小时平均	80	80	
	1 小时平均	200	200	
NO _x	24 小时平均	100	100	
	1 小时平均	250	250	
CO	24 小时平均	4	4	mg/m ³
	小时平均	10	10	
O ₃	日最大 8 小时平均	100	160	μg/m ³
	1 小时平均	160	200	
PM _{2.5}	24 小时平均	35	75	
PM ₁₀	24 小时平均	50	150	
TSP	24 小时平均	120	300	

表 3.2-2 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)

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

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。

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.2 厂区平面布置

4.1.3 排放口布置

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.3 常规岛

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.2 核电厂散热系统

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

4.4.2 开关站的选型和布置

4.4.3 与电力系统的连接

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 非能动安全注入系统

4.5.3 非能动安全壳热量导出系统

4.5.4 二次侧非能动余热排出系统

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

4.6.4 放射性固体废物管理

4.6.5 乏燃料贮存系统

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

4.7.2 生活废物

4.7.3 其他废物

4.8 放射性物质运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物运输

图

图 4.3-1 金七门核电工程 3、4 号机组取排水方案总平面布置图

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

1) 厂坪设计标高的确定

1、2 号机组设计时，结合工程地质条件、防洪条件、冷却水扬程及土石方工程量等因素，通过论证，在满足防洪要求基础上，厂坪设计标高越低地基条件及工程经济性越好，因此确定厂坪设计标高为 15.50m（1985 国家高程基准，下同。论证情况详见《浙江金七门核电厂一期工程（华龙一号）厂坪标高论证报告》），该厂坪设计标高已通过一期工程初步安全分析报告审查，因此本工程厂坪设计标高沿用 15.50m。

2) 主厂房建筑群规划布置

经前期多方案比选确定：1~4 号机组自西南向东北，在同一轴线上并列布置于小南山半岛，核岛东南向、常规岛西北向。5、6 号机组自西向东顺列布置于长皮长半岛，核岛东向，常规岛西向。

3) 对外交通规划

为满足施工和运行期间对外交通运输的要求，设置进厂道路、大件运输道路和大件码头等运输设施。本工程利用一期工程进厂道路及大件码头即可满足对外交通运输要求。

4) 电力出线规划

1、2 号机组升压至 500kV 电压等级向北 2 回出线，接入象山变；3~6 号机组按 1000kV 电压等级接入电网。

全厂 6 台机组规划两回 220kV 备用电源进线，进线线路于 1、2 号机组工程及本工程分期建设。

电力出线沿厂址北侧送出，跨越龙王山，山体较高、开阔。

5) 取排水设施规划

冷却水取水通过取水隧洞由厂址南侧海域取至联合泵房、经厂用水进水管廊及循环冷却水进水管分别输送至核岛及常规岛。冷却水排水分别由核岛及常规岛经厂用水排水管道及循环冷却水排水管道输送至虹吸井后，排至厂址东侧海域。

运行期间的生产生活淡水取自 1、2 号机组工程的海水淡化厂房，施工期间淡水取自 1、2 号机组工程引入的市政供水管网。

雨水通过管网收集后集中排放入海，生活污水送至生产生活污水废水处理站，处理达标后尽量回用，剩余部分经虹吸井排放入海；生产废水送至生产生活污水废水处理站，处理达标后经虹吸井排放入海。

液态流出物处理达标后经虹吸井排放入海。

6) 厂区工程规划

厂区工程按功能可分为主厂房区、冷却水设施区、配电装置区、辅助生产区及厂前建筑区等，厂区工程规划详见 4.1.2 厂区平面布置。

7) 其他设施规划

其他设施分厂内及厂外两部分设置：

厂内包括消防站、武警营房、应急指挥中心、应急物资贮存中心、大门、保安楼、调试检修综合楼、武警岗楼、高位水池、监督性流出物实验室、2 个监督性监测子站及 4 个环境监测站。环境监测站分期建设，其余子项于 1、2 号机组工程按全厂共用建设。

武警岗楼靠近重要厂用水取水口布置；高位水池位于厂址北侧挖方边坡坡顶；监督性流出物实验室与厂区实验楼合建；2 个监督性监测子站分别布置在重要厂用水取水头部附近及长皮长半岛与小南山半岛连接处；1、2 号机组工程厂内建设 3 个环境监测站，分别布置在重要厂用水取水头部附近、配电装置区南侧及次要进厂道路入口处，本工程厂内新建 1 个环境监测站，于主导风向下风向、关键居民组布设站址；其余子项集中布置在厂区西北侧。

厂外包括档案馆、培训中心、宣传展览中心、车队管理楼、检修食堂、值班宿舍、环境实验室、监督性监测前沿站、检修宿舍、停车场及候车廊、气象站、7 个监督性监测子站及 5 个环境监测站。值班宿舍、检修宿舍及环境监测站分期建设，技能培训中心于本工程按全厂共用建设，其余子项于 1、2 号机组工程按全厂共用建设。

档案馆、培训中心、技能培训中心及宣传展览中心集中布置在象山县南部新城的华龙科创园，厂址北距园区约 43km；车队管理楼、检修食堂、值班宿舍、环境实验室及监督性监测前沿站集中布置在象山县鹤浦镇中心的运行服务支持基地，厂址西北距基地约 12.3km；检修宿舍、停车场及候车廊在园区及基地均有设置；厂址边界西北距气象站约 250m；7 个监督性监测子站分别布置在大沙村、牧童岙村、樊岙村、鹤浦镇、原杨柳坑村、钉板岙及花岙岛附近；1、2 号机组工程厂外建设 5 个环境监测站，分别布置在风门口、牧童岙村、凤凰山、文献村及混凝土搅拌站附近。

8) 场地平整、边坡及截排洪规划

厂区竖向采用平坡式布置形式，1、2 号机组工程土石方基本平衡；本工程场地平整范围包括 1、2 号机组工程临时边坡及 1、2 号机组工程未平整的本工程厂区用地范围，本

工程余方约 413.94 万 m^3 ，多余土石方拟临时堆放至红卫塘外塘和珠门村，后期用于三期工程回填。三期工程欠方约 421.46 万 m^3 。

1、2 号机组工程场地平整后，人工边坡均为挖方边坡，总长度约 2860m（其中约 1460m 为临时边坡），最大坡高约 130m；本工程场地平整后，厂区人工边坡属于永久边坡，安全等级为一级，由于人工边坡坡脚与核安全物项的最小距离约 177.5m（为东北侧边坡坡脚与 4 号机组核岛厂房直线距离），小于对应坡高的 1.4 倍（坡高约 135.5m，1.4 倍坡高约 189.7m），因此本工程厂区人工边坡部分坡段属于核安全相关边坡；三期工程用地边界外侧均为海域，以海工护岸等海工设施防护。

按照截排洪要求，在挖方边坡坡顶设置截洪沟（1、2 号机组长度约 887m，本工程长度约 712m），在挖方边坡坡底设置排洪沟（1、2 号机组长度约 2860m，本工程长度约 705m）。截、排洪沟最终排入厂址西侧海域。

9) 施工场地规划

施工区包括施工临建场地、施工临时堆场及施工生活区等。

施工临建场地包括核岛土建、核岛安装、常规岛土建、常规岛安装、BOP 土建、砂石料堆场、混凝土搅拌站、工程公司临建场地等，施工临建场地已于 1、2 号机组工程在厂外租地建设。

施工临时堆场利用建设期间空地及厂址内租地。

施工生活区是施工期间土建及安装人员休息及娱乐的场所，于 1、2 号机组工程按全厂共用规模在施工临建场地南侧的杨柳坑村滩涂地建设。

为满足核电厂施工建造阶段的用水用电要求，需引入淡水水源和施工用电。淡水由市政管网供给，1、2 号机组工程已引入厂址，本工程直接引接；施工用电引自本工程 BOP 区东北部的施工区变电站。

10) 厂址区域土地利用

核电厂非居住区范围以反应堆厂房为中心，半径 500m。

核电厂规划限制区范围以反应堆厂房为中心，半径 5km。

本工程拟用地面积约 42 hm^2 （含 1、2 号机组工程已征地 6.82 hm^2 ，土地利用现状类型为建设用地），需征地面积约 33.36 hm^2 （含厂外设施用地 2.96 hm^2 ），非陆域面积约 1.82 hm^2 。土地利用现状类型包括建设用地、农用地（林地、耕地和园地等）及未利用地。

11) 项目用海

本工程用海主要发生在厂址南侧。

用海区域包括填海造地、构筑物（透水构筑物如码头、非透水构筑物如导流堤等）、其他方式等的用海面积。

12) 核电厂与当地规划发展的关系

厂址半径 5km 范围内不涉及扩建类的村庄，不会发生大规模的人口增长。

根据《象山县工业高质量发展“十四五”规划》（象发改〔2021〕53 号），厂址半径 10km 范围内不涉及产业园区等工业发展规划。

13) 拆迁及移民安置

需搬迁的村庄为金七门村和杨柳坑村。搬迁工作已于 1、2 号机组工程完成。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 建设规模及项目组成

本工程规划建设 2 台“华龙一号融合技术方案 2.0 版”百万千瓦级核电机组及其相应的配套辅助设施。

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

根据总体规划，3、4 号机组主厂房区布置在 1、2 号机组主厂房区东侧，核岛南向、常规岛北向（建北方向，下同）。

（2）配电装置区

1000kV 开关站布置在 1、2 号机组建设的 500kV 开关站西南侧；网控楼及 220kV 开关站已于一期工程按全厂共用考虑，布置在 1000kV 开关站东侧。

主变压器和降压变压器平台与配电装置区以 1000kV GIL 廊道连接。

（3）冷却水设施区

冷却水设施区包括联合泵房、制氯站、取水安全监测间、清污拦截仓储间及虹吸井。联合泵房布置在主厂房区南侧；取水安全监测间及清污拦截仓储间集中布置在联合泵房南侧；制氯站布置在联合泵房东侧；虹吸井布置在 4 号机组常规岛厂房北侧、1、2 号机组工程虹吸井东侧。

（4）辅助生产区

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。大部分放射性辅助生产设施已于 1、2 号机组工程按全厂共用考虑、集中布置在厂区用地的西部边沿地带；非放射性辅助生产设施除与主厂房工艺联系密切的子项贴近主厂房布置以

外，其余子项均于 1、2 号机组工程按全厂共用考虑，布置于 1、2 号机组北侧。

①放射性辅助生产设施区

本工程新建设施包括：外运处理废物暂存库、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、核废物厂房及乏燃料离堆储存场地。外运处理废物暂存库按全厂共用考虑，布置于 1、2 号机组工程废物处理中心北侧；乏燃料离堆储存场地布置于厂区东侧；其余子项集中布置在 3 号机组核岛厂房南侧、联合泵房西侧。

②非放射性辅助生产设施区

本工程新建设施包括：备用柴油发电机厂房、备用柴油发电机主贮油罐区、非放含油废水处理站、核岛消防泵房、集中制冷站、10kV 公用配电间、公用气体储存区 1、公用气体储存区 2、空压机房、氢气储存及分配站。

备用柴油发电机厂房与备用柴油发电机主贮油罐区成组布置，共两组，分别布置在 3 号及 4 号机组核岛厂房南侧；非放含油废水处理站、核岛消防泵房、公用气体储存区 1 及 10kV 公用配电间集中布置在 3 号机组常规岛厂房东侧；集中制冷站布置在 3 号机组核岛厂房南侧；公用气体储存区 2 布置在 4 号机组常规岛厂房东侧；空压机房布置在 4 号机组核岛厂房南侧；氢气储存及分配站布置在 2、3 号机组常规岛厂房之间。

（5）厂前建筑区

1、2 号机组已将厂前建筑区按全厂共用考虑。厂前建筑区位于厂区西北角。

2）竖向布置

厂区采用平坡式布置，厂坪设计标高为 15.50m，场地平整标高为 15.00m。场地排水采用有组织的管道排水系统。

3）厂内道路

厂内交通类型主要包括大件设备运输、放射性废物运输、普通物料运输、日常通行及应急救援等，均采用公路运输方式。

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。主干道宽度不小于 7m，次干道不小于 4m，主次干道转弯内半径均不小于 9m，兼做消防通道。

根据道路荷载能力，分为重型路和轻型路。重型路路面宽度为 9m，转弯内半径不小于 25m，沿主厂房区环形布置并与大件码头相接；轻型路路面宽度包括 9m、7m 及 4m，转弯内半径不小于 9m，划分各功能分区。

沿控制区和保护区围栏内侧、要害区围栏外侧，设置巡逻通道。

4) 实物保护

根据核电厂实物保护要求，厂区设置控制区围栏、保护区围栏和要害区围栏（保卫控制中心已于一期工程按 1~4 号机组共用考虑，布置于 1、2 号机组常规岛厂房之间）。

控制区围栏为单层铁丝网可视围栏。包围区域为除虹吸井及 1000kV 开关站的厂区所有范围。

保护区围栏为双层铁丝网可视围栏，装备相应的技术防范设施。包围区域为除虹吸井、1000kV 开关站及乏燃料离堆储存场地的厂区所有范围。

要害区围栏为单层可视围栏及轻质防护栏，装备相应的技术防范设施，部分利用核岛厂房建筑外墙并增设相应的安全保卫设施。包围区域为核岛厂房。

控制区主出入口及保护区出入口位于厂区东侧。控制区主出入口及保护区出入口设置监控系统和执勤哨位，进入人员及车辆必须持有相关证件。

5) 主要管廊管沟规划

包括厂用水进水管廊、厂用水排水管道、循环冷却水进水管、循环冷却水排水管道、废液排放管沟、综合技术廊道、1000kV GIL 廊道、220kV 电缆沟及核岛消防廊道。

4.1.2.3 环境保护相关设施布置

本工程新建的环境保护相关设施如下。

1) 放射性辅助生产设施

包括核辅助厂房、核废物厂房、外运处理废物暂存库、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房及乏燃料离堆储存场地。核辅助厂房与反应堆厂房贴建；核废物厂房、核岛液态流出物排放厂房及常规岛液态流出物排放厂房集中布置在 3 号机组核岛厂房南侧；外运处理废物暂存库布置在 1、2 号机组废物处理中心北侧；乏燃料离堆储存场地布置在厂区东侧。

2) 非放射性废物处理设施

包括非放含油废水处理站，布置在 3 号机组常规岛厂房东侧。

3) 流出物监测及环境监测设施

本工程厂内新建 1 个环境监测站，于主导风向下风向、关键居民组布设站址。

4.1.2.4 环境保护措施

厂址区域主要为丘陵地貌，植被覆盖密集。在本工程建设中，充分考虑环境保护要求，尽可能补偿对原有地貌的改变。具体实施措施主要有以下几方面：

厂区总平面布置特别是保护区（为非绿化区）内各设施的布置尽量紧凑布局，节约用地，并使非绿化区面积尽量小，对于没有硬化的场地，采取铺设碎石的方式，减少水土流失。

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，土石方工程量也作为重要的因素充分予以考虑，尽量减少土石方开挖、回填范围和数量，减少对环境的影响。

厂区内充分进行绿化，并采取多种绿化方式，包括立体绿化、屋顶绿化等，凡可绿化的设施如边坡、挡土墙等，均进行绿化。

4.1.3 排放口布置

本工程流出物主要包含液态流出物和气态流出物：

1) 液态流出物排放口

液态流出物为低放废液排放，经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，与冷却水混合后经排水隧洞排放至排水口，进入厂址东部海域（受纳水体）。

2) 气态流出物排放口

气态流出物经过处理达标后，经核辅助厂房排出。

3) 非放射性物质排放口

• 生活污水系统

本工程生活污水经管道收集后排至 1、2 号机组按 1-4 号机组共用规划的生产生活污水处理站，处理达标后回用于绿化、浇洒、洗车等，回用剩余经虹吸井排至大海。

• 雨水系统

本工程各子项屋面雨水、场地及路面雨水经雨水口收集，部分区域雨水向西排海，部分区域雨水排至虹吸井，经虹吸井排至大海。

• 非放生产废水系统

本工程非放射性含油废水经非放射性含油废水系统管网收集排至非放含油废水处理站，处理后经虹吸井排至大海。

本工程各类非放生产废水经室外管网收集接入 1、2 号机组按 1-4 号机组共用规划的生产生活污水处理站，经监测和处理达标后经虹吸井排至大海。

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

本工程核电机组由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助

设施的常规岛组成。

反应堆堆芯由 177 组燃料组件及其相关组件组成。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；各循环均使用固体可燃毒物钆，从第二循环开始堆芯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电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方面，以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下，即使有一种故障发生，它将由适当的措施探测、补偿或纠正。本工程设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

——第一层次防御的目的是防止偏离正常运行及防止系统失效。这一层次要求按照恰当的质量水平和工程实践，例如多重性、独立性及多样性的应用，正确并保守地设计、建造、维修和运行核电厂。所有构筑物、系统和部件都要根据其安全功能及重要程度进行安全分级，针对不同级别采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同的质量保证措施。在第一层次防御中还包括了按经过实践考验的规程进行核电站的在役检查、维护和试验。设计中也考虑了进行这些活动时的可达性和必要的装备和工具。

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

——第三层次防御是必须提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如非能动安全注入系统、非能动安全壳热量导出系统、二次侧非能动余热排出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

核岛用于包容堆芯及核辅助设施，包括以下厂房：反应堆厂房、燃料厂房、电气厂房、核辅助厂房、备用冷却厂房以及附属厂房。

4.2.2.1 堆芯部件

反应堆堆芯由 177 组燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径为 3.23 m，堆芯活性段高度 3.66 m。本工程机组拟选用 AFA 3G 或 CF3 型燃料组件（现阶段暂按 AFA 3G 考虑，后续待 CF3 组件进展适时调整）。

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 个跨间搅混格架）、上管座部件、下管座部件和相应的连接件组成。仪表管位于组件中心栅元位置，它为从上端插入的测量仪表提供通道。导向管用于容纳控制棒和其它堆芯相关组件棒。燃料棒被定位格架夹持，使其保持相互间的横向间距以及与上、下管座间的轴向间距。反应堆运行期间，冷却剂从下管座进入燃料组件，与燃料棒进行热交换，带走堆芯热量，并从上管座流出燃料组件。

AFA 3G 燃料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。相关组件主要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内置换料水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，稳压器波动管线朝反应堆冷却剂 1 号环路热段呈连续地倾斜，并在与 1 号环路热段连接处设置一段竖直直管段。这种连接方式便于流体在波动管内的自然循环和消除热分层的影响。

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。

反应堆冷却剂系统的超压保护由三台稳压器安全阀来保证，每个阀门均装在与稳压器汽相空间相连的支管上，通过这些阀门向内置换料水箱排放卸压。

由自动卸压子系统提供设计基准事故下反应堆冷却剂系统的受控降压，以配合安全注入系统执行安全功能。自动卸压子系统共 4 级，第 1 级自动卸压阀由两台稳压器安全阀兼顾；第 2 级和第 3 级均包括冗余的两列，每列包括两台常闭电动阀，串联布置；第 4 级卸压阀设置 4 列，分别接在 1#、2#、3#（设置两列）主管道热段上。前 3 级卸压阀排放汇总后经过喷洒器进入内置换料水箱。第 4 级自动卸压投入时直接向安全壳内大气排放。

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，快速卸压系统包括一台电动闸阀和一台电动截止阀，其容量设计可满足消除高压熔融物喷射，同时有利于保证熔融物压力容器内滞留（IVR）的有效性。

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。

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电厂以额定的功率运行，蒸汽发生器出口处的压力达到 6.87MPa（绝对压力）。

本工程的蒸汽发生器为 ZH-J65 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内置换料水箱，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快速卸压能力，避免出现高压熔堆。

(4) 反应堆冷却剂管道

反应堆冷却剂管道应能承受反应堆冷却剂系统预计运行工况的压力和温度，管道材料应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

反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、余热排出系统、燃料操作与贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统、核取样系统和其他辅助系统。

反应堆辅助系统确保下列功能：

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

化学和容积控制系统在事故工况下根据安全壳隔离信号隔离，确保安全壳的完整性。在发生小 LOCA 时，能够通过上充泵执行高压注入功能，避免自动卸压 1-3 级阀门开启。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。

余热排出系统的安全功能主要包括：安全壳隔离—隔离贯穿安全壳的余排管线；维持一回路压力边界，防界面 LOCA 设计；低温超压保护—在冷停堆、换料和启堆期间，通过余热排出系统的安全阀防止反应堆冷却剂系统超压。

设备冷却水系统是设置在用户系统设备和海水之间的一个闭合环路。

设备冷却水系统的主要功能是：

- 冷却核岛及集中制冷站各种热交换器；
- 经过由厂用水系统冷却的热交换器将热负荷传递至最终热阱——海水；
- 在用户热交换器和海水之间形成屏障，防止放射性流体不可控制地释放到海水中，避免每个热交换器由于海水冷却而产生腐蚀污垢等问题。

蒸汽发生器排污系统的主要功能是从蒸汽发生器二次侧连续引出一部分排污水并对其进行处理，以使二回路的水质保持在核电厂正常运行的限值内。在设计基准事故 SGTR 工况下，可以通过打开蒸汽发生器排污系统事故排放管线上的电动隔离阀，将破损蒸汽发生器内漏液排向内置换料水箱，使破损蒸汽发生器降压，同时限制破损蒸汽发生器水位，防止破损蒸汽发生器满溢。

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统用于保证对核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、乏燃料水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

核取样系统通过手动或自动集中抽取供化学分析和放射性化学分析用的液体样品和气体样品。首先核取样系统为反应堆冷却剂系统及其相关辅助系统、二回路系统的运行状况和性能评估提供一种监测手段。其次对排放前废物特性进行监测，为环境保护提供了保证。此外，该系统还具事故后功能，它可从反应堆冷却剂系统和安全壳地坑收集高放射性的液体样品，也可从蒸汽发生器排污系统取样，来检查一次侧向二次侧可能的泄漏，有助于事故的诊断和控制。

燃料操作与贮存系统，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。

4.2.3 常规岛

本节主要论述汽轮发电机厂房及厂房内的系统和设备。

4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

蒸汽-电力转换系统接收来自核蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换为电能。

蒸汽-电力转换系统包括主蒸汽系统、汽水分离再热系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机旁路系统、汽轮机抽汽系统等。

主蒸汽系统的功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽输送至汽轮发电机组，驱动汽轮发电机组发电，同时将主蒸汽输送至汽轮机旁路系统、辅助蒸汽系统、汽水分离再热器第二级再热器。

为了保护低压缸，减少对低压缸叶片的水蚀，在高压缸和中压缸（暂定）之间设置了两台汽水分离再热器，湿度较大的高压缸排汽经分离段除去水分，然后进入位于分离段上方的一级再热器、二级再热器接受再热，其主要作用是使蒸汽在进入中压缸之前，温度得到提高。

凝结水系统的功能是将凝结水从热井中抽出，升压后送至低压加热器进行加热，同时

向汽轮机低压缸喷水系统、凝汽器旁路扩散装置等提供减温水。

主给水系统的功能是将除氧器中满足蒸汽发生器温度、含氧量要求的给水升压，经过高压加热器向蒸汽发生器提供所需给水。

汽轮机旁路系统的主要功能是在汽轮机启动和停运、甩负荷、跳闸和反应堆紧急停堆等工况下，将过量的主蒸汽排至凝汽器，平衡反应堆与汽轮机之间的功率差，确保机组的安全运行。

汽轮机抽汽系统的主要功能是利用汽轮机抽汽对凝结水和主给水进行加热，提高机组的热经济性，同时确保供至蒸汽发生器的主给水温度满足核岛的要求。机组配置 7 级回热抽汽系统，分别是两级高压加热器、四级低压加热器和一级除氧器。

4.2.3.2 汽轮机和凝汽器

本工程拟采用单轴、半转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个高中压合缸（暂定）和两个双流低压缸组成，它与三相、50Hz 的交流发电机直接相连。

本工程凝汽器由汽轮发电机组供货商成套供货，拟采用双壳体、单流程、单背压、表面冷却式热交换器，管材采用钛管，管板采用复合钛板。凝汽器由喉部、壳体、热井和水室组成。凝汽器喉部与低压缸排汽口刚性连接，底部与混凝土基础采用刚性支撑（暂定）。

1、2 号复合低压加热器（暂定）布置在凝汽器喉部。

在 TMCR 工况下，循环水入口温度 19.6℃（暂定），循环水量约 64.3m³/s（暂定），清洁系数 0.9 时，凝汽器背压为 4.3kPa(a)（暂定）。正常运行时凝汽器出口凝结水的含氧量≤10μg/kg。凝汽器热井有效贮水量不小于汽轮发电机组在 TMCR 工况运行时 5 分钟的凝结水量。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中排放热废水、非放射性含油废水、循环冷却用海水。

热废水为常规岛管道、设备等放水，可能带放射性，排至汽机房常规岛废液收集系统非含油废水坑，经泵升压送至常规岛液态流出物排放厂房进行处理。

非放射性含油废水为汽机房检修、运行中排放的含油废水，排放至汽机房废油和非放射性水排放系统含油废水坑，经泵升压送至含油生产废水油水分离池进行处理。

海水为凝汽器及循环水管道检修、运行中的排水，排至循环水坑排污坑，经泵升压后排放。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 海水用水

核电厂的海水用水系统主要包括：

——循环水系统

——厂用水系统等

海水取自三门湾湾口北端海域，作为核电厂循环水、厂用水等的水源，其取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水、厂用水等的用水需求。三门湾取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水系统、厂用水系统及其他海水用水系统的取水需求，不会出现冷却水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统的情况。

4.3.1.2 淡水用水

本工程的淡水用水主要包括施工期间的生产用水和人员生活用水，以及运行期间生产用水、生活用水、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生产、浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘、砌砖等施工用水。

本工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 $2595\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1250\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量考虑全部采用中水回用，水量为 $269\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $4536\text{m}^3/\text{d}$ 。

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、生产水系统和中水系统。

饮用水系统主要提供运行期人员的生活用水、采用生活水水质的生产用水、消防补充水等。采用生活水水质的生产用水包括核岛、常规岛及厂区其他用户的生产用水。

生产水系统主要提供水泵轴封水，并作为消防补水的备用水源。

除盐水生产系统原水由海水淡化厂房二级淡水箱 A 直接供给。

绿化、浇洒、洗车等用水采用再生水，由中水系统提供。

考虑管网漏损水量和未预见用水等，按海水淡化厂供应一级淡水计算，本工程正常运行日用水量约为 $5244\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量约为 $9432\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程设计耗水指标（以海水淡化一级反渗透计）为 $0.025\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{GW}$ 。

（2）供水水源

施工期间淡水用水由浙江省宁波市象山县第二自来水有限公司供给，调试期间生产用水、运行期间的生活用水和生产用水由海水淡化厂房产品水提供；绿化、浇洒、洗车等用水由中水系统提供。

海水淡化厂房已按照全厂 6 台机组共用设计，设计规模为 $19000\text{m}^3/\text{d}$ 。可满足本工程运行期生活用水和生产用水需求。

运行期道路浇洒、洗车用水日用水量约为 $180\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 $255\text{m}^3/\text{d}$ ，再生水产生量约为 $220\text{m}^3/\text{d}$ ，可用于道路浇洒、洗车等用水，剩余水量排海。

4.3.2 核电厂散热系统

浙江金七门核电厂 3、4 号机组海水取排水系统的功能主要是为常规岛循环冷却水系统和核岛重要厂用水系统提供冷却水，并将常规岛循环冷却水、核岛重要厂用水排水以及符合排放标准的液态放射性流出物混合后经排水隧洞和排水暗涵排入海域。金七门核电厂 3、4 号机组循环冷却水和厂用水拟采用海水直流供水系统，共用取水暗涵取水，取水口布置于二期厂区东南侧、西南距一期取水口 233m 处，取水口水深约-11.0m~-14.0m。排水工程拟采用暗涵排水，排水口布置于厂区东侧、西北距一期排水口约 145m 处，排水口天然泥面标高约-10.4m。金七门核电厂 3、4 号机组取排水方案平面布置图见图 4.3-1。

（1）取水工程

本项目循环水及厂用水系统共用取水暗涵取水，取水暗涵头部设取水窗口。取水暗涵由 3、4 号机组取水泵房起，在厂区陆域范围，呈 Y 字形由单孔暗涵过渡至双孔共壁暗涵，再延伸至外海取水口。单条暗涵流道长度为 471.0m，其中 2 条单孔段暗涵总长 $2 \times 100.7\text{m}$ ，双孔段暗涵总长 370.3m。取水暗涵单孔尺度为 $5.8\text{m} \times 5.8\text{m}$ 。取水口采用多点式取水头，水深约-11.0m~-14.0m，单孔设 6 个取水头，间距 8m。取水头四面进水，进水窗上沿标高-6.3m。取水头部外侧设拦污防撞设施，由一圈桩基墩台加装拦污网组成，并于桩基墩台上设警示标志。

（2）排水工程

排水工程由陆域排水隧洞、排水转换井、海域排水暗涵组成。排水口布置于厂区东侧、西北距一期排水口约 145m，水深约-10.4m 处。排水转换井尺寸为 $33\text{m} \times 14\text{m}$ ，内底标高为-18.0m。排水暗涵为双孔共壁形式，一机一孔，沉管总长 895m。单孔过水断面尺寸为： $6.0\text{m} \times 6.0\text{m}$ ，暗涵内底标高-17.0m~-22.37m。排水头部淹没出流，排水窗口顶标高-5.0m、底标高-7.0m。排水口附近设灯浮标 2 座，结合 1、2 号机组工程布设的灯浮标，形成警示区域，对过往船只起警示作用。

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

本期工程 2 台机组分别以发电机-变压器组单元接线方式经主变升压后接入 1000kV 系统。发电机与主变压器之间装设发电机断路器。

本期工程 1000kV 配电装置选用 SF6 气体绝缘全封闭组合电器（GIS），采用 3/2 断路器接线方式，本期工程建设 2 回发电机-变压器组进线、2 回架空线出线间隔。最终方案以接入系统审查意见为准。

本期工程 220kV 配电装置选用 SF6 气体绝缘全封闭组合电器（GIS），采用双母线接线方式，在一期工程 220kV 配电装置基础上建设 1 回架空线进线、2 回辅助变出线间隔。

4.4.2 开关站的选型和布置

本期工程建设 1000kV 开关站一座，建设 2 回发电机-变压器组进线、2 回架空线出线间隔；在一期工程 220kV 开关站基础上建设 1 回架空线进线、2 回辅助变出线间隔。1000kV 与 220kV 配电装置选用 SF6 气体绝缘全封闭组合电器（GIS），屋内布置安装。

1000kV 开关站与 220kV 开关站布置在厂区北侧。1000kV 开关站通过 1000kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）与主变高压侧设备连接；220kV 开关站通过 220kV 电缆与辅助变高压侧设备连接。

4.4.3 与电力系统的连接

本期工程通过 2 回 1000kV 线路与外电网连接。正常运行时，机组发出电能通过 1000kV 开关站输送到电网；在机组启停期间，1000kV 系统作为厂外主电源通过 1000kV 开关站经主变和高厂变降压后为厂用设备供电。

厂内 220kV 开关站通过 220kV 线路与外电网连接，当厂外主电源和发电机均失电时，220kV 厂外电源通过辅助变为需要其供电的厂用设备供电。

由于接入系统方案尚未确定，最终方案以接入系统审查意见为准。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

专设安全设施主要包括非能动安全注入系统、非能动安全壳热量导出系统、二次侧非能动余热排出系统。

4.5.2 非能动安全注入系统

非能动安全注入系统的主要功能是在假想设计基准事件后为堆芯提供应急冷却，使反应堆停堆并维持在安全停堆状态。

1) 在所有破口尺寸范围的失水事故情况下，为反应堆冷却剂系统提供安全注入冷却堆芯，此外还能通过地坑再循环注入提供反应堆长期冷却，保持堆芯的几何形状和完整性；

2) 当发生化学和容积控制系统不可用或能力不足的瞬态或事故工况下，非能动安全注入系统为反应堆冷却剂系统提供补水和硼化。对于造成反应堆冷却剂系统冷却的事件（蒸汽管道破裂事故或安全停堆冷却事件）能够引入足够的负反应性和恢复堆芯停堆裕量；

3) 在事故后向安全壳地坑水中添加化学物质来调整水的 pH 值，建立用于放射性核素滞留和限制厂外剂量的化学环境，对于事故后安全壳内长期水淹情况，通过化学添加的方式防止安全相关设备的腐蚀；

4) 在反应堆堆芯发生严重事故下，通过内置换料水箱内的冷却水淹没安全壳，使得压力容器保温层与安全壳地坑之间形成自然循环，维持压力容器的完整性。

本系统除具有安全功能外，还具有辅助功能，包括：

1) 在换料冷停堆期间，向反应堆换料水池充水；

2) 在停堆期间半管运行时，当堆芯失去余热排出系统的冷却时，安注系统由内置换料水箱向堆芯重力补水。

3) 在化学和容积控制系统容控箱不可用时，为上充泵提供吸入口水源，用于反应堆冷却剂系统补水或硼化。

非能动安全注入系统包括下列子系统：

非能动注入子系统；

安全壳 pH 值控制子系统；

自动降压子系统。

其中，非能动注入子系统包括 A、B 两列，每列都包含有一条全压注入管线、安注箱注入管线、换料水箱注入管线、地坑再循环注入管线。系统的主要设备包括内置换料水箱、全压补水箱、安注箱，以及相关的阀门、管道和仪表等。

上述三个安全注入水源和安全壳再循环管线共用 DVI 管线，并从两个 DVI 管线进入反应堆压力容器。

4.5.3 非能动安全壳热量导出系统

非能动安全壳热量导出系统的主要功能是在电站发生设计基准事故和设计扩展工况（包括严重事故）时，将安全壳压力和温度降低至可以接受的水平，保持安全壳完整性。其水装量应能应付紧急停堆后的堆芯 72 小时的冷却要求。

主要功能有：

(1) 设计基准事故后安全壳冷却

在事故工况（LOCA 或安全壳内蒸汽管道破裂）下，当安全壳内的压力和温度升高到一定值时，非能动安全壳热量导出系统投入，将安全壳内的压力和温度降低至可接受的水平，以保持安全壳的完整性。事故期间蒸汽区域的压力 24 小时内降低到安全壳设计压力（表压）一半以下，并保持低于这一压力。

(2)设计扩展工况（包括严重事故）安全壳冷却

在电站发生设计扩展工况时，将安全壳压力和温度降低至可以接受的水平，保持安全壳完整性。

(3)安全壳冷却水箱水质保持

非能动安全壳热量导出系统配备了外置安全壳冷却水箱的液封措施，防止安全壳换热水箱水质被壳外环境污染。电站正常运行和检修时，系统配置了循环水泵和加药措施防止安全壳外换热水箱微生物滋生和水质降低。

(4)安全壳第三道屏障的完整性

系统安全壳内换热器和安全壳外隔离阀为电站第三道安全屏障的组成部分。在系统设备、管道出现破口时，及时关闭隔离阀，防止放射性物质外泄，确保电站第三道安全屏障的完整性。

(5)其他功能

换热水箱为蒸发器二次侧非能动余热排出系统提供冷却水源。在二次侧丧失动力和冷却水源的时候，为蒸发器二次侧提供自然循环冷却动力和冷却水源。

为乏燃料水池提供备用水源。在乏燃料水池的所有补水手段丧失后，非能动安全壳热量导出系统换热水箱为乏燃料水池提供备用水源。

系统描述：

非能动安全壳热量导出系统为安全系统，用于在设计基准事故下、设计扩展工况（包括严重事故）下导出安全壳热量，系统共设置三个系列/六个换热回路。

每个系列包括一台换热水箱、一台导热水箱、两列换热回路。每列换热回路设置两台换热器、一台汽水分离器、下降段设置一台常开的电动隔离阀、上升段设置一台常开的电动阀。换热器布置在安全壳内的圆周上；换热水箱是钢筋混凝土结构不锈钢衬里的设备。换热水箱布置在燃料厂房房顶、电气厂房房顶和核辅助厂房房顶。系统设计采用非能动设计理念，利用内置于安全壳内的换热器组，通过水蒸汽在换热器上的冷凝、混合气体与换热器之间的对流和辐射换热实现安全壳的冷却，通过换热器管内水的流动，连续不断地将安全壳内的热量带到安全壳外，在安全壳外设置换热水箱，利用水的温度差导致的密度差

实现非能动安全壳热量排出。

4.5.4 二次侧非能动余热排出系统

二次侧非能动余热排出系统作为专设安全设施，在瞬态、事故或任何正常热量排出路径丧失时，执行排出堆芯余热以及反应堆冷却剂系统冷却剂和各设备储热的安全功能。

二次侧非能动余热排出系统的设计遵照国家核安全部门发布的核安全法规、导则，同时考虑了国家标准的相关要求。在任何正常热量排出路径丧失时，二次侧非能动余热排出系统运行，能够确保导出堆芯余热，能够在 72 小时内将反应堆维持在安全状态。

每个环路的蒸汽发生器二次侧都设置一个非能动余热排出系列。每个系列包括一台换热器和一个换热水箱以及必要的阀门、管道和仪表。

对于每个系列（以 1 号系列为例），蒸汽管线与蒸汽发生器出口主蒸汽管道相连，通过安全壳外常开的电动隔离阀后分成两个支路，一个支路连接换热器的入口封头的接管嘴，另一个支路与一台应急补水箱的入口相连。换热器布置在换热水箱底部的冷凝器隔间。要求在整个机组运行期间（包括二次侧非能动余热排出系统投入运行期间），该冷却器都浸泡在水中，不允许裸露。冷凝水管道连接二次侧非能动余热排出系统换热器下封头接管嘴，与应急补水箱的注入管线合并后通过贯穿件返回到安全壳内，与蒸汽发生器的主给水管道相连。

二次侧非能动余热排出系统换热器布置在换热水箱下部的冷凝器隔间，在整个运行期间都浸泡在水中。

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

核电厂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。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液管理系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核电厂正常运行期间（包括发生预期运行事件时）产生的放射性废液。废液管理系统由下列系统组成：

- 核岛疏水排气系统；
- 硼回收系统；

- 废液处理系统；
- 核岛液态流出物排放系统。

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；
- 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统；
- 蒸汽发生器排污系统；
- 常规岛液态流出物排放系统。

4.6.2.1 核岛疏水排气系统

核岛疏水排气系统为单堆布置。

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、废液处理系统和废气处理系统。本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，本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。

本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。

（2）系统描述

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统收集含氢的反应堆冷却剂疏水和回路的泄漏。同时还收集当硼酸浓度发生变化时排出的反应堆冷却剂。这些废液被送至硼回收系统处理。

b) 工艺疏水子系统

该系统收集含氧的反应堆冷却剂疏水和泄漏以及树脂冲洗水。这些疏水通常是化学成分含量低的放射性废液。对这些废液的收集和输送方法是：

- 送至核辅助厂房工艺疏水坑，再用泵输送到废液处理系统；
- 由废液处理系统直接收集。

c) 地面疏水子系统

该系统收集反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、附属厂房的地面疏水。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；
- 废水排至厂房的地面疏水坑中，用泵输送到废液处理系统。

核岛放化实验室来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到废液处理系统。

d) 化学疏水子系统

该系统收集核岛放化实验室、热机修车间的废水和来自处理含有放射性化学物质系统的疏水以及蒸汽发生器排放系统取样排水和管道疏水。这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。这些废水按下述方法进行收集：

- 送至核辅助厂房化学疏水坑，再由泵输送到废液处理系统；
- 由废液处理系统直接收集。

蒸汽发生器排放系统取样排水和管道疏水通过重力收集管网收集在化学疏水坑。在凝汽器再循环之前，这些废水由化学疏水泵输送至蒸汽发生器排放系统处理。

e) 含氢废气子系统

该系统收集反应堆冷却剂系统、硼回收系统除气塔、化学和容积控制系统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。这些废气被送到废气处理系统进行处理。

f) 含氧废气子系统

反应堆厂房含氧废气子系统主要用来收集反应堆冷却剂系统中的带有水分的含氧废气，这些气体经过含氧废气疏水罐被气水分离后，气体排入安全壳换气通风系统，废水排入本系统工艺疏水子系统。

其他厂房含氧废气子系统主要收集反应堆在启动、冷停堆时设备排气及常压贮槽、手套箱等排气，这些废气被送到通风系统进行处理。

（3）系统运行

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

反应堆厂房产生的反应堆冷却剂疏水被收集到反应堆冷却剂疏水箱，并由两台并联安装的泵输送。

b) 工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

位置高于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水靠重力收集到核辅助厂房的废液处理系统工艺排水缓冲槽。

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，再用泵将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑。工艺疏水箱有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑。

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，再用泵输送到废液处理系统；
- 收集在各厂房工艺疏水坑中，再用泵输送至核辅助厂房工艺疏水坑；
- 靠重力直接送到废液处理系统。

c) 化学疏水子系统

本系统靠重力收集疏水，这些废水被送到化学疏水坑，再用泵输送到废液处理系统化学排水缓冲槽，或直接收集到废液处理系统化学排水缓冲槽中。蒸汽发生器排放系统取样排水和管道疏水通过重力收集管网收集在化学疏水坑。在凝汽器再循环之前，这些废水由化学疏水泵输送至蒸汽发生器排放系统处理。

d) 地面疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它能在机组正常运行期间和各种预期瞬态期间保持连续运行。

反应堆厂房的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑，疏水坑装有多水位探测器，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。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑。本系统安全壳疏水坑可用于不可识别泄漏探测，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。

核辅助厂房地面疏水坑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废液处理系统。

e) 含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

在正常运行时，反应堆冷却剂疏水箱都用氮气覆盖。

通过隔离阀将反应堆冷却剂疏水箱的气空间与含氢废气总管分隔开。含氢废气总管与废气处理系统缓冲罐相连。

f) 含氧废气子系统

位于反应堆厂房的本系统，通过安全壳换气通风系统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被分离后，气体排入安全壳换气通风系统，废水排入本系统工艺疏水子系统。

核辅助厂房的含氧废气排至通风系统，由通风系统的风机保持负压。

4.6.2.2 硼回收系统

硼回收系统对来自化学和容积控制系统和核岛疏水排气系统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 2%~2.1%（重量百分比）的硼酸溶液返回化学和容积控制系统，复用于反应堆。

在燃耗末期，硼回收系统还可对来自化学和容积控制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

硼回收系统为单机组设置，位于废物辅助厂房。系统由净化、水与硼酸分离和除硼三部分组成。

硼回收系统设计成能处理反应堆在基本负荷运行、负荷跟踪运行（14-2-6-2，50%满功率）及各种运行瞬态时排放的含氢反应堆冷却剂。

硼回收系统的前贮槽和净化部分可接收和处理来自化学和容积控制系统的最大下泄流（31.4m³/h）。

中间贮槽的容积可以满足硼回收系统前、后两部分独立运行，从而不影响反应堆的运行状态。中间贮槽共两个，每个贮槽的有效容积为 350m³。

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。

硼回收系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为 2t/h。冷凝液含硼量低于 5ppm，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。无法满足复用要求的硼回收系统冷凝液可以送往废液处理系统处理或者核岛液态流出物排放系统监测排放；浓缩液含硼量约为 3700-4000ppm，满足复用要求时可作为 2%~2.1%硼酸溶液复用。

（2）系统描述

硼回收系统由三部分组成：

- 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接收。然后，用前贮槽泵经除盐预过滤器、阳床除盐器、混床除盐器、树脂滞留过滤器净化后，进入除气塔进行脱气。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输送，经再生热交换器与除气塔液体冷却器冷却后进入中间贮槽暂时贮存。

从除气塔排出的二次蒸汽经排气冷凝器冷凝、冷却后，废气通过核岛疏水排气系统送至废气处理系统进行滞留衰变。冷凝液返回除气塔。

两个中间贮槽共用一台输送和混合泵。

用蒸发器供料泵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的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到浓度约 2%~2.1%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和冷凝液监测槽内。经取样分析监测满足复用要求后，用浓缩液泵和冷凝液泵送到化学和容积控制系统的 2%~2.1%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（> 5ppm）时，则可以在未被污染的混床除盐器进行除硼处理。

硼回收系统的设备全部安装在废物辅助厂房内。

（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，再用化学和容积控制系统的除盐水从前贮槽开始，逐渐往后充填过滤器、除盐器，直至检查液体中氧的含量低于 0.1ppm（100 μ g/L）时才合格。

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

前贮槽的液位与压力检测系统自动控制除气塔的启动和停运。

前贮槽的正常液位控制在 10~32m³ 之间，以确保前贮槽在净化部分不能使用时，仍能贮存反应堆以最大排放速率（31.4m³/h）送来的冷却剂至少半小时的量。

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。蒸发操作前，要先用输送和混合泵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尾气冷凝器冷凝后，进入冷凝液缓冲槽，经一级预热器冷却后进入冷凝液监测槽。

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，则由冷凝液泵将其直接送到化学和容积控制系统作补给水使用；

— 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进一步除硼后送化学和容积控制系统作补给水使用；

— 如果冷凝液不满足复用要求，需再处理时，则用冷凝液泵打回中间贮槽，重新经蒸发处理。

为了维持反应堆冷却剂中合适的氚浓度，当冷凝液放射性浓度低于排放限值送到核岛液态流出物排放系统排放，高于排放限值则送往废液处理系统处理。

蒸发器中的浓缩液自动排出，经浓缩液冷却器冷却后进入浓缩液监测槽。

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：

如果浓缩液满足复用要求，则用浓缩液泵送到化学和容积控制系统作为补给硼酸用；

如果浓缩液不满足复用要求，则经浓缩液泵返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；

— 不满足复用要求的浓缩液也可以送到废液处理系统工艺排水缓冲槽待处理（仅限于含硼量低的浓缩液）。

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。

当余热排出和能动注入系统运行时，将化学和容积控制系统容控箱的进料液转送到硼回收系统的前贮槽，经硼回收系统的净化部分处理后，再送回到容控箱。

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。

4.6.2.3 废液处理系统

废液处理系统收集、贮存和监测核电厂正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统向环境排放。

(1) 设计基准

废液处理系统的设计基准是确保核电厂放射性液态流出物的年排放量低于国家规定的限值，使公众和运行人员所受的辐射照射满足“可合理达到尽量低”的ALARA原则。

废液处理系统是按容纳和处理核电厂正常运行产生的最大预期废液量和最大预期放射性活度、并留有适当的裕量而进行设计的。

(2) 系统描述

放射性废液根据放射性浓度和化学成分由核岛疏水排气系统分类收集。然后，送至废液处理系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理：

— 地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理。

— 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。

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。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。

— 一台工艺排水泵，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，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

过滤器过滤后经核岛液态流出物排放系统监测、排放。

- 一台预过滤器，用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

- 一套絮凝剂注入装置，本装置用于连续注入絮凝剂，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，经上游注入絮凝剂后，通过活性炭床去除废液中的悬浮物、胶体和部分离子。

- 四台串联的除盐器。

- 一台树脂滞留过滤器。

经过处理后的废液进入监测槽。

b) 蒸发工艺包括：

- 三个化学排水接收槽，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和预处理。

- 一台化学排水泵，用于化学排水接收槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

- 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、蒸发器预过滤器、一级预热器、二级预热器、蒸发器、再沸器、蒸汽发生器、蒸汽压缩机、冷凝液缓冲槽、冷凝液缓冲泵、气体冷却器。

蒸发浓缩液由浓缩液槽收集。然后，用泵送至固体废物处理系统浓缩液槽。

蒸馏液由两个监测槽接收。

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监测排放。否则，送至蒸发器重新处理。

c) 过滤工艺包括：

- 三台地面排水接收槽，用于地面排水和服务排水的收集、贮存、混和、取样分析及化学中和。

- 地面排水泵，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

- 两台并联使用的过滤器。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。

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

废液处理系统总的运行原则如下：

— 废液处理系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可在三废处理控制系统监测系统的运行。

— 每类废液的接收槽（包括工艺排水接收槽、化学排水接收槽及地面排水接收槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。接收槽充满后，要对槽内废液进行搅拌和取样。

— 根据取样分析结果，废液经过滤装置送往核岛液态流出物排放系统监测、排放；或由蒸发净化单元或除盐净化单元处理后送往核岛液态流出物排放系统监测、排放。

— 蒸发净化单元和除盐净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

4.6.2.4 核岛液态流出物排放系统

（1）设计基准

a) 核岛液态流出物排放系统逐槽收集下列来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地稀释排放。

① 放射性液态流出物

— 硼回收系统：蒸发器产生的冷凝液。

— 废液处理系统：包括蒸馏液、经除盐器处理的液态流出物，经过滤器处理的液态流出物。

— 放射性废水回收系统排水。

— 核岛疏水排气系统排水。

— 核岛液态流出物排放系统地坑疏排水。

— 固体废物处理系统排水。

② 常规废水

— 蒸汽发生器排污系统蒸汽发生器排污液。

b) 当因环境稀释能力不足而要求延迟排放或当取样分析或电厂辐射监测系统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放射性液态流出物送往废液处理系统处理。

（2）系统描述

核岛液态流出物排放系统设置三个 1000m^3 的废液排放槽，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时破裂溢出的全部流出物量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵，用于在取样、分析之前搅拌槽内液态流出物并排放或将液态流出物送往废液处理系统重新处理。

地坑泵安装在地坑内。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废液处理系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪和受电厂辐射监测系统控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

贮槽的材料为碳钢，内外表面涂防腐涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线厂房内的部分材料为不锈钢，废液排放管沟内的部分均为不锈钢。该管线上的其它设备的材料采用不锈钢。

（3）系统运行

正常运行时，核岛液态流出物排放系统三个排放槽中的一个接收液态流出物，一个混合、取样分析和监测排放液态流出物，另一个备用。各系统来的液态流出物在排放槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据液态流出物放射性水平及环境稀释能力来确定液态流出物的排放流量。

排放管上电厂辐射监测系统的在线监测仪表对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

当排放槽液态流出物放射性浓度超过排放控制值时，自动报警、关闭隔离阀，停止排放，液态流出物被送回废液系统化学排水接收槽重新进行处理。

核岛液态流出物排放系统和常规岛液态流出物排放系统相连，互为备用。当核岛液态流出物排放系统的排放槽不能接收液态流出物时，常规岛液态流出物排放系统的备用排放槽将用于接收核岛的液态流出物。

4.6.2.5 化学和容积控制系统

（1）设计基准

化学和容积控制系统为反应堆冷却剂系统提供以下服务：

- 反应堆冷却剂容积控制；
- 反应堆冷却剂化学控制：
 - 进行硼浓度的调节，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。
- 反应堆冷却剂泵密封水注入。

化学和容积控制系统还提供以下服务：

- 为稳压器提供辅助喷淋；
- 稳压器满水时控制反应堆冷却剂系统压力；
- 为余热排出和能动注入系统的投运作准备。

（2）系统描述

化学和容积控制系统由两个子系统组成：上充、下泄、密封水子系统和反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

a) 上充、下泄、密封水子系统

化学和容积控制系统的上充和下泄功能用于保持反应堆冷却剂系统稳压器中的水位，从而在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，下泄流流过下泄孔板进行降压，再流过下泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄阀的功能是保持其上游的压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

下泄流流过两台混床除盐装置中的一台进行净化，去除离子态腐蚀产物和多数裂变产物。在需要降低反应堆冷却剂中的铯和过量的锂时，可以再流过阳床除盐装置。

下泄流流过反应堆冷却剂的过滤器并从容积控制箱顶部的一条喷淋接管进入容积控制箱。氢气连续不断地供给容积控制箱，以扫除容控箱气相空间的裂变气体和控制堆芯处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

两台离心式上充泵从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂送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核岛疏水排气系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入反应堆冷却剂系统。

b) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统

化学和容积控制系统对反应堆冷却剂中硼浓度进行控制，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。

4.6.2.6 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统

（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水泵由备用柴油发电机供给备用电源。

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）系统描述

a) 服务于乏燃料水池的设施

乏燃料水池分为 4 个部分：燃料转运舱、乏燃料水池、乏燃料容器装载井、乏燃料容

器冲洗井。

— 冷却回路：水泵 001PO、002PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF、002RF，然后返回到乏燃料水池。

— 过滤和除盐单元

— 充水回路

b) 服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

— 过滤和除盐单元

— 反应堆换料水池充水和排水

当反应堆换料水池充水时，使用该系统的 003PO 水泵。

（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。

冷却回路的流量由流量计监测。

水泵的工作流量的一部分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。

当温度高于根据树脂要求确定的回路最高工作温度时，温度控制器发出报警信号，要求隔离过滤和除盐回路。

— 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 7m³/h，由流量计监测。

4.6.2.7 蒸汽发生器排污系统

（1）设计基准

a) 在正常运行时，蒸汽发生器排污系统水处理设计流量最高能达到 78t/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 26t/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，总排污量在 10~78t/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一定压力下。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 5 μ m 的过滤器，然后通过一条或两条并联的离子交换管路进行净化处理，每条管路均串联有一台阳离子交换器、一台混床离子交换器和一个手动流量调节阀。处理过的排污水再通过一台过滤粒度为 25 μ m 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，排污水经过再生热换热器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~78t/h 之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

b) 特殊稳态运行

① 使用非再生热换热器

在再生热换热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换热器冷却。

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

当热换热器或减压阀失效时，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。

4.6.2.8 常规岛液态流出物排放系统

（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的液态流出物：冷凝器热阱的疏水、汽轮机厂房汽水回路的疏水和排气冷凝液、疏水回收池中收集的排水、冷凝液集水坑中收集的疏水。

— 蒸汽发生器排污系统排放的液态流出物。

— 其它：如常规岛液态流出物排放系统泵房地坑内的疏水。

— 在异常情况下，常规岛液态流出物排放系统的贮槽在核岛液态流出物排放系统的三个排放槽充满时收集核岛排放的液态流出物。

当要求延迟排放或当取样分析或电厂辐射监测系统监测到液态流出物的放射性浓度

超过允许排放控制值时，可暂存液态流出物；

将超过允许排放控制值的液态流出物输送至废液处理系统处理。

（2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵，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重新处理。

地坑泵安装在滞留池地坑内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往废液处理系统的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪和受电厂辐射监测系统控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

（3）系统运行

正常运行时，常规岛液态流出物排放系统三个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，另一个备用。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环境稀释能力确定液态流出物的排放流量。

排放管上电厂辐射监测系统的在线监测仪表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预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

当贮槽废液放射性浓度超过排放控制值，废液被送回废液处理系统化学排水接收槽作再处理。

当常规岛液态流出物排放系统的贮槽不能接收液态流出物时，核岛液态流出物排放系统的备用贮槽将用于接收常规岛的液态流出物。

4.6.2.9 常规岛废水处理系统

常规岛废水处理系统用于接收、贮存、处理、监测核电厂常规岛产生的常规污染物超标的废液。排往该系统的废水主要为凝结水处精处理系统再生废水，此外，还包括二回路停机检修排水、二回路启机排水及蒸汽发生器排污系统排水中常规污染物超标的废水。处理过的废液经监测合格后，通过常规岛液态流出物排放系统向环境排放。

（1）设计基准

1) 常规岛废水处理系统为全厂四台机组共用，用于处理二回路常规污染物超标的废水，包括凝结水精处理系统再生废水和二回路停机检修排水等。

2) 常规岛废水处理系统处理后的废水应满足DB33/2169-2018《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》中对常规污染物的排放要求，达标废水送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放。

3) 常规岛废水处理系统没有核安全相关功能，所有物项为非安全级和非抗震类。

(2) 系统描述

常规岛废水处理系统设两条平行处理线，每条处理线考虑一定的富裕量，便于一条线运行异常时，另一条线可以短期内满足处理要求，并且可以根据实际水量情况，灵活调整运行的处理线数量。本工程常规岛废水处理系统为四台机组共用，总处理能力为 $300\text{m}^3/\text{d}$ ，单条生化系统处理线的处理规模为 $150\text{m}^3/\text{d}$ 。经处理后的废水满足浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中对常规污染物的排放要求。

废水处理站采用预处理+生化处理+深度处理的处理工艺。预处理采用臭氧-UV耦合高级氧化技术，以降低生化毒性及应对首循环的水量冲击；生化处理采用三级强化AO工艺，其中一级二级强化AO工艺采用AOAO（缺氧池-好氧池-缺氧池-好氧池）工艺，设活性炭粉末加药装置，以应对首循环及水质水量波动的冲击，三级强化AO工艺采用反硝化/硝化生物填料床工艺，以维持高污泥浓度，提高去除效率；深度处理工艺采用反硝化滤池工艺，进一步去除硝酸盐，以应对首循环及水质水量波动的冲击。

(3) 系统运行

1) 正常运行

常规岛废水处理系统在 BOP 集中控制室操作。

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物质，然后进入两级加强 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、磷源等药剂保证生化系统的高效运行。二级强化 AO 系统沉淀池出水进入三级加强 AO 生化系统（生物填料床），进一步去除 COD、氨氮及总氮，以满足排放要求。三级生化系统沉淀池出水超越反硝化滤池（不加碳源）进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经消毒池消毒后排入常规岛液态流出物排放系统。

首循环时，调节池分格收集，首循环机组来水首先进入调节池，均质水质水量，并通入次氯酸钠进行反应去除水中的部分氨氮，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，然后进入两级加强 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、磷源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。二级强化 AO 系统沉淀池出水进入三级加强 AO 生化系统（生物填料

床），进一步去除 COD、氨氮及总氮。三级生化系统沉淀池出水进入反硝化滤池保证硝氮出水达标，氨氮出水进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经消毒池消毒后排入常规岛液态流出物排放系统。

蒸发器保养水由于联氨有一定的生物毒性，直接混入会对生化系统造成冲击，因此考虑蒸发器保养排水单独收集到调节池中，并在该调节池中添加次氯酸钠进行处理后，再将其缓慢与其他水混合后排往预处理及生化系统进行处理。

4.6.2.10 放射性废液排放源项

在反应堆正常运行期间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。

现实工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 $1.07\text{E}+00\text{GBq/a}$ ，液态氙为 $3.56\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，液态 C-14 为 $1.00\text{E}+01\text{GBq/a}$ ；保守工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 $7.44\text{E}+00\text{GBq/a}$ ，液态氙为 $4.16\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，液态 C-14 为 $2.65\text{E}+01\text{GBq/a}$ 。

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

4.6.3.1 废气处理系统

废气处理系统用于处理核电厂正常运行工况和预计运行事件中产生的含氢放射性废气，以便将预期的放射性废气年释放量和核电站工作人员的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

废气处理系统对来自核岛疏水排气系统收集的含氢放射性废气进行氢氧复合和活性炭滞留衰变处理，以降低废气氢含量和放射性水平，衰变后经取样分析满足排放要求时，则排至核辅助厂房的通风系统。

废气处理系统不直接履行安全功能，但其处理的废气带有放射性且含有氢气，存在辐照危害、爆炸和引起火灾的危险性，故在系统设计上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活性炭延迟衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

（1）设计基准

废气处理系统为单机组设置，位于核辅助厂房。系统由氢氧复合子系统和延迟衰变子系统两部分组成。

废气处理系统接收的含氢废气有以下来源：

- 反应堆冷却剂在硼回收系统除气塔中脱除的气体。
- 化学和容积控制系统容控箱和核岛疏水排气系统含氢反应堆冷却剂疏水箱等设备因箱内液位变化或需要更换覆盖气体而进行吹扫的气体。
- 停堆期间化学和容积控制系统容控箱排气。

废气处理系统主要设备停运检修期间和产生过多废气量期间能够提供足够的处理能力，所以主要能动设备都考虑冗余，排气风机和废气压缩机的容量为 $2 \times 100\%$ 。

废气处理系统通过设置复合器降低系统内的氢含量，同时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。含氢气体相关设备有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体。

（2）系统描述

含氢放射性废气由氢气、氮气和裂变气体（例如 Xe、Kr）组成，主要来自装有反应堆冷却剂的容器，即化学和容积控制系统的容积控制箱、反应堆冷却剂系统稳压器、硼回收系统前贮槽和核岛疏水排气系统的反应堆冷却剂疏水箱。废气还来自于硼回收系统的除气塔。含氢放射性废气采用氢氧复合和活性炭延迟衰变处理工艺，以降低废气氢含量和放射性水平，使放射性的气态排放降低至可接受限值内。

废气进入本系统后经氢氧复合子系统降低氢气含量，然后调节废气的温度和湿度，再通过延迟衰变子系统进行动态吸附滞留衰变降低废气的放射性浓度。衰变后经取样分析满足排放要求时，则排至核辅助厂房的通风系统，经通风排气稀释后排向烟囱。

（3）系统运行

— 正常运行状态

在投入使用前，系统要用氮气吹扫。

氢氧复合子系统共分三部分，复合前氢氧测量、氢氧复合器和复合后氢氧测量。

复合前氢氧测量用于对氢氧复合器入口气体的氢氧浓度进行连续监测。正常情况下进入氢氧复合器的气体中氢浓度低于 $3\text{vol.}\%$ 。根据实际联锁控制注入适量的氧气，保证后续复合的完全进行。若氢气浓度 $> 3\text{vol.}\%$ 则发出报警并联锁控制氮气注入系统进行稀释。

复合器内装有催化剂，可使氢气和氧气在室温下发生化学复合反应。为提升复合反应的启动速度，在复合器上游设有电加热器，用于对气体预热。复合器入口、内部和外壁分别设有温度测量仪表，测量值相应联锁到加热器的启停。

复合后的放射性废气送至延迟衰变子系统的缓冲罐，缓冲罐的下列压力信号自动控制下游压缩机的启动和停止：

系统投运前，由运行人员决定选择投运的压缩机。

手动控制模式下，由操作人员选择合适的处理线。

压缩机排出的废气被压缩气体冷却器冷却，其凝结水收集在气水分离器内。废气经压缩和去湿后经活性炭保护床去除残余水汽和其他杂质，再经过一组四台串联的延迟床，放射性核素进行动态吸附滞留衰变。衰变后的废气在排到厂房通风系统前经过一台在线辐射监测仪表，当排气放射性高时，辐射监测仪表联锁关闭排放阀。

— 特殊瞬态运行

特殊瞬态运行与核岛内下列箱体的吹扫有关：

- 化学和容积控制箱；
- 反应堆冷却剂疏水箱、硼回收系统前贮槽。

化学和容积控制箱的吹扫

当需要更换容控箱内的覆盖气体、清除裂变气体或改变反应堆冷却剂内的含氢量时，通过提高容控箱的液位以减少覆盖气体的体积，从而降低反应堆冷却剂内的含氢量，此时废气分批次排入废气处理系统。

其它箱体的吹扫

反应堆冷却剂疏水箱、硼回收系统前贮槽的氮气吹扫送往废气处理系统，停堆期间上游各系统箱体的氮气吹扫错峰进行。

4.6.3.2 放射性废气排放源项

气态流出物主要来源于主冷却剂脱气和各厂房的通风排放，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。

现实工况下一台机组的惰性气体排放量为 $9.11\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为 $1.56\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为 $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为 $3.96\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为 $2.20\text{E}+02\text{GBq/a}$ ；保守工况下一台机组的惰性气体排放量为 $5.53\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为 $6.25\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，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 $4.62\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为 $3.61\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

4.6.4 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。

4.6.4.1 固体废物处理系统

4.6.4.1.1 系统功能

固体废物处理系统的主要功能是收集、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；
- 废水过滤器芯；
- 杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）。

废树脂由下列系统的除盐器产生：化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、乏燃料水池净化系统和废液处理系统。

废活性炭产生自废液系统工艺废液处理的活性炭床。

浓缩液来自废液处理系统的蒸发器。

废水过滤器芯来自化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可压实废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和不可压实的金属部件组成，收集在塑料袋内。

4.6.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备本项目在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、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。

4.6.4.1.3 系统描述

（1）固体废物处理系统组成

本工程的固废处理系统由核岛内部的核辅助厂房和 BOP 的核废物厂房、废物处理中心、放射性固体废物暂存库组成。根据不同类型废物的性质分别对其进行处理。固体废物处理系统工艺流程见图 4.6-6，其中核辅助厂房每台机组一套，核废物厂房为两台机组共

用，废物处理中心和放射性固体废物暂存库全厂共用。

（2）固体废物处理工艺描述

固体废物处理系统对各种固体废物根据各自的性质进行处理。

废液系统产生的浓缩液收集在核废物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放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输槽车转运至核废物厂房进行处理；核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在核废物厂房的废树脂贮槽中，用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，送至放射性固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。

正常情况下蒸汽发生器排污系统不产生放射性废树脂。当产生蒸汽发生器排污系统废树脂时，若产生的废树脂仅受轻微放射性污染，在核辅助厂房直接装入贮存容器，然后送到废物处理中心的蒸汽发生器排污系统清洁解控区进行贮存衰变，等待清洁解控。若产生放射性水平异常的蒸汽发生器排污系统废树脂，则收集在核辅助厂房的废树脂贮槽中，然后送到核废物厂房进行烘干处理，烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，送至放射性固体废物暂存库装入 HIC 进行暂存。

将核辅助厂房和核废物厂房产生的废水过滤器芯用屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心将装有废水过滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖和剂量检测后送至放射性固体废物暂存库暂存。

通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，送到放射性固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物。潮湿干废物经烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃干废物进行必要的压实打包经暂存后外运焚烧处理；不可燃干废物按是否可压实进行分类处理，可压实部分经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定，不可压实部分装入 200L 钢桶直接水泥固定，经处理后送往放射性固体废物暂存库暂存。

（3）固体废物暂存库

放射性固体废物暂存库为已建厂址机组的共用设施，用于暂存 6 台机组五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯的临时贮存场所。

放射性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、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。轻微污染废物贮存轻微污染的大尺寸废物和通风废水过滤器芯。

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。

4.6.4.1.4 系统运行

(1) 浓缩液的处理

浓缩液收集于核废物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放射性固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。

(2) 废树脂和废活性炭的处理

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输槽车转运至核废物厂房进行处理；核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在和核废物厂房的废树脂贮槽中，用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，送至放射性固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。

(3) 废水过滤器芯的处理

废水过滤器芯在核辅助厂房和核废物厂房通过下降通道装入 200L 钢桶中，然后通过屏蔽运输车转运至废物处理中心，装有废水过滤器芯的 200L 钢桶在废物处理中心内通过夹层间吊运至废物处理中心厂房的水泥固定工位，进行水泥固定，然后经封盖和剂量检测后运送至放射性固体废物暂存库暂存。

(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，送到废物处理中心进行分拣。杂项干废物按可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，潮湿干废物烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃干废物进行必要的压实打包经暂存后外运焚烧处理；不可燃干废物按是否可压实进行分类处理，可压实干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶直接水泥固定。

(5) 废物包暂存

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

4.6.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

（1）浓缩液、废树脂、废活性炭和废水过滤器芯的源项

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，对硼回收系统、废液处理系统、化学和容积控制系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、蒸汽发生器排污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、废活性炭和废水过滤器芯整备前后的活度水平。

（2）杂项干废物

核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），“华龙一号”核电厂单台机组年产生杂项干废物产量设计值为 140m^3 ，其中 107.8m^3 为可燃杂项干废物， 26.95m^3 为不可燃杂项干废物中的可压部分， 5.25m^3 为不可燃杂项干废物中的不可压实废物。可燃杂项干废物进行必要的压实打包经暂存后外委焚烧处理，不可燃废物进行必要的压实后水泥固定处理。

4.6.4.2 废物最小化

4.6.4.2.1 废物最小化原则

在核电厂设计、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。

核电厂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。

4.6.4.2.2 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（蒸汽发生器排污系统）一般不产生放射性废树脂，或产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入贮存容器后送到废物处理中心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。杂项干废物从源头上将杂项干废物按可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，潮湿干废物烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃干废物进行必要的压实打包经暂存后外运焚烧处理；不可燃干废物按是否可压实进行分类处理，可压实干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶直接水泥固定。

— 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，将其放在放射性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

— 浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块，减容效果更明显。

— 废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，减容效果更明显。

— 化学和容积控制系统、硼回收系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统和蒸汽发生器排污系统使用尺寸较小的过滤器芯，固体废物处理系统使用 200L 钢桶作为废水过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废水过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

4.6.4.3 废物最终处置

计划定期向放射性废物处置场和第三方处理设施运输废物包，放射性固体废物的运输起点为浙江金七门核电厂的暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场和第三方处理设施。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故

次数都是很低的。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处理或处置前进行论证，放射性废物的处理处置将遵守国家的区域处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》中的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物容器钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足《低、中水平放射性废物高完整性容器 混凝土容器》（GB 36900.2-2018）的要求。水泥固化（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》和 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》的要求和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》。

4.6.5 乏燃料贮存系统

乏燃料贮存系统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水池中的乏燃料贮存格架中。反应堆换料水池和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。

4.6.5.1 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并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是隔离的，只有换料时才打开。

乏燃料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辐照燃料组件和紧急卸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。

乏燃料水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面是否渗漏。

在正常情况下乏燃料水池充满含硼水，以保证乏燃料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。

在乏燃料水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

以上三个水池彼此相通，水池之间的混凝土隔墙上有密闭的水闸门，平时是关闭的，使用时才打开。靠近容器装载井的另一侧还设有一个乏燃料运输容器准备井，用作乏燃料运输容器的准备工作。

4.6.5.2 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》（2021 年 12 月 17 日）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_{eff} 不大于 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_{eff} 小于 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_{eff} 不大于 0.95；

（2）乏燃料水池及格架的设计，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的风险，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。乏燃料水池监测满足《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》的规定。

4.6.5.3 乏燃料水池的冷却和处理

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统用于保证对核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、乏燃料水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。事故后通过非能动安全壳热量导出系统换热水箱依靠重力向乏燃料水池进行非能动补水，保证事故后乏燃料组件不裸露。

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，反应堆换料水池和乏燃料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，由备用柴油发电机组作为它们的备用电源。泵之间的切换或电源之间的切换均采用手动方式。

乏燃料水池冷却系统的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

为满足浙江金七门核电厂 3、4 号机组的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理，用于生产淡水海水淡化系统所需的原料海水也需要进行一定的预处理。

化学处理的主要方法是在系统中加入一定量的混凝剂、杀菌剂、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。

4.7.1.1 化学处理系统设计

浙江金七门核电厂 3、4 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、除盐水生产系统、凝结水精处理系统、循环水处理系统、废液处理系统、冷冻水系统、设备冷却水系统、常规岛废水处理系统等。

（1）海水淡化系统

海水淡化系统采用“微砂高效沉淀池+V 型滤池+超滤装置+一级海水反渗透装置+二级反渗透装置”工艺。本期工程 1 台机组启动工况，海水淡化系统浓盐水排放量约为 14430 m³/d，机组正常运行工况，海水淡化系统浓盐水的排放量约为 7037 m³/d。

海水淡化系统加入的化学物质主要为次氯酸钠、聚合氯化铝、聚丙烯酰胺、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 Na₂SO₃。

经过一级海水反渗透装置处理的产水再经二级反渗透装置处理后分别供向除盐水生产系统、饮用水系统和生产水系统。

（2）除盐水生产系统

除盐水生产系统从海水淡化系统的二级淡水箱获取原水，原水经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。除盐水生产系统的树脂再生废液中含有 NaCl 以及少量的 HCl 和 NaOH。再生废液经中和处理达标（pH 值调节至 6~9）后排放。

（3）循环水处理系统

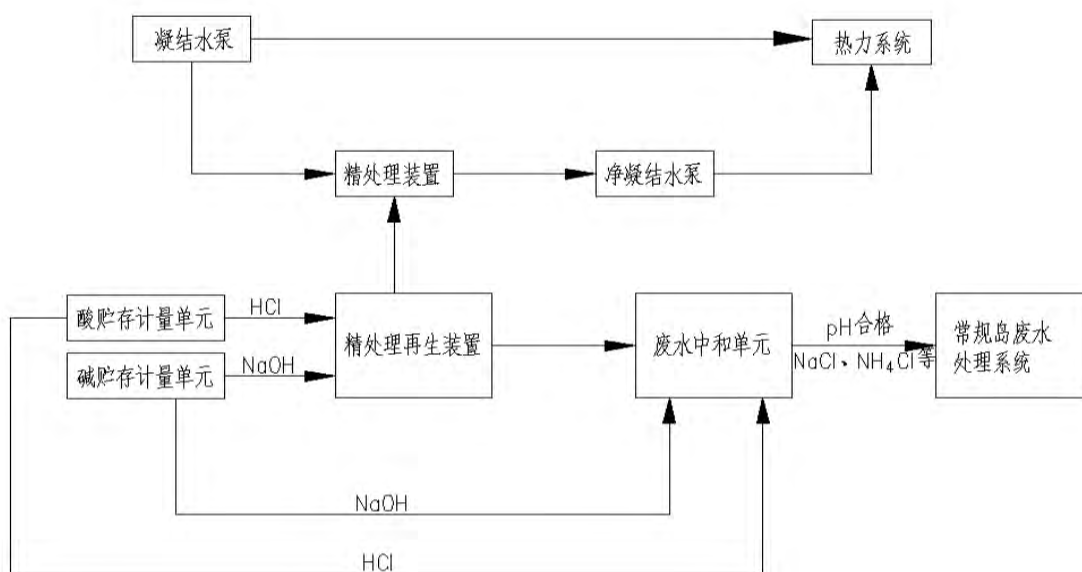
循环水处理系统通过电解海水制备次氯酸钠溶液，并对循环水系统和厂用水系统的直流冷却海水作加氯处理，在循环水系统和厂用水系统取水头部采用连续配合冲击方式投加次氯酸钠，连续加药量为 1mg/L，冲击加药量为 3mg/L，每天 2 次，每次 1h；另外在联合泵房采用连续配合冲击方式投加次氯酸钠，加药方式与取水头部一致，为取水头部备用加药点，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。保证相关系统安全、稳定经济运行。根据当前各运行电厂经验反馈，冲击加药期间余氯浓度将超 0.1mg/L，建设单位拟按照 GB8978-1996 满足日平均浓度

<0.1mg 要求，同时在运行期间，合理调整加药量及加药频率，在满足 GB/T 39361-2020 基础上，确保生物消杀效果。

（4）凝结水精处理系统

凝结水精处理系统采用“前置阳床+高速混床”工艺，系统设计流程为：凝结水泵来水→前置阳床→高速混床→净凝结水泵→返回热力系统，离子交换树脂的再生需要使用盐酸和氢氧化钠。

凝结水精处理产生的酸碱废水排至废水中和池，通过加碱或加酸进行中和处理，使 pH 值达到 6~9 后排放。凝结水精处理系统酸碱废水处理简易流程图如下：



（5）废液处理系统

废液处理系统在对废液进行处理前进行取样，必要时注入硝酸或氢氧化钠以调节其 pH，以确保处理后的液态流出物达标（pH 值调节至 6~9）后排放。

（6）冷冻水系统

冷冻水系统包括集中冷冻水生产系统和冷冻水分配系统，为保证系统功能，通过添加磷酸三钠调节冷冻水回路水的 pH 值。冷冻水系统的排水根据辐射分区不同分别排入非放射性生产废水系统或核岛疏水排气系统。

（7）设备冷却水系统

设备冷却水系统添加磷酸三钠作为 pH 值调节剂，排水管线均已接入核岛疏水排气系统，无直接向非放废水排放管线，所有排水由核岛疏水排气系统处理排放。

（8）常规岛废水处理系统

常规岛废水处理系统用于贮存、处理华龙机组常规岛产生的常规污染物超标的潜在带放废液。废水处理站采用预处理+生化处理+深度处理的处理工艺。

常规岛废水处理系统加入的化学物质主要为乙酸钠、碳酸钠、磷酸二氢钠、PAM、PAC、盐酸、氢氧化钠、次氯酸钠。

处理过的废液经监测合格后，通过常规岛液态流出物排放系统向环境排放。

4.7.1.2 废水来源与排放

浙江金七门核电厂 3、4 号机组排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 海水淡化系统；
- 除盐水生产系统；
- 循环水处理系统；
- 凝结水精处理系统；
- 废液处理系统；
- 冷冻水系统；
- 设备冷却水系统；
- 常规岛废水处理系统。

4.7.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程运行期间生活垃圾产生量约为 1 吨/天。

生活污水来自本工程各个厂房、车间、实验室等处卫生设备的非放射性生活污水的排水。本工程各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生产生活污水废水处理站，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/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海，排放水质满足《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表 2 排放浓度限值要求和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准。正常运行期间生活污水产生量约为 255m³/d，大修和启动工况增加至 375m³/d。1、2 号机组已建生产生活污水处理站设计规模 1200m³/d，为金七门核电厂 1~4 号机组服务。

4.7.3 其他废物

本工程运行期产生的其他废物主要为非放射性生产废水、固体废物等。

4.7.3.1 非放射性生产废水

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其石油类指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准后，在子项内进行其余指标监测，若达到排放标准则直接排海，若超标则经室外生产废水管网排入生产生活污水废水处理站进一步处理。分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理能力：正常 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，最大 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

本工程除盐水生产厂房废水在子项内末端中和池内进行水质监测，若达到排放标准则直接排海，若超标则经室外生产废水管网排入生产生活污水废水处理站进一步处理。其余非放射性生产废水均排入生产生活污水废水处理站进行监测和处理，处理后达到《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表 2 排放浓度限值要求、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准和《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海。1、2 号机组已建生产生活污水废水处理站设计规模 $1200 \text{ m}^3/\text{d}$ ，为金七门核电厂 1~4 号机组服务。

4.7.3.2 固体废物

本工程运行期产生的固体废物主要包括危险废物和一般工业废物。一般工业废物主要为水处理过程中产生的污泥、废弃的膜组件和离子交换树脂。海水淡化处理和污水处理过程中产生的污泥，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。本工程海水淡化厂房设置污泥池和污泥脱水机等设备，生产生活污水废水处理站设置污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

海水淡化工艺设计采用超滤膜组件和反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，超滤膜元件、反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经海水淡化工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，一般按照工业废物进行处理。

除盐水处理过程中使用的离子交换树脂使用年限为 5~8 年。树脂的更换时间应根据现场实际运行情况，监测离子交换树脂的运行情况，合理确定、定期补充或更换。经除盐水处理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。本工程运行期产生的危险废物主要来源：（1）泵及电机润滑油更换、柴油机更换柴油、油水分离池等产生的废油/废油泥；（2）过期的工艺及实验室用危险化学品试剂；（3）实验过程产生的含危化品废样品（非放射性）；（4）盛装过具有危险废物特性的废

油桶及危化品容器包装物等；（5）损坏或不能正常使用后更换的铅蓄电池及含汞灯管；（6）过期的应急碘片等药品等。本工程共用 1、2 号机组危险废物暂存库，用于危险废物接收期间的临时存放。本工程运行期产生的危险废物由具有收集、贮存、处置危险废物资质的指定单位进行收集、贮存和处置。

4.8 放射性物质运输

运进核电站的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电站的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

4.8.1 新燃料运输

4.8.1.1 燃料供应

本项目选用的燃料组件由中国原子能工业有限公司（CNEIC）供应。新燃料运输容器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。

4.8.1.2 新燃料运输容器

新燃料组件特性：

·物理状态	固体
·主要成分	UO ₂

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，可满足燃料组件使用要求。

4.8.2 乏燃料运输

从反应堆堆芯卸下的乏燃料在乏燃料水池暂存后，将乏燃料运至后处理厂的中间贮

存水池，做后处理前的暂存。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，一般不需要运输，需要换下来的可以存放在乏燃料水池内，在反应堆退役时运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料水池尚未贮满之前运出，运输量如下：按每 18 个月平均更换 72 组燃料组件计算，2 台机组每年大约要卸出 96 组乏燃料组件。乏燃料运输可采用乏燃料运输容器，容器为不锈钢铅屏结构，承担单位已取得国家核安全局颁发的设计批准书和制造许可证，具备本工程使用的条件。

乏燃料运输的运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。本工程乏燃料运输可采用公铁海联运的运输方式，本工程燃料厂房至核电站自备码头间考虑采用公路运输方式进行短途接驳，再由核电站自备码头公海换装后，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后，由承运部门确定。

4.8.3 放射性固体废物运输

本工程运行期间产生的废树脂来自化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统的除盐器；废活性炭产生自废液处理系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自废液处理系统的蒸发器；废水过滤器芯来自化学和容积控制系统、硼回收系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统和蒸汽发生器排污系统的水过滤器。

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输槽车转运至核废物厂房进行处理，核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在核废物厂房的废树脂贮槽中。废树脂在核废物厂房用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，通过屏蔽运输车转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土高完整性容器（混凝土 HIC）进行暂存。废树脂屏蔽运输槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂通过软管输送过程发生放射性物质泄漏。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警

示标识，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。

浓缩液采取桶内干燥工艺，在核废物厂房桶内干燥器的 200L 钢桶中进行干燥，干燥后装有浓缩液干燥盐的 200L 钢桶经封盖和剂量检测后，通过屏蔽运输车转运至放射性固体废物暂存库，然后装入混凝土 HIC 后暂存。

废水过滤器芯在核辅助厂房和核废物厂房通过下降通道装入 200L 钢桶中，然后通过屏蔽运输车转运至废物处理中心，装有废过滤器芯的 200L 钢桶在废物处理中心内通过夹层间吊运至废物处理中心的水泥固定工位，进行水泥固定，然后经封盖和剂量检测后运送至放射性固体废物暂存库暂存。

废过滤器芯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。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物。潮湿干废物经烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃杂项干废物进行必要的压实打包经暂存后外委焚烧处理；不可燃杂项干废物按是否可压进行分类处理，可压实部分经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定，不可压实部分装入 200L 钢桶直接水泥固定，经处理后送往放射性固体废物暂存库暂存。

放射性废物运输车司机室后设有必要的屏蔽，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。

浙江金七门核电厂 3、4 号机组产生的放射性废物包主要包括装有烘干后的废树脂和废活性炭、干燥后浓缩液盐块的混凝土 HIC，以及装有废水过滤器芯、不可燃杂项干废物的 200L 钢桶水泥固定体。可燃干废物则在进行必要的压实打包暂存后外运焚烧处理。厂外运输的是 HIC 废物包、200L 钢桶废物包以及装有可燃干废物的废物包。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 $> 2\text{mSv/h}$ 的废物包，外加屏蔽体后货包满足法规要求后，通过转运车辆运输。

放射性固体废物的运输起点为浙江金七门核电厂的暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场和第三方处理设施进行处理处置。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》中的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足《低、中水平放射性废物高完整性容器 混凝土容器》（GB 36900.2-2018）的要求。水泥固化（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》和 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》的要求和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》。



图 4.3-1 金七门核电工程 3、4 号机组取排水方案总平面布置图

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设占用土地情况

5.1.2 施工建设对土地利用的影响

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

5.2.2 海域施工活动对水环境的影响

5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

5.3 施工影响的控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.2 节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

5.3.6 施工期监测方案

5.3.7 施工期水环境监测

5.3.8 放射源的管理措施

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设占用土地情况

本期工程施工建设占用土地可分为三部分：

1) 征用的土地

本工程拟用地面积约 42hm^2 （含 1、2 号机组已征地 6.82hm^2 ，土地利用现状类型为建设用地），陆域征地面积约 33.36hm^2 （含厂外设施用地 2.96hm^2 ），非陆域申请面积约 1.82hm^2 。土地利用现状类型包括建设用地、农用地（林地、耕地和园地等）及未利用地。

2) 租用的土地

施工临建场地（砂石料厂、混凝土搅拌站、核岛、常规岛土建及安装场地等）及承包商施工生活区利用 1、2 号机组已有设施，不再建设，土地利用现状类型为建设用地。

3) 临时弃土场

弃土场暂定于红卫塘外塘及珠门村。

5.1.2 施工建设对土地利用的影响

1) 征地建设对土地利用的影响

征地范围内用地类别变为建设用地，对其周边用地没有影响。施工建设都是在征地范围内进行，施工活动产生的固体废弃物被送到地方环境保护部门指定的场所收集；施工期产生危险废物和施工单位签订危险废物处置合同，现场设置危险废物集中暂存设施，集中分类暂存后，委托有资质单位外运处理；生产废水和生活污水按照地方环境保护部门批复（或确认）排放标准排放，以上措施对周边土地利用没有影响。

2) 施工临建场地及承包商施工生活区租地的影响

本工程利用 1、2 号机组已建设施，没有施工活动，对土地利用无影响。

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

对地形地貌的影响主要是场地平整阶段。在场地平整施工中，对原始地形地貌需要按设计要求进行相应的改造：如开挖部分山体、回填部分陆域和海域，在厂区周边建造防波堤、边坡、截洪沟、排洪沟等人工设施。但是这些作业均是在厂址征地范围内进行的，因此对地形地貌改造的影响是局部的。另外，通过优化施工工序，采取必要的工程及植物措施防护，有利于改造海蚀崖、海蚀礁等受侵蚀影响较大的地貌，有效防止水土流失。

5.1.3.2 水土流失

水土流失的主要影响因素包括植被、土壤、降雨以及土方挖填、占压地表等人为活动。

施工准备期间，场地平整容易造成水土流失；施工过程中，建构筑物基础开挖和土方回填，施工生产区建筑材料堆放等，也会造成水土流失。施工结束后，由于施工引起的各项因素将逐渐减弱或消失，地表扰动基本停止，地表硬化或植物绿化基本完成，水土流失逐步得到控制，生态环境逐步恢复。

5.1.3.3 对生态环境的影响

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

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

5.1.3.4 对大气环境的影响

施工过程中，由于负挖的爆破、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。金七门村、杨柳坑村和水湖涂村 3 个村庄已完成搬迁工作，其中杨柳坑村区域作为核电临建厂区，也有部分生产活动会产生大气污染物，污染物全部经过处理后达标排放，在施工结束后临建厂区将拆除。搬迁后距离厂址最近的为 3.1km 的牧童岙村，因此本工程施工过程中对大气环境的影响是局部的和暂时的。后续将对核电厂施工区域及核电临建厂区进行监测，如遇相关监测指标超标，会通过现场项目部反馈施工单位整改。

5.1.3.5 对声环境的影响

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。金七门村、杨柳坑村和水湖涂村 3 个村庄已完成搬迁工作，其中杨柳坑村区域作为核电临建厂区，也有部分生产生活活动产生生产生活噪声，但施工量不大，预计可以满足相关噪声排放标准，在施工结束后临建厂区将拆除。搬迁后距离厂址最近的为 3.1km 的牧童岙村，距离较远，预计不会出现扰民现象。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。后续将对核电厂施工区域及核电临建厂区进行监测，如遇相关监测指标超标，会通过现场项目部反馈施工单位整改。

5.1.3.6 对水环境的影响

本工程厂内施工临建区的生活污水通过污水管网汇集至 1、2 号机组临建区生活污水处理站，生活污水经生化处理和深度处理达到《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表 2 排放浓度限值要求、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准和《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，回用于降尘、道路浇洒和洗车等。1、2 号机组临建区生活污水处理站的设计规模 $2 \times 2000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。土建施工生产用水主要用于消耗和重复利用，施工生产废水除混凝土浇筑、养护、冲洗机具、降尘等损耗外，冲洗砂石排水沉淀后复用。调试期废水排入 1、2 号机组临建区生活污水处理站进行处理，处理达到《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表 2 排放浓度限值要求、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准和《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，回用于降尘、道路浇洒和洗车等，剩余水量排海。

因此，本工程陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾。本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。本工程根据产生源头、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》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》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。

本工程施工期产生危险废物的主要施工单位将签订危险废物处置合同，现场设置危险废物集中暂存设施，集中分类暂存后，委托有资质单位外运处理。

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

1) 施工期用水量

本工程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

水供给包括生产、浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘、砌砖等施工用水。

本工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 $2595\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1250\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量考虑全部采用中水回用，水量为 $269\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $4536\text{m}^3/\text{d}$ 。

2) 供水水源

本工程施工期间施工生产用水和生活用水由象山县第二自来水有限公司供给，调试期间生产用水由海水淡化厂房产品水提供。

3) 施工期用水对周围水用户的影响

象山县第二自来水有限公司供水考虑本项目用水，可供水量能够满足本项目施工期用水的需求，对其他用水户无明显影响。

5.2.2 海域施工活动对水环境的影响

5.2.2.1 海上施工引起的悬沙对环境的影响

本项目海域施工主要包括取水工程（取水口拦污防撞设施、取水施工围堰、取水暗涵）、排水工程（排水施工围堰、排水暗涵）以及护岸的施工。海工构筑物的施工会造成厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域的环境造成一定的影响。

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沙颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。悬浮泥沙对浮游植物的负面影响将直接导致水体中溶解氧含量的减少，导致部分浮游动物窒息死亡，同时悬浮颗粒会粘附在生物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游生物会吞食适当粒径的颗粒物，造成内部消化系统的紊乱。悬浮颗粒物还会堵塞鱼类的鳃部，严重损害其滤水和呼吸功能。另外，悬浮物中有害物质的二次污染也会对海水水质产生一定影响。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

根据《浙江金七门核电厂 3、4 号机组可行性研究阶段施工期悬沙扩散与溢油数值模拟研究报告》（2025.07），取水口拦污防撞设施工程施工期 10mg/L 、 20mg/L 、 50mg/L 、 100mg/L 、 150mg/L 以上悬浮泥沙影响范围分别为 0.247km^2 、 0.113km^2 、 0.038km^2 、 0.012km^2 、 0.005km^2 。

取水施工围堰工程施工期 10mg/L 、 20mg/L 、 50mg/L 、 100mg/L 、 150mg/L 以上悬浮泥沙影响范围分别为 4.880km^2 、 2.035km^2 、 0.725km^2 、 0.427km^2 、 0.322km^2 。

取水暗涵工程施工期 10mg/L 、 20mg/L 、 50mg/L 、 100mg/L 、 150mg/L 以上悬浮泥沙

影响范围分别为 4.963km²、1.683km²、0.658km²、0.413km²、0.292km²。

南护岸工程施工期 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 以上悬浮泥沙影响范围分别为 1.728km²、0.760km²、0.435km²、0.245km²、0.161km²。

排水施工围堰工程施工期 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 以上悬浮泥沙影响范围分别为 3.138km²、1.658km²、0.731km²、0.400km²、0.269km²。

排水暗涵工程施工期 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 以上悬浮泥沙影响范围分别为 5.722km²、2.949km²、1.323km²、0.771km²、0.560km²。

全部海工工程施工期 10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L 以上悬浮泥沙影响范围分别为 7.892km²、4.306km²、2.195km²、1.360km²、1.035km²。

5.2.2.2 围填海工程的环境影响

根据《浙江金七门核电二期工程围填海工程环境影响报告书》，本工程南护岸位于二期厂区外侧，新建南护岸总长度 735.6m，南护岸与海岸线围合，形成填海造地区，为厂区建设提供建设用地，用海项目填海造地区共计 3 处，用海面积 2.1772hm²。本项目围填海工程的环境影响评价结论如下：

（1）对水动力及地形冲淤的影响

3、4号机组围填海工程位于岬湾湾顶弱回流区，水流流速微弱；围填海工程实施后，周边水动力影响范围有限（局限在围填海区前沿100m范围内），冲淤变化集中于围填海前沿，以弱冲淤为主，幅度普遍小于0.5m。

（2）对海水水质的影响

根据相关数模预测结果，10mg/L、20mg/L、50mg/L、100mg/L、150mg/L以上悬浮泥沙影响范围分别为1.728km²、0.760km²、0.435km²、0.245km²、0.161km²；其中，10mg/L以上悬浮泥沙侵入象山南田岛东岛群的面积为0.191km²；10mg/L以上悬浮泥沙侵入象山南田岛西岛群的面积为0.003km²；10mg/L、20mg/L、50mg/L以上悬浮泥沙侵入东海带鱼国家级水产种质资源保护区实验区面积分别为0.723km²、0.225km²、0.014km²。施工完毕后悬浮物浓度增量可以在较短时间内降低，施工引起悬浮物扩散是暂时的，随着施工结束，悬浮物对厂址附近海域的影响也将消失。

（3）对海洋沉积物的影响

本项目施工污水均通过分质处理，不排放入海，一般工业固废和生活垃圾统一收集、清运至垃圾处理厂处理，避免直接排入海域，对海域水质和沉积物环境基本上没有影响。

围填海所用填方来自场地平整土石方，其样品环境质量检测结果表明，土壤样品中石油类、有机碳、硫化物，汞、镉、铅、锌、铜、铬、砷等均满足《围填海工程填充物质成

分限值》（GB 30736-2014）中一类标准限值要求，符合工程所在海域海洋沉积物执行标准要求。

（4）对海洋生态的影响

填海造地区护岸工程涉水施工活动致使海域水体悬浮物浓度增加，悬浮物浓度增加会对海洋生态产生一定的影响；水下炸礁爆破产生的冲击波、疏浚扰动等会对海洋生物等产生一定影响。施工期对海洋生物产生的不利影响，通过生态恢复补偿等措施予以减缓。

（5）对鸟类的影响

工程填海造地面积 2.177hm^2 ，对鸟类直接的影响是栖息地的减少，鉴于工程周边同类生境分布较多，填海区西北方向水湖涂围涂区内，以及围涂区外围滩涂可为滩涂鸟类提供替代生境，本项目填海造地对鸟类栖息地影响较小。此外，项目所在区域并非区域鸟类主要停留栖息觅食生境，填海范围项目与周边海域滩涂资源相比，其范围有限。因此，工程建设对鸟类的觅食、繁殖以及迁徙等行为的影响有限。

（6）对大气、声环境及固废的影响

施工过程中产生的其它环境影响主要包括大气扬尘和施工机械燃油废气，本工程位于开敞海域，大气扩散条件较好，施工期废气对环境的影响不大。工程围填海附近的金七门村村民已完成整体搬迁，施工期间不会对周围村民产生影响。

本工程水下爆破的噪声会对工程区附近水生生物产生一定的影响，通过生态恢复补偿等措施予以减缓。施工时将采取工程措施，尽量减小对周边环境的影响。

施工期挖泥产生的淤泥按要求申请办理废弃物海洋倾倒许可证后，向倾倒区倾倒处理；其余各类固废均经收集后外运处置，对海洋环境影响较小。

5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

采取下列措施可减轻施工过程对水环境的影响：

（1）减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

- 1）尽量避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
- 2）将施工期环保要求列入招投标内容。

（2）减轻施工过程对海域环境影响的环保措施

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

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

无泄漏污染物的现象，如有发现，应立即采取措施。

（3）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

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

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

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

4）重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达排放控制标准要求后到港外排放，禁止在港内排放。

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

5.3 施工影响的控制

5.3.1 水土保持方案

厂区场地平整前，对厂址区域占用耕地、林地等可剥离表土的场地进行表土剥离，表土集中堆放。

对临时堆土场采取临时拦挡、密目网苫盖、排水和沉沙措施。

施工场地内设置临时排水沟。

厂区场地排水采用有组织的管道排水系统。

在厂区保护区，除道路、广场外，均采用碎石铺地。

施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆和全面治理，采取乔灌草结合的方式恢复植被。

5.3.2 节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

—采用用水量少、耗水量低的施工工艺，降低用水量。

—采用新型管材，推广节水器具。

—提高水的重复利用率。

—加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

本工程土建施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。石料加工场及冲洗

机具等生产废水经过沟渠进入沉淀池，经过二级沉淀后复用。

本工程施工期间部分施工临建区的生活污水通过相应污水管网汇集至 1、2 号机组临建区生活污水处理站，1、2 号机组临建区生活污水处理站的设计规模 $2 \times 2000 \text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水经生化处理和深度处理达到《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表 2 排放浓度限值要求、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准和《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，全部用于降尘、道路浇洒和洗车等。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。

5.3.4 施工扬尘的控制措施

- 施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；
- 严格控制行车速度；
- 改善道路路面；
- 尽量减少土方的临时堆置时间；
- 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护；
- 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等；
- 在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘。

5.3.5 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：

- 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。
- 所有施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。
- 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。
- 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。

- 要为操作工人配备相应的劳动保护用品。
- 车辆噪声采取保持技术状态完好和适当减低速度的方法进行控制。
- 在噪声敏感区域均需选低频振捣棒。振捣棒使用完毕后，及时清理干净，保养好；振捣混凝土时，禁止振钢筋或钢模板。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

后续施工期噪声监测按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的相关规定进行测量及控制。

5.3.6 施工期监测方案

5.3.6.1 施工期大气环境监测及分析评价方案

本节根据中国核电工程有限公司 2024 年 12 月完成的《浙江金七门核电厂 3、4 号机组施工期大气环境监测及分析评价方案报告》编制。

5.3.6.1.1 监测方案

根据厂址所在地的地形条件、风频分布等季节性气象特征，结合厂址施工建设计划及敏感区分布等情况，参照本项目施工前所开展的厂址大气环境现状调查时的监测布点情况，在施工场地、厂址附近居民点以及厂内外大气污染源布设监测点。考虑到不同季度主导风向不同，施工活动对大气环境的影响随着施工进度的推进而产生变化，污染物浓度分布以及监控重点也会随之产生相应的改变，因此具体监测方案应选取具有代表性的施工活动进行监测，并在项目实施的过程中根据现场实际情况做出灵活调整。具体方案如下：

5.3.6.1.1.1 厂区外监测点

由于厂址所在地区年主导风向为 N，次多风向为 SSE，其中，春季、秋季、冬季主导风向为 N；夏季主导风向为 S。依据厂址所在地气象条件及环境空气保护目标分布等情况，

布点时综合考量 1、2 号机组对本项目的影响，后续考虑在生产生活临建区、搅拌站和沙石料场、牧童岙村和南田岛森林公园设置环境敏感点监测点。

5.3.6.1.1.2 厂区内监测点

在厂区内后续考虑在施工场界上下风向及其他厂区内存在的无组织排放源设置监测点。

5.3.6.1.2 监测因子及频率

监测时间应根据施工计划，原则上按照每个季度一次，每次选择对大气污染比较严重的施工阶段进行大气环境监测工作。

无组织排放和场界监测因子为：SO₂、NO_x、TSP 等 3 项，环境空气保护目标监测因子为：SO₂、NO₂、NO_x、CO、O₃、TSP、PM₁₀、PM_{2.5} 等 8 项。

无组织排放和场界监测点按照《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中的规定，SO₂、NO_x 和颗粒物（TSP）监测 1 小时浓度值，每天在其正常施工时间内采样 4 次（暂定为 08:00 时、11:00 时、14:00 时、17:00 时），每次连续采样 1h。

环境空气保护目标监测点按照《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的规定，TSP 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 24 小时，PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、NO_x 日均值每天采样 1 次，每次至少连续采样 20h；SO₂、NO₂、CO、NO_x、O₃ 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；O₃ 日最大 8 小时平均值每天采集至少 14 个 8 小时滑动平均值，每 8 小时至少有 6 个小时平均值。

5.3.6.1.3 监测要求

各污染物的监测分析方法按《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的相关要求执行。监测所用仪器均按照国家计量法的要求进行检定，检定合格且在有效期内。

5.3.6.1.4 评价标准

按照《宁波市生态环境局关于浙江金七门核电厂二期工程环境影响评价执行标准请示的复函》要求，厂址区域环境空气执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012，2018 年修订）的二级标准，大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表 2 中的无组织排放监控浓度限值。

5.3.6.2 施工期噪声监测及分析评价方案

本节根据中国核电工程有限公司 2024 年 12 月完成的《浙江金七门核电厂 3、4 号机组施工期噪声监测及分析评价方案报告》编制。

5.3.6.2.1 监测方案

5.3.6.2.1.1 厂区外监测点

结合厂址施工建设计划及厂址周围声环境敏感目标、噪声源和道路分布等情况，参照本项目施工前所开展的厂址噪声现状监测时的布点情况，在施工场界、厂区内外声环境敏感目标、噪声源及道路交通污染源处设置监测点，进行施工期噪声监测。后续考虑在牧童岙村、凤凰山村、小南田村及南田岛森林公园设置环境敏感点监测点，在主要进厂道路和次要进厂道路设置交通噪声监测点。在搅拌站和砂石料场及生产生活临建区设置噪声源监测点。

5.3.6.2.1.2 厂区内监测点

在厂区内后续考虑在本项目及 1、2 号机组施工场地及厂界东南西北四个边界处设置监测点。在取水口和大件码头设置噪声源监测点。

在有爆破作业时，还需设置爆破噪声监测点。爆破噪声应在爆破警戒线外的安全位置进行监测，有多次或多处爆破作业时，应分别进行监测。

5.3.6.2.2 噪声监测因子及频率

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021)要求，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）。

对于场界和厂区内监测点：每次监测均连续测量 20min，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} ，和标准偏差 SD。

对于厂区外环境噪声监测点，每次监测均连续测量 10min，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} ，和标准偏差 SD。

对于交通噪声监测点，每次监测均连续测量 30min，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} ，和标准偏差 SD，同时记录车流量。

根据《声环境质量标准》(GB 3096-2008)要求，非稳态噪声测量整个正常工作时间（或代表性时段）的等效声级 L_{eq} ，因此对于爆破施工监测点，每次测量整个或主要爆破时间长时间内的等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD。

5.3.6.2.3 监测要求

5.3.6.2.3.1 气象条件

监测时应在无雨、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。

5.3.6.2.3.2 监测仪器

依据《声环境质量标准》（GB 3096-2008），对声环境的测量仪器精度为 2 型及 2 型以上的积分平均声级计或环境噪声自动监测仪器，其性能需符合规定并定期校验。测量前后使用声校准器校准测量仪器的示值偏差不得大于 0.5dB，否则测量无效。声校准器应满足《电声学 声校准器》（GB/T 15173-2010）对 1 级或 2 级声校准器的要求。所用噪声监测仪器均按照国家计量法的要求进行定期检定，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。

5.3.6.2.3.3 读数方法

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。

5.3.6.2.4 评价标准

按照《宁波市生态环境局关于浙江金七门核电厂二期工程环境影响评价执行标准请示的复函》要求，厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准，周围声环境敏感点执行 1 类标准。施工建造期场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的相应限值。

5.3.7 施工期水环境监测

在厂址周围开展海域工程施工期的海水水质、沉积物质量、水生生物、生物质量及潮间带生物的监测，了解施工对厂址周围海域环境所造成的影响，验证施工期所采取的环保措施的有效性，同时为进一步提出减缓环境影响的措施提供依据。

（1）海洋水文监测

监测内容：海流（流向、流速）、悬浮泥沙等。

监测站位数量不少于 6 个，每年选取代表性一季进行监测。

（2）地形地貌与冲淤监测

监测内容：水深地形和沉积物粒度等。

监测断面不少于 5 条，每年选取代表性一季进行监测。

（3）海洋环境质量监测

a.海水水质

监测内容：水深、水温、水色、浊度、盐度、透明度、pH 值、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、无机氮（包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、活性磷酸盐、硅酸盐、挥发性酚、非离子态氨、硫化物、石油类、汞、铜、铅、锌、镉、总铬、砷、镍、硒、阴离子表面活性剂、余氯等。

b.海洋沉积物质量

监测内容：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。

监测频次：施工期内每年的典型季节进行监测。

监测站位：沉积物站位不少于 10 个。

c.海洋生物质量

监测内容：石油类、铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷等。

监测频次：施工期内每年的典型季节进行监测。

监测站位：生物质量站位不少于 3 个。

d.海洋生态

监测内容：微生物（大肠菌群、粪大肠菌群）、叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带底栖生物、鱼卵、仔鱼、游泳生物。

监测频次：施工期内每年的典型季节进行监测。

监测站位：生物生态站位不少于 12 个。

以上监测内容具体以实际监测情况为准。

5.3.8 放射源的管理措施

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

1) 放射源的使用

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

施工期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时间要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、

铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作它用。

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

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

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

佩戴监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

2) 放射源的贮存

在放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库房外存放过夜或较长时间库外存放。

放射源存放在安全的房间或源库内，专设屏蔽厂房进行贮存，并对其防护墙根据最大辐照量进行计算，使工作人员和公众不会受到超限值的照射。

放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌，必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

3) 放射源的处理

本项目产生的废源按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

6.2.2 照射途径

6.2.3 计算模式与参数

6.2.4 大气弥散和水体稀释

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众的最大个人剂量

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 辐射影响评价

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

表

表 6.2-1（1/2） 气态途径核素剂量转换因子

表 6.2-1（2/2） 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（1/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

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

图

图 6.1-1 金七门核电厂 3、4 号机组取排水工程平面布置图

图 6.2-1 气、液态流出物对公众的照射途径

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

6.1.1.1 直流冷却方案

本项目取水工程采用“取水泵房+取水暗涵”的方式，两台机组共用一座取水泵房，暗涵头部设取水窗口，由厂址东南侧外海取水，取水口布置于厂区东南侧、西南距 1、2 号机组取水口 233m 处，取水口水深约-11.0m~-14.0m。

排水工程拟采用排水隧洞+排水暗涵的方式，即循环水和厂用水排水在虹吸井混合后，经陆域排水隧洞、闸门井和海域排水暗涵最终排至外海。排水口天然泥面标高约-10.4m。

金七门 3、4 号机组取排水工程平面布置图见图 6.1-1。

6.1.1.2 二次循环冷却方案

金七门核电厂厂址淡水资源紧缺，不具备建设带淡水冷却塔二次循环供水系统的水源条件。海水资源丰富，采用海水作为冷却塔补水，可考虑使用带海水冷却塔的二次循环供水系统方案。

循环冷却水供水系统由冷却塔、循环水泵房、进回水管沟等组成，为一机一塔单元制供水系统，其工艺流程如下：海水→补给水泵→补水管→补水处理→冷却塔→循环冷却水泵→压力进水管→凝汽器→压力回水管→冷却塔→排污水管→排放口→大海。

循环水系统的冷却倍率按 46 倍考虑，单台机组总的循环水量约为 $48.2\text{m}^3/\text{s}$ ，一台机组配置一座逆流式自然通风海水冷却塔，每座冷却塔的淋水面积为 18000m^2 ，凝汽器面积 110000m^2 。

冷却塔的年平均出塔水温 25.6°C ，背压 6.22kPa ；夏季 10% 气象条件出塔水温 31.4°C ，对应背压 9.02kPa 。冷却塔补水取自厂址东南侧海域，海水经澄清处理后补至循环水泵房前池。循环水排污水排入厂址附近海域。循环水泵房布置在冷却塔附近，每台机组设 3 台循环水泵，两条压力管道（DN3500），一条回水沟（ $15\text{m}\times 5\text{m}$ ）。

6.1.1.3 直流冷却与二次循环冷却方案比选

1) 从技术角度，无论采用直流供水系统还是二次循环供水系统理论上都是可行的，但是直流冷却经过多年的实践检验，技术更为成熟可靠。

2) 从经济角度，60 年寿期的海水塔易损件和涂层的设计、使用和更换更复杂，综合考虑工程建设投资与运行费用，相比二次循环冷却方案，直流冷却方案的经济性更优。

3) 从安全角度，超大型海水塔需进行倒塌分析，论证海水塔倒塌对核岛的影响以及防护措施等。

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

5) 从电厂运行角度，直流冷却方式的运行经验丰富，二次循环冷却方式的运行控制相对复杂。

从以上直流冷却和二次循环冷却的对比可知，直流冷却在技术成熟性、投资及运行费用、电厂运行及设备维护等方面均优于二次循环冷却方式。综合比较分析，金七门核电厂 3、4 号机组冷却水系统考虑采用直流冷却方式。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

采用经充分验证的考虑波浪作用的二维潮流泥沙数学模型，对金七门核电工程海域水动力变化、大范围滩面冲淤等进行了模拟研究。根据《浙江金七门核电厂 3、4 号机组可行性研究阶段岸滩稳定性和泥沙冲淤数值模拟研究报告》（2025.07），主要研究结论如下：

（1）取排水工程实施后，流场变化主要局限在取排水工程局部水域，对周边大范围海域水流流态基本没有影响。

（2）受取水构筑物及取水影响，3、4 号机组取水口水流流速主要呈减小趋势，平均流速减小 0.05m/s~0.25m/s；3、4 号机组排水口流速有增有减并且以减小趋势为主，其中减少范围呈西南东北向的条带状，流速减小 0.02m/s~0.15m/s，排水口东西两侧水域流速略有增加，增加值在 0.02m/s 以内。

（3）1~4 号机组工程实施后，达到基本冲淤平衡状态时，3、4 号机组取水口局部附近略有冲刷，冲刷深度多小于 1.0m，取水口周边滩面有所淤积，淤积幅度多在 2.0m 以内；排水口附近水域有冲有淤，冲淤幅度不大，多在 0.5m 以内。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排放对取水口温升及厂址附近海域的影响，委托相关单位进行温排水数模研究，本节内容主要是根据《浙江金七门核电厂 3、4 号机组温排水、余氯及液态流出物数值模拟研究成果报告》（2025.07）编制完成，主要研究结论如下：

（1）温排水扩散范围受涨落潮流影响，涨潮时温排水随潮流主流沿岸线向南、西南方向输移，低温升水随潮向南田湾扩散，落潮时温排水随潮流主流沿岸线向北扩散。

(2) 1~4 号机组运行时温排水夏季 4℃温升最大包络面积为 2.37km², 3℃温升最大包络面积为 10.56km², 2℃温升最大包络面积为 21.30km², 1℃温升最大包络面积为 63.60km², 0.5℃最大包络面积为 158.6km²。

(3) 1~4 号机组运行时温排水冬季 4℃温升最大包络面积为 2.74km², 3℃温升最大包络面积为 10.28km², 2℃温升最大包络面积为 21.03km², 1℃温升最大包络面积为 68.18km², 0.5℃最大包络面积为 238.0km²。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

大量的循环冷却水取水将对取水口周围的较小海洋生物产生卷吸效应, 如鱼卵、仔稚鱼、仔虾、浮游生物及其游动的生物幼体可能被卷吸, 并通过旋转滤网进入冷却水循环系统。在通过冷凝器时经受激剧温度变化的热冲击致使活力下降、肌体受损伤乃至死亡, 即“卷载”现象; 个别较大的生物可能被取水设施的旋转滤网阻截, 受到机械撞击、擦伤、切断和死亡, 即“卷塞”。由机械损伤和热冲击等产生的“卷塞”和“卷载”生物效应因生物种群耐受力不同而存在差异。

基于金七门核电厂地理位置、水文、气象等厂址条件（详见报告第二章），对海水直流和二次循环两种冷却方式进行了分析比选（6.1.1 节），本期工程冷却系统拟采用海水直流冷却方式。关于海水用水量和冷却水取水系统相关描述详见 4.3 节。

本工程取水对水生生物的影响较小。

6.1.3.2 温排水对海洋生态的影响

在机组的运行过程中, 大量的冷却水经过冷凝器后一般温升 7.5℃左右, 其后排入环境水体将导致排放口附近有限的海域海水温度升高。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度, 就有可能导致海洋生物生长受到抑制甚至死亡; 如果在适温范围内, 也有可能因为环境水体温度的升高, 反而促进海洋生物的生长和繁殖。

根据国外有关研究资料, 当夏季水温升高 6~8℃时, 会引起浮游植物光合作用的活性减弱, 这种现象并未破坏藻类的细胞, 经过几个小时后（不超过一昼夜）, 浮游植物的光合作用就会恢复。对浮游动物而言, 水体增温≤3℃时, 多数情况下不会对其种群有不利影响, 有时还会促进其种类、数量及生物量的增加, 从而提高海域的生产力和物种的多样性。

在表层水中, 温度是影响鱼类分布重要的环境因子。热排放进入受纳水体后, 会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布, 引起群落结构的变化。不同增温区对鱼类的影响也

不同，特别是夏季增温对某些鱼类分布的影响比较明显。而在其他季节，特别是冬季，增温对某些暖水性鱼类可能会表现出有利的影响，一定范围内种群数量随水温升高而提高，并且鱼类种类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。

研究表明，热排放对邻近水域鱼类的产卵活动产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。鱼类一般避开温升 1.0°C 以上水域产卵。

综上所述，在夏季，工程引起排放口附近温升 4°C 的范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到影响，排放口温升 4°C 以外海域，由于温升均小于 4°C ，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

（1）气态流出物排放源项

本工程运行状态下，单台机组气态流出物年排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的单台机组气态流出物年排放量控制值的比较可知，各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

本厂址共规划建设 6 台华龙一号机组。厂址 6 台机组运行状态下，气态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的厂址气态流出物年排放量控制值的比较可知，各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

核电站运行状态下的气态流出物中，C-14 主要以碳氢化合物和 CO_2 两种形态排放。以碳氢化合物形态排放的 C-14，是造成 C-14 全球影响的主要因素。UNSCEAR（1982）中指出，C-14 气态途径排放的化学形态中，20%以 CO_2 形态排放，80%以 CH_4 和 C_2H_6 形态排放；IAEA421 号报告（2004 年）中提出，欧洲和美国的压水堆核电站以 CO_2 形态排放的 C-14 仅占 5~25%。因此，本报告中 C-14 对公众造成的辐射影响只考虑以 CO_2 形态排放造成的剂量影响，其排放量为整个 C-14 气态途径排放量的 25%。

（2）液态流出物排放源项

本工程运行状态下，单台机组液态流出物年排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的单台机组液态流出物年排放量控制值的比较可知，各类核素均满足 GB6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

本厂址共规划建设 6 台华龙一号机组。厂址 6 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的厂址液态流出物年排放量控

制值的比较可知，各类核素均满足 GB6249-2025 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

本工程两台机组核岛的液态流出物年排放量为 32200m^3 ，液态流出物槽式排放口核素浓度设计值与浓度限值的比较可知，正常运行工况下，监测槽排口处液态流出物中的氚和 C-14 满足 GB6249-2025 的浓度限值要求。槽式排放口处液态流出物各核素浓度与 GB 6249-2025 浓度推荐值的比较可知，各核素均满足 GB 6249-2025 要求的浓度推荐值（调整后）。

6.2.2 照射途径

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态流出物排放到环境后对公众的照射途径见图 6.2-1，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。

空气浸没外照射：气态流出物在空气中发生迁移扩散，分布在空气中的放射性核素通过空气浸没外照射途径对公众造成辐射剂量。

地面沉积外照射：气态流出物发生迁移扩散并沉积到地面，地面沉积的放射性核素通过外照射对公众造成辐射剂量。

吸入空气内照射：气态流出物在空气中发生迁移扩散，空气中的放射性核素由公众吸入后在人体内通过内照射途径造成辐射剂量。

食入农牧产品内照射：气态流出物发生迁移扩散后，放射性核素通过沉积和转移进入生物圈，由公众食入农牧产品通过内照射对公众造成辐射剂量。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态流出物与循环冷却水混合后排入临近海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径见图 6.2-1，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。

食入海产品内照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，放射性核素转移到海产品中，公众通过食入海产品造成内照射剂量。

岸边沉积的外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，部分核素会吸附沉积在岸边，对岸边活动的公众造成外照射剂量。

在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，公众在游泳、划船和从事水上作业时直接或间接接触海水，海水中的放射性核素对公众造成外照射影响。

（3）其他途径

本工程正常运行工况下，不存在其他途径对公众的剂量贡献达到或超过总剂量的 10%。

本工程所在厂址为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌溉的照射途径不予考虑。

6.2.3 计算模式与参数

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态流出物在大气中迁移和扩散及其对公众的辐射剂量的计算采用的是核环境影响评价程序包的正常气态流出物评价模块。该程序的正常气态流出物评价模块已于 2007 年通过国家环保总局的验收，可以用来计算核设施运行状态下排放的气态流出物对环境的影响。

在大气弥散计算中：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。

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，农产品和动物产品食入内照射的计算中考虑了核素通过沉降等途径在土壤和食物链中的转移过程。

剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9，见表 6.2-1；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，见表 6.2-2。居民人口分布、食谱、生活习性数据详见本报告第二章 2.2 节和 2.3 节。人口分布数据取厂址 2031 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。人口分布数据取厂址 2032 年的预期人口数。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

（1）大气弥散

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $3.22E-10 \text{ s/m}^3 \sim 5.00E-07 \text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $3.15E-10 \text{ s/m}^3 \sim 5.00E-07 \text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $3.32E-10 \text{ s/m}^3 \sim 5.00E-07 \text{ s/m}^3$ 。大气弥散因子最大值均出现在厂址 S 方位 0-1km 处。根据本报告 2.4.3 节，气象塔 75m 处的最多风向为 N，与大气弥散因子结果一致。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $4.97E-13 \text{ m}^{-2} \sim 7.50E-10 \text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $3.15E-12 \text{ m}^{-2} \sim 5.00E-09 \text{ m}^{-2}$ 。相对干沉积因子最大值均出现在厂址 S 方位 0-1km 处。

Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围为 $4.15E-14 \text{ m}^{-2} \sim 1.78E-10 \text{ m}^{-2}$ ，相对湿沉积因子最大值均出现在厂址 NNE 方位 0-1km 处。

（2）水体稀释

根据《浙江金七门核电厂 3、4 号机组温排水、余氯及液态流出物数值模拟研究成果报告》（2025 年 7 月）完成的液态流出物数值模拟计算。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程运行状态下，气态流出物主要通过烟囱排入大气。年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 S 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 $2.11E-07 \text{ Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $8.00E-06 \text{ Bq/m}^3$ （I-131）、 $2.41E-02 \text{ Bq/m}^3$ （Kr-85）。

计算得到核电厂排放口处的放射性核素浓度与《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应放射性指标的对比，即使考虑排放海域内放射性本底的叠加效应，各核素浓度也都符合 GB3097-1997 的要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $6.47E-08 \text{ Sv/a}$ 、 $7.00E-08 \text{ Sv/a}$ 、 $6.87E-08 \text{ Sv/a}$ 、 $5.44E-08 \text{ Sv/a}$ 。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为 $6.41\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.73\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.80\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.68\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 。

（3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气态和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为 $7.05\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $3.43\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $3.48\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.22\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。因此，本工程运行状态下，公众受到的最大个人有效剂量 $7.05\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，占本工程拟定剂量约束值（ 0.08mSv/a ）的 0.88%。

4 台机组运行状态下，气态和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为 $1.40\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $6.90\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $7.12\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $4.41\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为 $1.40\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占一、二期工程个人剂量约束值（ 0.16mSv/a ）的 0.88%。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算浙江金七门核电厂 3、4 号机组和四台机组正常运行时，由于气、液态流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平。

6.2.7.1 生物的辐射效应

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

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

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类生物”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

6.2.7.4 参数选取

ERICA 推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ 。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）本工程两台机组正常运行水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，本工程两台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中

放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）四台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，四台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，四台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

（1）本工程两台机组正常运行陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，本工程两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（2）四台机组正常运行陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

根据现实源项的评价结果，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为 $3.29\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.49\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.35\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $7.68\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 N 方位 3~5km 处，此处居住的是鹤浦镇小南田村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $3.29\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，其中气态途径所致的剂量为 $1.79\text{E-}08\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $3.11\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。

气态途径的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 81.93%；其次为吸入空气内照射途径，约占气态途径总剂量的 12.03%；空气浸没外照射和地面沉积外照射途径分别占气态途径的 3.70%和 2.34%。气态途径主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占气态剂量的 70.68%；其它贡献较大的核素为 H-3 和 Kr-88，分别占气态途径总剂量的 23.09%和 1.75%。

液态途径主要途径为岸边沉积造成的外照射途径，占液态途径总剂量的 50.14%。液态途径的主要核素为 Co-60，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 49.83%；其它贡献较大的核素为 C-14 和 Co-58，分别占液态途径总剂量的 43.68%和 3.74%。

气液态综合的关键途径为液态途径的岸边沉积造成的外照射途径，其所致的剂量为 $1.56\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 47.41%；其次为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，占气液态总剂量的 47.15%。各核素中的关键核素为 Co-60，它所致的剂量为 $1.55\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 47.20%；另外，C-14 和 Co-58 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 45.15%和 3.54%。

4 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $4.74\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.17\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.99\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.26\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 N 方位 3~5km 处，此处居住的是鹤浦镇小南田村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $4.74\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $2.32\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 49.07%；其次为液态途径的岸边沉积造成的外照射途径，占气液态总剂量的 44.30%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $2.11\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 44.48%；另外，Co-60 和 Fe-55 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 44.48%和 3.76%。

6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程运行状态下，气态和液态排放源项、液态途径排放的放射性核素的浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

本工程运行状态下，厂址附近水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均远小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

本工程工艺系统中化学污染物对环境的其它影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

本工程排放的化学物质主要来自下列工艺过程产生的废水：

- 海水淡化系统；
- 除盐水生产系统；
- 循环水处理系统；

- 凝结水精处理系统；
- 废液处理系统；
- 冷冻水系统；
- 设备冷却水系统；
- 常规岛废水处理系统。

6.3.1.1 海水淡化系统

海水淡化系统产生的废水中的化学物质主要存在于海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、海水淡化反渗透装置排出的浓盐水。

由于海水预处理过程中所用的化学药品均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，含有悬浮物和氢氧化铝的沉淀泥浆水进入污泥浓缩池进行浓缩，浓缩后的固体物质进入污泥脱水机脱水，脱水后滤液回收至污泥浓缩池，污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。污泥浓缩池上清液排至海水排水系统，工艺流程中添加的混凝剂、助凝剂较少，且在工艺处理过程中消耗殆尽，与循环水排水混合后含盐量等指标与原海水基本相同，不会对环境造成影响。V 型滤池反洗排水回收至微砂高效沉淀池工艺进水端，不排放，不会影响附近海域的海水质量。

海水淡化膜处理厂房浓盐水部分或全部收集至布置在室外的反渗透浓水池（靠近厂房），与海水淡化预处理系统产水掺混后回用至制氯站。反渗透浓盐水中仅添加了无磷环保型阻垢剂和还原剂亚硫酸钠，药剂投加量小，且未额外添加磷等污染物。反渗透浓盐水的含盐量约为原海水的 1.50~1.82 倍，多余的浓盐水排放至海水排水系统管网，收集至虹吸井，经循环水系统排水稀释后排放至大海。2 台机组的循环水排水量约为 $136 \text{ m}^3/\text{s}$ ，浓盐水最大排水量约为循环水排水量的 $1/1224 \sim 1/816$ ，因此，浓盐水可被循环水排水有效稀释，不会对环境造成影响。

6.3.1.2 除盐水生产系统

除盐水生产系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于 2 g/L ，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的。《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》（GB3097-1997）中用于海水水质分类的项目指标。因此，不会影响附近海域的海水质量。

6.3.1.3 循环水处理系统

循环水处理系统对循环水系统和厂用水系统的直流冷却海水作加氯处理。在循环水系统和厂用水系统取水头部采用连续配合冲击方式投加次氯酸钠，连续加药量为 1 mg/L ，冲

击加药量为 3mg/L，每天 2 次，每次 1h；另外在联合泵房采用连续配合冲击方式投加次氯酸钠，加药方式与取水头部一致，为取水头部备用加药点，抑制海生物在海水管路上吸附滋生，保证管路和设备畅通以及凝汽器和热交换器有良好的传热性能。

加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（ NH_2Cl ）、二氯胺（ NHCl_2 ）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要的因素是残余氯在海区中的稀释与扩散，冷却水排入海域后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯亦得到稀释，不断扩散到海区中去，并进一步得到消耗。循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度很小。

根据国外研究人员对包括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的 120 多种水生生物的余氯毒性研究结果，当余氯浓度低于 0.02 mg/L 时，基本不会对海洋生物产生毒性作用。

余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带和稀释，并非累积所致。根据相关专题研究成果，余氯相对较高浓度区主要分布在排水口附近，1~4 号机组运行时，全潮最大浓度 0.02mg/l 等值线包络面积较小。

6.3.1.4 凝结水精处理系统

本工程凝结水精处理系统用于净化二回路凝结水系统中离子态、悬浮物等杂质，包括去除凝结水中添加的氨和 ETA。凝结水精处理设备失效后，再生过程中投加 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将 pH 调至 6~9，再生废水中的主要物质是 NH_4Cl 、 $\text{C}_2\text{H}_8\text{NOCl}$ 和 NaCl，通过泵送往常规岛废水处理站处理至满足浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 33/2169-2018）中新建城镇污水处理厂主要水污染物排放限值标准后，送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放。

6.3.1.5 废液处理系统

废液处理系统在对废液进行处理前进行取样，必要时注入硝酸或氢氧化钠以调节其 pH 值，以确保处理后的液态流出物达标（pH 值调节至 6~9）后排放。上述化学物质主要以 NaNO_3 的形式排放，符合《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）的相关标准，不会对环境造成影响。

6.3.1.6 冷冻水系统

冷冻水系统包括集中冷冻水生产系统和冷冻水分配系统，为保证系统功能，通过添加

磷酸三钠调节冷冻水回路水的 pH 值。在正常运行工况下，上述化学物质不进入排放水中，对环境不会造成影响。检修时排水根据辐射分区的不同分别排入非放射性生产废水系统或核岛疏水排气系统。

6.3.1.7 设备冷却水系统

设备冷却水系统添加磷酸三钠作为 pH 调节剂，在正常运行工况下上述化学物质不进入排放水中，对环境不会造成影响。假如设备冷却水系统受到放射性污染，本系统内冷却水会缓慢排放至放射性废液收集处理系统中妥善处理，对环境不会造成影响。

6.3.1.8 常规岛废水处理系统

常规岛废水处理系统用于贮存、处理华龙机组常规岛产生的常规污染物超标的潜在带放废液。废水处理站采用预处理+生化处理+深度处理的处理工艺。

由于常规岛过程中所用的化学药品均是根据原水水量、超标污染物含量等条件按比例投加的，在工艺处理过程中消耗殆尽，产生的含有悬浮物和氢氧化铝的沉淀泥浆水进入污泥浓缩池进行浓缩，浓缩后的固体物质进入污泥脱水机脱水，脱水后滤液回收至污泥浓缩池，污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。废水中含盐量等指标与常规岛凝结水精处理再生废水基本相同，去除氨氮及有机物质后主要物质为 NaCl，经处理至满足浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 33/2169-2018）中新建城镇污水处理厂主要水污染物排放限值标准后，送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放，不会对环境造成影响。

6.3.2 其他污染物的环境影响

本节重点评价本工程主要的废水、噪声、电磁辐射和固体废物的产生及环境影响。

6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程非放射性生产废水包括除盐水生产厂房树脂再生废水、制氯站酸洗废水、非放射性含油废水、空调设备冷凝水、工艺管廊集水坑排水、各厂房地面冲洗水、核岛生产废水、常规岛生产废水等，以及消防水池溢流水和泄空水。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其石油类指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准后，在子项内进行其余指标监测，若达到排放标准则直接排海，若超标则经室外生产废水管网排入生产生活污水废水处理站进一步处理。分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理能力：正常 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，最大 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

常规岛大修期间闭式冷却水系统含磷废水单独收集，采用储罐和泵形式压力流排入生产生活污水废水处理站处理。核岛各类非放生产废水和其他子项非放生产废水经室外生产废水管网排入生产生活污水废水处理站内非放废水调节池，对非放废水调节池中废水水质进行监测，超标进入后续水处理工艺环节处理，若达标则排入回用水池；除盐水生产厂房废水在废水中和池进行监测，监测达标则直接排海，超标则接入生产生活污水废水处理站处理。

消防水池排空废水经室外生产废水管网排入生产生活污水废水处理站内的消防排水调节池，对消防排水调节池中废水水质进行监测，超标进入后续水处理工艺环节处理，若达标则排入回用水池。

本工程运行期生产区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生产生活污水废水处理站处理。

排入生产生活污水废水处理站的各类污废水经处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海，排放水质中的 COD_{Cr} 、总氮、氨氮和总磷 4 项主要水污染物指标执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表 2 排放浓度限值要求，其余指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准。生产生活污水废水处理站的设计规模 $1200\text{m}^3/\text{d}$ ，为金七门项目 1~4 号机组服务。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准和《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表 2 排放浓度限值要求的生活污水以及生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。同时，生产生活污水废水处理站处理后的再生水优先回用，仅回用剩余部分排放。因此，非放射性生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

本工程与漳州核电厂 3、4 号机组均为华龙一号，本工程的噪声影响类比漳州核电厂 3、4 号机组进行评价。

漳州核电厂 3、4 号机组运行后，两台机组中心点距离南厂界最近，距离约 128m，声源对南厂界的贡献值最大为 40.8dB(A)，其次是北厂界，声源对北厂界的贡献值为 34.7dB(A)。因此，漳州核电厂 3、4 号机组运行后，声源对各厂界的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中规定的 2 类标准限值，即昼间 60dB(A) 和夜间 50dB(A)。

本工程两台机组中心距离场界更远，距离约 140m。类比分析，本工程正常运行对厂界的噪声贡献值可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中规定的 2 类标准限值，即昼间 60dB(A)和夜间 50dB(A)。

6.3.2.3 电磁辐射的影响

本工程电磁环境影响评价对象包括拟建的1000kV开关站及1000kV开关站出线至厂内门型架（第一跨）处输电线路（厂内部分）。由于拟建1000kV开关站及输电线路的相关电磁辐射监测工作正在进行中，因此本节内容暂使用金七门核电厂1、2号机组项目于2024年1月出版的《浙江金七门核电厂核电厂1、2号机组厂址周围电磁环境现状调查及评价报告》（2016XJD-WCC03）中的电磁辐射监测数据。由于现有核电站均无设置1000kV开关站，因此选择与1000kV浙北变电站和已运行的田湾1-8号机组共用的500kV开关站作为本工程开关站的电磁环境影响类比对象，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。其中1000kV浙北变电站含在浙北～福州特高压交流工程中，原环境保护部2016年5月以环验〔2016〕46号文《关于浙北～福州特高压交流工程竣工环境保护验收意见的函》对该工程进行竣工环保验收批复。

由资料可知，浙北变电站电压等级 1000kV，出线 6 回，浙北变电站厂界各测点工频电场强度监测值为 18V/m～1540V/m，工频磁感应强度监测值为 0.157 μ T～1.340 μ T，之后随距厂界距离增加呈现逐渐衰减趋势。田湾核电厂厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在 0.03V/m～6.83V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0029 μ T～0.1280 μ T 之间。距离田湾核电站 500kV 开关站及 500kV 出线第一跨最近的居民区处的工频电场监测值为 0.75V/m，工频磁场监测值为 0.0059 μ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

金七门核电厂厂区内所有监测点工频电场强度监测值范围 0.04～0.49V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0047～0.0232 μ T 之间；输电线路所有监测点工频电场强度监测值范围 0.04～30.71V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.0046～0.1203 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。距离金七门厂址区域最近的居民点处工频电场强度为 0.48V/m，工频磁场监测值为 0.0186 μ T，工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），预计工程正常运行后对居民区的影响较小，可忽略不计。

由上类比分析可见，上述输变电工程运行期间周围电磁环境质量可以满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的控制限值的要求，监测结果总体能够反映本工程建成运行后的电磁环境影响水平。可以预见，浙江金七门核电厂投运后 1000kV 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

本工程运行期产生的一般工业废物主要为水处理过程中产生的污泥、废弃的膜组件和离子交换树脂。海水淡化处理和生活污水处理过程中产生的污泥，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。本工程海水淡化厂房设置污泥池和污泥脱水机等设备，生产生活污水废水处理站设置污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。海水淡化工艺设计采用超滤膜组件和反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，超滤膜元件、反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经海水淡化工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，一般按照工业固体废物进行处理。

除盐水处理过程中使用的离子交换树脂使用年限为 5~8 年。树脂的更换时间应根据现场实际运行情况，监测离子交换树脂的运行情况，合理确定、定期补充或更换。经除盐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，一般按照工业固体废物进行处理。

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，其余固体废物分散外运，对环境的影响是可接受的。

本工程运行期产生的危险废物主要来源：（1）泵及电机润滑油更换、柴油机更换柴油、油水分离池等产生的废油/废油泥；（2）过期的工艺及实验室用危险化学试剂；（3）实验过程产生的含危化品废样品（非放射性）；（4）盛装过具有危险废物特性的废油桶及危化品容器包装物等；（5）损坏或不能正常使用后更换的铅蓄电池及含汞灯管；（6）过期的应急碘片等药品等。本工程共用 1、2 号机组已建危险废物暂存库，用于危险废物接收期间的临时存放。本工程运行期产生的危险废物由具有收集、贮存、处置危险废物资质的指定单位进行收集、贮存和处置。

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 ³ /Bq.s	Sv.m ² /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	6.60E-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	3.80E-09	7.50E-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	1.68E-18	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 ³ /Bq.s	Sv.m ² /Bq.s	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
Sr-90	1.33E+00	2.24E-04	2.80E-08	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	1.60E-07	1.80E-07	2.70E-07	4.20E-07
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	4.60E-09	5.00E-04

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 ² /Bq.s	Sv.m ³ /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m ³ /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	2.00E+01
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	2.00E+01
Co-60	2.38E-15	2.77E-16	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	2.00E+01
Sr-89	6.89E-17	5.43E-19	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	1.00E-01
Sr-90	1.68E-18	1.12E-19	2.80E-10	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	1.00E-01
Sr-91	7.52E-16	7.61E-17	6.50E-10	1.20E-09	2.10E-09	5.20E-09	1.00E-01
Sr-92	1.27E-15	1.49E-16	4.30E-10	8.20E-10	1.40E-09	3.40E-09	1.00E-01
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	1.00E+02
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	1.00E-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

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 ² /Bq.s	Sv.m ³ /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m ³ /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	3.00E-01
Cs-136	2.12E-15	2.34E-16	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	3.00E-01
Cs-137	3.04E-18	6.70E-17	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.00E-01
Cs-138	2.34E-15	2.66E-16	9.20E-11	1.70E-10	2.90E-10	1.10E-09	3.00E-01
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

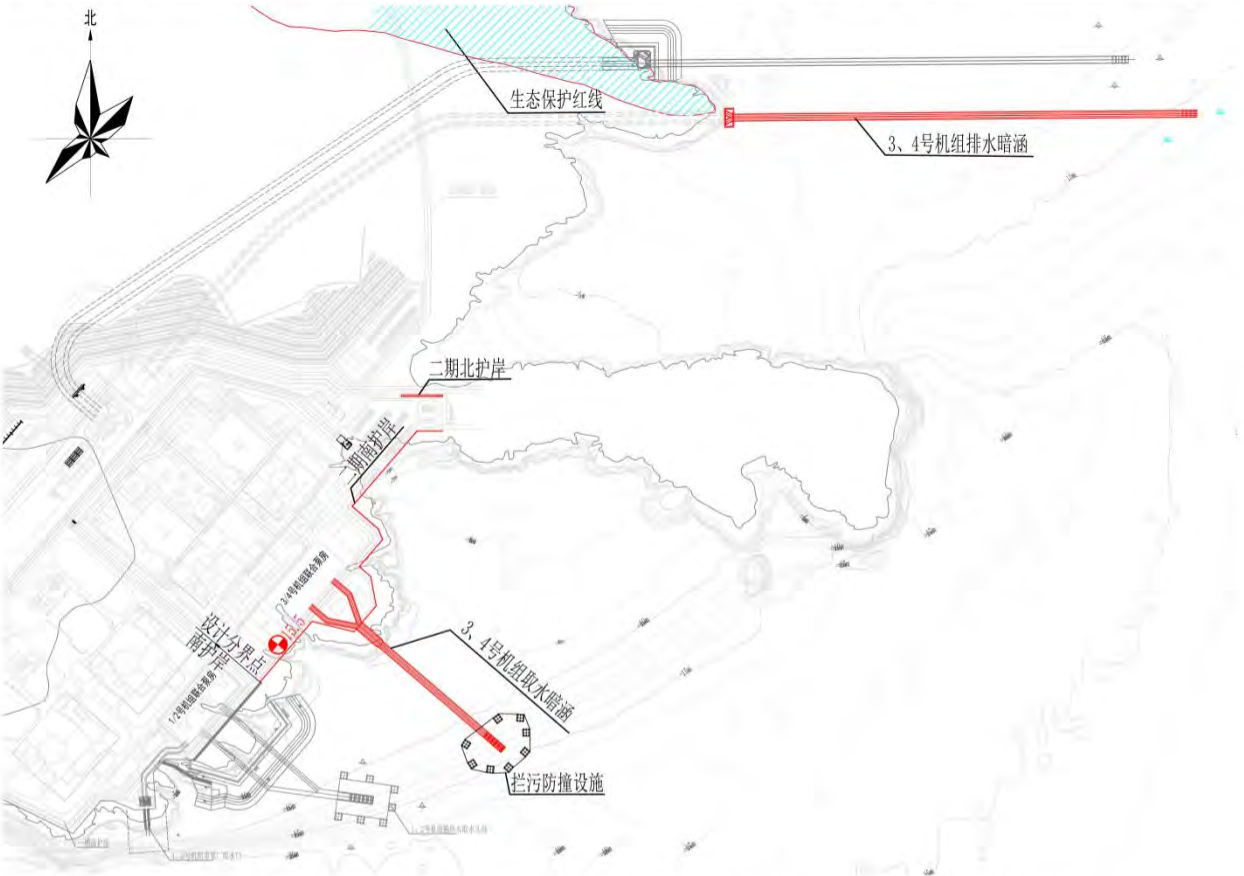


图 6.1-1 金七门核电厂 3、4 号机组取排水工程平面布置图

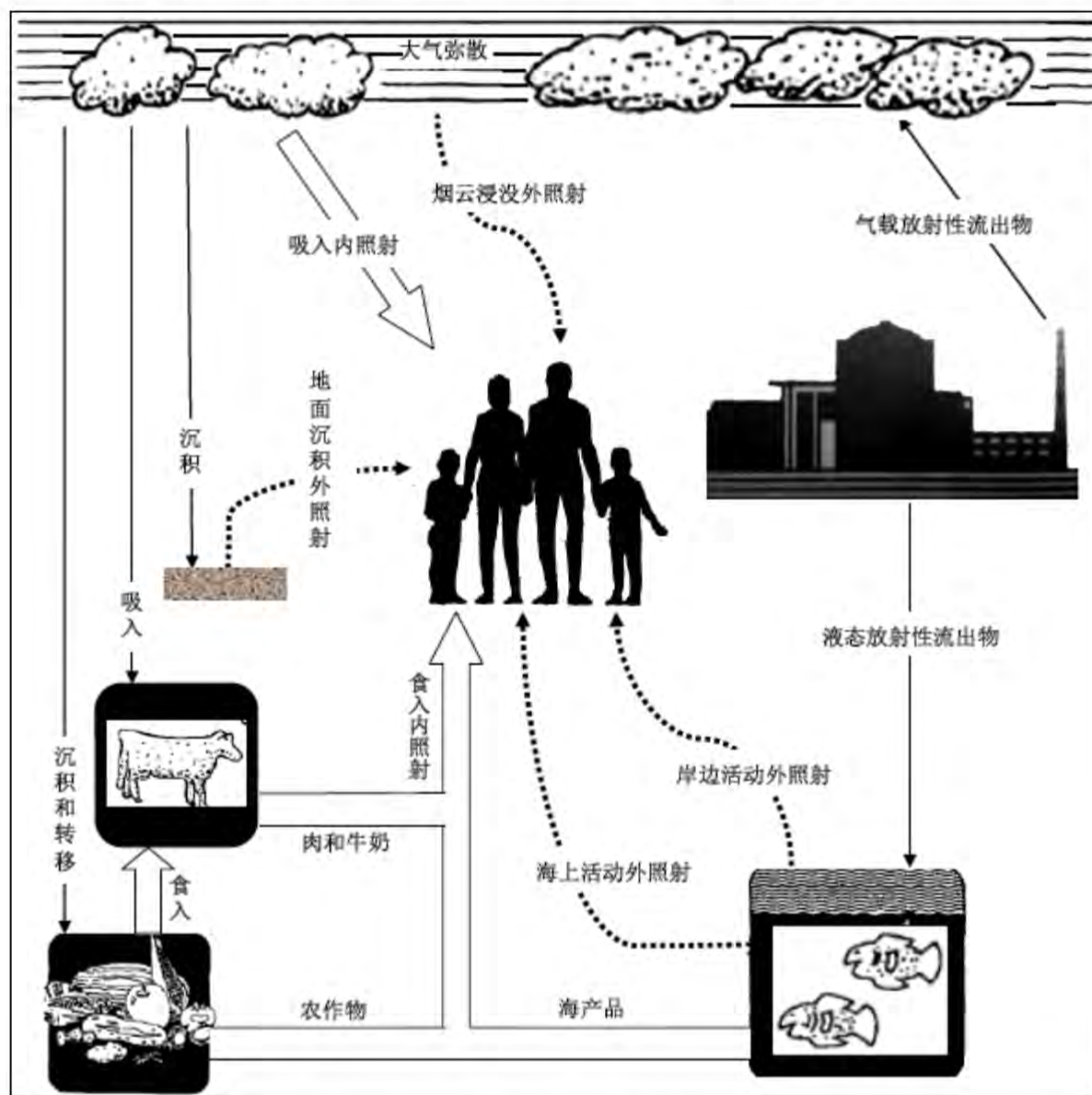


图 6.2-1 气、液态流出物对公众的照射途径

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

7.4.1 厂址周围的人口分布

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

7.4.3 厂址周围交通条件

7.4.4 小结

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025），在厂址选择阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。本节对浙江金七门核电厂 3、4 号机组选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）附录 A，采用大破口失水事故作为本工程选址假想事故。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

事故工况下，采用金七门核电厂址地面站 10m 高度 2023.10~2024.9 的风向、风速、大气稳定度三维联合频率（表 7.1-6 所示）以及 P-G 扩散参数，计算各方位 99.5% 概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95% 概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

在事故释放期间，考虑公众受到烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射三种途径的影响。事故剂量计算公式如下：

外照射剂量转换因子取自 GB18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002，甲状腺内照射剂量转换因子取自于 ICRP71 号报告；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺剂量转换因子，则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），在评价选址假想事故时，应考虑保守大气弥散条件和烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射途径。非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过上述途径所接受的有效剂量不得大于 250 mSv，规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30 d）通过上述照射途径所接受的有效剂量不得大于 250 mSv。在事故的整个持续期间内，环境影响评价范围内公众群体集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，厂址非居住区边界处（500m）的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 $1.22\text{E-}01\text{Sv}$ ，厂址规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内（30d）接受的有效剂量为 $4.19\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别为 GB 6249-2025 中剂量控制值的 48.80%和 16.76%。厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 2900 人·Sv，为 GB 6249-2025 中的剂量控制值的 14.52%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的相关规定以及选址假想事故条件下非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，浙江金七门核电厂 3、4 号机组厂址是适宜的。

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

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，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。

7.2.2 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。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

浙江金七门核电厂 3、4 号机组运行期间产生的废树脂化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统的除盐器；废活性炭产生自废液处理系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自废液处理系统的蒸发器；废过滤器芯来自化学和容积控制系统、硼回收系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统和蒸汽发生器排污系统的水过滤器。

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输槽车转运至核废物厂房进行处理，核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在核废物厂房的废树脂贮槽中。废树脂在核废物厂房用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，通过屏蔽运输车转运至放射性固体废物暂存库装入 HIC 进行暂存。废树脂屏蔽运输槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂通过软管输送过程发生放射性物质泄漏。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液采取桶内干燥工艺，在核废物厂房桶内干燥器的 200L 钢桶中进行干燥，干燥后装有浓缩液干燥盐的 200L 钢桶经封盖和剂量检测后，通过屏蔽运输车转运至放射性固体废物暂存库，然后装入混凝土高完整性容器（混凝土 HIC）后暂存。

废水过滤器芯在核辅助厂房和核废物厂房通过下降通道装入 200L 钢桶中，然后通过屏蔽运输车转运至废物处理中心厂房，装有废过滤器芯的 200L 钢桶在废物处理中心厂房内通过夹层间吊运至废物处理中心厂房的水泥固定工位，进行水泥固定，然后经封盖和剂量检测后运送至放射性固体废物暂存库暂存。废过滤器芯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。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物。潮湿干废物经烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃杂项干废物进行必要的压实打包经暂存后外委焚烧处理；不可燃杂项干废物按是否可压进行分类处理，可压实部分经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定，不可压实部分装入 200L 钢桶直接水泥固定，经处理后送往放射性固体废物暂存库暂存。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全，运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施，降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。放射性废物运输车辆司机上岗前经过驾驶训练和培训，在运输过程中严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

7.3 其它事故

在本工程中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它一些影响环境的后果（例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

7.4 事故应急

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

7.4.1 厂址周围的人口分布

厂址半径 80km 范围内无百万人以上城镇。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口居住点。厂址半径 10km 范围内无 10 万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围内无学校、养老院、医院、监狱等难以撤离的特殊人群。厂址半径 5km 范围内无自然保护区；厂址 5km 范围有文物古迹一处，为奉旨永远封禁碑，该碑目前已迁移至象山县文物馆，工程结束后回迁至厂址 W 方位约 1.6km。厂址半径 5km 范围内有一处风景游览区，即风门口旅游区（未定级）。厂址半径 5km 范围内有 1 处规模以上企业，为象山苏宜矿业有限公司。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

象山县气象局设有气象台站，象山县最南端鹤浦镇杨柳坑设有气象区域站，按照国家基本气候站要求完成地面测报的业务工作。此外，厂址气象铁塔也可为核电厂事故应急提

供长期与实时的基础资料。截至 2021 年年底，象山县基本实现通讯全覆盖。应急情况下，厂址周围的公安、消防力量可以为场外应急、公众隐蔽和撤离等行动提供支持和帮助。

7.4.3 厂址周围交通条件

厂址半径 15km 范围，公路分布较少，无高速、国省干道，只有县道石三线（X508）和其他乡道及村道。

整体来看，厂址 15km 范围内为分散发展的村镇体系，整体道路等级较低，公路铁路不够发达，且道路等级低，以县道、乡道为主，为陆路交通阻隔的岛屿空间。厂址区域对外交通主要依靠 607 乡道，目前厂址进厂道路及应急道路已开工建设。

7.4.4 小结

从现有厂址环境条件来看，厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇，厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。厂址半径 5km 范围内人数较少，无学校、卫生院、敬老院、监狱等其他难以撤离的特殊人群。厂址半径 5km 范围内无自然保护区，有 1 处文物古迹，有 1 处风景游览区。厂址的气象观测条件有利于应急预案的实施。厂址周围交通道路等级较低，目前厂址进厂道路及应急道路优化设计工作已开工建设。从现有资料来看，厂址不存在实施应急预案难以克服的困难。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.4 质量保证

8.4.1 质量保证体系

8.4.2 质量控制措施

表

表 8.1-1 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测大纲

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

本工程气态和液态流出物是造成环境污染和居民受照剂量负担的主要来源，因此需要对气态和液态流出物进行重点监测。

本工程将设置电厂辐射监测系统，在液态和气态流出物的排放管道上设置监测通道，对液态和气态流出物进行连续监测和取样。同时本工程将设置流出物实验室，对气态流出物及液态流出物的取样样品进行测量分析。

流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规标准和核电厂的实际情况制定。

8.1.1.1 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- 监测释放到环境中的气态和液态流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值和核电厂规定的管理目标值；
- 为判明核电厂的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效，提供数据和资料；
- 为评价环境质量、估算公众所受的剂量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，鉴别其性质、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，可为核电厂在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.2 监测原则

制定本工程运行期间流出物监测方案遵循的主要原则包括：

- 满足国家标准法规提出的流出物监测管理要求。
- 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。
- 对于约定排放进行取样分析。
- 对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余设置。
- 根据国家标准规定的年排放控制值，制定合理的排放控制值和仪表的报警阈值。
- 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.4 气态流出物监测方案

气态流出物是核电厂对周围环境造成污染的主要途径之一，对核电厂气态流出物的排放监测和控制是防治环境污染措施的重要组成部分。本工程单堆布置，每台机组核岛厂房设置一个排风烟囱，每个烟囱均设有气态流出物连续监测和取样测量系统。

（1）气态流出物连续监测

a) 放射性惰性气体连续监测

烟囱放射性惰性气体监测分为运行状态放射性惰性气体监测和事故工况放射性惰性气体监测。低量程和高量程惰性气体 β 活度监测道按照事故后监测系统的要求进行设计，每台机组设置两列互为冗余的监测设备，泵及控制设备的电源均由保护组重要电源系统提供。由低量程惰性气体 β 活度监测道给出的高阈值报警信号自动联锁关闭安全壳内大气监测系统隔离阀和废气处理系统排放阀。惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统的要求进行设计。

b) 气溶胶连续监测

在烟囱设置气溶胶连续监测通道，对气溶胶的放射性水平进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。

c) 放射性碘连续监测

在烟囱设置放射性碘连续监测通道，对放射性碘水平进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。

（2）气态流出物取样测量

每台机组烟囱气态流出物连续监测管路并行设置了取样装置，对烟囱气态流出物中的气溶胶、碘、 ^3H 、 ^{14}C 流出物样品进行连续取样，对惰性气体样品进行定期取样，样品送至流出物实验室进行分析。

（3）烟囱气体取样代表性

烟囱气态流出物监测和取样通道的取样点设置在气体速度和浓度均匀分布的位置，采用单嘴取样头，以获得烟囱气态流出物具有代表性的样品进行测量。

8.1.1.4 液态流出物监测

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，作为液态流出物集中排放。液态流出物监测包括取样测量和排放时在线监测。液态流出物排放前，将样品在流出物实验室分析合格后才实施排放。

（1） 液态流出物连续监测

本工程设置有核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房。在核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房各设置一套监测仪表，其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液浓度，当排放废液活度浓度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。

（2） 液态流出物取样测量

在废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性活度浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性。样品在流出物实验室中采用高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。液态流出物样品的分析项目包括 γ 谱分析、氡、碳-14 等活度浓度测量。

（3） 液态流出物取样代表性

液态流出物在就地取样前，需要在贮槽内使所取的样品充分混合均匀后，进行取样分析。

8.1.1.5 地方环保部门监督性监测

为满足地方环保部门进行监督性监测，本工程建成后将采取一系列措施，这些措施主要包括：

- (1) 经常保持与地方环保部门联系，接受地方环保部门的监督与指导；
- (2) 积极配合地方环保部门进行流出物监督性监测工作，并为地方环保部门定期取样提供方便，包括：
 - a) 可根据需要向地方环保部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；
 - b) 提供烟囱中 ^{14}C 和 ^3H 样品给地方环保部门进行测量；
 - c) 从排放废液罐中提取废液样品时，同时为地方环保部门提取平行样品。
- (3) 向地方环保部门及时提供流出物监测月报；
- (4) 核电厂流出物监测及样品测量分析数据可随时供地方环保部门查询；
- (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

为了确保本工程运行期间的流出物对周围环境和居民的影响符合国家的有关规定，将在浙江金七门核电厂 1、2 号机组的辐射环境监测大纲基础上进行补充和优化，在厂内补充地下水监测井和环境监测站等设施，以满足本工程运行后辐射环境监测要求。本节主要

描述本工程运行期间的辐射环境监测方案。

8.1.2.1 监测目的

运行期间辐射环境监测的目的是：

- 测量环境介质中核素放射性活度浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估核电厂排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- 及时发现环境介质中放射性水平的变化，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；
- 监测海洋环境介质中核素放射性活度浓度是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.2 监测范围

根据国家有关法规，运行期间拟进行辐射环境监测的范围如下：

- 环境 γ 辐射水平监测范围为以核电厂为中心半径 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核电厂排水口为中心，最远半径为 10km，重点监测核电厂排放口附近的海域。

8.1.2.3 布点原则

本工程运行期间辐射环境监测布点将结合运行前的放射性调查布点和测量结果制定，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：

- 依据相关标准及技术规范，并充分结合厂址区域附近地区的地形等条件；
- 在浙江金七门核电厂 1、2 号机组运行期间的辐射环境监测大纲基础上进行补充和优化；
- 与运行前辐射环境调查保持适当比例的同位点；
- 陆地监测点以厂址为中心，呈辐射状布置监测点，近密远疏；
- 对关键居民组、居民密集区、主导风下风向及环境敏感点布设监测点；
- 环境 γ 辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向区域，周围没有高大的树木、建筑物；
- 海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- 土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；

- 气象塔的位置应适当地远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况；
- 厂址的设置与地方监督性监测子站设置位置互补，并考虑人口分布、风向、供电通信条件；
- 充分利用运行前调查所获得的资料，并在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。

8.1.2.4 监测项目

本工程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）气象观测

主要包括风速、风向、空气温度、相对湿度、降水量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素。

（2）环境 γ 辐射水平监测

主要测量的项目有环境 γ 辐射剂量率的连续监测、 γ 辐射累积剂量监测及非连续瞬时 γ 辐射剂量率监测。

（3）环境介质放射性核素活度浓度测量

气溶胶： ^{90}Sr 及 γ 能谱；

大气沉降物： ^{90}Sr 及 γ 能谱；

空气中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I ；

降水： ^3H ；

饮用水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 能谱，选择部分点位分析 ^{90}Sr 、 ^{14}C ；

地表水（水库、河流等）：总 β 、 ^3H 及 γ 能谱，选择部分点位分析 ^{14}C ；

地下水： ^3H 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱，选择部分点位分析 ^{14}C ；

肉类、水果、粮食、蔬菜等样品： ^3H （TFWT,OBT）、 ^{14}C 、 γ 能谱，每类选择一个样品进行 ^{90}Sr 分析；

牛奶：进行 ^{131}I 分析测量；

指示生物：根据浓集特性确定监测核素种类；

海水：总 β 、 ^{40}K 、 ^3H ，选择部分点位分析 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱；

海洋沉积物： ^{90}Sr 及 γ 能谱，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ；

海洋生物样品： ^3H （TFWT,OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 能谱；

土壤及底泥： ^{90}Sr 和 γ 能谱，每个方位最近的 1 个点加测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

8.1.2.5 测量方法

（1）实验室分析测量

实验室分析测量主要针对环境介质样品，主要包括：

a. 物理测量与分析

使用低本底 α/β 测量仪、低本底 γ 谱仪、低本底液体闪烁谱仪等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 γ 核素分析、 ^3H 和 ^{14}C 放射性活度测量。 $^{239+240}\text{Pu}$ 采用送至第三方检测机构方式进行测量。

b. 放射化学测量分析

放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的 ^{90}Sr 等核素进行测量分析。

（2）环境 γ 辐射水平监测

通过设置环境监测站进行环境 γ 辐射剂量率的连续监测；在环境中定点布设热释光剂量计，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；设置环境监测车/应急监测车进行核电厂周边环境 γ 辐射水平的移动监测，车上设有车载 γ 剂量率监测仪、便携式 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率监测仪及气象要素传感器等设备。

（3）气象观测

在气象铁塔及地面气象观测场设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器，用来连续观测厂址区域的局部气象状况。

8.1.2.6 配合地方环保部门监督监测

为了大力配合地方生态环境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：

- 为地方生态环境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；
- 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

核电厂事故工况下的环境应急监测是核电厂应急计划的重要组成部分，将制定本厂址应急环境监测大纲，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，环境应急监测大纲将随应急计划统一出版。在事故工况下，根

据应急监测大纲对环境中 γ 辐射水平及大纲中规定的环境介质进行快速取样，样品根据大纲要求和有关测量程序进行放射性测量。应急环境监测的监测设施和设备主要包括环境辐射与气象监测系统和环境实验室。

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

在本工程运行前，核电厂将委托编制温排水监测方案，运行后遵守核电厂生态环境相关的法规、规范的要求，对运行期温排水的影响范围进行监测。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物和生活污水对水环境的影响，计划对非放射性污染物进行监测。本工程生活污水排入浙江金七门核电厂 1、2 号机组已建的生产生活污水废水处理站，生产生活污水废水处理站工艺末端已设置在线仪表，监测项目包括流量、pH 值、水温、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷；并已设置取样口，定期监测悬浮物（SS）、色度、五日生化需氧量、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群数、总镉、总铬、总汞、总铅、总砷、六价铬、烷基汞等。拟在污水系统油水分离器排水管道上设石油类在线监测仪表，同时设置取样口，取样监测化学需氧量、氨氮、pH、总磷、总氮、悬浮物（SS）、动植物油、阴离子表面活性剂、色度（稀释倍数）、粪大肠菌群数（个/L）。除盐水生产厂房废水在废水中和池设 pH 在线监测仪表，同时设置取样口，取样监测化学需氧量、氨氮、pH、总磷、总氮、悬浮物（SS）、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、色度（稀释倍数）、粪大肠菌群数（个/L）。上述废水监测频次按《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）执行。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

本工程依托浙江金七门核电厂 1、2 号机组配套建设的流出物实验室（全厂共用），用于监测核电厂气态和液态流出物的样品，以确定被排放气态和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。

流出物实验室包括热准备间、冷准备间、低本底测量间、液闪测量间和 γ 谱仪测量间。其中热准备间用于核岛气液态流出物样品制样，冷准备间用于常规岛气液态流出物样品制样，低本底测量间用于测量流出物 α 、 β 核素的放射性，液闪测量间用于测量分析流出物的放射性水平， γ 谱仪测量间用于流出物 γ 谱放化测量。

流出物实验室需配备高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 测定仪、液闪计数仪、 ^{85}Kr 分离纯化设备等流出物监测用仪器和设备，来满足流出物监测的需求。

气态流出物和液态流出物的实验室监测项目及监测方法按照《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》[国核安发[2020]44 号]相关要求执行。

另依据《核电站辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》内容要求，浙江金七门核电厂 1、2 号机组建设期间，同时开工建设了独立的厂址监督性流出物实验室。监督性流出物实验室为全厂共用，用于当地环保部门执行核电厂辐射环境现场液态和气态流出物样品的化学和放射化学分析，测量结果为浙江省环境保护厅监督评价金七门核电厂址的流出物排放达标情况提供依据。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境辐射和气象监测系统

依托浙江金七门核电厂 1、2 号机组建设环境辐射和气象监测系统，用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续观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。本工程共用此环境辐射与气象监测系统，并新增 1 个环境监测站。

（1）气象站

气象站主要是对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录，主要设施包括气象观测塔和地面自动气象站，所配置的主要设备有气象塔、气象传感器、数据采集器、数据传输装置等。气象站观测的气象要素主要包括风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、天空净辐射。

（2）环境监测站

依托浙江金七门核电厂 1、2 号机组，将在厂区内建设 3 个环境监测站，在厂区外建设 5 个环境监测站，本工程将在浙江金七门核电厂 1、2 号机组基础上，在厂区内新建 1 个环境监测站，用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。环境监测站在主导风下风向、关键居民组布设站址，并综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等因素。

（3）环境监测车辆

依托浙江金七门核电厂 1、2 号机组，配置环境介质采样车、环境监测车和应急监测车，各车辆设备配置如下：

环境介质采样车：定期对本厂址周围环境中的各类环境介质进行采集、运输。采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

环境监测车：配置车载 NaI 谱仪探测器、车载自动气象监测仪、车载式气溶胶/碘取样器、便携式多道 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率仪、便携式 α/β 表面污染测量仪等便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备。

应急监测车：配置车载 NaI 谱仪探测器、便携式多道 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率仪、便携式 α/β 表面污染测量仪、手持风速风向仪等便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备。

（4） 应急监测子系统

应急监测子系统可连续测量环境 γ 辐射水平，在事故期间且固定式环境监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段。

（5） 中央数据处理站

中央数据处理站设置在应急指挥中心内，主要进行环境 γ 辐射和气象数据的接收、处理、存储。中央数据处理站主要设备包括环境 γ 辐射和气象数据的接收处理装置、中央数据处理计算机、中央数据服务器、操作工作站等。

8.3.2.2 环境实验室

依托浙江金七门核电厂 1、2 号机组建设环境实验室，本工程共用此环境实验室，用于对从本厂址周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。环境实验室测量的项目包括 γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、累积剂量测量分析等。

8.3.2.3 地下水监测井

本工程将设置 4 口地下水监测井，对厂区内地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析，以监测本厂址地下水的受污染情况。

8.3.2.4 监督性监测前沿站及监测子站

除核电厂各类环境监测设施外，同时依托浙江金七门核电厂 1、2 号机组建设辐射环境现场监督性监测系统供地方环保部门使用，本厂址辐射环境现场监督性监测系统中环境监测设施包括监督性监测前沿站和监督性监测子站。

8.4 质量保证

8.4.1 质量保证体系

8.4.1.1 组织机构

针对辐射监测特点，建立组织机构，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。

8.4.1.2 人员资格和培训

对从事辐射监测和质量管理人员培训、资格确认、任用、授权和能力等进行规范管理，确保这些工作人员达到并保持与其承担的工作相适应的水平。

8.4.1.3 质量管理制度

将制定流出物和环境辐射监测的质量管理制度，用于全流程的质量管理。

8.4.2 质量控制措施

将制定从方案制定、布点、样品采集、处理、分析测量、数据处理、结果评价到完成报告的全过程的质量控制措施。

8.4.2.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品。为达到此目的，采取了以下质量控制措施：

（1）制定采样计划，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）根据各类介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录。各种记录均有责任者签名。

（3）操作样品时具有防止交叉污染的措施。

（4）环境样品采集一定的平行样品以进行平行样测量分析和进行复检。

（5）样品的保存应附有可靠的标签和专门的记录。

8.4.2.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中的质量控制措施包括：

（1）样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注

意检查载体和标准溶液的质量。严格制备供放射性测量的样品。

（2）在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染。

（3）为了确定分析测量过程中的不确定度，采取相应的校正措施，包括：为了确定分析测量的精密度，采用平行样品分析测量；分析测量掺标样品或标准参考物质，以确定分析测量的准确度。分析测量时，采用与相应的待测样品相同的操作程序和修正已定的系统误差；分析测量空白样品，以发现和量度样品在预处理、分析测量过程中的沾污，并提供适当扣除本底的资料。空白样品与待测样品同时进行预处理和化学分析。

（4）为了发现监测设备和监测中可能存在的缺陷，验证环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性和可比性，参加国家和环境监测系统主管部门组织的实验室之间分析测量的比对和国际比对。

（5）对辐射监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。

8.4.2.3 数据处理中的质量控制

数据处理中的质量控制包括：

（1）每个样品从采样、预处理到分析测量有清楚、详细、准确的记录，监测结果将按规定进行保存。

（2）采用计算机或自动化设备进行监测数据的采集、处理、记录、结果打印、储存、检索时，应建立和执行计算机数据控制程序，在数据的采集、转换、输入、输出、储存等过程中，保证信息的完整性、数据处理过程的可溯性。数据处理的软件在投入使用前或修改后继续使用前需进行测试验证或检查，确认满足使用要求后方可使用。

（3）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。计算结果需进行校核。如果监测结果用回收率进行校准，应在原始记录的结果中明确说明并记录校准公式。

（4）对数据处理，其计算中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须进行复核。对计算结果的复核，由两人独立地进行计算或者由未参加计算的人员进行核算。

（5）对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。

（6） 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准。

（7） 对不符合质量保证要求的监测结果，必须进行审查、评价，并确定是否使用，还是废弃或采取补救办法。

表 8.1-1 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测大纲

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	以厂址为中心 NNE、N、NNW、NW、WNW 方位角的陆域范围设置 5 个环境监测站，在厂内设置 4 个环境监测站，共 9 个环境监测站（HD-1~HD-9）	γ 辐射剂量率	连续	10km
	γ 辐射剂量率	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 辐射剂量率	1 次/季	20km
	γ 辐射累积剂量	同 γ 辐射剂量率	γ 辐射累积剂量	1 次/季	20km
空气	气溶胶 ^a	主导风下风向（HD-2）	总 β 连续监测，当总 β 活度浓度大于该站点周平均值的 10 倍时，将滤膜样品取回实验室进行 γ 能谱分析	24 小时连续采样，1 次/天	10km
		主导风下风向厂区边界（HD-2）、主要居民点（HD-5）	γ 能谱， ^{90}Sr （年度混合样）	累积采样，1 次/月，采样体积不低于 10000m ³	10km
	沉降物 ^a	主导风下风向厂区边界（HD-2）、主要居民点（HD-5）	γ 能谱、 ^{90}Sr （年度混合样）	累积采样，1 次/季	10km
	气体	主导风下风向厂区边界（HD-2）、主要居民点（HD-5）	$^3\text{H}(\text{HTO})$	累积采样，1 次/周	10km
		主导风下风向厂区边界（HD-2）、主要居民点（HD-5）	^{14}C 、 ^{131}I	累积采样，1 次/月	10km
	降水	主导风下风向厂区边界（HD-2）、主要居民点（HD-5）	^3H	混合样品，1 次/月	10km

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		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}Sr 、 γ 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	^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 γ 能谱、每类选择一个样品进行 ^{90}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	^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 γ 能谱，每类选择一个样品进行 ^{90}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}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 ^c		预计受沉降影响的地表水；上游对照点	总 β 、 γ 能谱、 ^3H ，选择部分点位分析 ^{14}C	平、枯水期各 1 次	10km
	地表水沉积物		同地表水	^{90}Sr 、 γ 能谱，10km 范围内的水体加测 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	10km
	地下水 ^c	厂内监测井		γ 能谱、 ^{90}Sr 、 ^3H ，选择部分点位分析 ^{14}C	1 次/月，抽测	10km
		可能受影响的地下水、对照点			平、枯水期各 1 次	10km

监测对象		布点原则	监测项目	采样频次	采样范围
	饮用水 ^c	关键人群组饮水及可能受影响的水源	³ H、 γ 能谱、总 α 、总 β ，选择部分点位分析 ⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C	平、枯水期各 1 次	10km
	陆地水生植物 ^b	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	⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C、 γ 能谱	收获期 1 次/年	10km
陆地水	陆地水生动物 ^b	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	⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C、 γ 能谱	1 次/年	10km
海洋	海水 ^c	排放口附近海域；对照点	³ H、总 β 、 ⁴⁰ K，选择部分点位分析 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、 γ 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	⁹⁰ Sr、 γ 能谱，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年	10km
	海洋植物 ^b	排放口附近海域藻类等植物（含指示生物）	³ H(TFWT,OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、 γ 能谱（包括 ¹³¹ I）	收获期 1 次/年	10km
	海洋动物 ^b	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）	³ H(TFWT,OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、 γ 能谱（包括 ¹³¹ I）	1 次/年	10km
a. γ 能谱分析应重点关注核设施排放的特征核素，气溶胶及沉降物 γ 能谱分析项目为 ⁷Be（质控用）、⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁹⁵Zr、¹³¹I、¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、¹⁴⁴Ce 等放射性核素。 b. 生物、土壤、沉积物中 γ 能谱分析项目为 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁹⁵Zr、^{110m}Ag、¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、¹⁴⁴Ce 等放射性核素。 c. 水中 γ 能谱分析项目为 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹⁰⁶Ru、⁶⁵Zn、⁹⁵Zr、^{110m}Ag、¹²⁴Sb、¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、¹⁴⁴Ce 等放射性核素。					

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

浙江金七门核电厂 3、4 号机组由中核浙能能源有限公司作为业主公司负责投资、建设与运营。工程投产后，每年可向电网送电约 161 亿度，每年向国家和地方上缴数亿的税金。

9.1.2 建设运行带来的间接利益

9.1.2.1 社会效益

浙江省地处我国华东地区，是我国经济比较发达、综合经济实力较强的省份之一。由于受一次能源的制约，电力增长速度远远不能满足经济增长和人民的需要，本工程的建设可以更好地缓解当地电力不足的困难局面，促进该地区的工业发展。华东电网电源主要是燃煤的火电机组，燃煤供应、铁路运输和港口装卸很难满足要求。本工程的投产将进一步有效地解决能源供求矛盾，减轻燃煤运输和环境影响的压力。

核电厂项目投资大，资金需求大，建设周期长，建设期间和运行期间，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。本项目产生的建设期贷款，能够促进当地金融等服务产业发展。同时，本项目的建设能够优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展。核电厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。也有利于进一步促进当地的交通、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快华东地区的经济发展具有重要意义。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、标准化发展，并培养出一批核电站建设组织管理人才，为其后续机组和国内其它核电厂的建设培养人才。从而全面推动我国核电事业的发展。

9.1.2.2 环境效益

核电厂两台百万千瓦级核电机组的环境效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应。

火电厂释放的 CO_2 是全球 CO_2 重要来源，而 CO_2 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。而核电作为一种安全、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。本工程的建设，实际上相当于减少了同等容量火电厂的建设，有效减少了 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

核电厂建设项目环境保护费用分建设期的环保设施投资和运行期的环保费用。

本工程的项目计划总资金包括工程费用（建筑工程费、设备购置费及安装工程费）、工程其他费用（项目建设管理费、勘察设计和技术服务费、联合试运转费等）、预备费、建设期贷款利息、铺底流动资金及建设期可抵扣增值税等费用。

环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、环境整治（绿化等）和施工期环保投入费用。

运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费、退役基金等。其中乏燃料后处理费从投产后第六年开始提取。中低放废物处理处置费从投产后第一年年开始提取。退役基金从计算期第一年年开始提取。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

本工程厂区、生活区需要长期征用大量的土地。除了厂区、生活区用地外，还规定了核电站外边界半径 5km 范围内为规划限制区，在该地区内要限制人口机械增长、集中居民点建设和工矿企业及其它事业的发展。

本工程的运输包括施工期间大型设备、建筑材料的运输，生产期间的新燃料、乏燃料、固体废物运输以及正常的人员进出运输等，运输量非常大，不可避免地增加当地的运输负担。在建设过程中，本工程本身配套有进场道路、大件码头，可有效缓解当地交通的压力。同时，在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是有限的。

此外，本工程对于当地的公众舆论、舆情及社会稳定有一定的影响。核电作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性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，增强公众对核电项目建设与发展的接受与理解，有利于核电项目的顺利进行和营造更为和谐的核电发展环境。

9.2.2.2 环境代价

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。在施工过程中采取相应保护措施，建成后对厂区进行绿化，对厂区外进行相应生态恢复。同时，在施工期对陆域、海域环境进行监测、水土保持监测等，尽量减轻施工对环境产生的不利影响。

在正常运行期间，本工程设置了废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响在可接受的范围内。本报告书的前面章节已对本工程的环境影响做出了详细的论证。

综上所述，本工程是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于电力需求紧张，资源相对匮乏，经济发展迅速的地区，发展核电是解决能源问题的有效手段，是调整能源结构、实现区域经济可持续发展的重要保证。本工程的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

10.5.2 运行期间的环境影响

10.6 公众意见采纳情况总结

10.7 承诺

10.1 核电厂建设项目

浙江金七门核电厂位于浙江省宁波市象山县南田岛的南缘，猫头洋北岸，三面临海，属于滨海厂址。厂址规划建设六台“华龙一号”百万千瓦级压水堆核电机组，厂区统一规划，分期建设。本工程单台机组建设周期暂定为 54 个月，两台机组间开工时间间隔 10 个月。

浙江金七门核电厂 3、4 号机组采用“华龙一号融合技术方案 2.0 版”技术方案。核电建设要满足安全性、经济性、成熟性等要求。核电机组选择总体原则符合我国的实际情况，能充分利用我国的现有基础和条件；有利于提高核电的安全性和市场竞争力，降低造价，降低成本；有利于采用必要的、经验证的先进技术，促进核电设计的自主化和核电设备制造的本地化。

10.2 环境保护设施

本工程新建环境保护设施包括放射性辅助生产设施（包括核辅助厂房、核废物厂房、外运处理废物暂存库、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房及乏燃料离堆储存场地）、非放射性废物处理系统（包括含油废水处理站）、流出物监测及环境监测设施以及进行厂区绿化等。

废液处理系统收集、贮存和监测核电厂正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统向环境排放。废气处理系统用于处理核电厂正常运行工况和预计运行事件中产生的含氢放射性废气，以便将预期的放射性废气年释放量和核电站工作人员的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。固体废物处理系统的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂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。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其石油类指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准后，在子项内进行其余指标监测，若达到排放标准则直接排海，若超标则经室外生产废水管网排入生产生活污水废水处理站进一步处理。分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

为保证核电厂各系统运行的有效性，保护环境、公众和职业人员安全，金七门核电厂将设置完整而全面的流出物监测系统和能够覆盖整个厂址区域的环境辐射与气象监测系统，并且制订运行期间流出物和环境监测方案以及应急监测方案。

由此可预计，本工程废物处理系统的设计性能和流出物监测系统的预期效果，完全可以满足对核电厂周围环境保护的要求。

10.3 放射性排放

厂址 6 台机组共同运行状态下，各类气态和液态流出物年设计排放量均能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中排放量控制值要求，流出物槽式排放口处的流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素浓度低于 1000Bq/L，氚和 C-14 也低于各自的浓度限值，可以满足 GB6249- 2025 中对流出物排放浓度的控制要求。后续将结合电厂运行经验，进一步优化现实排放源项。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）对公众的辐射影响

本工程运行状态下估算公众的最大个人剂量时，流出物排放源项采用排放量设计值。本工程运行状态下，气液态流出物对公众的最大个人有效剂量为 $7.05\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，占本工程剂量约束值（ 0.08mSv/a ）的 0.88%。4 台机组运行状态下，气液态流出物对公众的最大个人有效剂量为 $1.40\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占一、二期工程个人剂量约束值（ 0.16mSv/a ）的 0.88%。

本工程运行状态下分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用现实排放源项。本工程运行状态下，关键居民组为厂址 N 方位 3~5km 处鹤浦镇小南田村的成人组，受到的最大个人有效剂量为 $3.29\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。气液态综合的关键途径为液态途径的岸边沉积造成的外照射途径，其所致的剂量为 $1.56\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 47.41%；其次为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，占气液态总剂量的 47.15%。各核素中的关键核素为 Co-60，它所致的剂量为 $1.55\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 47.20%；另外，C-14 和 Co-58 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 45.15%和 3.54%。

4 台机组运行状态下，关键居民组为厂址 N 方位 3~5km 处鹤浦镇小南田村的成人组，受到的最大个人有效剂量为 $4.74\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $2.32\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 49.07%；其次为液态途径的岸边沉积造成的外照射途径，占气液态总剂量的 44.30%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $2.11\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 44.48%；另外，Co-60 和 Fe-55 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 44.48%和 3.76%。

（2）对非人类物种的辐射影响

1) 水生生物

从影响率的结果来看，本工程两台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中

放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。四台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，四台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

2) 陆生生物

从影响率的结果来看，本工程两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

(3) 事故工况的辐射影响

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025），在厂址选择阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017RK）给出的准则对选址假想事故源项及其放射性后果进行分析和评价。

计算结果显示，厂址非居住区边界处（500m）的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 $1.22\text{E-}01\text{Sv}$ ，厂址规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内（30d）接受的有效剂量为 $4.19\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别为 GB 6249-2025 中剂量控制值的 48.80%和 16.76%。厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 2900 人·Sv，为 GB 6249-2025 中的集体剂量控制值的 14.52%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的相关规定以及选址假想事故条件下非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，浙江金七门核电厂 3、4 号机组厂址是适宜的。

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

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

（2）水土保持

本工程施工期间，将针对主厂区、道路码头区、取排水工程区、施工生产生活区等区域采取一系列措施进行水土保持，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。

（3）施工噪声

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。金七门村、杨柳坑村和水湖涂村 3 个村庄已完成搬迁工作，其次是距离厂址 3.1km 的牧童岙村，距离较远，预计不会出现扰民现象。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

（4）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。施工期道路路面上经常洒水，保持路面湿润。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

（5）对水环境的影响

本工程厂内施工临建区的生活污水通过污水管网汇集至 1、2 号机组临建区污水处理站，其设计规模为 $2 \times 2000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。生活污水经生化处理和深度处理符合相关标准后，回用于降尘、道路浇洒和洗车等。土建施工生产用水主要用于消耗和重复利用，施工生产废水除混凝土浇筑、养护、冲洗机具等损耗外，冲洗砂石排水沉淀后复用。调试期废水排入 1、2 号机组临建区污水处理站进行处理满足相关标准后，回用于降尘、道路浇洒和洗车等，剩余水量排海。因此，本工程陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

（6）固体废弃物的影响

施工期间的固体废弃物主要是建筑垃圾和生活垃圾。施工期间现场废物垃圾的处置主

要是制定相应的管理规定，并严格执行。如从源头控制，使废物垃圾产生的数量最小化；规划专用堆放场地，集中储存并做好防护措施，严禁乱倒乱卸，对建筑垃圾和弃渣的收集、堆放、处理规范化，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆及时外运，避免运输过程中的遗撒等。因此，固体废弃物对环境的影响是局部的和暂时的。

（7）对生态环境的影响

工程施工期需要对厂址场地进行平整，土石方挖掘工作也将破坏原有生境条件，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

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

（8）围填海工程的环境影响

本项目围填海工程已进行工程方案比选，尽量减少海域占用，工程施工期的影响主要为护岸施工产生的悬浮泥沙及疏浚占海影响；施工对周边海域生态环境及生态环境敏感区产生不利影响；施工人员生活污水、船舶底仓油污水、生活垃圾、废机油等固体废物及施工机械产生的废气和噪声等对周边环境产生不利影响；运营期无污染物产生，但填海占用海域，对潮间带、底栖生物造成损失；护岸建设对周边海域水动力冲淤、岸线变迁均有一定影响。

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号），本项目围填海工程位于 ZJ11C II/NB07C II 金七门核电温排水三类区，当前工程区域近岸海域环境功能区划正在调整，调整后本项目围填海工程位于金七门围填海四类区（ZJ42D II、NB22D II），满足金七门围填海海域使用功能的要求。

10.5.2 运行期间的环境影响

（1）温排水的影响

温排水扩散范围受涨落潮流影响，涨潮时温排水随潮流主流沿岸线向南、西南方向转移，低温升水随潮向南田湾扩散，落潮时温排水随潮流主流沿岸线向北扩散。

金七门核电厂 1~4 号机组运行时，温排水夏季 4℃ 和 1℃ 全潮最大温升包络面积分别为 2.37 km² 和 63.60 km²，冬季 4℃ 和 1℃ 全潮最大温升包络面积分别为 2.74 km² 和 68.18 km²。

本项目运行期温排水影响与《宁波市国土空间总体规划（2021-2035 年）》是相符合

的。

本项目运行期温排水夏季 1℃和冬季 2℃叠加全潮最大温升包络范围进入浙江象山花岙岛国家海洋公园生态保护红线约 0.05km²，面积很小，且不涉及该生态保护区本岛，仅涉及部分水域，未改变生态保护区海域自然属性，符合生态保护区要求。目前，正在开展生态红线不可避让的专题论证工作。

金七门核电厂 1~4 机组运行时温排水 4℃温升最大包络范围位于重点管控单元，符合该管控单元空间布局要求和污染物排放管控要求。因此，本项目运行期温排水符合“三线一单”的相关管控要求。

目前，工程海域的近岸海域环境功能区划的调整工作正在开展，调整后本项目除围填海工程外其余海工工程位于金七门核电温排水三类区（ZJ11CII、NB07CII），该功能区海水水温执行三类，其余水质指标执行二类，近岸海域环境功能区调整后，本项目运行期温排水与调整后近岸海域环境功能区是相符合的。

（2）生产废水和生活污水的影响

本工程运行期排放的生活污水和生产废水中的污染物指标满足相关标准要求。上述污水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。同时，运行期生产生活污水废水处理站处理后的再生水尽可能回用，回用剩余部分排放，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

（3）化学污染物的环境影响

海水淡化系统产生的废水中的化学物质主要存在于海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、海水淡化反渗透装置排出的浓盐水。由于海水预处理过程中所用的化学药品均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，含有悬浮物和氢氧化铝的沉淀泥浆水进入污泥浓缩池进行浓缩，浓缩后的固体物质进入污泥脱水机脱水，脱水后滤液回收至污泥浓缩池，污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。污泥浓缩池上清液排至海水排水系统，工艺流程中添加的混凝剂、助凝剂较少，且在工艺处理过程中消耗殆尽，与循环水排水混合后含盐量等指标与原海水基本相同，不会对环境造成影响。V 型滤池反洗排水回收至微砂高效沉淀池工艺进水端，不排放，不会影响附近海域的海水质量。

除盐水生产系统树脂再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于 2 g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的。《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》（GB3097-1997）中用于海水水质分类的项目指标。因此，不会影响附近海域的海水质量。

循环水处理系统对循环水系统和厂用水系统的直流冷却海水作加氯处理。加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（ NH_2Cl ）、二氯胺（ NHCl_2 ）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要的因素是残余氯在海区中的稀释与扩散，冷却水排入海域后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯亦得到稀释，不断扩散到海区中去，并进一步得到消耗。余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带和稀释，并非累积所致。根据相关专题研究成果，余氯相对较高浓度区主要分布在排水口附近，1~4 号机组运行时，全潮最大浓度 0.02mg/l 等值线包络面积不大于 1.15km^2 ，影响范围较小。

凝结水精处理系统用于净化二回路凝结水系统中离子态、悬浮物等杂质，包括去除凝结水中添加的氨和 ETA。凝结水精处理设备失效后，再生过程中投加 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将 pH 调至 6~9，再生废水中的主要物质是 NH_4Cl 、 $\text{C}_2\text{H}_8\text{NOCl}$ 和 NaCl ，通过泵送往常规岛废水处理站处理至满足浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 33/2169-2018）中新建城镇污水处理厂主要水污染物排放限值标准后，送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放。

废液处理系统在对废液进行处理前进行取样，必要时注入硝酸或氢氧化钠以调节其 pH 值，以确保处理后的液态流出物达标（ pH 值调节至 6~9）后排放。上述化学物质主要以 NaNO_3 的形式排放，符合《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）的相关标准，不会对环境造成影响。

冷冻水系统包括集中冷冻水生产系统和冷冻水分配系统，为保证系统功能，通过添加磷酸三钠调节冷冻水回路水的 pH 值。在正常运行工况下，上述化学物质不进入排放水中，对环境不会造成影响。检修时排水根据辐射分区不同分别排入非放射性生产废水系统或核岛疏水排气系统。

设备冷却水系统添加磷酸三钠作为 pH 调节剂，在正常运行工况下上述化学物质不进入排放水中，对环境不会造成影响。假如设备冷却水系统受到放射性污染，本系统内冷却水会缓慢排放至放射性废液收集处理系统中妥善处理，对环境不会造成影响。

常规岛废水处理系统用于贮存、处理华龙机组常规岛产生的常规污染物超标的潜在带放废液。废水中含盐量等指标与常规岛凝结水精处理再生废水基本相同，去除氨氮及有机物质后主要物质为 NaCl ，经处理至满足浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》

（DB 33/2169-2018）中新建城镇污水处理厂主要水污染物排放限值标准后，送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放，不会对环境造成影响。

综上所述，从浙江金七门核电厂厂址的自然条件和社会条件分析，能满足本工程建设的要求。本工程施工建设对环境的影响以及电厂正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律、法规、标准的要求。因此，从核电厂建设和运行对环境的影响角度看，建设本工程是可行的。

10.6 公众意见采纳情况总结

本项目在开展公众参与期间未收到公众提出的与项目环境影响评价相关的意见和建议。

10.7 承诺

本报告书给出的对本工程建造和运营单位在环境保护方面的承诺如下：

（1）将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。

（2）持续开展核电宣传、沟通工作，以得到周边公众对本项目的支持，配合地方政府维护良好的社会环境。

（3）项目施工过程中严格按照要求开展环境监测，加强施工过程环境管理，尽量减小施工对周边环境和公众的影响。