附件2

浙江金七门核电厂1、2号机组

环境影响报告书

（选址阶段）

中核浙能能源有限公司

二〇二三年六月

图册(文件)编号	
2016-J00HYK01	
共 1 册　第 1 册	
版次：A	状态：CFC

密级：

浙江金七门核电厂 1、2 号机组

工　程　号	2016
子项号或系统号	
子项或系统名称	
设 计 阶 段	可行性研究
工　　种	综　合
图册(文件)名称	环境影响报告书
	(选址阶段)
图册(文件)序号	一
批　　准	

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

中国核电工程有限公司

二〇二三年六月

打印编号：1682214248000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	695osm
建设项目名称	浙江金七门核电厂1、2号机组
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	91330000091692891X1
法定代表人（签章）	黄潜
主要负责人（签字）	姚子麟
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	91110000100002732 9
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
郑伟	05351323505130418	BH026934	郑伟

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
魏刚	第十章	BH026932	魏刚
高桂玲	第五章	BH026937	高桂玲
郑伟	第一章、第六章、第十一章	BH026934	郑伟
韩蕊	第四章	BH026658	韩蕊

薛娜	第七章	BH026661	薛娜
李京	第二章、第九章	BH026930	李京
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣

MODIFICATION

文件修改记录

REV	DATE	CHAPTER	PAGE	MODIFICATION
版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2023.06	-	-	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

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布及饮食习惯

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 其它环境影响

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 场内运输事故

7.3 其他事故

7.4 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其他监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 厂址比选

9.1 选址过程

9.2 候选厂址评价与比选

9.3 推荐厂址评价

第十章 利益代价分析

10.1 利益分析

10.2 代价分析

第十一章 结论与承诺

11.1 核电厂建设项目

11.2 环境保护设施

11.3 放射性排放

11.4 辐射环境影响评价结论

11.5 非放环境影响评价结论

11.6 公众意见采纳情况

11.7 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

1.1.2 建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

1.7.2 非辐射环境影响的评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.9.1 辐射影响防治措施

1.9.2 非放射性影响防治措施

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

1.10.2 非辐射环境影响评价范围

表

表 1.7-1 本工程流出物设计值及排放量控制值

图

图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

项目名称：浙江金七门核电厂1、2号机组

项目建设单位：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1、2号机组为新建项目。

中核浙能能源有限公司作为业主，负责核电厂的建设和运营管理。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

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。一期工程拟建设两台“华龙一号”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，机组电功率1200MWe，额定热功率3190MWt。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

浙江金七门核电厂1、2号机组直接和间接用于环境保护的费用的建设投资约占总项目计划总资金的3.92%。

资金筹措渠道主要包括资本金和国内金融机构贷款两个部分，拟通过以下途径筹措：项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资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

随着经济社会的持续快速发展，浙江省的能源消费呈现了较快的增长趋势。浙江省一次常规能源资源匮乏，目前全省的煤炭、石油、天然气等一次能源绝大部分靠省外调入。为了满足浙江省今后长远经济建设发展的需要，减轻环境压力、推进节能减排，调整能源结构、保障能源安全，核电建设的需求越来越明显。

1）持续保障供电、满足用电需求。

随着浙江省电力需求的持续快速增长，“十四五”及以后浙江省的电力缺口逐年增大。金七门核电建成投产后，对于满足浙江省电力电量需求、保障经济社会稳定发展具有有利作用。

2）减轻环境压力、推进节能减排

目前浙江省电力工业对一次能源的需求主要以煤炭为主，长期以来，煤电装机容量在浙江省总装机容量中的比例一直较大。截至2021年底，浙江电网全口径装机容量10857万千瓦，其中火电装机容量6462万千瓦，占总装机容量的59.5%；水电装机容量1278万

千瓦，占11.8%；核电装机容量911万千瓦，占8.4%；太阳能装机1842万千瓦，占17.0%。

核电是一种技术成熟的清洁能源，与煤电相比，核电不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物和二氧化碳。根据测算，单台百万千瓦核电发电机组替代相应容量脱硫脱硝煤电机组后，可以减少SO_2年排放量约1650吨、NO_2年排放量约1800吨、CO_2年排放量约572万吨。以核电替代部分煤电，不但可以减少煤炭的开采、运输所带来的问题，而且是电力工业减排污染物的有效途径。

3）调整能源结构、保障能源安全

浙江省煤炭资源匮乏，煤炭供应基本依靠外省调入和进口。在浙江省大量发展燃煤电厂给煤炭生产、运输和环境保护带来很大压力。

积极安全有序发展核电成为我国优化能源结构、保障能源供给安全、实现双碳目标、应对气候变化的重要手段。金七门核电项目的建设有利于缓解浙江省能源需求和节能减排所带来的双重压力，能有效改善浙江省的能源供应结构、实现一次能源的多元化，对于保障浙江省的能源安全和经济安全具有重要意义。

1.5 建设项目的进度

浙江金七门核电厂1、2号机组单台机组建设周期为60个月，两台机组间开工时间间隔10个月，其中1号机组预期于2028年底建成投产。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

本报告书编制主要依据为《浙江金七门核电厂一期工程（华龙一号）可行性研究阶段技术服务合同》。同时，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。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.6.2.1 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）；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月5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9月1日）；
- 《中华人民共和国土地管理法》（2020年1月1日）；
- 《中华人民共和国突发事件应对法》（2007年11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与海洋环境管理条例》（2018年3月19日）；
- 《中华人民共和国海域使用管理法》（主席令61号，2001年）
- 《放射性废物安全管理条例》（2012年3月1日）；
- 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010年12月22日）；
- 《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局［1997］第18号令）；
- 《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规定》（HAF401，1997）；
- 《浙江省海洋环境保护管理条例》（2017年9月30日）；
- 《浙江省水土保持条例》（2020年11月27日）；
- 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2018年3月1日）等。

1.6.2.2 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 地面水环境》（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 输变电工程》（HJ24-2020）；
- 《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》（GB6249-2011）；
- 《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》（GB12763.1～7-2007）；
- 《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）；
- 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）；
- 《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一般规定》（GB8999-2021）；
- 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- 《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》（GB12523-2011）；
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；
- 《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）；

- 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-93）；
- 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB 9132-2018）；
- 《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》（EJ 1042-2014）
- 《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（GB 12711-2018）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）；
- 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996）；
- 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）；
- 《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）；
- 《海水淡化浓盐水排放要求》（HY/T 0289-2020）等。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

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》（GB 6249-2011）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 GB6249-2011 的规定："任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质，对公众中任何个人造成的有效剂量每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值"，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 1、2 号机组剂量约束值为 0.08mSv/a。

根据 GB 6249-2011 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 6.2 条款规定值的 4 倍以内，具体如下：

（a）气载流出物

——惰性气体， 2.4×10^{15} Bq/a；

——碘， 8.0×10^{10} Bq/a；

——长寿命粒子（$T_{1/2}\geq8d$）， 2.0×10^{11} Bq/a；

——氚， 6.0×10^{13}Bq/a；

——C-14， 2.8×10^{12}Bq/a。

（b）液态流出物

——氚， 3.0×10^{14} Bq/a；

——C-14， 6.0×10^{11}Bq/a；

——其余核素（除氚、C-14 外）， 2.0×10^{11} Bq/a。

本工程拟定的流出物排放量控制值为厂址控制值的 1/3，本工程采用华龙一号技术融合方案，见表 1.7-1。

本厂址属滨海厂址，液态流出物排放浓度执行 GB6249-2011 第 6.8 条规定的要求，即：即：槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素的排放浓度不超过 1000Bq/L。

（2）事故工况下的剂量控制值

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

（3）海水中的放射性核素浓度标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，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 非辐射环境影响的评价标准

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)。

（3）厂址海域海水水质执行调整后的浙江省近岸海域环境功能区划规定的水质标准限值要求。核电厂排放口所在海域为金七门核电温排水三类区，海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中三类标准。核电厂码头附近海域为金七门核电填海及码头四类区，海水水质均执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中四类标准。

（4）厂址及周边区域电磁辐射环境现状评价执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中标准限值的要求。

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/m^3，监控点处任意一次浓度值执行30mg/m^3。

（2）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。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。

（3）施工期、运行期生活污水处理站排水中的COD、总氮、氨氮和总磷等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）中的一级A标准；海水淡化系统的浓盐水排放执行《海水淡化浓盐水排放要求》（HY/T 0289-2020）；其他非放射性废水（除石油类）排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级A标准及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018），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》（GB 18918-2002）中的一级B标准。

1.8 工程组成

浙江金七门核电厂1、2号机组主体工程为核岛、常规岛和配套设施BOP工程。

1.9 环境保护措施

本工程拟采取的环境保护措施包括设置核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、常规岛含油污水处理、放射性机修及去污车间、厂区三废处理设施及环境保护工程、核岛辐射监测系统等，以及进行厂区绿化等。

（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（RVD）、废液处理系统（ZLT）、废气处理系统（ZGT）和固体废物处理系统（ZST）等。它们分别用以收集、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（RVD）分成反应堆冷却剂疏水子系统、工艺疏水子系统、化学疏水子系统、地面疏水子系统、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（ZBR）、废气处理系统（ZGT）和废液处理系统（ZLT）进行处理。

废液处理系统（ZLT）的功能为收集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（ZGT）的功能为处理反应堆正常运行期间和预计运行事件情况下产生的含氢放射性废气和含氧放射性废气。含氢废气采用压缩贮存衰变的方法降低废气的放射性浓度。衰变处理后，废气经在线连续监测排至核辅助厂房通风系统（VNA）。含氧废气经过碘过滤器除碘后由排气风机排至通风系统，经通风系统的排气进行稀释以后排向烟囱。

固体废物处理系统（ZST）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。ZST系统根据废物的不同类型和性质对其分别进行处理使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

（2）非放射性影响防治措施

①污水处理设施

本工程拟新建生活污水处理站、非放射性含油废水处理站等污水处理设施。

本工程生产区、厂前区和部分施工临建区的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级A标准，以及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表2排放浓度限值要求后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海。生活污水处理站设计规模1500m^3/d。生活污水处理站建成前在人员相对集中的地方设置旱厕，人员分散的地方如有需要设置移动式环保厕所，定期清掏处理。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含

油废水，汇集至非放射性含油废水处理站。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级B标准，排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为$10m^3/h$，每套设备设计处理能力为$5m^3/h$。

②噪声污染防治措施

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

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

③固体废物污染防治措施

a.一般工业固废

正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量的工业固体废物，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。淡水厂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《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89），本工程辐射环境影响的评价范围为以1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，厂址半径80km评价子区划分示意图见图1.10-1。

1.10.2　非辐射环境影响评价范围

（1）大气环境

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）、《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）以及厂址周围敏感点的分布情况，本次大气环境影响评价范围为厂界及厂外5km范围内主要敏感点。

（2）声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）、《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）以及厂址周围敏感点的分布情况，本次声环境影响的评价范围为厂界外1m及厂外5km范围内主要敏感点。

（3）水环境

温排水评价范围参照《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ2.3-2018）、《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT19485-2014）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

（4）电磁辐射

工频电场强度、工频磁场强度：以开关站为中心，半径0.5km的圆形区域以及电力出线送电走廊两侧50m带状区域。

射频综合场强：调查范围为核电厂厂址周围5km范围内环境敏感区域。

（5）生态环境

陆生生态环境的现状调查评价范围为厂址半径10km；水生生态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，两侧沿岸向外延伸距离各30km，向海延伸50km范围的海域。

表 1.7-1　本工程流出物设计值及排放量控制值

单位：Bq/a

类别	项目	本工程设计值 Bq/a	本工程流出物排放量控制值 Bq/a	设计值占控制值的百分比
气载流出物	惰性气体	1.17E+14	8.00E+14	14.63%
	碘	1.92E+09	2.70E+10	7.11%
	粒子 ($T_{1/2}$≥8d)	1.87E+08	6.70E+10	0.28%
	氚	9.20E+12	2.00E+13	46.00%
	C-14	7.32E+11	9.30E+11	78.71%
液态流出物	氚	9.20E+13	1.00E+14	92.00%
	C-14	5.38E+10	2.00E+11	26.90%
	其余核素	1.30E+10	6.70E+10	19.40%

图 1.10-1　厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置及周围情况描述

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、交通及其他相关设施

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

表

表 2.4-1 厂址周边气象站基本情况

表 2.4-2 厂址大气扩散参数

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

表 2.4-4 地面观测主要气象要素技术指标一览表

图

图 2.4-1 石浦站各季和年的风玫瑰

图 2.4-2 铁塔各高度年均风玫瑰（2019.10~2020.9）

图 2.4-3 地面气象站各季及年均风玫瑰图(2019.10~2020.9)

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置及周围情况描述

（1）浙江金七门核电厂1、2号机组项目（以下简称本项目）厂址位于浙江省宁波市象山县鹤浦镇金七门村，地处南田岛南缘，猫头洋北岸。

厂址北北东距舟山市约106km（直线距离，下同），西北距象山县约42km、距宁波市约89km、距绍兴市约170km、距杭州市约220km，西距三门核电厂约31km，西南距台州市约62km，西南距南山岛约200m。

厂址规划容量为6台华龙一号压水堆核电机组，统一规划，分期建设。一期工程建设两台机组。

厂址半径5km范围内没有万人以上的居民点。金七门村位于厂址处，将被移民拆迁；厂址半径5km范围没有学校、无乡镇卫生院及以上级别的医疗卫生机构、无监狱，有一个居家养老服务中心，距厂址约5km。

厂址15km半径范围内有2个部队，另有油库和弹药库。

厂址半径5km范围内无工业企业，无危化生产企业，无省级以上自然保护区，无文物古迹，距厂址5km处有建筑用石凝灰岩的开采。

厂址半径5km范围内的风景游览区有1处，为象山县鹤浦镇的风门口海上森林公园，距离5km，方位北北东。

厂址南南东方向9km左右有县道石三线通过，8km左右有614乡道通过；东南侧200m左右有南金线通过；南侧10km左右有南双线通过。厂址附近移动危险源主要为运送油料的运输车辆，路上危险品运输车辆为8吨槽罐车，运输路线距厂址最近距离0.2km。

厂址附近5km范围有海上危险品运输，工具为渔船，其航道距离厂址最近处约2公里。

厂址半径15km范围内无民用机场，厂址半径4km范围内没有空中航线。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.1.2.1 厂址边界

厂址边界为征地红线，包围生产区、厂前建筑区、其他设施区、边坡工程、防排洪设施等。

厂址主要土地类型为农用地（林地、园地），其他用地（海洋用地、沿海滩涂、特殊用地），少量为建设用地（居民地）。

施工场地包括施工临建场地、施工临时堆场及施工生活区等。

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）给出的准则对选址假想事故源项及其放射性后果进行分析和评价。该准则采用设计基准大破口失水事故（DBALOCA）作为选址假想事故。华龙一号机型设计采用双层安全壳，堆芯熔化后释放到安全壳大气中的放射性核素，经安全壳环形空间的滞留与过滤排放释放到环境中。事故工况短期大气弥散因子采用《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》（NB/T 20182-2012）中推荐的模式和方法进行计算。计算得到选址假想事故工况下场外公众的受照剂量，计算结果显示，厂址拟定非居住区边界处（500m）的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 1.02E-02Sv，厂址拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内（30d）接受的有效剂量为 1.97E-03Sv，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 4.08%和 0.79%。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定，选址假想事故条件下厂址拟定非居住区边界及拟定规划限制区边界处公众受到的有效剂量，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。

为了贯彻节约集约用地的国策，非居住区范围内只征用核电厂建设用地。

2.2 人口分布与饮食习惯

本节内容根据浙江国辐环保科技有限公司于 2020 年 10 月份完成的《浙江金七门核电项目环境资料调查报告》进行编制。

厂址半径 80km 范围内涉及浙江省宁波市的鄞州区、宁海县、北仑区、奉化区、象山县，台州市的三门县、天台县、温岭市、黄岩区、路桥区、临海市、椒江区及舟山市普陀区部分行政区。人口调查的资料和数据来源于：厂址半径 5km 范围内按每个自然村进行了详细调查；厂址半径 5～20km 范围内按照每个乡镇进行调查。厂址半径 20～80km 范围内的人口分布，依据统计部门 2018 年各乡镇人口数据获得。

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 范围内涉及象山县鹤浦镇的 6 个行政村，2019 年底共有人口约四千人。距离厂址最近的行政村是鹤浦镇所辖的金七门村，位于厂址的 N 方位约 0.7km 处，2019 年人口数约七百人；人口最多的行政村是鹤浦镇所辖的小南田村，位于厂址的 N 方位约 4.4km 处，2019 年人口数约一千人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口居住点。

厂址半径 5km 范围内有 1 所敬老院，没有学校、幼儿园、医院以及监狱。

2.2.1.2 厂址半径15km范围内的重要居民点

厂址半径15km范围内主要涉及鹤浦镇、高塘岛乡、石浦镇共两镇一乡，共计47个行政村，共有人口约五万人。距离厂址最近的千人以上行政村是象山县鹤浦镇的小南田村位于厂址的N方位约4.4km处，2019年总人口数约一千人；人口最多的行政村是象山县鹤浦镇樊岙村，位于厂址的N方位7.3km处，2019年人口数约三千人。厂址半径10km范围内没有10万人以上的城镇。

厂址半径15km范围共有7所学校、2家医院、7家敬老院，没有监狱、拘留所。

2.2.1.3 流动人口

厂址半径15km范围涉及鹤浦镇、高塘岛乡和石浦镇，厂址位于鹤浦镇，厂址半径15km范围内长期流入人口约25000人，流出人口约8000人。

厂址半径5km范围内长期流动人口以流出为主。流入人口为52人，以落户为主，主要集中在水湖涂村，流出人口260人，以外出经商务工为主，流动人口总数为312人。

2.2.2 厂址半径80km范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径80km范围内的人口分布

厂址半径80km范围内2018年末有人口约370万人。

厂址半径80km范围内平均人口密度高于浙江省同期的按陆域面积平均的人口密度。

2.2.2.2 厂址半径80km范围的人口中心和城镇

厂址半径80km范围内涉及浙江省宁波市的鄞州区、宁海县、北仑区、奉化区、象山县，台州市的三门县、天台县、温岭市、黄岩区、路桥区、临海市、椒江区。厂址半径80km范围内无百万人口以上的城市，有6个10万人以上的城镇，距离厂址最近的10万人以上城镇是宁波市象山县城区，位于厂址N方位48.2km处，人口数约12万人。

2.3 土地利用及资源概况

本节参考浙江国辐环保科技有限公司于2020年10月份完成的《浙江金七门核电项目环境资料调查报告》进行编制。

2.3.1 土地和水体的利用

(1) 土地利用

厂址位于浙江省宁波市象山县鹤浦镇，象山县土地总面积139387公顷，其中耕地面积23509公顷，园地面积7194公顷，林地面积60968公顷，其他农用地面积1771公顷，建设用地中有居民地及工矿用地14195公顷，交通运输用地2732公顷，另外还有26775公顷的水域及水利设施用地和2243公顷的自然保留地。

厂址半径 10km 范围内仅涉及鹤浦镇，厂址所在鹤浦镇所辖区域范围的总面积 9954 公顷，其中农业用地面积 7393 公顷（占 74.3%），建设用地面积 758 公顷（占 7.6%），其他面积 1803 公顷（占 18.1%）。

厂址所在位置的主要土地类型有林地、沿海滩涂、村庄、园地、特殊用地（金七门农村飞入地）等。

(2) 自然保护区及人文遗迹

厂址半径 15km 范围内没有省级以上的旅游度假区和风景名胜区。厂址半径 15km 范围内常见的旅游度假区和风景名胜区有 3 处，分别为象山县鹤浦镇的风门口海上森林公园、大沙沙滩和高塘岛乡的花岙石林景区，距离厂址最近的是风门口海上森林公园，位于厂址 NNE 方位 5km 处，为一级旅游资源。

厂址半径 15km 范围内有两处文物古迹，分别是高塘岛乡的花岙兵营遗址和鹤浦镇的大百丈岩画，花岙兵营遗址位于厂址 W 方位 12km 处，为国家级文物保护单位；大百丈岩画位于厂址 N 方位 12km 处，为省级文物保护单位。

厂址半径 15km 范围内无省级以上自然保护区。

(3) 河流水库

厂址半径 15km 范围内共涉及 4 个水库，分别是樊岙水库、大乌岩水库、黄金坦水库和小百丈水库，4 个水库均为饮用水源区。

厂址半径 15km 内仅有 1 条河流樊岙河，主要用于农业和工业。

(4) 矿产

厂址半径 15km 范围内有两处涉矿企业，距离厂址最近的是象山苏宜矿业有限公司，位于厂址 WNW 方位 4.6km 处，目该公司目前已投产，开采证于 2024 年到期，有员工 70-80 人，每年开采 555.3 万吨，开采矿种为建筑用石料；另一家涉矿企业是宁波亚盛建设有限公司，位于厂址 N 方位 14km 处，该矿产企业规模较小，每年开采 33 万吨，开采矿种为建筑用花岗岩。

2.3.2 陆生资源及生态概况

本节依据浙江国辐环保科技有限公司于 2020 年 10 月完成的《浙江金七门核电项目环境资料调查报告》和中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 12 月完成的《浙江金七门核电项目陆生生态调查专题报告》编制。

2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围主要农作物分类如下：

粮食作物：稻谷、小麦、大麦、薯类、豆类；

油料作物：油菜籽、花生、芝麻等；

蔬菜：叶菜类、根茎类、果实类、水生菜类；

水果：柑桔、杨梅、枇杷等；

其他作物：棉花等。

2.3.2.2 畜牧业情况

金七门厂址半径 80km 范围内家畜家禽主要包括猪、牛、羊、家禽和家兔。猪是评价区内最主要的家畜，是当地居民肉类的主要来源。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

根据浙江省林业局 2019 年年底公布数据，全省现有林地面积 9903 万亩，活立木总蓄积 3.85 亿立方米。

象山县的矿产资总体特征为建筑石料矿资源丰富，其它矿产资源量小。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

2.3.2.4.1 调查方法和时间

本项目采取资料搜集和现场调查相结合的方式，资料搜集的调查范围以核电厂厂址半径不小于 80km 的陆域；现场调查的调查范围以核电厂厂址半径不小于 10km 的陆域。春季调查时间为 2020 年 4 月 14 日-16 日，夏季调查时间为 2020 年 7 月 5 日-7 日。

2.3.2.4.2 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。

调查区苔藓植物数量较多的是丛藓科、细鳞苔科、曲尾藓科。

（2）维管植物

金七门厂址陆域 10km 半径范围内分布有维管束植物共 149 科 466 属 773 种。其中蕨类植物 21 科 34 属 48 种；裸子植物 7 科 10 属 13 种；被子植物 121 科 422 属 712 种。

自然植被包括常绿阔叶林、落叶阔叶林、暖性针叶林、针阔混交林、暖性竹林、常绿阔叶灌丛、落叶阔叶灌丛、暖热性疏灌草丛和草本沼泽，调查区内有较多的人工植被，包括常绿果林植被、落叶果林植被等主要植被类型。

（3）优势种

调查区的乔木类优势种有木荷、柯、樟、麻栎、椿叶花椒、湿地松、马尾松、杉木等，灌木类优势种有冬青卫矛、滨柃、檵木、雀梅藤、茅莓、海州常山等，草本群落优势种有五节芒、蕨、火炭母、南苜蓿、蝇子草等，海滨滩涂地草本优势种有盐地碱蓬、互花米草等。

（4）保护野生植物和古树名木

经实地调查及查询相关文献，调查区内分布的当地政府有登记在册的古树名木有2种，朴树和樟各1株，其中樟为国家II级保护植物。

2.3.2.4.3 动物

（1）鸟类

根据资料调研浙江金七门核电厂址周边陆域10km调查范围统计到鸟类有15目48科142种；小鹡鸰、棕头鸦雀、大山雀、黄眉柳莺、白鹭、麻雀以及针尾鸭、绿翅鸭、绿头鸭、斑嘴鸭等雁鸭类，黑腹滨鹬、红颈滨鹬、环颈鸻、白腰杓鹬等鸻鹬类数量多为优势种。

根据现场调查，在厂址半径10km范围记录到鸟类17目41科98种，从目级水平统计，雀形目的种类最多；从科级水平统计发现，鸭科最多。

根据资料收集，浙江金七门核电厂址10km调查范围均在象山县内，分布有属于国家二级保护鸟类有5种，为普通鵟、红隼、草鸮、斑头鸺鹠和仙八色鸫；属于浙江省重点保护的鸟类有22种，为画眉、黄胸鹀、伯劳科、啄木鸟科、鸭科的种类等。

浙江金七门核电厂址10km调查范围均在象山县内，分布有普通鵟和红隼、草鸮2种国家二级保护鸟类；属于浙江省重点保护的鸟类有9种，为棕背伯劳、戴胜、画眉、黑尾鸥、绿头鸭、绿翅鸭、针尾鸭、斑嘴鸭以及大鹰鹃。

（2）哺乳动物

调查区域共记录有哺乳动物种类5目6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3种；其他科各1种。

调查样线区域内无国家重点保护哺乳动物，分布有浙江省重点保护哺乳动物黄鼬。

（3）两栖、爬行动物

①两栖动物

现场调查记录到的两栖动物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，蟾蜍科和叉舌蛙科最多，各2种；其他科各1种。

项目调查区分布无国家重点保护动物，分布有浙江省重点保护动物东方蝾螈1种。

②爬行动物

调查区记录到的爬行动物1目6科9种。爬行动物仅1目，从科级水平统计，石龙子科最多，有3种；游蛇科第二，有2种；其他科各1种。

调查样线区域无国家级保护动物，分布有浙江省重点保护动物宁波滑蜥、舟山眼镜蛇、滑鼠蛇、王锦蛇4种。

（4）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。

（5）环节动物

本次调查在调查区共记录有2纲3目3科4种。

（6）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。

（7）飞行类昆虫

在调查区共记录有14目87个科369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）。

2.3.2.4.4 生态红线

根据《宁波市生态保护红线划定方案（2018年12月）》，厂址半径10km范围涉及象山县南田岛森林公园生物多样性维护、水土保持生态保护红线。

此外，距厂址较近的生态保护红线另有3处，分别为象山县花岙岛地质公园其他生态功能生态保护红线、象山县大塘港水库饮用水水源保护区水源涵养生态保护红线和象山县中部及西部水源涵养林保护区水源涵养、水土保持、生物多样性维护生态保护红线。生态红线与厂址距离均大于1.8km。

2.3.2.5 距离反应堆最近的菜田、农田、养殖场等

厂址半径10km范围内各方位最近的菜田为N方向和NNW方向3km，最近的农田为N方向和NNW方向3km，最近的养殖场为SW方向1km。

2.3.3 水产资源及水生态概况

本节依据浙江省海洋水产研究所农业农村部渔业环境及水产品质量监督检验测试中心(舟山)于2020年11月完成的《浙江金七门核电项目邻近海域海洋生态环境调查及分析

评价》和2020年11月完成的《浙江金七门核电项目邻近海域海洋渔业资源调查及分析评价》编制，调查时间为2019年8月、2019年10月、2019年11月、2020年2月和2020年4月。

2.3.3.1 厂址附近海域海洋沉积物质量

评价海域沉积物中，秋季、春季石油类、有机碳、硫化物、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷的含量均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）中第一类海洋沉积物质量标准。

2.3.3.2　厂址邻近海域中的海洋生物

厂址半径15km范围内海域生态情况如下：

（1）叶绿素a和初级生产力

夏季，叶绿素a含量平均值为0.694μg/L；初级生产力平均值为15.092mgC/m·d。

秋季，大潮期间，叶绿素a含量平均值为0.892μg/L；初级生产力平均值为62.052mgC/m·d；小潮期间，叶绿素a含量平均值为1.851 μg/L；初级生产力平均值为83.682mgC/m·d。

冬季，叶绿素a含量平均值为0.177μg/L；初级生产力平均值为6.691mgC/m·d。

春季，叶绿素a含量平均值为0.627μg/L；初级生产力平均值为28.206mgC/m·d。

（2）微生物

夏季水中每个站位均未检出粪大肠菌群。

秋季大潮水中粪大肠菌群范围为20~130 MPN/L。秋季小潮粪大肠菌群范围为20~130 MPN/L。

冬季水中粪大肠菌群范围为20~70 MPN/L。

春季水中粪大肠菌群范围为20~130MPN/L，平均值为50MPN/L。

（3）浮游植物和赤潮生物

i　浮游植物

夏季，调查海域调查期间共获有浮游植物4门73种。其中，硅藻门60种，甲藻门10种，蓝藻1种，绿藻2种。秋季，调查海域调查期间共获有浮游植物5门94种。其中，硅藻门69种；甲藻门17种，蓝藻2种，绿藻4种，金藻门2种。冬季，调查海域共获有浮游植物5门87种。其中，硅藻门63种，甲藻门17种，蓝藻1种，绿藻4种，金藻门2种。春季，调查海域共获有浮游植物5门90种。其中，硅藻门65种，甲藻门17种，蓝藻2种，绿藻4种，金藻门2种。

ii　赤潮生物

此次调查中，共发现赤潮生物35种，其中硅藻门24种，甲藻门10种，蓝藻门1种。夏季，共发现赤潮生物26种，其中硅藻门18种，甲藻门8种。秋季，发现赤潮生物32种，其中硅藻门21种，甲藻门10种，蓝藻门1种。冬季，发现赤潮生物30种，其中硅藻门20种，甲藻门10种。春季，发现赤潮生物32种，其中硅藻门22种，甲藻门10种。此次调查的浮游植物优势种琼氏圆筛藻和中肋骨条藻均为常见的赤潮生物。

（4）浮游动物

夏季，共采获有大型浮游动物 14 类 56 种，桡足类 18 种，水母类 11 种，浮游幼体 7 种，毛颚动物 4 种，甲壳类 3 种，多毛类、磷虾类、糠虾类、端足类各 2 种，翼足类、介形类、樱虾类和背囊动物各 1 种。

秋季，大潮期间共采获有大型浮游动物 13 类 71 种，桡足类 28 种，水母类和浮游幼体各 10 种，软体动物 5 种，糠虾类 4 种，毛颚动物 3 种，甲壳类、磷虾类、和端足类各 2 种，介形类、樱虾类、背囊动物和多毛类各 1 种。小潮期间，共采获有大型浮游动物 12 类 67 种，桡足类 27 种，水母类和浮游幼体各 10 种，毛颚动物 4 种，软体动物和多毛类各 3 种，磷虾类、糠虾类、甲壳类和钩虾类各 2 种，枝角类和樱虾类各 1 种。

冬季共采获有大型浮游动物 10 类 43 种，桡足类 24 种，水母类和浮游幼体各 4 种，毛颚动物、甲壳类、端足类和多毛类各 2 种，磷虾类、樱虾类和背囊动物各 1 种。

春季共采获有大型浮游动物 13 类 93 种，桡足类 43 种，水母类 17 种，浮游幼体 11 种，糠虾类 5 种，毛颚动物 4 种，被囊动物 3 种，端足类、介形类和软体动物各 2 种，磷虾类、十足类、涟虫类和多毛类各 1 种。

（5）底栖生物

夏季共采集到大型底栖生物 6 大类 31 种，其中多毛类 12 种，软体动物 9 种，甲壳类 5 种，棘皮动物 3 种，纽形动物门 1 种，鱼类 1 种。

秋季共采集到大型底栖生物 6 大类 70 种，其中多毛类 31 种，软体动物 19 种，甲壳类 11 种，棘皮动物 4 种，鱼类 5 种。

冬季共采集到大型底栖生物 7 大类 63 种，其中多毛类 35 种，软体动物 13 种，甲壳类 6 种，棘皮动物 4 种，纽形动物门 1 种，鱼类 2 种，其它类 2 种。

春季共采集到大型底栖生物 5 大类 75 种，其中多毛类 31 种，软体动物 24 种，甲壳类 9 种，棘皮动物 8 种，其它类 3 种。

（6）潮间带生物

夏季，潮间带生物种类组成 6 大类 79 种，其中软体动物 31 种，甲壳类 17 种，大型

藻类10种，多毛类14种，鱼类2种，其他类5种。

秋季，潮间带生物种类组成6大类77种，其中软体动物30种，甲壳类16种，大型藻类10种，多毛类14种，鱼类2种，其他类4种。

冬季，潮间带生物种类组成6大类81种，其中软体动物31种，甲壳类17种，大型藻类10种，多毛类14种，鱼类2种，其他类6种。

春季，潮间带生物种类组成6大类81种，其中软体动物31种，甲壳类17种，大型藻类11种，多毛类14种，鱼类2种，其他类6种。

（7）鱼卵仔鱼

4次调查金七门核电站15公里以内海域共计采集到鱼卵13种、仔鱼40种。

春季海域平拖和垂拖样本中共采集到4种鱼卵和17种仔鱼，鲈形目种类数较其他科多。

夏季海域垂拖未采集到鱼卵仔稚鱼，鲈形目种类数较其他科多。

秋季海域平拖和垂拖样本中共采集到5种鱼卵和6种仔鱼，鲈形目种类数较其他科多。

冬季海域平拖和垂拖样本中都未采集到鱼卵，采集到的全部仔稚鱼分别隶属于2目4科5种，出现的经济种仅有大黄鱼。

（8）游泳动物

春季，共鉴定游泳动物45种。其中，鱼类26种，虾类11种，蟹类5种，头足类3种。

夏季，共鉴定游泳动物64种。其中，鱼类37种，虾类15种，蟹类7种，头足类5种。

秋季，共鉴定游泳动物53种。其中，鱼类29种，虾类13种，蟹类8种，头足类3种。

冬季，共鉴定游泳动物31种。其中，鱼类18种，虾类9种，蟹类3种，头足类1种。

（9）污损生物

本次调查共记录污损生物6门25种，营固定附着生活物种12种，分别是近江牡蛎、熊本牡蛎、孔石莼、条浒苔、白脊藤壶、网纹藤壶、中胚花筒螅、薮枝螅、真枝螅、太平洋测花海葵、纵条矶海葵和苔虫。

2.3.3.4 保护区及保护性水生生物

根据《浙江省海洋功能区划（2011—2020年）》，工程水域周边主要渔业环境敏感目标主要有韭山列岛海洋保护区和渔山列岛海洋保护区；根据《第四批国家级水产种质资源

保护区的面积范围和功能分区》，工程北部还有象山港蓝点马鲛国家级水产种质资源保护区；根据《东海区主要经济种类三场一通道及保护区图集》，项目所在区域邻近东海带鱼国家级水产种质资源保护区。

2.3.3.5 “三场一通”概况

厂址周围分布有带鱼、蓝点马鲛、大黄鱼、小黄鱼、白姑鱼、银鲳、鮸鱼、三疣梭子蟹的产卵场、越冬场、索饵场和洄游通道,与厂址距离均大于3km。

2.3.3.6 渔业生产和海水养殖现状

2017年-2019年宁波市海洋捕捞总产量以2017年最高，2019年最少；2017年-2019年象山县海洋捕捞总产量以2017年最高，2019年最少。2017年-2019年台州市海洋捕捞总产量以2017年最高，2019年最少；2017年-2019年三门县海洋捕捞总产量以2017年最高，2019年最少。

2017~2019年宁波市海水养殖总产量以2019年最高，2017年最低；2017~2019年象山县海水养殖总产量以2019年最高，2017年最低。2017~2019年台州市海水养殖总产量以2017年最高，2019年最低；2017~2019年三门县海水养殖总产量以2019年最高，2017年最低。

2017~2019年宁波市海水养殖总面积以2018年最高，2017年最低；2017~2019年象山县海水养殖总面积以2018年最高，2017年最低。2017~2019年台州市海水养殖总面积以2017年最高，2018年最低；2017~2019年三门县海水养殖总面积以2018年最高，2017年最低。

厂址周围分布有坛紫菜育苗区、虾蟹贝混养区、坛紫菜养殖区、南美白对虾养殖区，大黄鱼养殖区，处梭子蟹养殖区，紫菜养殖区等。

2.3.3.7 保护性水生生物

项目周边海域属于东海沿岸浅水区域，属于咸淡水交汇处，根据相关历史调查资料，该海域主要有江豚、中华鲟、褐毛鲳鱼、大海马、黄唇鱼、锦绣龙虾和中华鲎7种珍稀或保护性水生生物。

本次调查过程中未发现江豚、中华鲟、褐毛鲳鱼、黄唇鱼、锦绣龙虾和中国鲎。在夏季发现1尾大海马。

2.3.3.8 生态红线

金七门核电项目拟建厂址原占用岸段为海洋生态红线南田岛南侧岸线、南田岛东侧岸线，占用海域部与鹤浦滨海旅游区，与南田岛南侧岸线、南田岛东侧岸线以及鹤浦滨海旅

游区的管控措施不符。

根据浙江省自然资源厅于2019年7月启动的“浙江省生态保护红线评估调整成果”，与自然资源部、生态环境部和国家林草局多次对接，并对南田岛南侧岸线、南田岛东侧岸线及鹤浦滨海旅游区进行部分调整。封库成果已于2021年5月提交至自然资源部。封库成果取消原《浙江省海洋生态红线划定方案》中的海洋生态红线岸线，所有生态保护红线以红线区的形式划定管理。

海洋生态红线调整方案将南田岛南侧岸线和南田岛东侧岸线部分岸段调出，将海洋生态红线区鹤浦滨海旅游区局部区域调出，调整内容与封库成果中的生态红线区保持一致，调整后金七门核电项目不占用生态红线区。

2.3.4 工业、交通及其他相关设施

2.3.4.1 工业设施

（1）工业企业

厂址半径15km范围内工业集聚区有三处分别是石浦镇的打鼓峙岛、鹤浦镇的小微企业创业园（反修塘船舶工业基地）和鹤浦镇冷链物流园。规模以上工业企业共有9家，大部分从事金属船舶制造行业，除此之外有一家从事水产品冷冻加工。距离厂址最近的是东红集团有限公司，位于厂址NNW方位12km处，有职工211人。

厂址半径15km范围内有两处涉矿企业，距离厂址最近的是象山苏宜矿业有限公司，位于厂址WNW方位5km处，目前象山苏宜矿业有限公司尚未正式开采，正式投产后预计员工70-80人，每年开采555.3万吨，开采矿种为建筑用石料（凝灰岩）；另一家涉矿企业是宁波亚盛建设有限公司，位于厂址N方位14km处，该矿产企业规模较小，每年开采33万吨，开采矿种为建筑用花岗岩。

石浦镇打鼓峙岛工业区位于厂址NNW方位15km处，集聚区内包含17家企业，主导行业为金属船舶制造和水产品加工。

鹤浦镇小微企业创业园位于厂址NNW方位约12km处，园区内包含13家企业，主导行业为金属船舶制造。

鹤浦镇冷链物流园位于厂址N方位14km处，园区内有3家企业，主导行业为冷链物流和水产品加工。

（2）工业发展规划

根据走访调查，厂址半径15km范围内不涉及象山县及以上的批准的工业企业发展规划。

（3）厂址附近涉计危化品的企业

厂址半径15km范围内危险品贮存使用企业5家，其中加油站3座，另外2家为涉危企业。

厂址半径15km范围内有5个存放危险品的码头。

（4）危险品运输

厂址半径 15km 有两条涉及危险品运输的公路，分别是南五-金七门（Y607）和石三线（X508）；两条运输危险品的水上航道，下湾门~三门湾航线和石浦港下湾门航道；一条天然气管道。

经分析或计算，上述设施不会对厂址安全构成潜在危险。

2.3.4.2 交通

（1）公路、铁路

厂址半径15km范围内涉及4条公路，分别是石三线（X508）、南金线（Y607）、南双线（Y586）、614乡道，距离厂址最近的是南金线（Y607），最近处位于厂址NW方位约0.2km。

厂址半径 15km 范围内规划两条道路，分别是十四五期间规划的 S202 乌岩港大桥及接线工程和十五五期间规划的石浦至鹤浦跨海通道，均为一级公路，S202 乌岩港大桥及接线距厂址最近处位于厂址NNW方位10km处；石浦至鹤浦跨海通道距厂址最近处位于厂址N方位10km处。

（2）海运

厂址半径 15km 范围内涉及 16 个码头，大部分码头主要装卸货物为水产和普货，其中有5个码头涉及危险品的装卸，主要危险品为燃料油和废油，距离厂址最近的危货码头是中石化高塘供应站码头，位于厂址NW方位10km处，停泊船只最大吨位300吨。

厂址附近现有航道、航路主要有：西航路、石浦港下湾门航道、健跳港区北线进港航道和下湾门~三门湾航线等，规划航道、航路主要有三门湾进港航道、石浦港主航道（下湾门航道）等。距离厂址最近航道为下湾门进港航道，最近距离约为10km。

距离厂址最近航线为下湾门~三门湾航线，为渔船习惯航线，最近距离约为 2.5km。该航线无官方详细信息，一般用于渔船通航，船舶最大吨位为300吨级。厂址半径15km范围内无相关规划航线。

（3）空运

厂区半径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。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

除内陆山地之外金七门厂址所在的浙江省属于中亚热带湿润气候，是东亚季风盛行的地区。最明显的特征是风向随季节变化显著，冬半年盛行偏北风，夏半年多偏南风。该地区气温适中，四季分明，水热同季，湿润多雨，但变率较大，雨量集中在夏季。春、秋、冬三季常有冷空气侵袭，特别是冬季当有强烈寒潮南下时潮湿寒冷。盛夏副热带高压控制期间天气炎热，并可受台风等低纬度天气系统直接或间接影响。

金七门厂址位于宁波市南端海滨，气候特征与杭州湾的秦山一带相仿，局地气候多少反映海岛的特性，气温年日较差稍小。降水日数与降水量少于内陆的丘陵山地。浙江东部沿海常年风速大，海岛最大风速可达40m/s以上。冬、春季天气系统活动频繁，平均风速大。厂址年最大风速和极大风速大多在台风影响期间出现。

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，不仅带来强降温和低温冷害，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。影响核电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。寒潮、暴雨（梅雨暴雨及台风暴雨）及台风大风是厂址区域主要灾害性天气。

厂址周边气象台站包括石浦、宁海、三门、洪家和大陈等。表 2.4-1 给出了厂址周边拟选气象站基本情况。

根据厂址周边大陈站、洪家站、宁海站、三门站和石浦站五个气象站多年（自建站至 2020 年）气象资料统计结果，厂址区域年平均气温 16.6~17.5℃℃，极端最高气温为 42.0℃℃，极端最低气温为-9.6℃℃；年平均相对湿度 78.7~84.1%，最小相对湿度为 0%；年平均风速 5.1m/s，最大风速为 44.1m/s，极大风速为 59.5m/s；年平均降水量 1347.3~1674.2mm，一日最大降水量为 355.7mm；年平均气压 1000.5~1015.5hPa，极端最高气压为 1041.2hPa，极端最低气压为 946.1hPa；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

根据石浦气象站 1956～2020 年的气象观测资料，分析厂址的当地气象条件。

（1）风向和风速

石浦站年平均风速为 5.1m/s。资料记录范围内的极端最大风速为 57.9m/s，出现日期为 1989 年 7 月 21 日。图 2.4-1 给出了石浦站各季和年风玫瑰图，可见，年最多风向为 N，风频 16.0%，次多风向为 SW，风频为 14.6%。年静风频率为 3.4%。

（2）气温

石浦站累年平均气温为 16.6℃。石浦站建站以来极端最高温度为：38.8℃，出现在 1971 年 8 月 20 日。极端最低温度为：-7.5℃，出现于 1967 年 1 月 16 日。

（3）相对湿度

石浦站累年平均相对湿度为 80.2%。最小相对湿度为 4%，出现在 1963 年 2 月 26 日。

（4）降水

石浦站年最多降水日数为 182 天，出现于 1990 年和 2012 年。累年平均降水量为 1410.2mm，年际变化较大，年降水量最大值为 2138.5mm，出现在 2019 年，最小值为 766.9mm，出现在 1967 年。一日最大降水量为 286.7mm，出现在 2017 年 10 月 15 日。连续一次最大降水量为 482.1mm，出现在 1963 年 9 月 8 日至 9 月 19 日，持续 12 天。

（5）气压

石浦站累年平均气压为 1001.5hPa。极端最高气压为 1025.1hPa，极端最低气压为

954.5hPa。

（6）日照

石浦站累年平均日照小时数为1893.8h。

（7）云量

石浦站累年总云量为6.6成，低云量为3.8成。

（8）蒸发

石浦站累年平均蒸发量为1338.7mm。

（9）水汽压

石浦站累年平均水汽压为17.3hPa。累年最高水汽压为38.9hPa。

2.4.2.2 极端气象

（1）龙卷风

龙卷风的调查范围为以厂址为中心的经度3°，纬度3°范围。1961~2020年发生在上述调查区域内的龙卷风事件共150个。对上述龙卷风事例进行富士达强度评级，得到F3级有1例，F2级16例，F1级有57例，F0级有76例。

以10^{-7}/年作为确定设计基准龙卷风的概率，考虑到评价的龙卷风强度已经达到F3级，确定龙卷风设计基准风速取F3级上限值92m/s。

设计基准龙卷风相关参数如下：

——最大旋转风速半径Rm=50m；

——最大旋转风速Vm=74.2m/s；

——平移速度Vt =17.8m/s；

——压降速率dp/dt=22.5hPa/s；

——总压力降ΔP=63.3hPa。

（2）热带气旋

调查1949~2020年间进入以厂址为中心半径400km范围内的热带气旋，共得到热带气旋样本231个，年平均3.2个。采用耿贝尔极值分布函数拟合得到厂址百年一遇最低中心气压为889.3hPa，百年一遇陆地可能最大风速为52.7m/s，百年一遇极大风速为72.7m/s。

（3）极端风

收集石浦、大陈、洪家、宁海、三门5测站历年最大风速和极大风速资料，采用耿贝尔函数对上述五站的最大风速和极大风速进行拟合，得到实测极端风，确定百年一遇最大风速51.8m/s，极大风速70.4m/s。

（4）极端温度

收集石浦、大陈、洪家、宁海、三门5测站有正式观测资料以来的年极端最高气温和极端最低气温，采用耿贝尔函数对各站历年极端温度序列进行拟合，得到厂址百年一遇极端温度设计基准：百年一遇极端最高温度为43.1℃，极端最低温度为-11.9℃。

（5）极端积雪

收集厂址周边石浦、大陈、洪家、宁海、三门5个气象站的历年极端积雪深度和冬季48h最大降水资料，资料年限均截至2020年。采用耿贝尔函数函数对各站历年最大积雪深度和冬季48h最大降水量进行拟合，取该地区平均积雪密度0.2t/m^{3}来计算雪水当量，再按照导则的要求叠加百年一遇冬季48h降水量，得到百年一遇雪荷载。推荐厂址设计基准雪荷载为2.44 kN/m^2。

2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址地面气象站和气象铁塔2019年10月~2020年9月的气象观测资料，分析厂址的当地气象条件。

（1）风向、风速

铁塔10m、30m、50m、75m、100m的年平均风速分别为3.4m/s、4.8m/s、4.9m/s、5.1m/s、5.3m/s，平均风速随高度增高而增大。观测期间100米高度各月平均风速8月平均风速最大(6.9m/s)，7月平均风速次之(5.7m/s)，2月和9月平均风速最小(4.8m/s)。

气象铁塔各高度风玫瑰图见图2.4-2。全年中100m、30m高度最多风向为N，频率分别为18.9%和21.0%；75m、50m、10m高度最多风向为NNE，频率分别为21.9%、19.8%和25.9%；次多风向100m、30m高度为NNE，频率分别为10.4%和14.8%；75m、50m、10m高度为N，频率分别为10.4%、15.7%和14.2%。

图2.4-3给出了地面气象站季、年风玫瑰图。观测期间年最多风向N，频率26.6%，次多风向SSE，频率16.7%。

（2）气温

厂址现场观测期间，气象铁塔10m、30m、50m、75m、100m高度的年平均气温分别为17.1℃、17.1℃、17.8℃、17.7℃和17.1℃。铁塔10m、30m、50m、75m和100m高度的最高气温分别为35℃、34.4℃、34℃、33.7℃和33.4℃，出现日期各高度均为2020年8月25日16时。最低气温分别为1.9℃、1.5℃、1.1℃、1.4℃和0.3℃，各高度出现日期均为2020年2月16日。

地面站年平均气温为17.8℃，观测期间的最高温度为35.6℃，出现在2020年8月25

日；最低温度为1.3℃，出现在2020年2月16日。

30m~10m间逆温频率接近50%，其余各层逆温频率相对较低；四季中，夏秋两季出现逆温的次数相对较多，春季次之，冬季较少。

（3）湿度

地面气象站年平均相对湿度81.8%。观测期间厂址最高相对湿度为100%，出现在2020年9月8日；最低相对湿度为20.9%，出现在2020年4月7日。

（4）降水

厂址现场气象观测期间年降雨量为850.0mm，年降雨时数为867h，各月降雨量10月份最大，为158.5mm；11月份最小，降雨量仅为0.1mm，一日最大降雨量为147.8mm，出现日期为2019年10月1日。

（5）气压

厂址年平均气压为1015.8hPa，观测期间，厂址极端最高气压为1036.2hPa，出现在2019年12月31日；极端最低气压为972.1hPa，出现在2019年10月1日。

（6）辐射

整年观测期间总辐射量和净辐射量的月最高值分别为260.4W/m^2（4月）和131.4W/m^2（8月）；月最低值均为12月，分别为119.6W/m^{2}和25.8W/m^{2,}。

2.4.4 大气稳定度

大气稳定度的划分采用ΔT~u法，使用厂址2019年10月～2020年9月气象铁塔100m高度和10m高度的温度差和地面站10m高度风速逐时确定A～F各类，厂址不稳定A~C类比例最高，为49.6%，其次为中性D类，占43.5%，稳定类E~F频率最低，为6.7%。

2.4.5 联合频率

根据2019年10月至2020年9月厂址气象铁塔10m和75m高度的风向、风速和地面气象站的雨量观测结果，以及采用△T-U法得到的稳定度分类，统计计算得到10m高度的风向-风速-稳定度三维联合频率和75m高度的风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1　混合层高度

利用中国辐射防护研究院2018年在厂址开展的大气边界层观测资料和干绝热曲线法计算得到的各时刻混合层高度结果可见，早晨多由近地面层逆温控制，大气处于稳定状态，混合层高度较低；日出后，随着太阳高度角的增加，太阳辐射不断增强，近地面层的热力和动力扰动随之增强，接地逆温遭到破坏和抬升，混合层高度逐渐增高，午后达到最大，

大气中的污染物能扩散到最高；此后，混合层高度又逐渐减小。按照不同稳定度统计，各稳定度下的混合层高度结果表明，当大气处于弱不稳定状态时，湍流较弱，混合层厚度小，而大气处于不稳定状态时，湍流混合强，混合层厚度较厚，污染物容易被稀释扩散。

由于混合层底面对烟气的向上扩散起到抑制作用，故混合层越低越不利于污染物的扩散。根据上述混合层观测结果，厂址各稳定度下混合层高度的推荐值为：A-B 类稳定度：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，开展了现场示踪实验、湍流观测和大气扩散数值模拟。在气象塔上 30m 和 75m 两个高度上开展了冬季、夏季两季大气湍流的梯度观测，由此得到与大气扩散有关的大气湍流特征。采用随机游动粒子烟团模式对厂址半径 20km 范围的扩散规律进行模拟。

虽然湍流观测、数值模拟和 SF_6 示踪试验这三种试验方法和技术手段对扩散参数的拟合结果略有差异，但同类稳定度下各种方法的拟合结果基本在一个可接受区间内摆动，推荐厂址扩散参数时可以考虑将这些结果用平均的方法综合起来。综上所述，厂址区域的大气扩散参数见表 2.4-2。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

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

金七门核电厂已建立现场气象站，并在 2015 年 4 季度正式开始观测，连续采集、处理和记录 10 米、30 米、75 米、100 米处的风速、风向、温度，以及 100m 高度湿度等气象数据。新建气象站四周地势相对平缓，近区无高大山体与构筑物，视野开阔。

整个气象站大体呈南北走向长方体，场地经平整后，高程基本在 104m 左右。铁塔、地面站采取南北方向布设，观测室位于气象站东侧，地面自动观测站长宽分别为 $20\times16m^2$。设在 10m 气象桅杆及地面观测站上的气象传感器实时测量该站点的风速、风向、温度、湿度、气压、雨量、天空总辐射、净辐射等气象要素数据，并通过专线实时传送到室内的气象数据采集器主机。该工程的气象观测系统以国外成熟的自动气象站 CR3000 为基础，结合了气象塔风温梯度监测站和先进的数据采集软硬件平台。地面气象站及铁塔气象观测要素技术指标见表 2.4-3 和表 2.4-4。

2019~2020 年塔层数据和地面降水的联合获取率为 99.12%，满足核安全导则的要求。

操作人员在监测系统日常正常运行状态期间，从计算机界面上获取全系统的实时气象信息，也可用运行计算机界面软件的控制模块来选择获取历史信息。气象监测系统所用的所有传感器均须由国家相关部门的仪器鉴定所标定，且均有相应的标定证书，传感器在安装前先在室内进行水平比对，以保证所得气象数据的质量和准确性。

2.5 水文

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，厂址距离象山县约42km，距北面鹤浦镇约12km。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。隔金七门水道有小南山小岛，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内方向水深逐渐变浅，水下浅滩发育，山体岬角之间潮滩发育。厂址西南面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。

厂址附近的长期水文观测站主要有健跳站、石浦站、大目涂站和大陈站，其中健跳站和大目涂站距离工程区相对较近，观测资料年限又较长，本工程海域潮汐特征分析主要采用健跳站和大目涂站长系列资料结合三门湾内临时站观测资料作为分析基础资料。

（2）潮汐

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、健跳站和大目涂站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，结果表明三站潮汐类型一致，均属正规半日潮类型。

根据厂址专用站、健跳站、大目涂站，三站一年同步之间的相关关系，可推求厂址长期的潮汐特性。

（3）海流

2019年11月~2020年7月，在工程附近海域开展了4季的大、中、小潮的定点水文泥沙测验。这11条水文垂线按其所在位置可分成两个区域。其中，JV1～JV3和JV11垂线所构成的水域称“厂址前沿海域”，JV4～JV10垂线所构成的水域称“厂址周边海域”。

1）最大涨、落潮流

测点最大涨潮流流速多出现在JV8垂线，秋、冬、春、夏季分别为1.31m/s、1.27m/s、1.23m/s、1.23m/s；测点最大落潮流流速多出现在JV1垂线，秋、冬、春、夏季分别为1.64m/s、

1.35m/s、1.68m/s、1.54m/s。四季间涨（落）潮流流速相差不大，垂线平均最大涨（落）潮流四季间最大互差多在0.28m/s以内。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，测验垂线有往复流特征时（JV4、JV5、JV8、JV9垂线），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的类型，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JV1、JV2、JV11垂线及厂址周边海域JV4、JV8、JV9垂线具有明显的往复流特征，厂址周边海域JV6、JV7和JV10垂线具有明显的旋转流特征，其他各垂线（JV3、JV5垂线）｜K｜值在0.25附近，具有一定的往复流特征。

3）最大可能潮流流速

在厂址前沿海域，可能最大潮流以金七门水道东JV1垂线、西JV11垂线最强、JV2垂线次之，JV3垂线最小，如垂线平均的可能最大潮流，JV1、JV11垂线为1.80m/s～2.02m/s，JV2垂线为1.54m/s，JV3垂线为0.47m/s；垂向分布上仍以表层向下逐层减弱，如JV1、JV11垂线表层可达2.02m/s～2.20m/s，中层为1.89m/s～2.10m/s，底层为1.18m/s～1.67m/s；在流向上亦与实测最大流速对应的方向基本一致。

在厂址周边海域，可能最大潮流在分布上亦与实测流况相似，即西部JV8、JV9垂线处最强、南部JV4、JV5垂线次之、东部JV6、JV7、JV10垂线最弱，亦如垂线平均的可能最大潮流，西部JV8、JV9垂线处可达1.74m/s～1.95m/s，南部JV4、JV5垂线为1.60m/s～1.74m/s，东部JV6、JV7、JV10垂线为1.32m/s～1.38m/s；同样，在垂向分布上亦有良好的特征，即表层稍大，中层次之，底层较小，如JV8、JV9垂线表层可达1.96m/s～2.29m/s，中层为1.78m/s～1.98m/s，底层为0.90m/s～0.98m/s；流向与实测最大流速的方向基本相符。

总体而言，秋、冬、春、夏季各测站垂线平均可能最大流速分别介于0.89～1.57m/s、0.80～1.66m/s、0.99～1.53m/s、1.00～1.81m/s。

4）余流

测区余流整体不大，最大垂线平均余流为0.18m/s，出现在JV11垂线大潮汛及JV7垂线小潮汛。垂线平均余流分别介于0.02～0.18m/s、0.01～0.19m/s、0.01～0.11m/s、0.01～

0.21m/s，余流多在0.10m/s以内，随季节变化不大。整体而言，除部分垂线（JV1、JV5、JV7、JV11）个别潮汛出现较大余流外，其它垂线余流均较小，多在 0.10m/s 以下。整体上看，测区余流方向多为涨潮方向。

（4）海水温度

根据2019年11月~2020年7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，呈现出秋季到冬季水温降低，春季水温逐渐上升，夏季水温最高的季节变化过程。

实测水温特征值：秋、冬、春、夏季实测最高水温分别为20.87℃、13.53℃、17.95℃、27.61℃，出现在JV7/JV9垂线；实测最低水温分别为19.03℃、12.57℃、14.21℃、23.71℃。

水温的平面分布：从宏观上看，测区各垂线间水温互差不大。从微观上看，秋、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、夏季则规律刚好相反。

水温的垂直分布：秋、冬季表层水温低于底层水温；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。

（5）海水盐度

根据2019年11月~2020年7月在厂址处水文测验期间的相关成果，实测盐度特征值：秋、冬、春、夏季实测最高盐度分别为28.357、29.286、28.509、29.198, 出现在JV5/JV7垂线。

盐度的季节变化特征：总体上四季观测期间盐度变化不大，秋、冬、春、夏季平均盐度分别介于25.604～27.342、27.504～28.682、26.951～28.149、27.240～28.877。

盐度的平面分布特征：总体上由外海向近岸、由东向西逐渐降低的分布特征。

盐度的垂向分布特征：总体上，盐度随水深增加而逐渐增大，且夏季盐度层差高于其它季节。

盐度周日变化特征：与水温周日变化基本一致。

（6）泥沙

1）含沙量

根据2019年11月~2020年7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，实测含沙量特征值：秋、冬、春、夏季实测最大含沙量分别为1.70kg/m^3、1.44 kg/m^3、1.05kg/m^3、1.14 kg/m^3，出现在JV1/JV3垂线。测区含沙量较小，四季间变化不大。总体上，秋、冬季含沙量略大于春、夏季。含沙量随潮汛变化规律整体表现为：大潮最大，中潮次之，小潮含沙量最小。含沙量垂向分布具有明显的底层高于表层特征。整体上，秋、夏季含沙量层差较大，春、冬季含沙量层差较小。含沙量的平面分布特征：总体上呈现由外海向近岸、由东向西逐渐降低的分布特征。

2）悬沙粒径分析

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。秋、冬、春、夏季各测站平均悬沙中值粒径分别介于 0.0061～0.0086mm、0.0056～0.0095mm、0.0050～0.0078mm、0.0074～0.0112mm，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：测区底质主要由粉沙和粘土组成，并含有极少量的砂。秋、冬、春、夏季底质粒径分别介于0.0079mm～0.0246mm、0.0077mm～0.0264mm、0.0083mm～0.0239mm、0.0084mm～0.0232mm，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。

（7）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 2011年~2015年的水温实测资料，最高表层水温为30.6℃，出现在2012年7月，最低表层水温为5.0℃，出现在2011年1月。故厂址海域不存在冰情影响问题。

（8）岸滩演变

工程附近岛礁岸线变化主要发生在南田岛西岸。金七门以西岸段，该区域1964年至2020年间陆续有工程建设，岸线的变化主要为围涂形成的人工岸线，其中距本工程最近的为水湖涂二期围涂，其海堤于2015-2017年建成，其余岸线主要为基岸岸线，基本无明显变化。金七门以东开阔岸段，海岸受山地地形制约，并经强烈波浪作用，形成许多岬角和港湾，交替成曲折岸线，该区域主要为基岩岸线，56年内基本无明显变化，岸线基本稳定。

厂区所在区域，除金七门口门西侧小南山北侧岙湾内存在围塘养殖人类活动外，其余主要为基岩海岸，未受人类活动影响，该区域岬角和港湾交替，受开敞海区波浪冲蚀作用

较强，淤积现象和围筑活动较少，岸线基本稳定。

工程海域10m等深线（理论深度基准面）历年变化情况表明：金七门水道10m等深线西侧位置1964～2015年间稳定，至2020年略向深槽区退缩，南北侧2011年之后较1964年略有扩张，但幅度均在100m以内，在测图精度误差范围之内。

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1175.16 km^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$9.327\times10^8m^3$，其中地表水$8.634\times10^8m^3$(可利用量$4.78\times10^8m^3$)，地下水$0.693\times10^8m^3$(可开采量0.1877×108m^3)；保证率90%年地表水资源量为$5.110\times10^8m^3$，保证率95%年地表水资源量为$4.097\times10^8m^3$，保证率97%年地表水资源量为$3.826\times10^8m^3$。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2177.6毫米）与最小年降水量（1967年的770.6毫米）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$10045.7\times10^4m^3$；山(池)塘2086座，灌溉库容约$1134\times10^4m^3$；全县河网总长度710km，水面积12.7km^2，正常蓄水量$1870.47\times10^4m^3$；全县总蓄水容量$13050.17\times10^4m^3$。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$230\times10^4m^3$；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$16840\times10^4m^3$，兴利库容

$8150\times10^4m^3$，每天向象山县供水 $5\times10^4m^3$；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 $817\times10^4m^3$，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相当较小，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，规划建设大塘港水库引水工程；大塘港水库位于象山县定山境内，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 $4642\times10^4m^3$，兴利库容 $1935\times10^4m^3$，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 $2500\times10^4m^3$，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，核电厂运行期淡水供给初步考虑采用海水淡化解决，施工期用水由象山县第二自来水有限公司供给。

2.5.2 地下水

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。厂址区三面环海，北靠大片丘陵，南部为小南山半岛（丘顶标高约103m），东部长皮长半岛（丘顶标高约64m）。厂址附近范围内地质构造简单；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，水文地质条件简单。

2.5.2.1.1 地下水形成自然条件

厂址属亚热带季风区，气候温暖潮湿，四季分明，雨量充沛，属海洋性气候。

厂址年平均气温16~17℃，极端最高气温38.8℃（1971年8月20日），最低气温－7.5℃（1971年1月16日），年平均无霜期在270天左右。年平均降雨量1497.6mm（1996~2005年），多年最大年降雨量1804.5mm（2000年），多年最小降雨量881.3mm（2003年），其中5、6、7、8、9月份降雨量最多。

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，自南向北流径樊岙村、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。

2.5.2.1.2 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第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大类。

2.5.2.1.2.1 第四系松散岩类孔隙水

第四系松散岩类孔隙水根据含水层岩性、岩相不同可划分为全新统海积层孔隙水、晚更新统坡洪积孔隙水和第四系残坡积孔隙水。

1）全新统海积孔隙水

地下水赋存于全新统海积层，岩性主要为淤泥质粉质黏土、粉质黏土层，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，地下水多以重力水方式赋存于土层孔隙内，向海域较低的方向径流，蒸发是其主要排泄方式。根据调查，该含水层无民井开采记录，水量极贫乏，估计单井涌水量小于5m^3/d。

2）上更新统坡洪积孔隙水

地下水赋存于全新统坡洪积层内，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。其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。潜水沿沟谷源头顺地势向沟谷口缓慢径流，向下游径流和泉点出露地表是本含水层的主要排泄方式。根据调查，该含水层水质较好，水量贫乏，单井涌水量5m^3/d左右，群众饮用的水井多分布在本层。

3）第四系残坡积孔隙水

地下水赋存于第四系残坡积层中，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。岩性主要为褐红色、褐黄色可～硬塑状含砾粉质黏土、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下游侧向径流排泄。根据调查，该含水层水质属淡水，水量极贫乏，单井涌水量一般小于5m^3/d。

2.5.2.1.2.2 基岩类裂隙水

基岩类裂隙水根据赋存介质可划分为风化裂隙水和构造裂隙水两类。

1）风化裂隙水

厂址附近范围所见岩性以熔结凝灰岩为主，属硬质岩类，地下水赋存于上部基岩风化层中，含水层富水性受裂隙发育程度、张开程度和贯通程度控制。基岩风化裂隙一般位于基岩层上部，厚度小于 8m，裂隙多呈网状分布，地下水多赋存于全风化带下部的半风化带中，由于全风化物长石成高岭土化，黏土矿物充塞裂隙，透水性差；而半风化带较松散，并保留了原始的岩石风化节理，成为较好的径流通道，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潜水的下渗补给，随地形地势向下游低洼处径流，流速缓慢，在沟谷基岩切割处，以下降泉的形式向地表排泄，沿程径流途径短。风化带裂隙水的富水性与岩性、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。根据调查，该含水层水量极贫乏，民井单井涌水量小于 $5m^3/d$。

2）构造裂隙水

构造裂隙水赋存于深部基岩构造裂隙中，具体为侵入构造和断裂构造，根据地质调查，厂址附近范围断裂构造和侵入构造规模均不大，构造裂隙主要以小规模断裂、节理裂隙等为主，裂隙多呈闭合型，局部呈微张型，地下水以脉状形式赋存，均匀性差。含水层接受上部风化裂隙水和第四系松散岩类孔隙水补给为主，沿构造带缓慢径流，泉点是其主要排泄方式。厂址附近范围基岩构造裂水含水层水量极贫乏，单井涌水量一般小于 $5m^3/d$。

2.5.2.1.3 地下水补给、径流与排泄条件

厂址附近范围根据地表分水岭总体上呈“工”字形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；此外，南田岛东侧为小南山~风口门水文地质单元。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，金七门核电厂主厂区位于金七门水文地质单元。

1）金七门村水文地质单元

金七门村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，该水文地质单元可进一步细分为南龙王山、小南山半岛、长皮长半岛三个水文地质单元亚区。

该水文地质单元水文地质条件较为简单。其中，龙王山南侧水文地质单元亚区总体北侧高，南侧缓，北侧龙王山标高 259m，南侧金七门村后缘标高为 30.5m，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，部分坡面径流和地下水径流沿坡面汇入冲沟，聚拢至金七门村后注入大海；小南山半岛和长皮长半岛为独立半岛，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。

金七门村水文地质单元地下水主要接受大气降水补给。龙王山南侧水文地质单元亚区后缘为残坡积层缓坡，地下水补给主要来自南北两侧山岭基岩风化裂隙水，径流缓慢，水量贫乏。此外，调查显示，金七门村两侧山坡多修筑有小型蓄水坑，储存山间泉水作为村民生活用水，一般泉点涌水量为0.01~0.02L/s，个别达0.08L/s，泉水汇流形成冲沟明流，所见冲沟下切2~3m，部分基岩裂隙水和残积层潜水补给坡洪积层潜水。

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向北西向流的趋势。

该单元次级分水岭受NE向和NW向山脊控制，该单元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总后注入大海。

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，水牛北最高为326.6m，龙王山最高259m，其余山脊多为150m左右，陡降较大，坡面泻水较快，地下水和地表水表现为山岭→缓坡→入海，径流较短。

区内地表水和地下水主要接受大气降水补给，区内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，该区域内无常年地表水流，区内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，地表水和地下水径流由山岭→缓坡→入海，径流途径短、水量小。

2.5.2.2 厂址水文地质特征

2.5.2.2.1 地下水类型及赋存条件

厂址区地下水类型有第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大类型，其中第四系松散岩类孔隙水可细分为海积层孔隙水、坡洪积层孔隙水、残坡积层孔隙水，基岩裂隙水可细分为风化裂隙水和构造裂隙水。厂址区地下水补给、排泄、径流途径单一。

厂址区浅部以第四系松散岩类孔隙水和基岩风化裂隙水为主，深部以构造裂隙水为主。构造裂隙水，径流缓慢，水量贫乏，富水性弱，中等风化和微风化岩体渗透性等级为微透水～弱透水。

2.5.2.2.1.1 第四系松散岩类孔隙水

1）第四系海积层孔隙水

①沙滩区孔隙水

沙滩区孔隙水主要分布于东部后沙头海湾，赋存于潮间海滩，含水层厚度一般为2m～5m。含水层以粉细砂为主，局部为卵砾石层，砂层的渗透性较好，赋水性较好。

②泥滩区孔隙水

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 6m～10m。含水层为淤泥含砂、粉细砂或粉土，局部为卵砾石层。海涂表部为淤泥，为微弱透水性，由于淤泥为微弱透水性，泥滩区地下水位变化不大，地下水位位于地表。

2）第四系坡洪积层孔隙水

主要位于金七门村附近山麓斜坡地段，地形标高小于30m，含水层厚度在厚度一般为5m～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，表现出渗透性存在一定差异。地下水补给来源主要为大气降水，其次是基岩区的基岩裂隙水，排泄于大海。该含水层水质较好，水量贫乏，群众饮用的水井多分布于该层，是分散少量开采的较好水源，但上部无隔水层，容易受污染。

3）第四系残坡积层孔隙水

地下水赋存于丘陵区第四系残坡积层中，主要分布于山前坡麓边缘，多呈小范围的带状分布，厚度2m～5m。含水层为可塑～硬塑状粉质黏土混碎石、粉质黏土，透水性一般。地下水主要接受大气降水补给，随地势向低洼处径流，径流缓慢，向下部风化基岩下渗或

下游侧向径流排泄，径流途径短。

2.5.2.2.1.2 基岩裂隙水

1）风化裂隙水

风化裂隙水赋存于上部基岩风化层中，多呈小范围的带状分布，含水层厚度一般小于5m，富水性受裂隙发育程度、张开程度和贯通程度控制。在全风化层的下部风化带中，由于结构较松散，其透水性较好，成为较好的储水、径流通道。强风化层裂隙多呈网状分布，裂隙密集，局部透水性较好。地下水主要接受大气降水入渗补给，接受上部第四系松散岩类孔隙潜水的下渗补给，随地形地势向下游低洼处径流，流速缓慢，在沟谷基岩等地形切割处以下降泉的方式向地表排泄，径流途径短。风化裂隙水的富水性与岩性、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。根据调查，该含水层水量极贫乏。

2）构造裂隙水

构造裂隙水赋存于基岩构造裂隙中，地下水以脉状形式赋存，均匀性差。地下水接受大气降水、上部风化裂隙水和第四系松散岩类潜水补给为主，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，泉点是其主要排泄方式，最终排向大海，径流途径短。厂址区基岩构造裂隙水含水层水量极贫乏，岩层单井单位涌水量 $q=2.0\times10^{-3}$L/s.m 或接近无水，富水性极弱。

2.5.2.2.2 地下水的补、径、排条件

厂址区山麓斜坡及沟谷浅部孔隙水含水层，主要接受大气降水及周边基岩裂隙水补给。地下水流向大致沿或斜交沟谷方向，排泄于大海。

基岩裂隙水接受大气降水入渗补给及上部第四系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，泉点是其主要排泄方式，最终排向大海。其特点主要表现为富水性差、均匀性差，流向受地形控制明显。

2.5.2.2.3 水力联系

厂址附近范围内有明塘、水库、蓄水塘等地表水体。地下水主要接受大气降水补给，局部有地表水侧向补给，其径流流速、流向主要受地形控制，受岩性岩相及构造影响不大。

厂址区山麓斜坡及沟谷浅部孔隙水含水层，接受周边基岩裂隙水补给；基岩裂隙水接受上部第四系松散岩类孔隙水的下渗补给。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，各个水文地质单元之间的地下水及地表水无相关的水力联系。

2.5.2.2.3 岩土层的渗透性

2.5.2.2.3.1 土体渗透性

根据已有资料、野外地层鉴别、民井调查、双环试坑渗水试验、钻孔抽水试验等资料的对比分析，厂区第四系松散岩类孔隙水的单井涌水量一般为 1.12~8.77m^3/d，第四系渗透系数为 1.93×10^{-5} ~ 1.59×10^{-2} cm/s，属弱透水~中等透水层。

2.5.2.2.3.2 岩体渗透性

结合钻探岩芯节理裂隙发育程度、节理裂隙面特征及充填物情况，并利用钻孔抽水试验和钻孔压水试验。厂址微风化凝灰岩和安山玢岩的透水率为 0.31 Lu～8.80Lu，平均值为 2.13 Lu，渗透系数 0.32×10^{-5}～2.82×10^{-4}cm/s，属微透水～弱透水层；但局部岩体裂隙相对发育，渗透性相对较好。

根据水文地质试验和室内土工试验，第四系海积层（①$_1$ 粉细砂）综合渗透系数为 1.56×10^{-2}cm/s，属强透水，第四系海积层（①淤泥（含砂）综合渗透系数为 5.27×10^{-4}cm/s，属中等透水，第四系海积层（①淤泥）综合渗透系数为 1.6×10^{-7}cm/s，属极微透水，第四系坡洪积层（②粉质黏土混碎石）综合渗透系数为 1.07×10^{-4}cm/s，属中等透水，第四系冲海积、冲湖积含碎石类土（④$_2$ 粉质黏土混碎石、⑤$_1$ 粉质黏土混碎石等）综合渗透系数 1.61×10^{-4}cm/s，属中等透水。微风化基岩综合渗透系数为 3.63×10^{-5}cm/s，属弱透水。

2.5.2.2.4 水化学特征

1）第四系松散岩类孔隙水

①丘陵区及山麓斜坡地段

根据水质分析成果，第四系松散岩类孔隙水物理、化学特征评价如下：

- 感观指标：无色、无味、无嗅、透明、无沉淀。
- 化学特征：矿化度为 216.1~510.45 mg/L，属淡水；其中 Ca、Mg 离子总和为 1.499～5.606mmol/L，为极软水～软水。
- 地下水水化学类型主要为 SO_4-Na（K）•Ca 型水。

②海涂边缘

根据水质分析成果，第四系松散岩类孔隙水物理、化学特征评价如下：

- 感观指标：无色、无味、无嗅、透明、无沉淀。
- 化学特征：矿化度为 7157.6 mg/L，属咸水；其中 Ca、Mg 离子总和为 36.630mmol/L，为极硬水。
- 地下水水化学类型为 Cl-Na（K）型水。

2）基岩裂隙水

根据水质分析成果，基岩裂隙水物理、化学特征评价如下：

- 感观指标：无色、无味、无嗅、透明、无沉淀。
- 化学特征：矿化度为310.26~1447.7 mg/L，为淡水～微咸水；其中Ca、Mg离子总和为2.775～11.211 mmol/L，为极软水和微硬水。
- 地下水水化学类型分别为HCO_3-Ca•Na（K）、SO_4-Ca型水。

3）海水

海水水样取自金七门码头、西部沙滩和钻孔K62附近。根据水质分析成果，海水物理、化学特征评价如下：

- 感观指标：无色、无味、无嗅、透明、无沉淀。
- 化学特征：矿化度为27978~44246 mg/L，为高矿化水，属盐水；其中Ca、Mg离子总和为108.225～115.995mmol/L，为极硬水。
- 水化学类型分别为Cl-Na（K）型水。

综上所述，厂址地下水主要为淡水，局部地段受海水渗透补给，为微咸水~咸水。

2.5.2.3 现有和计划的地下水利用情况

根据调查，厂址区及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。厂址区无大水量的地下水用户，不存在大型地下水供水水源地和地下水供水工程，仅见村庄内有民井用以满足村落的少量生活用水，机井一般深度3～8m。地方部门和企业没有大规模、系统开采地下水的规划。

核电厂主要位于金七门村水文地质单元内，该水文地质单元主要取水用户为金七门村的居民生活饮用及小部分农业灌溉；待电厂建成后，金七门村将被搬迁，该部分取水用户将不复存在。核电厂将来也没有利用地下水的计划。

2.5.2.4 电厂建设对地下水的影响

厂址区的水文地质条件简单，地下水类型主要包括第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。地下水循环特征总体表现为接受大气降水补给，地下水在第四系孔隙和基岩节理裂隙中顺地势和节理发育方向径流，径流方向总体表现为沿山脊线由高向低流动，在地形切割较深处，露头成泉，或通过地下径流直接排入大海。此外，拟建场地附近没有大的地下水供水源地，厂址周边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，待电厂建成后，金七门村将被搬迁，该部分取水用户将不复存在。

场地平整后，厂址区第四系孔隙水和基岩风化裂隙水含水层大部分将被挖除，厂址区

中等风化～微风化基岩将直接出露，一定程度上减少大气降水的入渗补量，致使厂区地下水富水性降低；同时，由于厂内设置排水沟，厂址地表硬化等措施，进一步阻断了厂址区地下水补给源，造成地下水补给量进一步减少，从而使厂址区地下水流场发生较大变化，但上述措施未改变厂址区地下水的总体流向，地下水仍为厂区中间向四周排泄。

厂址周围居民的生活用水，不会因厂址地下水条件改变而受影响，核电厂建设不会形成向厂址外居民点迁移的地下水径流路径，也不会对居民生活产生影响。因此，核电厂建设不会对厂址地下水产生影响。

综上所述，核电厂建设将造成厂址区地下水减少，厂址区地下水流场发生变化，但电厂建设未改变厂址区的下水的总体流向，地下水仍为厂区中间向四周排泄。

2.5.2.5 核环境影响条件划分

按《核电厂水文地质调查与评价技术规范》（NB/T 20306-2014）5.6条规定，水文地质条件对核电厂厂址核环境影响表现为地下水利用情况、包气带特征、主要径流途径岩土层渗透系数及厂址地下水与其他开采含水层的关系等因素。拟建核电厂厂址区与核环境影响有关的水文地质条件具有如下特点：

厂址位于浙江东部沿海象山半岛低山丘陵区，三面环海，北靠大片丘陵。厂址区及周边环境以海岸、山坡地为主，无厂矿企业，厂址附近范围不存在重要的地下水取水点或水源地；此外，待电厂建造后，厂址附近主要取水用户金七门村将被搬迁，该部分取水用户不复存在。综上所述，地下水利用情况应属有利条件。

厂坪标高+15.5m 位置，厂址主要分布微风化基岩，少量为中风化或强风化基岩，岩性主要凝灰岩。核岛地基主要为微风化凝灰岩，构造裂隙不发育，岩体完整性较好，均匀性良好，不存在岩溶现象。另据钻孔压水试验成果，厂址区微风化岩体透水率为0.31 Lu～8.80Lu，平均值为2.13 Lu，其平均渗透系数3.63×10^{-5}cm/s，属弱透水层。综上所述，厂址包气带及主要径流途径岩土层渗透性属有利条件。

厂址位于金七门水文地质单元，而厂址所在水文地质单元与其它水文地质单元相互独立，无水力联系。因此，厂址区地下水与其他被开采含水层不连通，厂址条件属有利条件。

根据上述特点，综合判断厂址核环境影响条件为有利条件。

2.5.2.6 小结

通过已有资料和厂址周边水文地质调查工作的综合分析，得出结论如下：

1）厂址附近范围地质构造简单，含水层岩性、厚度、渗透性变化均较小，空间分布较稳定，地下水补、径、排条件清楚简单，水文地质条件简单，地下水类型有第四系松散

岩类孔隙水和基岩裂隙水。厂址附近范围可分为大南田～牧童岙、水湖涂～杨柳坑、金七门、小南山~风口门、南山岛等5个水文地质单元；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；其中，厂址位于金七门水文地质单元。

2）厂址地下水含水岩组的岩性、厚度稳定，地下水补给来源以降水为主，地下水补径排条件简单，水文地质条件简单，地下水类型有第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。第四系松散岩类孔隙水主要类型为SO_4-Na（K）·Ca型水，矿化度为216.1~510.45 mg/L。基岩裂隙水主要类型为HCO_3-Ca•Na（K）、SO_4-Ca型水，矿化度为310.26~1447.7 mg/L。

3）厂址附近没有地下水供水源地，不存在对地下水供水水源影响的问题。另外，厂址周边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，待电厂建造后，金七门村将从此地搬迁，该部分取水用户将不复存在。

厂址将来没有利用地下水的计划。

4）核电厂建设将造成厂址区地下水减少，厂址区地下水流场发生变化，但电厂建设未改变厂址区的下水的总体流向，地下水仍为厂区中间向四周排泄。厂址附近范围内地下水下游没有生产生活取水点，厂址周围居民的生活用水，不会因厂址地下水条件改变而受影响，也不会对居民生活产生影响。因此，核电厂建设不会对厂址地下水产生影响。

5）根据《核电厂水文地质调查与评价技术规范》（NB/T 20306-2014）中核环境影响有利、一般和不利条件划分表，综合判断厂址核环境影响条件属有利条件。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 天文潮

按照HAD101/09规定，10%超越高潮，即在连续19年以上的月最大天文潮中，只有10%超越或等于其高度的潮位。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：　　3.48m

最低天文潮：　　-2.92m

10%超越概率天文高潮位：　　3.32m

90%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

根据健跳站1976～2014连续38年、大目涂站1981~2014连续33年的风暴潮期间潮位资料，计算健跳站38年、大目涂站33年的风暴潮增、减水系列，统计增、减水年极值

资料，分别采用皮尔逊III型分布和耿贝尔分布方法进行频率统计分析，计算不同重现期的风暴潮增、减水。

由于厂址与健跳、大目涂同步观测序列较短，采用增减水同步相关计算厂址处的各重现期增减水较为困难，因此采用增减水叠加天文潮后的潮位相关的方法进行计算。计算结果表明厂址增水值采用与健跳和大目涂相关的结果基本一致，与健跳相关的略微偏不利，推荐采用与健跳相关的结果；减水值则明显是与大目涂相关的偏不利，健跳站位于健跳港口门内侧200m，与对岸距离约750m，其减水性质与开敞海区略有不同，因此减水采用与大目涂相关的计算结果。

（2）确定论法

1）可能最大热带风暴参数（PMTC）确定

用确定论法来计算热带气旋极端的中心海平面气压 P_0 值，关键在于根据当地环境和探空资料来设定对流层顶高度（导则建议用100 hPa的高度代替）、对流层顶温度、海面温度、眼区内温度垂直分布和眼区内的湿度垂直分布等五个参数。本计算依据浙江、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，台风移行速度为35km/h。

2）计算模型

采用风暴潮数值模型直接计算典型台风的增水并对其进行验证，在此基础上计算可能最大风暴增、减水。

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°N～41°N、116.5°E～127°E，整个计算域面积为1030km×2180km，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、瓯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和订正。

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增、减水出现的路径在250°～360°和0°～20°之间。可能最大风暴增水最不利路径计算方案为：移速35km/h，路径为在厂址-1.5R～+1.5Rkm处登陆，每15km（0.5R）为一个计算组次，移向为250°～360°（移向东北）和0°～20°（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增水为4.77m。

可能最大风暴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减水为-2.83m。

综上，厂址可能最大风暴增水为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

近几十年来，中国海平面变化总体呈波动上升的趋势。据国家海洋局发布的中国海平面公报中海平面监测和分析结果，推荐本海域在未来60年海平面上升值为0.23m。

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3.8小到4.5小时之间，平均4.1小时，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，历史上也尚未海啸的记载。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，引用国家海洋局编制的《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。计算结果表明琉球海沟各断层产生的海啸，浙江三门核电厂和福建宁德核电厂会遭受轻微海啸波外。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，SW向，夏季最大波高为8.02m，NE向，夏季次强波高为5.65m，ENE向。秋季最大波高为3.85m，浪向为NE向，冬季最大波高为2.86m，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。

收集大陈站的N、E、SE三个方向1960~2000年的年最大平均波高（$H_{1/10}$）及其对应的周期，采用P-III型曲线拟合，得到不同重现期的设计波高（$H_{1/10}$）和对应的周期。

厂址外海20m等深线处的设计波浪要素通过SWAN模型，计算1949-2015年67年间的台风浪，并统计NE向、E向以及SE向1/10大波波高的年极值，然后采用概率论法，通过P-III曲线进行推算。

取厂址围堤中间段前沿约-10m水深处作为计算取点位置，则计算点水深为18.3m。

计算结果表明，厂址可能最大台风浪（$H_{1/100}$）为11.16m，平均周期12.8s，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，即金七门厂址的破碎波高为 12.2m，可见，金七门厂址 $H_{1/100}$ 已接近于破碎。

2.5.3.7 洪水影响

核电厂址对海洪的防护是按照《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）进行考虑的。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：　3.32m

可能最大台风增水：　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，厂坪标高暂定为 15.50m，高于设计基准洪水位。波浪的影响通过护岸防波堤来解决，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上引起洪水泛滥。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。

表 2.4-1 厂址周边气象站基本情况

站名	区站号	级别	高度 m	与厂址距离 km
石浦	58569	基本站	128.4	16
三门	58568	一般站	34.5	56
宁海	58567	一般站	39.3	58
大陈	58666	基本站	86.2	67
洪家	58665	基准站	4.6	69

表 2.4-2 厂址大气扩散参数

稳定度	p_y	q_y	p_z	q_z
A	1.606	0.777	0.073	1.329
B	1.061	0.791	0.466	0.898
C	0.646	0.808	0.515	0.782
D	0.406	0.812	0.498	0.672
E	0.301	0.814	0.429	0.598
F	0.203	0.812	0.373	0.560

注：（参数采用值 $\sigma_y = P_y X^{q_r}, \sigma_z = P_z X^{q_z}$ ）

表 2.4-3　铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.3～60m/s	±0.3m/s（≤10m/s） ±(0.03V)(>10m/s)	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	°	0°～360°	±5°	3°	启动风速为 0.3m/s
温度	℃	-50℃～+50℃	±0.1℃	0.1℃	
100m 湿度	%	0～100%	±1.5%RH	1%	

表 2.4-4　地面观测主要气象要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.3m/s～60m/s	±0.3m/s（≤10m/s） ±(0.03V)(>10m/s)	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	°	0°～360°	±5°	3°	启动风速为 0.3m/s
温度	℃	-40℃～+85℃	±0.1℃	0.1℃	
降雨量	mm	0～4mm/min	±1%(≤10mm/hr) ±3% (10~20mm/hr) ±5% (20~30mm/hr)	0.1mm	
总辐射	W/m^2	0～2000	<0.1%/℃(温度依赖性)WMO 二级	1 W/m^2	15μv/W/m^2
净辐射	W/m^2	-2000～2000	<-0.1%/℃(温度依赖性) WMO 二级	1 W/m^2	10μv/W/m^2
蒸发	mm	0~100mm	±0.3mm,累积蒸发 3000mm 条件下	0.1mm	
气压	hPa	600～1100	0.119hPa, 900hPa~1100hPa	0.1	
湿度	%	0～100%	±1.5%RH	1%	

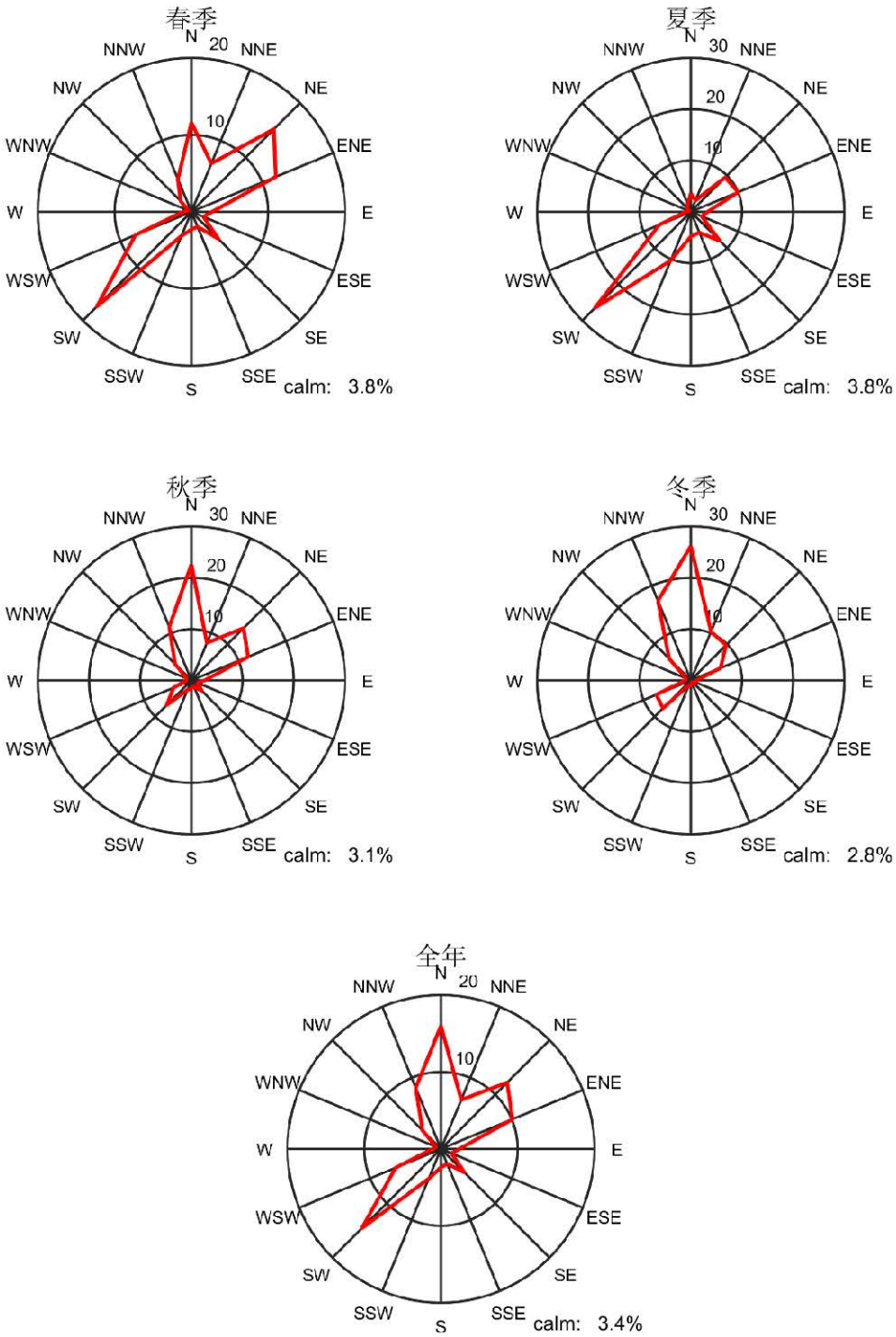
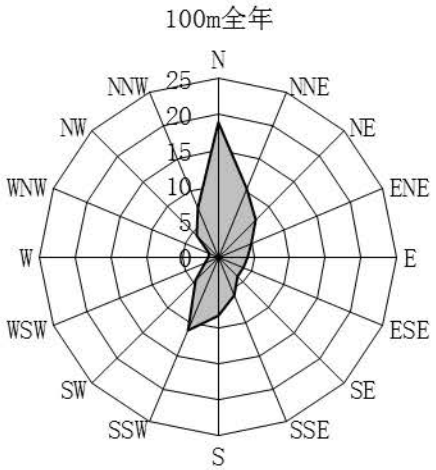
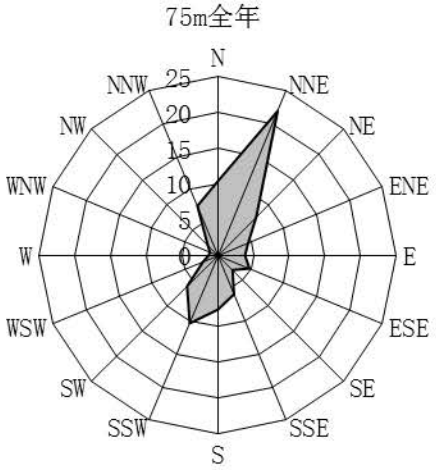


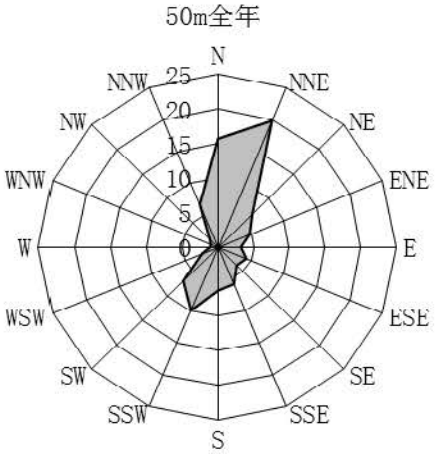
图 2.4-1　石浦站各季和年的风玫瑰



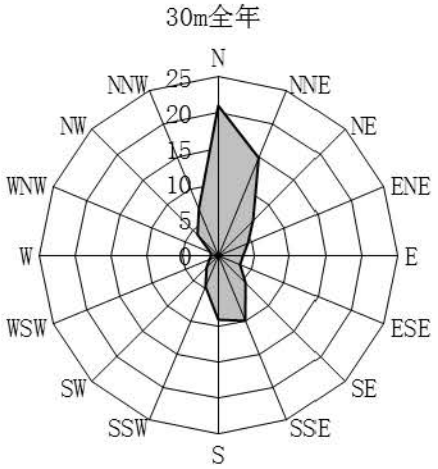
100m



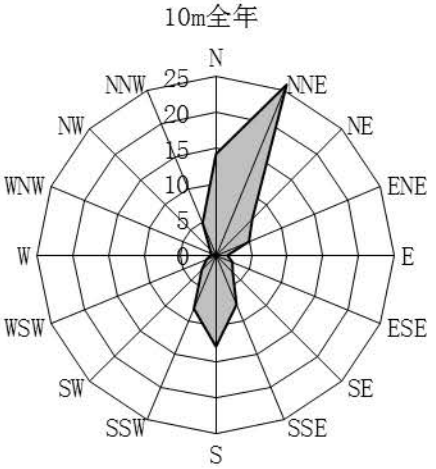
75m



50m



30m



10m

图 2.4-2　铁塔各高度年均风玫瑰（2019.10~2020.9）

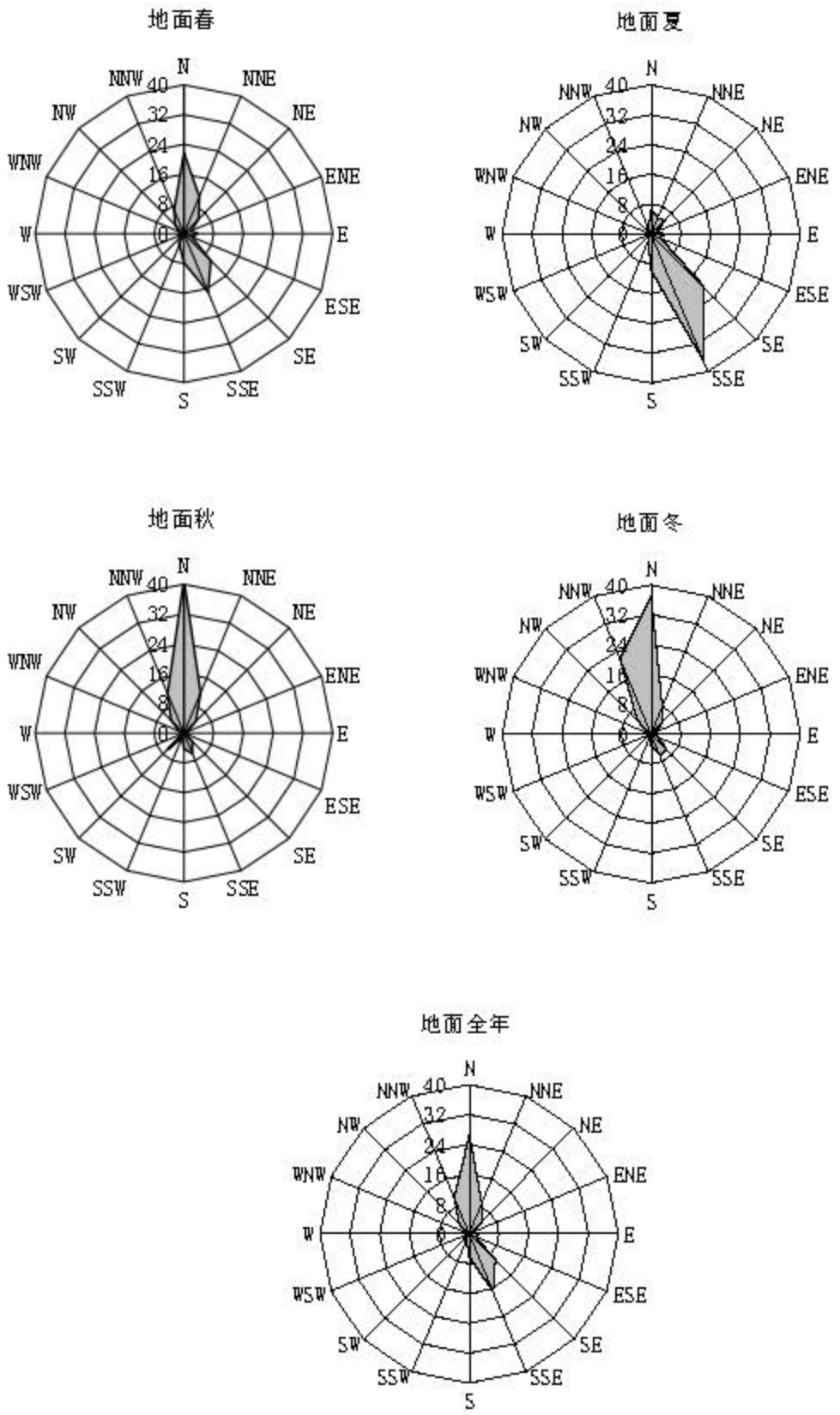


图 2.4-3　地面气象站各季及年均风玫瑰图(2019.10~2020.9)

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方案

表 3.1-2 浙江金七门核电厂辐射环境调查测量仪器一览表

表 3.1-3 环境γ辐射剂量率测量仪器测量参数汇总

表 3.1-4 主要测量参数（放化分析部分）

表 3.1-5 气溶胶样品中γ能谱分析测量参数

表 3.1-6 水样γ能谱分析测量参数

表 3.1-7 土壤、沉积物γ能谱分析测量参数

表 3.1-8 仪器设备检定情况一览表

表 3.2-1 监测仪器一览表

表 3.2-2 厂区内电磁辐射监测值统计情况

图

图 3.1-1 质量保证体系

图 3.1-2 检测流程图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

为编制本节内容，浙江金七门核电厂项目委托浙江国辐环保科技有限公司于2020年3月至5月，完成了现场监测、采样及实验室分析测量，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》（A版）。2020年7月30日，该调查专题报告通过专家审查。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）。本章主要采用《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”）中的调查数据，对金七门核电厂周围环境的放射性本底情况进行说明。此外，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”）并通过了专家评审，本报告将两次调查进行比较，对本厂址的放射性本底情况进行评价。

3.1.1.1 标准规范

2020年初步调查时参照的主要标准有：

- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；
- 《环境核辐射监测规定》（GB 12379-1990）；
- 《核电厂环境辐射监测规定》（NB/T 20246-2013）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；
- 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)；
- 《土壤中放射性核素的γ能谱分析方法》(GB/T 11743-2013)；
- 《水中放射性核素的γ能谱分析方法》(GB/T16140-2018)；
- 《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）；
- 《水中总α放射性浓度的测定-厚源法》(EJ/T 1075-1998)；
- 《水中总β放射性的测定方法 蒸发法》(EJ/T 900-1994)；
- 《土壤中锶-90的测定》（EJ/T 1035-2011）。

3.1.1.2 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。浙江金七门核电厂辐射环境调查方案详见表3.1-1。

（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） 现场实际调查

- 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。

上述现场调查中调查对象、监测项目以及监测频度等详见表3.1-1.

3.1.1.3 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；
- 充分考虑金七门核电厂周围地区人口分布、居民饮食结构等调查资料，同时参考当地气象的资料；
- 重点关注主导风向下风向区域、人口稠密区、生态功能区、环境敏感区和脆弱区。

（2）调查范围及布点方案

（1） 环境γ辐射剂量率

- 调查范围：对厂址为中心，半径20km范围内进行环境γ辐射剂量率水平测量。按半径2km、5km、10km、20km与16个方位角形成的扇形区域内布点。
- 布点方案：共布设70个测量点，半径2km范围内布设5个点位，半径2km~5km

范围内布设7个点位，半径5km~10km范围内布设11个点位，半径10km~20km范围内布设47个点位。

- 补充点位：共布设16个补充测量点，半径2km范围内布设12个点位，半径2km~5km范围内布设2个点位，半径5km~10km范围内布设2个点位。

（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，半径2km范围内布设5个点位，半径2km~5km范围内布设7个点位，半径5km~10km范围内布设11个点位，半径10km~20km范围内布设47个点位。

（3） 连续γ辐射剂量率

- 点位布设：共布设一个点位，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。15个土壤采样点位分别分布于S、SW、W、NW、N、NE、E方位；SE方位为海域，陆域面积极小，不再布设采样点位。

（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。地下水取样点均远离海岸。

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：海水在本次调查中共布设了4个采样点，在一、二期取水口，三期取水口；一、二期排水口，三期排水口各设1个采样点。沉积物共布设了3个采样点。

（3） 测量仪器及测量方法

测量仪器名称及型号列于表3.1-2，测量参数列于表3.1-3~表3.1-7。

3.1.1.4 调查结果

（1） 相关数据和资料收集

通过联系宁波市环境监测中心、象山市生态环境局象山分局，并向浙江省生态环境厅辐射处调查询问，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，仅有一个距离厂址直线距离约30km的三门核电站。

➢ 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

宇宙射线测量结果为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**63.6~126 nGy/h**，平均值为95.3 nGy/h。3月和5月两次测得最大值分别为109nGy/h和126 nGy/h；31个原野点位，扣除宇宙射线响应值后测值范围为**63.6~124nGy/h**，平均值为92.4nGy/h，3月和5月两次测得最大值分别为124 nGy/h和110nGy/h。

环境γ辐射剂量率补充测量共16个点位，其中补充道路设点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，最大值为126nGy/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，最大值为119nGy/h。

环境γ辐射剂量率补充测量共86个点位，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为85.2 nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），最高值为138nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），平均值为101.9 nGy/h；道路测值最低值为69.6 nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），最高值为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，小时平均值变化范围为139.6~153.5 nGy/h。

（3） 空气

A. 气溶胶

空气中气溶胶样品采用ZC-Q1001型大流量采样器进行采集，采样体积均大于10000m^3，气溶胶样品的分析项目包括总α、总βr和γ核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{59}Fe、^{131}I、^{7}Be）。

γ谱分析测量结果中，除^{7}Be外，其余核素结果均低于探测限。^{7}Be的活度浓度范围为3.38±0.22~9.84±0.52mBq/m^3。

放化分析包括总α、总β等分析项目，其中：

总α的活度浓度范围为0.28~0.61mBq/m^3。

总β的活度浓度范围为0.27~0.43mBq/m^3。

B. 空气中^{3}H、^{14}C

空气中^{3}H采用冷凝法进行采样，LKB 1220 Quantulus低本底液闪谱仪测量计数。空气中^{14}C采用碱液吸收法进行采样。

^{3}H的活度浓度范围为3.68~6.85mBq/m^3。

^{14}C的活度浓度范围为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

地表水设置5个采样点，每个样品采集100L左右，分别密封于多个塑料桶容器内，除2L用于分析^{3}H的样品装于玻璃瓶内，不作酸化处理外，其余水样均加硝酸（1+1）酸化至pH＜2。

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

γ谱测量结果均低于探测限。

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

总α测量结果活度浓度范围9.71~14.8mBq/L，均值为12.3Bq/L。

总β测量结果活度浓度范围44.8~47.0mBq/L，均值为45.9Bq/L。

^{90}Sr测量结果活度浓度范围0.88~3.75mBq/L，均值为2.00mBq/L。

^{3}H测量结果活度浓度范围0.26~0.47Bq/L，均值为0.36Bq/L。

^{14}C测量结果活度浓度范围0.83~5.51mBq/L，均值为2.71mBq/L。

B. 沉积物

点位同地表水采样点，用铁铲采取。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）。监测频次为1次。

γ谱分析测量结果中，天然放射性核素^{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测量结果活度浓度范围为42.8~57.2Bq/kg·干，均值为47.2Bq/kg·干。

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

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

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

^{137}Cs测量结果活度浓度范围为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0.89Bq/kg·干。

C. 地下水

地下水设置2个采样点，每个样品采集90L左右，用漏斗把水转移到塑料桶内，加硝酸（1+1）酸化至pH＜2后密封。用于分析^{3}H的样品，装于玻璃瓶内，不作酸化处理。地下水监测项目为总α、总β、^{90}Sr、^{3}H、^{14}C和γ核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn）。监测频次为1次。

γ谱测量结果均低于探测限。

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

总α测量结果活度浓度范围9.71~14.8mBq/L，均值为12.3Bq/L。

总β测量结果活度浓度范围44.8~47.0mBq/L，均值为45.9Bq/L。

^{90}Sr测量结果活度浓度范围0.88~3.75mBq/L，均值为2.00mBq/L。

^{3}H测量结果活度浓度范围0.26~0.47Bq/L，均值为0.36Bq/L。

^{14}C测量结果活度浓度范围0.83~5.51mBq/L，均值为2.71mBq/L。

D. 饮用水

饮用水设置2个采样点，每个样品采集90L左右，用漏斗把水转移到塑料桶内，加硝

酸（1+1）酸化至 pH＜2 后密封。用于分析 ^{3}H 的样品，装于玻璃瓶内，不作酸化处理。饮用水监测项目为总 α、总 β、^{90}Sr、^{3}H、^{14}C 和 γ 核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn）。监测频次为 1 次。

γ谱测量结果均低于探测限。

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

总 α 测量结果活度浓度范围 9.71~14.8mBq/L，均值为 12.3Bq/L。

总 β 测量结果活度浓度范围 44.8~47.0mBq/L，均值为 45.9Bq/L。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.88~3.75mBq/L，均值为 2.00mBq/L。

^{3}H测量结果活度浓度范围0.26~0.47Bq/L，均值为0.36Bq/L。

^{14}C 测量结果活度浓度范围 0.83~5.51mBq/L，均值为 2.71mBq/L。

（5） 海域放射性核素活度浓度

A. 海水

海水设置 4 个采样点。每个样品采集 100L 左右，分别密封于多个塑料桶容器内，加硝酸（1+1）酸化至 pH＜2 后密封。用于分析 ^{3}H 的样品，装于玻璃瓶内，不作酸化处理。海水分析项目包括总 α、总 β、^{90}Sr、^{3}H、^{14}C 和 γ 核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{65}Zn、^{110m}Ag、^{106}Ru）。监测频次为 1 次。

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、^{3}H、^{14}C 均给出了测量结果，总 α 均低于探测限，其中：

总 β 测量结果活度浓度范围 5.83~5.92Bq/L，均值为 5.87Bq/L，未扣除 ^{40}K 贡献值。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 1.23~1.73mBq/L，均值为 1.56mBq/L。

^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.33~0.46Bq/L，均值为 0.39Bq/L。

^{14}C 测量结果活度浓度范围 6.12~6.73mBq/L，均值为 6.43mBq/L。

B. 海洋沉积物

点位同海水采样点，深水处沉积物用抓斗式采泥器。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，天然放射性核素 ^{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 测量结果活度浓度范围 30.8~46.1Bq/kg·干，均值为 36.4Bq/kg·干。

^{226}Ra 测量结果活度浓度范围 28.5~34.3q/kg·干，均值为 30.6Bq/kg·干。

^{232}Th 测量结果活度浓度范围 37.9~47.9Bq/kg·干，均值为 44.4Bq/kg·干。

^{40}K 测量结果活度浓度范围 670~908Bq/kg·干，均值为 793Bq/kg·干。

^{137}Cs 测量结果活度浓度范围 0.77~1.63Bq/kg·干，均值为 1.32Bq/kg·干。

放化分析结果中，^{90}Sr 测量结果为活度浓度范围 0.21~1.12Bq/kg·干，均值为 0.46Bq/kg·干。

（6） 土壤

共布设 15 个采样点，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，天然放射性核素^{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0.22~9.90Bq/kg·干，均值为2.83Bq/kg·干。

^{238}U 的活度浓度范围为 32.2~55.3Bq/kg·干，均值为 42.3Bq/kg·干。

^{226}Ra的活度浓度范围为23.8~47.7Bq/kg·干，均值为36.4Bq/kg·干。

^{232}Th 的活度浓度范围为 43.7~68.8Bq/kg·干，均值为 56.5Bq/kg·干。

^{40}K的活度浓度范围为634~1065Bq/kg·干，均值为788Bq/kg·干。

放化分析结果中，^{90}Sr 测量结果中活度浓度范围为 0.23~4.03Bq/kg·干，均值为 1.03Bq/kg·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措施主要有下几个方面：

（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。项目质量保证体系见图 3.1-1。项目的质量管理检测流程见图 3.1-2。

（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；

➢ 样品的交换、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Geγ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，仪器检定/校准信息见表3.1-8。

（5） 平行样品分析

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。

样品的平行性较好。

3.1.2 辐射环境质量评价

（1） 资料收集结果

a) 核设施及金属矿产资源情况

通过实地走访宁波市环保局、台州市环保局，结合浙江省环境保护厅等网络调研，厂址周围50km范围内核设施主要为三门核电站，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。

b) 非密封放射源同位素及密封放射性同位素源

通过实地走访宁波市环保局、台州市环保局，结合浙江省环境保护厅等网络调研，厂址半径30km范围内有若干放射源、射线装置使用单位，放射性源项主要为工业、医用的密封源和射线装置，均统一接受浙江省环境保护厅监督管理。

（2） 实地调查结果

本报告将“2020环境监测”的调查结果与“2015环境监测”的调查结果进行了比较，两次结果比较接近，符合较好，不同机构/单位的测量结果基本处于同一水平，可总体认

为目前本厂址的环境辐射的整体水平属天然本底水平，未发生明显变化，未发现明显异常。各类调查对象的具体对比评价情况如下：

a) 环境γ辐射水平

2020 年初步调查中共设原野测量点 40 个。各点 γ 辐射剂量率平均值范围为 76.6~137nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），平均值为 106.6nGy/h，与“2015 年初步调查”中原野各点γ辐射剂量率平均值范围（71~136nGy/h 未扣除宇宙射线响应值）基本处于同一水平。根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995.8）1983-1990 年调查数据，宁波市原野本底值 45~95 nGy/h（已扣除宇宙射线响应值）及浙江省原野本底值 11-151nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），两次调查结果基本处于同一水平。

道路测量点46个，各点γ辐射剂量率范围为76.6~139nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），总平均值为110.6nGy/h，与“2015年初步调查”中道路各点γ辐射剂量率范围（88~124nGy/h 未扣除宇宙射线响应值）基本处于同一水平。根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995.8）1983-1990 年调查数据，宁波市道路本底值 64~128 nGy/h（已扣除宇宙射线响应值）及浙江省道路本底值 13-220nGy/h（已扣除宇宙射线响应值），两次调查结果基本处于同一水平。

2020 年初步调查环境 γ 辐射 TLD 累积剂量测量结果，原野累积 γ 辐射剂量率在 85.2~138nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），平均值 101.9nGy/h，道路累积γ辐射剂量率在 69.6~123nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），平均值 100.6nGy/h。累积剂量与同点位瞬时测量值无显著差异。“2015 年初步调查”中的调查结果为 69~116 nGy/h 之间，两次调查结果基本处于同一水平。

因此可认为，本次调查环境γ辐射水平与“2015年初步调查”调查监测结果较为一致，处于环境本底水平，未发现明显异常。

b) 土壤中放射性核素活度浓度

2020年初步调查中，^{137}Cs 活度浓度为0.22~9.90 Bq/(kg·干)，平均值为2.76 Bq/(kg·干)；^{238}U 活度浓度为32.2~55.3 Bq/(kg·干)，平均值为42.0 Bq/(kg·干)；^{226}Ra 活度浓度为23.8~47.7 Bq/(kg·干)，平均值为 35.9Bq/(kg·干)；^{232}Th 活度浓度为 43.7~68.8 Bq/(kg·干)，平均值为 55.3 Bq/(kg·干)；^{40}K 测值范围分别为 634~1065 Bq/(kg·干)，平均值为 790 Bq/(kg·干)。

“2015 年初步调查”中 ^{137}Cs 活度浓度为 1.52~6.51Bq/(kg·干)，^{134}Cs、^{60}Co、^{58}Co、^{54}Mn 等人工放射性核素活度浓度均低于最小探测限，^{238}U 活动浓度分别为 19.0~45.1 Bq/(kg·干)、^{226}Ra 活动浓度分别为 25.2~47.6 Bq/(kg·干)、^{232}Th 活动浓度分别为 39.6~87.5

Bq/(kg·干)、^{40}K 活动浓度分别为 547~1031 Bq/(kg·干)，两次调查基本处于同一水平。因此可认为，浙江金七门核电厂厂址周围土壤中放射性核素处于环境本底水平，未发现异常。

c) 空气中放射性核素活度浓度

➢ 气溶胶

2020 年初步调查中气溶胶 γ 核素（^{7}Be）测值范围为（3.38~9.84）×10^{3}μBq/m^{3}，^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs、^{131}I 测量值均低于仪器探测限，未检出。在“2015 年初步调查”中，^{7}Be 活度浓度为 0.45~2.13 mBq/m^{3}。其他放射性核素 ^{137}Cs、^{134}Cs、^{60}Co、^{58}Co、^{54}Mn、^{131}I 均低于最小探测限。

➢ 空气中 ^{3}H、^{14}C

2020 年初步调查中中空气中 ^{3}H、^{14}C 测值范围分别为 3.68~6.85mBq/m^{3}，0.20~0.29Bq/g·碳。

所有测量结果无异常偏高数据，可认为厂址周围气溶胶中的放射性核素活度浓度为天然本底水平，不属于高本底地区。

d) 陆地水体中放射性核素活度浓度

➢ 地表水

2020 年初步调查中地表水样中，总 α 测量结果活度浓度范围 9.71~14.8mBq/L，均值为 12.3Bq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 44.8~47.0mBq/L，均值为 45.9Bq/L；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.88~3.75mBq/L，均值为 2.00mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.26~0.47Bq/L，均值为 0.36Bq/L；^{14}C 测量结果活度浓度范围 0.83~5.51mBq/L，均值为 2.71mBq/L。

在“2015 年初步调查”中，总 α 测量结果活度浓度范围 19.0~125.3mBq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 11.4~32.3mBq/L；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.43~4.25mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.17~0.33Bq/L，与本次调查中地表水样活度浓度测量结果较为一致。

➢ 沉积物

2020 年初步调查中，沉积物（底泥）样品中的 ^{238}U 测量结果活度浓度范围为 42.8~57.2Bq/kg·干，均值为 47.2Bq/kg·干；^{226}Ra 测量结果活度浓度范围为 34.4~55.1Bq/kg·干，均值为 42.4Bq/kg·干；^{232}Th 测量结果活度浓度范围为 56.7~67.6Bq/kg·干，均值为 61.4q/kg·干；^{40}K 测量结果活度浓度范围为 605~1456Bq/kg·干，均值为 894Bq/kg·干；^{137}Cs 测量结果活度浓度范围为 0.74~2.84Bq/kg·干，均值为 1.84Bq/kg·干；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为 0.40~2.69Bq/kg·干，均值为 0.89Bq/kg·干。

在“2015 年初步调查”中，^{238}U 测量结果活度浓度范围为 27.3~35.8Bq/kg·干；^{226}Ra

测量结果活度浓度范围为 21.6~29.4Bq/kg·干；^{232}Th 测量结果活度浓度范围为 46.0~87.9Bq/kg·干；^{40}K 测量结果活度浓度范围为 429~916Bq/kg·干；^{137}Cs 测量结果活度浓度范围为 0.45~7.42Bq/kg·干；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为 0.55~4.2Bq/kg·干，与本次调查中沉积物（底泥）活度浓度测量结果较为一致。

➢ 地下水

2020 年初步调查中，地下水样品中的总 α 测量结果活度浓度范围 9.71~14.8mBq/L，均值为 12.3Bq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 44.8~47.0mBq/L，均值为 45.9Bq/L；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.88~3.75mBq/L，均值为 2.00mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.26~0.47Bq/L，均值为 0.36Bq/L；^{14}C 测量结果活度浓度范围 0.83~5.51mBq/L，均值为 2.71mBq/L。

在“2015 年初步调查”中，总 α 测量结果活度浓度范围 19.0~125.3mBq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 11.4~32.3mBq/L；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.43~4.25mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.17~0.33Bq/L，与本次调查中地下水样活度浓度测量结果较为一致。

➢ 饮用水

2020 年初步调查中，饮用水样中的总 α 测量结果活度浓度范围 9.71~14.8mBq/L，均值为 12.3Bq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 44.8~47.0mBq/L，均值为 45.9Bq/L；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.88~3.75mBq/L，均值为 2.00mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.26~0.47Bq/L，均值为 0.36Bq/L；^{14}C 测量结果活度浓度范围 0.83~5.51mBq/L，均值为 2.71mBq/L。

在“2015 年初步调查”中，总 α 测量结果活度浓度范围 19.0~125.3mBq/L；总 β 测量结果活度浓度范围 11.4~32.3mBq/L；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.43~4.25mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.17~0.33Bq/L，与本次调查中饮用水样活度浓度测量结果较为一致。

e) 海域放射性核素活度浓度

➢ 海水

2020 年初步调查中，海水样品中的总 β 测量结果活度浓度范围 5.83~5.92Bq/L（未扣除 ^{40}K 贡献值），均值为 5.87Bq/L（未扣除 ^{40}K 贡献值）；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 1.23~1.73mBq/L，均值为 1.56mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.33~0.46Bq/L，均值为 0.39Bq/L；^{14}C 测量结果活度浓度范围 6.12~6.73mBq/L，均值为 6.43mBq/L。

在“2015 年初步调查”中，总 β 测量结果活度浓度范围 48.3~76.2mBq/L；^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 0.78~7.17mBq/L；^{3}H 测量结果活度浓度范围 0.2~0.3Bq/L。除“2020 环境监测”总 β 测量结果未扣除 ^{40}K 贡献值导致测量结果偏高外，其他与本次调查中海水样活

度浓度测量结果较为一致。

➢ 海洋沉积物

2020 年初步调查中，海洋沉积物样品中的 ^{238}U 测量结果活度浓度范围 30.8~46.1Bq/kg·干，均值为 36.4Bq/kg·干；^{226}Ra 测量结果活度浓度范围 28.5~34.3q/kg·干，均值为 30.6Bq/kg·干；^{232}Th 测量结果活度浓度范围 37.9~47.9Bq/kg·干，均值为 44.4Bq/kg·干；^{40}K 测量结果活度浓度范围 670~908Bq/kg·干，均值为 793Bq/kg·干；^{137}Cs 测量结果活度浓度范围 0.77~1.63Bq/kg·干，均值为 1.32Bq/kg·干；^{90}Sr 测量结果为活度浓度范围 0.21~1.12Bq/kg·干，均值为 0.46Bq/kg·干。

在“2015 年初步调查”中，^{238}U 测量结果活度浓度范围 19.9~43.1Bq/kg·干；^{226}Ra 测量结果活度浓度范围 21.5~31.5q/kg·干；^{232}Th 测量结果活度浓度范围 41.9~56.7Bq/kg·干；^{40}K 测量结果活度浓度范围 602~742Bq/kg·干；^{137}Cs 测量结果活度浓度范围 0.49~2.23Bq/kg·干；^{90}Sr 测量结果为活度浓度范围 0.37~1.45Bq/kg·干。本次调查未发现明显异常，可以认为厂址海洋沉积物活度浓度为环境本底水平。

➢ 放化分析

2020 年初步调查中，受纳水体中的 ^{3}H、^{14}C 、^{90}Sr、总 β（未扣除 ^{40}K）测值范围分别为：0.33~0.46 Bq/L，6.12~6.73 mBq/L，1.23~1.73 mBq/L，5.83~5.92 Bq/L；测量平均值分别为 0.39 Bq/L，6.43 mBq/L，1.56 mBq/L，5.87 Bq/L。总 α 测值均未检出。

受纳水体沉积物中 ^{90}Sr 测值范围为 0.21~1.12Bq/kg·干，测量平均值为 0.46 Bq/kg·干。

在“2015 年初步调查”中，海水样品中 ^{90}Sr 活度浓度为 0.78~7.17mBq/L，总 α 为 66.1~292.6mBq/L、总 β 为 48.3~76.2mBq/L，^{3}H 的活度浓度最高值为 0.30Bq/L（＜0.15~0.30 Bq/L），与本次调查中受纳水体及沉积物活度浓度测量结果较为一致。

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

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 大气环境质量现状调查

1) 执行标准和评价依据

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

2) 监测时间及气象条件

本次大气环境监测时间为2020年4月16日至2020年4月23日，期间4月21日因天气下雨，停止监测1天。监测期间气象条件符合监测要求。

根据《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）要求，所有监测项目均连续监测7天。其中SO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$、NO_2、CO日均值每天采样1次，每次连续采样20h；臭氧（O_3）日最大8小时均值8:00至20:00整点开始采样，每次连续采样45分钟，计算最大8小时均值；SO_2、NO_2、CO、O_3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45分钟。

3.2.1.2 大气环境质量评价

本次大气环境现状调查期间，厂址半径5km范围内的环境空气质量满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准限值要求。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 噪声现状调查

（1）执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ/T 2.4-2009）；

——《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

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

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）中“声环境功能区的划分要求”，厂址所在区域为3类声环境功能区。陆域及厂界噪声均执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中规定3类标准限值。

（2）噪声测量的技术条件、方法

环境噪声测量的技术条件和采用的方法，遵照国家标准《声环境质量标准》（GB 3096-2008）的有关规定。

——测量仪器选用HS5628A型积分声级计及AWA6228+型和AWA5688型多功能噪声分析仪，其性能符合国家标准《声级计的电、声性能及测试方法》（GB3785-1993）。选用的校准仪器型号分别为HS6020型、AWA6021A型、AWA6221A型和AWA6022A型。所用监测仪器通过计量部门检定并在检定有效期内。

——各类记录及分析测试结果，按相关技术规范要求进行数据处理和填报，并进行三级审核。

（3）监测时间及气象条件

——此次噪声现状监测时间为2020年4月18日至2020年4月20日，补充监测

时间为2020 年5 月26 日至2020 年5 月27 日，本次补充监测增加2个定点点位（覆盖不同声功能区）和1个航道监测点位。监测时天气良好，无雨、无雪、无雷电等天气因素。本次所有噪声监测点，昼间、夜间各监测一次，连续监测两天，昼间监测时段为6:00～22:00，夜间监测时段为22:00～次日6:00。

3.2.2.2 噪声质量评价

本次环境噪声现状调查期间，厂址区域噪声昼夜均符合声环境功能区2类标准；厂址半径5km范围内7个敏感目标监测点噪声昼夜符合声环境功能区2类标准；17个厂区外监测点符合声环境功能区2类标准；3个交通监测点和航道昼夜噪声符合声环境功能区2类标准；3个定点噪声昼夜均符合声环境功能区2类标准。

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《厂址海域海洋生态环境现状调查与评价》专题研究。

（1）水质调查时间、范围及站位设置

调查时间为2019年8月(夏季)、2019年10-11月(秋季)、2020年2月(冬季)和2020年4月(春季)，取四个季度的代表月进行现场调查取样，其中春、夏和冬季在大潮期调查，秋季在大、小潮期调查，共计5个调查频次。

（2）水质调查要素

大面站位调查要素包括：水深、水温、盐度、水色、透明度等5项水文指标和悬浮物（SS）、pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、无机氮(包括硝酸盐氮 NO_3-N、亚硝酸盐氮 NO_2-N和氨氮 NH_3-N)、非离子氨、活性磷酸盐、活性硅酸盐、总氮、总磷、石油类和铜（Cu）、锌（Zn）、铅（Pb）、镉（Cd）、铬（Cr）、六价铬、汞（Hg）、砷（As）、硒（Se）、氰化物、硫化物、氟化物、挥发酚、多环芳烃、多氯联苯、余氯、硼（B）、铁（Fe）、锰（Mn）等32项化学指标。

连续站位调查要素包括：水深、水温、盐度、水色、透明度、pH、电导率、悬浮物、溶解氧、化学耗氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐和活性硅酸盐等15项。

3.2.3.2 海水质量评价

根据本工程邻近海域海水水质调查结果，分别对大面调查结果和连续站调查结果进行评价如下。

（1） 大面调查结果评价

总体上，四个季度调查海域水质综合评价结果显示无机氮、活性磷酸盐超标是影响海水水质的主要因素。无机氮和活性磷酸盐劣四类、第四类水质主要集中在近岸。秋季大潮、春季超过半数站位发生轻度富营养化，40%左右站位未发生富营养化，个别站位发生重度或中度富营养化；其他季度 70%~85%左右站位未发生富营养化，少数站位发生轻度富营养化，个别站位发生中度富营养化。

根据各个站位各监测指标的水质评价结果，四个季度调查海域不满足功能区要求的指标主要有无机氮和活性磷酸盐，不符合站位分别占 74%~98%和 40%~80%，这可能与陆源排污、水产养殖活动有关。

（2） 连续站调查结果评价

总体上四个季度 27 小时连续监测中，站位水质 pH、溶解氧、化学需氧量、非离子氨的含量日间波动不大。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 电磁环境现状调查

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）
- 《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 988-2005）
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）
- 《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》(HJ 681-2013)，监测点应选择在地势平坦、远离树木且没有其他电力线路、通信线路及广播线路的空地上。监测仪器的探头架设在地面（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 监测仪器

本次调查监测投入的测量仪器名称、型号及其性能指标等参数详见表3.2-1。

3.2.4.5 监测时间及天气

2020年3月24日、4月27~28日，5月25日，8月25日~27日，对浙江金七门核电项目规划厂址周围电磁环境进行了现场调查。监测气象条件符合监测规范及仪器使用要求。

3.2.4.6 电磁辐射源调查

根据现场踏勘资料，规划厂址半径5km范围内，现有电磁辐射源有移动通讯基站12座，海事雷达站1个，厂址半径5km范围外，现有110kV变电站1座（配套输电线路1条）。

3.2.4.7 监测点设置

a) 厂区边界监测点设置

本次监测根据规划厂区环境情况监测点设置如下：

本次监测共设置5个厂界监测点位。分别于拟建核电厂界东侧、东南侧、西南侧、西北侧、北侧进行布点测量，测量工频电场强度、工频磁感应强度。

b）拟建开关站监测点设置

浙江金七门核电厂拟建2个开关站在拟建开关站区域东、南、西、北四侧设置6个监测点位，其中南侧、北侧各设2个监测点位，测量工频电场强度、工频磁感应强度。

c）拟建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，由于拟建2#、3#、4#主变压器未见道路不可达，因此对其余3个主变压器设置了监测点，测量工频电场强度、工频磁感应强度。

d）拟建输电线路监测点设置

浙江金七门核电厂拟建2条输电线路，且出线方向一致，依据业主提供的平面布置图，在出线方向东西两侧50m各设1个监测点位，测量工频电场强度、工频磁感应强度。

e）厂区外环境敏感点监测点设置

本次监测于规划厂区外环境敏感点设置11个监测点，分别监测了工频电场强度、工频磁感应强度。

f）厂区外电磁辐射源监测点设置

- 移动通信基站监测点设置

对厂址半径5km范围内已有的移动通信基站共计12座，对12座移动通信基站共设19个监测点位。

- 输变电工程监测点设置

厂址半径5km范围外有1个110kV变电站（汇能光伏站）及1条输电线路，线路名称鹤汇1972线，自汇能光伏站至鹤岛变电站，采用双回架空线。本次调查在变电站站界外30m区域及架空线路以边导线地面投影外两侧各30m区域，共设24个监测点，每个监测点位监测工频电场强度、工频磁感应强度。

- 雷达站监测点设置

厂址半径5km范围内有一处海事雷达站。现场监测沿面板方向及道路间隔布点，监测射频综合场强、功率密度。

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

（2）射频综合场强

厂址区域电磁辐射采用《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求，对于30MHz-3000MHz的频率范围，该标准的公众曝露控制限值为：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）。

3.2.4.9 电磁辐射现状监测质量保证措施

本次调查及评价工作严采取的主要质量保证措施有：

（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况是否正常；

（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。

3.2.4.10 电磁辐射现状监测结果评价

a) 厂区内电磁辐射监测结果评价

本次调查对厂区边界、拟建开关站和主变压器电磁辐射环境进行了监测，数据统计见表3.2-2。由表3.2-2的监测结果所得，测得工频电场强度测值范围为0.13~5.22V/m，工频磁感应强度测值范围为6.09~43.63nT，分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100μT），符合标准要求。

b) 输电线路电磁辐射监测结果评价

以出线方向为整体，东西两侧50m各设1个监测点位，测得工频电场强度测值范围为0.61~0.64V/m，工频磁感应强度测值范围为6.05~6.08nT，分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100μT），符合标准要求。

c) 厂区外监测点电磁辐射监测结果评价

厂区外环境敏感区设11个监测点位，测得工频电场强度测值范围为0.62~1.18V/m，工频磁感应强度测值范围6.05~30.26nT，分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100μT），符合标准要求。

厂址半径5km范围内，对12座移动通信基站进行监测。射频综合场强测值范围为0.21~1.70V/m，最大功率密度为0.77μW/cm^2，低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的电场强度公众曝露控制限值12V/m（功率密度为40μW/cm^2），符合标准要求。

对厂址半径5km范围外的1个110kV变电站及1条输电线路进行监测，测得工频电场强度测值范围为2.66~492.9V/m，工频磁感应强度测值范围为7.67~363.6nT，均小于标准限值4kV/m和0.1mT（100μT），符合标准要求。

雷达站面板方向10m外射频综合场强范围0.78~9.05V/m，最大功率密度为21.72μW/cm^2，西南侧道路监测点射频综合场强范围0.18~3.27V/m，最大功率密度为

2.84μW/cm^2，均低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的电场强度公众曝露控制限值 12V/m（功率密度为 40μW/cm^2），符合标准要求。

表 3.1-1 浙江金七门核电厂辐射环境调查方案

序号	监测对象		监测项目	频次	点位数	布点及要求
1	空气	陆地	γ辐射剂量率	2次	5	0~2km
					7	2~5km
					11	5~10km
					47	10~20km
			γ辐射累积剂量[1)]	1次	70	同γ辐射剂量率监测点
			连续γ辐射剂量率[1)]	1次	1	金七门村（规划厂址）
		气溶胶	γ核素[2)]	1次	3	金七门村（厂界）、杨柳坑村（可能的关键居民组）、鹤浦镇（人口集中区）
		空气	^{3}H、^{14}C			
2	非受纳水体	饮用水	γ核素[3)]	1次	2	金七门村（规划厂址）、杨柳坑村（可能的关键居民组）
			^{90}Sr			
			^{3}H、^{14}C			
			总α、总β			
		地下水	γ核素[3)]	1次	2	金七门村（规划厂址）、杨柳坑村（可能的关键居民组）
			^{90}Sr			
			^{3}H、^{14}C			
		地表水	γ核素[3)]	1次	5	鹤浦大河（环境敏感点）、樊岙河（环境敏感点）、小百丈水库（环境敏感点）、大乌岩水库（环境敏感点）、樊岙水库（距离厂址最近水库）
			^{90}Sr			
			^{3}H、^{14}C			
		地表水沉积物	γ核素[5)]	1次	5	同地表水采样点
			^{90}Sr			
3	受纳水体	海水	γ核素[4)]	1次	4	取水口（一、二期）、取水口（三期）、排水口（一、二期）、排水口（三期）
			^{90}Sr			
			^{3}H、^{14}C			
			总α、总β			
		海底沉积物	γ核素[5)]	1次	4	同海水采样点
			^{90}Sr			

		岸边沉积物	γ 核素 5) ^{90}Sr	1 次	3	杨柳坑渔场（环境敏感点）、红卫塘渔场（环境敏感点）、荷花心渔场（环境敏感点）
4	土壤		γ 核素 5) ^{90}Sr	1 次	15	金七门村、南山岛南、水糊涂、牧童岙、小南田、凤凰山村、风门口海上森林公园、樊岙、荷花心、五利、小岙、杨柳坑村、金七门码头、南山岛北、厂界东侧
补充调查方案						
1	空气	陆地	γ 辐射剂量率	1 次	12	0~2km
					2	2~5km
					2	5~10km

注：1）持续监测 2 个月； 2）γ 核素主要分析 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs、^{7}Be、^{131}I；3）γ 核素主要分析 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs；4）γ 核素主要分析 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs、^{65}Zn、^{110m}Ag、^{106}Ru；5）γ 核素主要分析 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs、^{40}K、^{226}Ra、^{232}Th、^{238}U。

表 3.1-2 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	^{3}H、^{14}C

表 3.1-3 环境γ辐射剂量率测量仪器测量参数汇总

仪器名称	型号	主要参数
高压电离室	RS-S131-200-ER2100	量程：0~100R/hr 零点漂移±0.5uR/hr
X-γ辐射剂量当量率仪	FH40G+FHZ672E-10	外置探头：1nSv/h~100μSv/h 能量响应：40KeV~4.4MeV 基本误差：＜±15%
热释光测量系统	RGD-3D	量程：10^{-8}Gy～9.999Gy 连续 10 次读数,标准偏差＜1μGy

表 3.1-4 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	2×10^{-2}Bq/L	2×10^{-2}Bq/L
总 β	水	2L	1000	0.5	50	100	2×10^{-2}Bq/L	5×10^{-2}Bq/L
^{90}Sr	土壤	50g	1000	0.5	54	50	2×10^{-1}Bq /kg	2×10^{-1}Bq/kg
	水	20L	1000	0.5	54	60	3×10^{-4}Bq/L	3×10^{-4}Bq/L
^{3}H	空气	2L	1000	0.52	18	—	5×10^{-1}Bq/L	5×10^{-1}Bq/L
	水	2L	1000	0.52	18	—	2×10^{-1}Bq/L	5×10^{-1}Bq/L
^{14}C	空气	1.2m^3	1200	1.29	30.0	—	5×10^{-2}Bq/g	5×10^{-2}Bq/g
	水	20L	-	-	-	—	2×10^{-2}Bq/g	5×10^{-2}Bq/g

表 3.1-5 气溶胶样品中 γ 能谱分析测量参数

样品量：10000m^3 测量时间：1440min

样品几何尺寸：将滤膜装于 φ75mm×H50mm 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 3.1-6 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 φ75mm×H50mm 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 3.1-7 土壤、沉积物 γ 能谱分析测量参数

样品几何尺寸：装于 φ75mm×H50mm 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(Bq/kg·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 3.1-8 仪器设备检定情况一览表

序号	仪器名称	型号	检定单位	检定周期	检定有效期
1	低本底 α、β 装置	MPC-9604	上海市计量测试技术研究院	二年	2019.3.13~2021.3.12
				二年	2019.5.20~2021.5.19
2	低本底液闪谱仪	LKB-1220	上海市计量测试技术研究院	二年	2019.3.13~2021.3.12
3	HPGeγ 谱仪系统	GEM-S8530、	上海市计量测试技术研究院	二年	2019.3.13~2021.3.12
		GEM50-83-LB-C 、GMX40-76-LB-B		二年	2019.7.9~2021.7.8
4	X-γ 辐射剂量当量率仪	FH40G+FHZ672E-10	上海市计量测试技术研究院	一年	2019.9.27~2020.9.26
5	X-γ 辐射剂量当量率仪	FH40G+FHZ672E-10	上海市计量测试技术研究院	一年	2019.7.9~2020.7.8
6	热释光测量系统	RGD-3D	上海市计量测试技术研究院	一年	2020.3.23~2021.3.22
7	电磁辐射分析仪	SEM-600(LF-04 、RF-06)	中国计量科学研究院	一年	2019.7.11~2020.7.10
8	电磁辐射分析仪	SMP-600(WPF6 、WP400)	上海市计量测试技术研究院	一年	2019.7.16~2020.7.15
					2020.7.31~2021.7.30
9	高压电离室	RS-S131-200-ER0000	中国计量科学研究院	一年	2020.3.19~2021.3.18
10	声级计	AWA6228+	上海市计量测试技术研究院	一年	2019.5.16~2020.5.15
11	大流量气溶胶采样器	ZC-Q1001	杭州博度计量科技有限公司	一年	2019.9.29~2020.9.28

表 3.2-1 监测仪器一览表

名称	数量	型号规格	监测项目	技术指标
电磁辐射分析仪	2	SEM-600	工频电磁场	频率范围：1Hz～400kHz 量程范围：工频电场：0.05V/m~100kV/m； 分辨率：0.01 V/m 工频磁场：1nT~3mT 分辨率：0.1nT
			射频综合场强	频率范围：100kHz～6GHz 量程范围：0.2V/m~400V/m； 分 辨 率：0.01V/m
		SMP-600	工频电磁场	频率范围：1Hz～400kHz 量程范围：工频电场：4mV/m~100kV/m； 分辨率：1mV/m 工频磁场：0.5nT~10mT 分辨率：0.1nT
			射频综合场强	频率范围：0.1MHz～6GHz 量程范围：0.2V/m~1000V/m； 分 辨 率：0.1 V/m

表 3.2-2 厂区内电磁辐射监测值统计情况

监测点位置	监测因子	测值范围	最大值	评价标准
厂区边界	工频电场强度（V/m）	0.13~0.87	0.87	4000
	工频磁感应强度（nT）	6.09~43.46	43.46	100000
拟建开关站	工频电场强度（V/m）	0.65~5.22	5.22	4000
	工频磁感应强度（nT）	6.16~12.08	12.08	100000
拟建主变压器	工频电场强度（V/m）	0.63~0.64	0.64	4000
	工频磁感应强度（nT）	6.11~6.40	6.40	100000

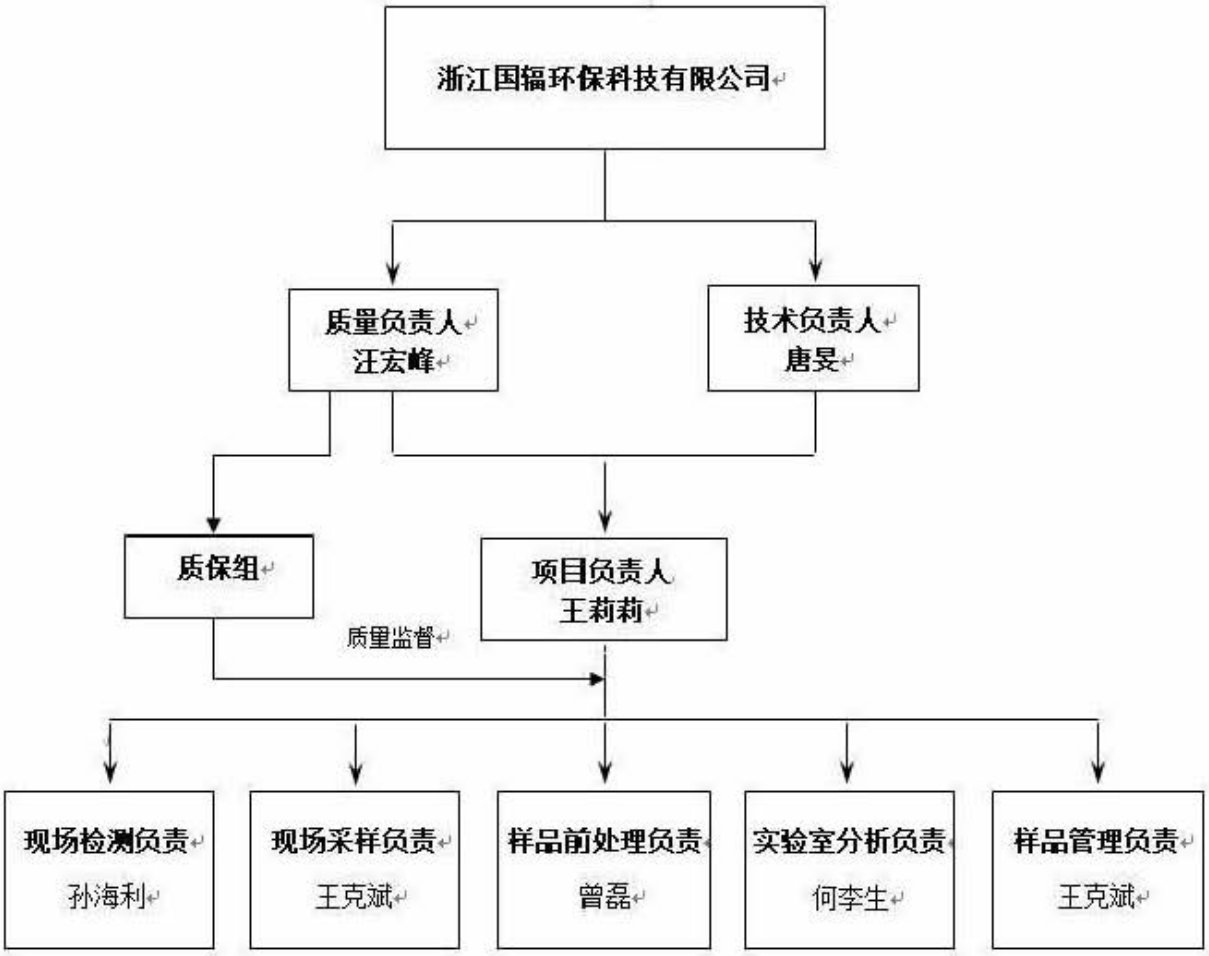

浙江国辐环保科技有限公司
质量负责人
汪宏峰
技术负责人
唐旻
质保组
项目负责人
王莉莉
质量监督
现场检测负责
孙海利
现场采样负责
王克斌
样品前处理负责
曾磊
实验室分析负责
何李生
样品管理负责
王克斌

图 3.1-1 质量保证体系

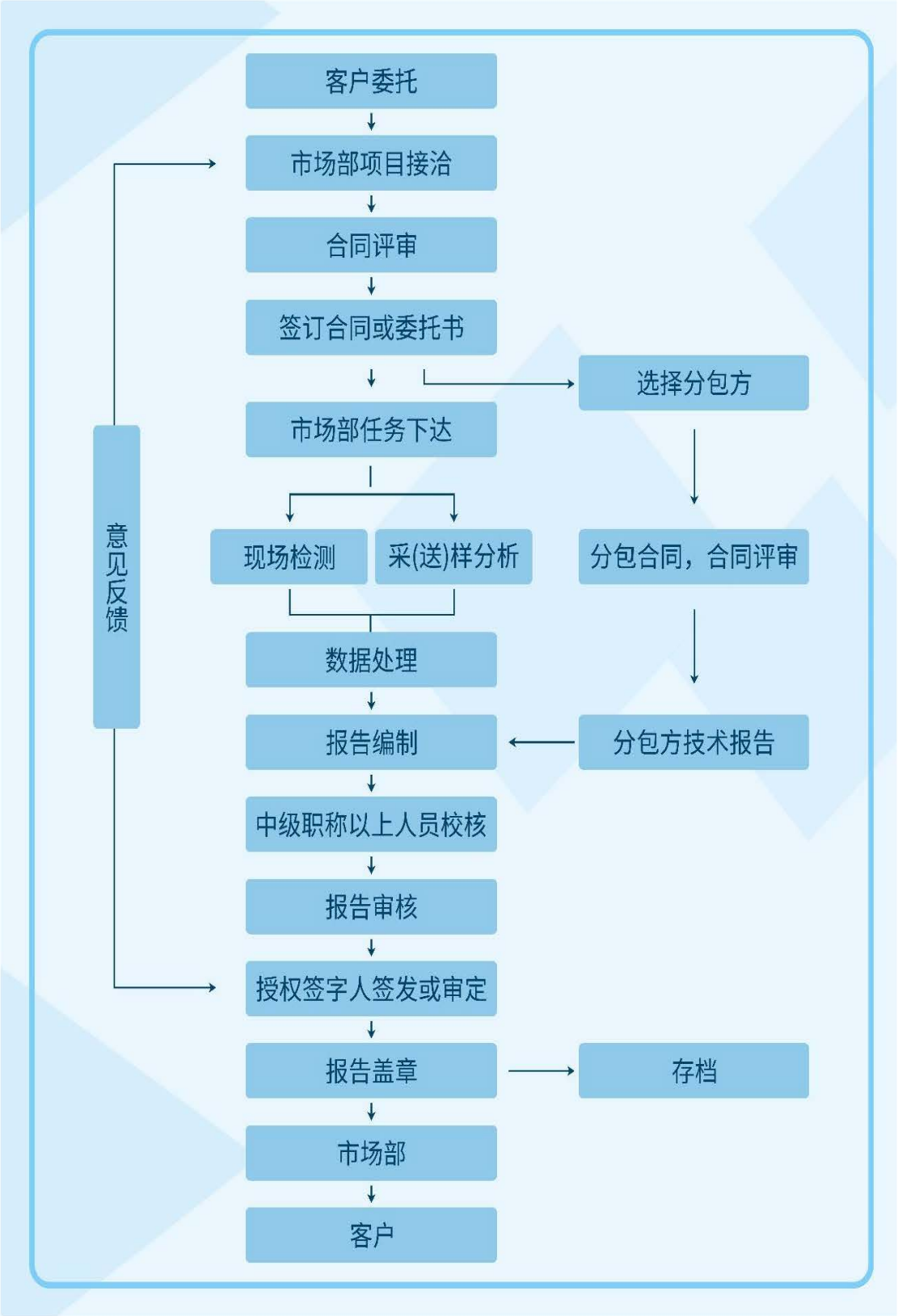

客户委托
市场部项目接洽
合同评审
签订合同或委托书
选择分包方
市场部任务下达
意见反馈
现场检测
采(送)样分析
分包合同，合同评审
数据处理
报告编制
分包方技术报告
中级职称以上人员校核
报告审核
授权签字人签发或审定
报告盖章
存档
市场部
客户

图 3.1-2 检测流程图

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 接入系统方案

4.4.2 升压站主接线与布置

4.4.3 启备电源系统

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 安全注入系统

4.5.3 安全壳喷淋系统

4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液处理系统及源项

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 其它废物

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

表

表 4.3-1 海水系统平均用水量

图

图 4.3-1 金七门核电厂一期工程海工工程方案总平面布置图

图 4.3-2 取排水方案主要流程图

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

金七门核电工程规划建设六台华龙一号机组，统一规划、分期建设。一期工程建设 2 台机组及其配套辅助设施。

厂址总体规划内容包括厂坪设计标高的确定、主厂房建筑群位置的确定、电力出线、取排水方案、对外交通运输设施规划、厂区工程规划、其它设施规划、场地平整、边坡及截排洪规划、施工场地规划及施工力能区规划等。

4.1.1.1 厂坪设计标高的确定

厂址设计基准洪水位 DBF 静水位为 8.32m，DBF 动水位为 15.02m。考虑到核岛厂房基础条件，同时结合冷却水扬程、土石方工程量等因素，初步考虑将厂坪设计标高确定为 15.50m，高于不考虑波浪影响的设计基准洪水位，波浪的作用通过临海岸边修筑挡浪墙防护。

4.1.1.2 主厂房建筑群位置的确定

1~4 号机组在同一轴线上并列布置在小南山半岛上，核岛南向，常规岛北向，1~2 号核岛中心间距为 230m，2~3 号核岛中心间距为 250m，3~4 号核岛中心间距为 230m；5、6 号机组顺列布置，核岛西向，常规岛东向，布置在长皮长半岛上，核岛中心间距为 310m。

4.1.1.3 电力出线

本工程按 6 台机组的规划容量，采用 4 回 500kV 出线，一期工程 2 台机组升压至 500kV 电压等级向北 2 回出线，接入吴宁变，送出线路长度约为 2×200km。全厂 6 台机组规划两回 220kV 备用电源进线。电力出线沿厂址北侧送出，500kV 高压跨越龙王山，山体较高、开阔。

4.1.1.4 取排水方案

核电厂一期工程冷却水系统主要包括循环冷却水系统和重要厂用水系统，均系用直流供水方式。冷却水经虹吸井后排至厂址东侧海域。

循环冷却水系统：暗管取水-循环水泵房-常规岛-虹吸井-排水隧洞-暗涵-厂址东侧海域。

重要厂用水系统：暗管取水-重要厂用水泵房-核岛-虹吸井-排水隧洞-暗涵-厂址东侧海域。

运行期间生产生活淡水全部海水淡化，施工期间淡水取自市政供水。

雨水通过管网收集后集中排放入海，生活污水送至污水处理站，处理达标后回用；生产废水处理达标后经虹吸井后入海排放。

4.1.1.5 对外交通运输设施规划

为满足金七门核电厂施工和运行期间对外交通运输的要求，应设置进厂道路、大件运输道路和大件码头等运输设施。

1）主要进厂道路

厂址东北侧主要进厂道路接至犁头谗东南侧顺接规划石浦-鹤浦通道，新建道路的连接段长度约 10.36km，道路等级为二级公路。路面宽 7m，路基宽 12m，采用沥青混凝土路面。

2）次要进厂道路

厂址西侧次要进厂道路接至鹤浦镇外川洞村东北侧，顺接石三线，道路长度约 10.61km，利用老路 6.1km，采用三级公路标准，向北接至大百丈村，进而与石三线以及规划的地方公路相接。路面宽 6.5m，路基宽 7.5m，采用沥青混凝土路面。

3）大件码头及引桥

厂址拟建 5000 吨级大件码头位于厂址西侧，水深约-6m~-9m，掩护条件较好，码头通过引桥与后方厂区相连。码头长 145m，宽 40m，顶高程 8.5m，引桥长约 179.3m，宽 12m，顶面标高由 8.5m 过渡至 15.5m。装卸采用 650t 全回转固定式起重机进行设备吊装上岸。

4）大件运输道路

本项目大件运输道路起点为大件码头，路径：大件码头-引桥-厂内重件道路。

4.1.1.6 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、辅助生产区及厂前区等，厂区工程规划详见第 4.1.2 节“厂区总平面”。

4.1.1.7 其他设施规划

其他设施分厂内及厂外两部分设置：

厂内部分包括消防站、武警营房、应急指挥中心、移动电源库、核能供热站、雨废水回收池、施工区变电站、生产倒班楼等，布置在厂区西北侧。

厂外部分主要集中在项目承包商营地。其位于象山县鹤浦镇中心位置，包括宣教中心、培训中心、值班宿舍、检修宿舍、环境监测类等设施。

环境监测类设施包括环境实验室、监督性监测前沿站、环境监测站及监督性监测子站 N 个、气象站等，除气象站布置在小南山半岛西北侧（距半岛中心）约 1km 处外，其余均布置在承包商营地。

4.1.1.8 场地平整、边坡及截排洪规划

厂区竖向初步考虑采用平坡式布置形式，厂坪设计标高暂定为 15.50m，场地平整标高暂定 15m。

一期工程按照 1、2 号机组范围及考虑 2 号机组与后期 140m 安全距离为平整边界。

场地平整后，厂址北侧形成人工挖方边坡，长度约 2175m，最大高差约为 145.5m。厂址北侧人工边坡坡底距核安全相关厂房最小距离为 94.35m，小于 1.4 倍人工边坡高度，故部分边坡属于核安全相关边坡。

按照防、排洪要求，在北侧挖方边坡坡顶设置截洪沟，长度约 1633m；在挖方边坡坡底设置排水沟，长度约 2052m，最终排入海域。

4.1.1.9 施工场地规划

施工场地包括施工临建场地、建筑材料供应设施场地、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，施工临建场地需厂外租地。核岛土建、核岛安装、常规岛土建、常规岛安装、BOP 土建、工程公司临建场地等及弃土场规划于厂址西北侧 8km 处；混凝土搅拌站及沙石料场规划于厂址西侧约 1.5km 处。

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，规划于鹤浦镇政府西侧。

4.1.1.10 施工力能区规划

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；施工用电引自一期工程 BOP 区东北部的 35kV 变电站。

4.1.1.11 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。

用地类型主要为农用地（耕地等）、建设用地、未利用地。

施工用地厂外租地，位置待定。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 总平面布置原则

- 厂区总平面布置应与总体规划相协调。
- 核岛基础尽量坐落在均匀稳定、埋深适宜、承载力特征值满足要求的基岩上，避开已探明的断裂带、海蚀沟、海蚀洞所处位置。
- 满足生产工艺流程的要求。

- 避免汽轮机飞射物危及与核安全有关的建、构筑物。
- 功能分区明确，合理划分放射性和非放射性生产区的位置，使放射性和非放射性运输线路分离。
- 冷却水取水、排水管线、电力出线力求短捷、顺畅。
- 主厂房群四周应留有足够的场地，以满足敷设工程管线和施工的需要。
- 满足运输、防火、卫生、安全、管网布置及施工安装要求。
- 配套辅助设施一次规划、分期实施。
- 满足分期建设的要求，减少后期施工对前期运行影响。

4.1.2.2 建设规模及项目组成

一期工程建设2台华龙一号机组，主要辅助生产设施按照2台机组规模设置，部分辅助生产设施按照6台机组规模设置，厂前建筑设施和其它设施按照6台机组规模一次规划。

4.1.2.3 厂区总平面布置

根据华龙一号机组主厂房地基条件、汽轮机厂房飞射物影响、各子项之间生产工艺流程、运行与施工期的影响、土石方平衡、海域使用等要求，结合厂址条件及厂址总体规划，总平面布置分述如下：

（1）主厂房区

主厂房区的子项主要包括核岛、常规岛；核岛由反应堆厂房、安全厂房、电气厂房、燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房、人员通行厂房、连接厂房、应急柴油发电机厂房、SBO柴油发电机厂房、应急空压机房、核岛消防泵房、核岛龙门架等组成；常规岛由汽轮发电机厂房、再生除盐水箱、仪用压缩空气储气罐、常规岛事故油坑、主变压器和降压变压器平台、主变备用相平台、辅助变压器区域及公用10kV配电间、10kV公用配电站等组成。

厂区固定端位于厂址西侧（按建北描述），1～4号机组的主厂房建筑群由西向东并列布置在小南山半岛，核岛南向、常规岛北向；5、6号机组并列式布置，核岛西南向，常规岛东北向，布置在长皮长半岛的山体上。1～4号机组核岛中心轴线与5～6号机组核岛中心轴线呈130.74°夹角。核岛厂房基础底面坐落在中等风化以上岩体，为凝灰岩。中等风化凝灰岩属较坚硬岩，岩体完整程度为较破碎～较完整，剪切波速值为1810m/s，地基承载力为2.0MPa。

常规岛基础底面主要为微风化岩体。

1、2号机组反应堆厂房中心距离：

1号与2号----直线距离230m；

2号与3号----直线距离250m。

（2）冷却水设施区

冷却水系统包括循环冷却水系统和重要厂用水系统，均为南取东排。冷却水通过取水口-暗管-泵房-冷却水进水管沟-主厂房-冷却水排水管沟-虹吸井-排水暗涵-排水口流出。

冷却水设施区主要包括重要厂用水泵房、循环冷却水泵房、制氯站、虹吸井等各种水工设施。循环冷却水泵房布置在主厂房区南侧；重要厂用水泵房布置在 1、2 号常规岛之间，重要厂用水泵房基础约 2/3 位于粉质粘土混碎石、粉质粘土上，约 1/3 位于强风化和中等风化凝灰岩上，地基均匀性、稳定性较差，需采取适当工程措施；制氯站布置在循环水泵房西侧；虹吸井布置在 1、2 号核岛主厂房区北侧，配电装置区西北侧。

（3）配电装置区

配电装置区主要包含 500kV 开关站、220kV 开关站、网控楼，布置在 2、3 号机组北侧。主变与开关站之间采用电缆沟连接。

（4）辅助生产设施区

辅助生产设施根据有无放射性分为放射性厂房和非放射性厂房。放射性厂房集中布置在厂区用地的西部边沿地带。非放射性厂房除与主厂房工艺联系密切的子项贴近主厂房布置以外，其余子项均考虑布置于一期工程北侧，靠近保护区出入口，方便交通运输与工艺联系。

① 放射性废物处理设施区

放射性废物处理设施区包括放射性机修及去污车间、特种车辆库、废物处理中心、放射性固体废物暂存库、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、放射性废油暂存库、放射源库、厂区实验楼等。

其中，特种车辆库、放射性废油暂存库及放射源库布置在 1、2 号机组主厂房西侧，放射性机修及去污车间、厂区实验楼、废物处理中心、放射性固体废物暂存库布置在主厂房西北侧，核岛液态流出物排放厂房及常规岛液态流出物排放厂房布置在 1、2 号机组主厂房南侧，靠近核岛厂房，减少沟道敷设长度，地基条件较好。

②非放射性辅助生产区

非放射性辅助生产区主要包括水处理设施区、仓库、机电仪修区及其它非放射性生产设施等。

- 水处理设施区

水处理设施区包括海水淡化厂、除盐水生产厂房、除盐水储存罐、污水处理构筑物等，除盐水生产厂房及除盐水储存罐布置在1号机组常规岛北侧，海水淡化厂房布置在除盐水生产厂房北侧，污水处理构筑物布置在虹吸井西南侧。

- 仓库、机电仪修区

仓库、机电仪修区包括非放射性机修车间、电仪修及专用工具库、综合仓库、棚库、龙门吊及环吊小车仓库、润滑油和油脂库、化学试剂库等。该区域集中布置在厂区北部；化学试剂库布置在厂区边缘，减小对其它子项的影响。

- 其它非放射性生产设施

包括保卫控制中心、新燃料组件运输中转贮存场地、辅助锅炉房、洗衣房及浴室、监督性流出物实验室、厂区附加电源柴油发电机厂房、公共气体贮存区1、公共气体贮存区2、氢气贮存及分配站、空气压缩机房、辅助锅炉房、厂区消防泵房等。

保卫控制中心布置在1号机组常规岛东北侧，靠近保护区出入口，方便管理；新燃料组件运输中转贮存场地布置在2号机组常规岛东侧，靠近保护区入口，便于中转；辅助锅炉房布置在1号机组常规岛西侧，靠近辅助变压器布置，方便电缆和蒸汽管道的接入。洗衣房及浴室、监督性流出物实验室布置在2号机组北侧，厂区附加电源柴油发电机厂房布置在1号核岛西侧，公共气体贮存区1、公共气体贮存区2分别布置在1号及2号机组常规岛北侧，氢气贮存及分配站、空气压缩机房集中布置在2号常规岛北侧。

（5）厂前建筑区

厂前建筑区包含综合办公楼、公共食堂、档案馆。厂前建筑区位于4号机组东侧，与主要进厂道路相接。

4.1.2.4 竖向布置

厂区采用平坡式布置，生产区场地设计标高15.50m。

场地排水采用有组织的管道或明沟排水系统，主厂区的雨水排水系统，按千年一遇降雨量设计，PMP进行校核，并确保厂区排水满足在超设计基准水淹场景时厂区的防洪安全。

4.1.2.5 厂内道路

厂内运输主要是新燃料、乏燃料、固体废物、后勤供应（如备品配件、劳保用品、设备仪表维修等）等的运输，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。

厂内道路分为重型路和轻型路，路面宽度分别为 9m、7m、4m。重型路布置在主厂房四周，并连接至大件码头；轻型路划分各分区，并与各厂房相连。

沿控制区和保护区围墙内侧、要害区围墙外侧，设置巡逻通道。

上述各级道路除满足生产运输安全保卫要求外，还兼作消防通道。

厂区共设置两个出入口，其中人流出入口设置在厂区东北角，紧邻厂前区及主要进厂道路；大件运输出入口设置在厂区西北角，通过大件道路与大件码头相连；同时厂区西北角设置备用出入口，与次要进厂道路相连，用于常规货运及厂区应急等特殊情况。

4.1.2.6 实物保护

厂区设置实物保护围栏，包括控制区围栏、保护区围栏、要害区围栏。

控制区、保护区和要害区围栏出入口处设置监控系统和值勤哨位，进出人员、车辆必须持有专用证件和磁卡。

控制区围栏的设置考虑工程分期建设的要求，相对独立设置。

4.1.2.7 绿化与美化

本设计仅划分绿化区及非绿化区，不进行具体绿化设计。

——非绿化区。本工程保护区不进行绿化，采用硬化地面或铺设碎石。

——绿化区。在保护区外的厂前区、辅助设施区及其他设施区等地域可进行绿化。栽种行道树、花木及加铺草坪等，以改善环境，充分运用和发挥绿化功能，为核电厂职工提供良好的工作环境。

为实施绿化，在厂区绿化区（厂前区等）地段的地表均需填筑≥30cm 厚的种植土壤，以利于花卉树木的成长。

4.1.2.8 环境保护相关设施的布置

环境保护相关设施除核岛厂房外，还包括放射性辅助生产设施、生活污水和生产废水处理设施、环境监测设施等。

（1）放射性厂房的布置

带有放射性的厂房有：废物处理中心、放射性固体废物暂存库、放射性机修及去污车间、核岛液态流出物排放厂房、放射性废油暂存库、新燃料组件运输中转贮存场地、特种车辆库及厂区实验楼等，上述子项除新燃料组件运输中转贮存场地布置在 2 号常规岛东侧外，其他子项集中布置在 1、2 号机组西北侧及南侧的边缘地带，靠近各机组，方便放射性废物运输，同时也远离厂前区和其他设施区，尽量避免放射性废物运输与人员交通的相互影响。

（2）污水处理设施的布置

本工程污水处理构筑物位于一期工程的东北部，配电装置区南侧。

（3）环境监测设施的布置

环境监测站及监督性监测子站分散布置在厂址周围，具体位置待定。

（4）应急指挥中心

应急指挥中心位于一期工程西北侧，同时位于 500m 非居住区半径外，距离次要进厂道路较近。

（5）厂前建筑区

厂前建筑区位于厂址北侧，一期工程东北向，与主要进厂道路相接，方便运输。厂前建筑区最西侧距离最近的 4 号机组核辅助厂房约 87m，距离最近的放射性辅助厂房约 459m，距离污水处理构筑物约 568m。

4.1.2.9 环境保护措施

厂址区域主要为丘陵地貌，植被覆盖密集，厂址西北侧有居民点、滩涂等。在本工程建设中，充分考虑环境保护要求，使其对原有地貌的改变不仅能够补偿，而且得到改善，以创造优美的小区域环境。具体实施措施主要有以下几方面：

•厂址选择中在满足技术可行、安全可靠、经济合理、环境相容的前题下，尽量选择相对贫脊的土地，避免占用农田（尤其是基本农田）和有其它利用价值的土地。

•在总体规划中合理规划厂外设施的组成、规模和位置，将尽可能多的设施（包括核电厂职工生活区、环境实验室等）规划在城市内，充分利用城市现有的公共资源，减少工程量及投资，并减少工程建设对环境的影响。

•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。

•厂坪标高的确定，除重点考虑厂址设计基准洪水位、总平面布置要求、建筑物基础埋置深度等因素外，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，减少对现状地貌的改变。

•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。

•利用本工程建设的时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少河（海）岸冲刷及水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。

4.1.3 排放口布置

本工程流出物主要包括液态流出物和气态流出物：

（1）液态流出物排放点

循环冷却水排水口为液态流出物排放点。液态流出物经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，稀释后经循环水排水管排放至排水口，进入厂址东部海域（受纳水体）。

液态流出物排放点位置待定。

（2）气态流出物排放点

气态流出物排放点为反应堆厂房气体排放口。

反应堆厂房气态流出物经过处理达标后，通过烟囱排入环境。

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

浙江金七门核电厂一期工程采用华龙一号压水堆核电机组。该核电机组由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛组成。

反应堆堆芯由 177 组华龙一号燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，堆芯活性段高度 3.66m。为了展平功率分布，首循环按铀-235 富集度的不同分三区装载；后续循环使用固体可燃毒物钆，并采用低泄漏或部分低泄漏的装载方式。堆芯燃料各区平均富集度将根据最终的堆芯燃料管理方案来确定。

由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在核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。浙江金七门核电厂一期工程的设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

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

——第二层次防御的目的是检测和纠正偏离正常运行状态，以防止预计运行事件升级为事故工况。这一层次中最重要的是设置了保护系统，以保证安全相关的重要参数的偏离

达到设定的阈值时停闭反应堆，使电站处于安全状态。为此设置了两套独立的停堆系统——控制棒系统和硼酸控制系统。

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

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

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

4.2.2 核岛

4.2.2.1 堆芯部件

浙江金七门核电厂 1、2 号机组项目机组反应堆由反应堆压力容器、堆芯、堆内构件、堆内测量装置、控制棒驱动机构等部件组成。本工程堆芯由 177 组 AFA 3G 燃料组件及其相关组件组成。

本工程采用的 AFA 3G 燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架包括上管座、下管座、导向管、仪表管和格架。仪表管位于组件中心栅元位置，它为测量仪表的插入提供通道。导向管用于容纳控制棒和其它燃料相关组件棒。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。

在 M5 合金包壳管内装入二氧化铀陶瓷芯块，并用不锈钢弹簧压紧芯块，棒两端装上上下端塞，预充 2MPa 压力的氦气，并将上下端塞焊接密封，就构成了燃料棒。燃料棒在反应堆运行时依靠核燃料的自持链式裂变反应产生热能，并将热能传递给冷却剂，同时包容裂变产物。对载钆燃料棒，除所装芯块为 UO_2-Gd_2O_3 芯块外，其结构上与二氧化铀燃料棒相同。

AFA 3G 燃料组件的相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和

阻流塞组件，用于反应堆的启停堆、变更功率、改善功率分布等。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

1) 系统功能

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

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

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

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

2) 系统描述

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

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

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

稳压器上部设有两条喷淋管线，此两条管线从两条主传热环路的冷段（反应堆冷却剂泵的出口）经总管接到稳压器的汽相空间。

在稳压器上设置有三条超压保护管线。在稳压器接管和到稳压器卸压箱的排放总管之间的每条管线上串联安装由两台先导式安全阀串联组成的一组先导式安全阀组。阀组第一台安全阀起超压保护作用，正常运行时关闭。第二台安全阀起隔离作用，正常运行时开启。在第一台安全阀因故障不“回座”时，第二台安全阀保证隔离。

为了在严重事故下执行快速卸压功能，在稳压器上部还设置有快速卸压管线，分为两

个冗余的系列，每个系列的排量为 525t/h(为超压保护管线三组安全阀排量之和)。每个系列由一台电动闸阀和一台电动截止阀组成。两个系列都排放到稳压器安全阀的排放环管上，最终通过稳压器排放总管排到稳压器卸压箱。

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

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 6.73MPa（绝对压力）。

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

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

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

(2) 反应堆冷却剂泵

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

主要部件包括泵壳、叶轮、隔热屏、下部径向轴承、密封件及电动机。

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

(3) 稳压器

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

冷却剂系统的压力变化限制在一个允许的范围内，并防止其超压。

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

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

(4) 卸压箱

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

卸压箱是一个卧式、带有椭圆形封头的圆筒形容器。

箱内通常容纳水和以氮气为主的气体。采用氮气是为了进行氮气保护，保证箱内压力以及便于定期分析可能聚集的氢和氧的含量。

(5) 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，保证反应堆冷却剂的正常输运。

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、反应堆硼和水补给系统、余热排出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

反应堆辅助系统确保下列功能：

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

化学和容积控制系统，担负正常运行期间反应堆冷却剂系统的容积、化学和反应性的控制。事故（小破口、弹棒和卡棒等）时，保持反应堆冷却剂系统的水装载量，与反应堆

硼和水补给系统一起能使反应堆停堆，并维持在热态次临界状态。该系统的主要设备（上充泵、除盐器和容积控制箱）布置在核辅助厂房内。

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

余热排出系统，在停堆后，当反应堆冷却剂温度和压力已降至不能通过蒸汽发生器排出热量时，排出反应堆冷却剂系统中的衰变热。该系统布置在安全壳内，以避免经过核辅助厂房输送大量的反应堆冷却剂。

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

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

4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及厂房内的系统和设备。

4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

蒸汽-电力转换系统接收来自核蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换为电能。本工程拟采用单轴、半转速、三缸四排汽或四缸六排汽、凝汽式汽轮机，汽轮

机本体由一个双流高压缸和两或三个个双流低压缸组成。

蒸汽电力转换系统即二回路热力系统。主要包括，主蒸汽系统、汽水分离再热系统、凝结水系统、主给水系统、汽机旁路系统、汽机回热抽汽系统等。除蒸汽-电力转换系统外还有抽真空系统，循环水系统，辅机冷却系统，闭式水系统等。

常规岛主蒸汽及疏水系统的主要功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽送到汽轮机主汽门发电，同时根据需要将主蒸汽送至汽机旁路系统，汽水分离再热器第二级再热用汽，汽轮机轴封蒸汽系统，低负荷运行时除氧器加热蒸汽，辅助蒸汽系统。

汽水分离再热器系统的主要功能是除去汽轮机高压缸排汽的水份，然后将其加热成过热蒸汽，再送入低压缸（或中低压部分）膨胀做功，同时收集其疏水分别送入高压加热器和除氧器，以提高循环效率及保护低压通流叶片。

凝结水系统是指从凝汽器的凝结水出口至除氧器的设备和管道组成的系统。为了保证系统安全可靠运行和提高循环热效率，在输送过程中，对凝结水进行除盐、加热和除氧。凝结水系统还向汽轮机旁路系统、汽轮机低压缸喷水系统、蒸汽发生器排污系统、蒸汽发生器辅助给水系统等提供低温凝结水，作为减温水或补充水。

主给水系统的主要功能是将是通过给水前置泵和主给水泵将除氧器水箱中经过除氧的低压给水压头升高，送经高压加热器，将品质合格的给水供应给核岛蒸汽发生器。

主给水系统的范围从给水泵出口至蒸汽发生器进口，分为核岛部分和常规岛部分，常规岛部分包括电动给水泵组、高压加热器、主给水调节阀和隔离阀及相关的连接管道等。

旁路系统的功能是在汽轮机起动、甩负荷、汽轮机跳闸和反应堆停堆等情况下，为核岛提供一个虚拟负荷，平衡反应堆与汽轮机之间的功率差，从而保证反应堆安全运行。该功能是通过主蒸汽经旁路系统直接排放至凝汽器实现的。

汽机回热抽汽系统是利用汽轮机的抽汽、轴封系统的余汽加热给水，从而提高汽机热力循环效率，并使进入除氧器的主凝结水、进入蒸汽发生器的给水达到预定的温度。部分加热器还接收有关热力设备的疏水和排放蒸汽，起到回收热量的作用。华龙一号回热系统通常采用两高加、四低加、一除氧器的配置。

4.2.3.2 凝汽器

凝汽器为单背压、单流程的表面式热交换器。凝汽器的壳体布置在汽轮机厂房运转层的下方，每台凝汽器壳体喉部均安装有复合低压加热器。凝汽器装有用于热井水位控制和取样的管道。凝汽器冷却管采用钛管。每个壳体均设置2个凝结水出口，通过支管汇集到凝结水母管，然后进入凝结水泵。

凝汽器不仅接收并冷凝满负荷运行时的汽轮机排汽，还需接收二回路热力循环系统中的各个设备及热力管道的排汽和疏水。这些流体通过凝汽器被循环水冷却，热量由循环水带入大海，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。凝汽器的设计容量除能够满足低压缸排汽之外，还能够接收 85%满负荷主蒸汽流量的旁路蒸汽。

凝汽器换热管采用钛管，每台凝汽器壳体内布置有两组钛管管束。蒸汽在凝汽器钛管管束附近冷凝成水，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。

凝汽器热井布置在管束的下方，设计有足够的空间，流经管束下部的部分蒸汽能进入该空间，回流加热管束底部的凝结水，从而减轻传热过程中出现的过冷现象。凝汽器热井装有液位计，在现场可观测到热井水位；在热井内装有液位控制器，用以将液位信号反馈到主控制室。

为保证凝汽器冷却管的表面清洁，达到设计的换热效果，每组管束配备一套胶球清洗装置，用以对冷却管内表面进行定期清洗。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水。

热废水为常规岛管道、设备等放水，可能带放射性，排至汽机房非油污水池，经泵升压送至常规岛液态流出物排放厂房进行处理。

非放射性含油废水为汽机房检修、运行中产生的含油废水，排放至汽机房含油污水池，经泵升压送至含油生产废水油水分离池进行处理。

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

----重要厂用水系统等

海水取自三门湾湾口北端海域，作为核电厂循环水、重要厂用水等的水源，其取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水、重要厂用水等的用水需求。浙江金七门核电厂 1、2 号机组海水系统平均用水量详见表 4.3-1。最大用水量：表 4.3-1 中除了重要厂用水的最大用水量为单台机组 8800m^3/h，其他系统最大用水量与平均用水量相同。

三门湾取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水系统、重要厂用水系统及其他海水用水系统的取水需求，不会出现冷却水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统的情

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 2215 m^3/d，施工人员生活用水最大日用水量为 1620 m^3/d，施工现场降尘和洗车用水量为 230 m^3/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 4500 m^3/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、绿化浇洒用水（再生水不足部分）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。

生产水系统主要为除盐水处理系统提供原水，并作为锅炉降温水及空调冷冻机组冷却水的补充水以及消防补水的备用水源。

绿化、浇洒、洗车等用水采用再生水，由中水系统提供。再生水不足部分由饮用水系统补足。

考虑管网漏损水量和未预见用水等，本工程正常运行日用水量约为 7000 m^3/d，最大日用水量约为 11000 m^3/d。

（2）供水水源

施工期间淡水用水由市政水源供给，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。

海水淡化厂房按照全厂 6 台机组共用设计，设计规模初步定为 22000m^3/d，可满足浙江金七门核电厂一期工程运行期两台机组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 420 m^3/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 235m^3/d，再生水产生量约为 212 m^3/d，用于道路浇洒、洗车等用水的不足水量由饮用水系统补足。

综上所述，本工程不会出现因淡水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统的情况。

4.3.2 核电厂散热系统

浙江金七门核电厂一期工程 1、2 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。金七门核电厂一期工程 1、2 号机组循环冷却水和重要厂用水均采用海水直流供水系统。取排水方案总平面布置图见图 4.3-1。本工程取排水的主要流程见图 4.3-2。

（1）取水构筑物

一期 2 台机组共用一座循环水取水泵房，循环水采用暗涵取水方式，与取水泵房连接结构段相接为两条单孔暗涵，向外延伸后合并为一条双孔取水暗涵。单孔取水暗涵长 468.6m，双孔取水暗涵长 76.6m，单孔尺度暂定为 5.8m×5.8m，多点式取水头部位于水深 -11m 处，采用混凝土立管+钢结构进水窗的结构形式。

重要厂用水采用岸边取水方式，取水口布置于金七门水道东侧，直接面对深槽由深槽取水。在岸边设取水进水间，进水间设置粗格栅及抓斗式清污机、钢闸门等。一期 2 台机组共用一座重要厂用水泵房和一座进水间，进水间海侧每台机组设置 1 条内径 1.4m 的取水隧洞，每条取水隧洞长 56.5m，取水口位于约-10m 水深处。

（2）排水构筑物与排水口

一期排水工程采用排水隧洞+排水暗涵的方式，排水口位于厂区东侧约-10m 水深处。穿越山体的排水隧洞和海域排水暗涵相接处设置闸门井。一期工程排水暗涵长约 977.4m，采用双孔共壁的结构形式，单孔尺度暂定为 6.0m×6.0m。

4.4 输电系统

4.4.1 接入系统方案

浙江金七门核电厂厂址位于浙江省宁波市，优选厂址为金七门厂址，金七门厂址位于象山县鹤浦镇金七门村。浙江金七门核电厂项目规划容量为六台“华龙一号”百万千瓦级核电机组，厂区统一规划，分期建设。一期工程拟建设两台“华龙一号”百万千瓦级压水堆核电机组及其配套设施，具体建设规模和堆型选择最终以国家核准意见为准。取排水及海工工程一次规划分期实施。

金七门核电初步考虑以下三类送出方案：

方案一：若项目采用 4×125 万千瓦+2×125 万千瓦配电装置布置的形式，可以考虑 4

台机组通过 2 回 1000 千伏线路送出，2 台机组通过 2~3 回 500 千伏线路的形式，总共 2 回 1000 千伏+2~3 回 500 千伏线路。

方案二：若项目采用 3×125 万千瓦+3×125 万千瓦配电装置布置的形式，可以考虑每 3 台机组通过 2~3 回 500 千伏线路送出的形式（接入点目前不能确定，若送出线路超过 100 公里，可能存在稳定问题，需要 3 回送出），总共 4~6 回 500 千伏线路。

方案三：若项目安全性上对接入点数量不做要求，可以集中送一点，可以考虑 6 台机组通过 2 回 1000 千伏线路送出。总共 2 回 1000 千伏出线+6 回主变进线。

4.4.2 升压站主接线与布置

根据不同的接入系统方案，升压站布置情况如下：

方案一：

（1）500 千伏升压站共一站，每站按两回主变进线、三回 500 千伏线路出线，采用 3/2 断路器接线形式，每站尺寸按 128×60 米考虑，含升压站环形道路。扣除环形道路后尺寸 100×51 米。

（2）1000 千伏升压站共一站，每站按四回主变进线、两回 1000 千伏线路出线，采用 3/2 断路器接线形式，每站尺寸按 258×119 米考虑，含升压站环形道路。扣除环形道路后尺寸 220×75 米。

方案二：

500 千伏升压站采用两站，每站按三回主变进线、三回 500 千伏线路出线，采用 3/2 断路器接线形式，每站尺寸按 128×60 米考虑，含升压站环形道路。扣除环形道路后尺寸 108×51 米。

方案三：

1000 千伏升压站共一站，每站按六回主变进线、两回 1000 千伏线路出线，采用 3/2 断路器接线形式，每站尺寸按 350×119 米考虑，含升压站环形道路。

4.4.3 启备电源系统

核电厂需配置厂外备用电源（或称辅助电源），厂外 220kV 备用电源经厂用备用变压器（或称辅助变压器）降至 10kV，作为核电厂厂用电的备用电源，在厂用主电源丧失时，备用电源为电站提供连续供电的 10kV 电源，通过 10kV 配电盘向常备、应急设施供电。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水系统。

4.5.2 安全注入系统

在发生反应堆失水事故时，安全注入系统提供冷却核燃料所需的手段，限制燃料元件包壳损伤和由此产生的裂变产物的释放，它能保证：

（1）冷却堆芯

1）任何失水事故工况下由安全注入系统注入堆芯的流量能充分排出堆芯产生的热量。使得：

— 燃料包壳的最高温度不超过1204℃；

— 燃料包壳的最大氧化厚度在各处都不超过包壳氧化前总厚度的17%；

— 水（或蒸汽）与包壳化学反应产生的氢气总量不超过假定所有包壳金属都起反应所能产生的氢气量的1%；

— 堆芯几何形状的任何改变都应能保持对堆芯进行冷却的能力；

— 堆芯能长期维持在足够低的温度（排出余热）。

2）安全注入系统能保证在事故下只有一小部分燃料元件可能受损坏。确保在事故下履行安全功能。

（2）堆芯补水

在蒸汽管道破裂事故工况下，安注系统的注入流量足以用来补偿由于不可控的蒸汽释放导致的反应堆冷却剂过冷而引起的容积变化。

（3）反应性控制

安全注入系统投运后，系统向堆芯注入来自内置换料水箱的含硼水，以控制堆芯的反应性。

安全注入系统的主要设备有：

— 2台中压安注泵；

— 3个安注箱；

— 2台低压安注泵；

— 1台水压试验泵。

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱(IRWST)取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

水压试验泵用于反应堆冷却剂系统压力试验，并且在核电机组丧失全部交流电源时用来给主泵的轴密封供水。

4.5.3 安全壳喷淋系统

安全壳喷淋系统在发生设计基准事故情况下，提供从安全壳内迅速地排出余热和清除裂变产物所需手段，以确保安全壳内的压力、温度和释放到环境的裂变产物水平保持或降低到设计范围之内。

安全壳喷淋系统为每台机组专用，由两个实体隔离的相同系列组成，每个系列均能独立地满足喷淋功能的要求。

除在喷淋前期两个系列均从化学添加剂（NaOH）水箱取水外，该系统的两个系列之间没有任何直接连接。

（1）系统设计的考虑

1）排热能力考虑：

—该系统设计得能长期工作，可达几个月，这取决安全壳完整性对它的要求。

—喷嘴的设计能使液滴的直径符合最大限度地排热和尽可能高效除碘的要求。

—安全壳喷淋系统作为能长期冷却安全壳的手段，它的热交换能力应足以排出余热，通过降低安全壳内压力和温度来防止安全壳超过设计条件。

—按热阱温度等于历史记录的最高温度计算系统的热交换能力。

—支撑喷嘴的喷淋环尽可能布置在穹顶下最高处，使水滴落差尽可能大。

—喷淋管或喷淋环上的喷嘴的间距、位置、方位的选择使喷淋覆盖的面积尽可能大，在安全壳内尽可能均匀分布，重叠喷淋尽可能少，使喷淋能覆盖安全壳的横截面积。

2）对化学考虑

—选择 pH 值时，在保证其除碘效率下，尽可能减少腐蚀影响，限制金属与辐照分解的水发生反应时和金属腐蚀时产生的氢与氧的释放。

—采取了有利于化学添加剂溶液长期贮存措施，防止沉淀、化学反应和分解。并提供了防止添加剂冷却结晶措施。

3）单一故障准则的应用

安喷系统喷淋子系统的所有能动部件和非能动部件及化学添加子系统的能动部件遵守单一故障准则。

喷淋子系统由两个容量为100%且相互独立的系列组成。

热交换器的冷却由设备冷却水系统与重要厂用水系统二个容量 100%的独立的系列来确保。

供电由两列独立电源保证，并由应急柴油发电机组作备用。

两列电源和两列冷却水各自之间都有实体分隔和布置上的分离。

（2）系统描述

安喷系统由两个子系统组成：喷淋子系统和化学添加剂子系统。

1）喷淋子系统

喷淋子系统由两个相同的系列组成。每个系列配有一台泵，一台由设备冷却水进行冷却的热交换器，两根位于穹顶的带喷嘴的喷淋环管。

系统启动后，安喷泵从内置换料水箱 IRWST 取水，5 分钟后与来自化学添加剂箱的氢氧化钠溶液混合后由喷嘴喷出。

2）化学添加剂子系统

化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠贮存箱，靠喷射器从该箱吸取氢氧化钠溶液，在泵吸入口混合后经喷淋环管喷嘴喷出。化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠混合和循环系统，以防止氢氧化钠结晶。

3）系统运行方式

当发生安全壳高高压力信号时，安全壳喷淋系统就自动投入运行。喷淋水经热交换器冷却后再进行喷淋。化学添加剂在喷淋信号 5 分钟后自动开始注入，在化学添加剂箱低液位时停止注入。

4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统

蒸汽发生器辅助给水系统属于专设安全设施。在任一正常给水系统发生事故时，辅助给水系统运行，能够确保向蒸汽发生器供应适量的水，以导出堆芯余热，直到反应堆冷却剂系统达到余热排出系统可投入的状态。此外，还应保证供水不会导致蒸汽发生器满溢。反应堆冷却剂系统的热量通过由辅助给水系统供水的蒸汽发生器传给二回路系统产生蒸汽；二回路系统蒸汽通过汽轮机旁路系统排入凝汽器或排向大气。

电站机组的设备包括两个辅助贮水池、一个泵子系统和一套与蒸汽发生器相连的给水管线，给水管线上装有流量调节阀和给水隔离阀。

辅助给水泵从辅助贮水池 001BA 和 002BA（内装适当 pH 值的除盐除氧水）吸水，并将其送入安全壳内主给水止回阀下游，靠近蒸汽发生器入口处的主给水管道内。

从辅助贮水池和与每台蒸汽发生器相连的注入管线通过取样来检查系统的水质。样品在非放射性实验室内进行分析。

辅助给水泵子系统主要设备包括：

——两台 50%流量的汽动泵(003PO、004PO)，它由蒸汽发生器主蒸汽隔离阀上游的主蒸汽管供汽，乏汽经过一个消音器排入大气。

——两台 50%流量的电动泵(001PO、002PO)，它由应急电源(柴油发电机)供电。

每台电动泵和每台汽动泵并联布置组成一个系列，都各自配置下列管道：

——吸水管线(来自辅助贮水池)；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线(包括调节阀和电动隔离阀)。

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

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

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

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

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

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

4.6 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放射性系统的主要放射性来源。

4.6.2 放射性废液处理系统及源项

放射性废液系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核电厂正常运行期间（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：

— 硼回收系统（ZBR），

— 废液处理系统（ZLT），

— 核岛液态流出物排放系统（ZLD），

— 放射性废水回收系统（WSR），

— 核岛疏水排气系统（RVD）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

— 化学和容积控制系统（RCV），

— 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），

— 蒸汽发生器排污系统（TTB），

— 常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

4.6.2.1 硼回收系统（ZBR）

硼回收系统（ZBR）对来自化学和容积控制系统（RCV）和核岛疏水排气系统（RVD）的含氢反应堆冷却剂，先利用过滤、除盐和除气装置进行净化处理。然后，利用蒸发装置进行硼水分离处理，制取补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回反应堆硼和水补给系统（RBM），复用于反应堆。

在燃耗末期，本系统还可对来自 RCV 系统的含硼浓度低的反应堆冷却剂下泄流用离子交换工艺进行除硼处理。

（1）设计基准

ZBR 系统为单机组布置，位于核辅助厂房。系统由净化、水与硼分离和除硼三部分组成。

本系统设计成能处理反应堆在基本负荷运行、负荷跟踪运行（12-3-6-3，50%满功率）、及各种运行瞬态时排放的含氢反应堆冷却剂。

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

中间贮槽的容积可以满足本系统前、后两部分独立运行，从而不影响反应堆的运行状态。中间贮槽共三个，每个贮槽的有效容积为 350m^3。

中间贮槽的容积能够容纳机组在燃料循环末期的两次冷停堆期间所产生的废液，即指：

— 冷停堆 6 小时；

— 温度升至反应堆零功率时的温度并保持反应堆零功率 1 小时；

— 返回冷停堆并保持此工况 6 小时；

— 升到满功率。

本系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为 3.5m^3/h。冷凝液含硼量低于 5ppm，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。当一回路氚的浓度高于控制值时，ZBR 冷凝液被送往 ZLD 系统监测、排放；浓缩液含硼量为 7000ppm，质量合格时可作为 4%硼酸溶液复用。

（2）系统描述

ZBR 系统由三部分组成：

— 净化部分：包括前贮槽、过滤器、除盐器和除气装置。

— 水和硼酸分离部分：包括中间贮槽、蒸发装置、冷凝液监测槽和浓缩液监测槽。

— 除硼部分：包括阴床除盐器、混床除盐器。

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

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

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

用蒸发器供料泵（005PO，006PO）将除气后的反应堆冷却剂从中间贮槽送至外加热式自然循环蒸发器（001EV、002EV）的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到浓度约 4% 的硼酸溶液和冷凝液，经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽（007BA，016BA）和冷凝液监测槽（005BA，006BA）内。经取样分析监测合格后，用浓缩液泵（014PO）和冷凝液泵（012PO，013PO）送到反应堆硼和水补给系统（RBM）的 4%硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

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

ZBR 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

（3）系统运行

a） 正常运行

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

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

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

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

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

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

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

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

蒸发产生的二次蒸汽经二次蒸汽冷凝器 003CS（004CS）冷凝后，再经冷凝液冷却器 003RF（004RF）冷却至 50°C，进入冷凝液监测槽 005BA（006BA）。

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

— 如果冷凝液的水质满足反应堆补给水要求，则由冷凝液泵 012PO（013PO）将其直接送到反应堆硼和水补给系统(RBM)作补给水使用；

— 如果冷凝液中硼含量略高，则将其送到未被污染的混床除盐器 006DE 进一步除硼后送 RBM 系统作补给水使用；

— 如果冷凝液不合格，需再处理时，则用冷凝液泵 013PO（012PO）打回中间贮槽，重新经蒸发处理；

— 为了维持反应堆冷却剂中合适的氚浓度，将含氚量高的冷凝液送到废液排放系统（ZLD）排放。

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

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

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

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

— 如果浓缩液不合格，送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理；

b） 特殊运行

— 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

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

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

— 用蒸发器对除盐水分配系统（WND）的除盐水除氧。

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

— 对氧含量高的 RBM 系统补给水除氧。

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

4.6.2.2 废液处理系统（ZLT）

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（ZLD）向环境排放。

（1）设计基准

废液处理系统的设计基准是确保核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 RVD 系统分类收集。然后，送至 ZLT 系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

— 地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力为 27.2m^3/h。地面排水量约为 5000m^3/a，服务排水量约为 1250m^3/a。

— 工艺排水放射性浓度高，化学物质含量低，一般采用除盐工艺处理，处理能力为 8m^3/h，去污因子为 10000～100000。工艺排水量约为 2250m^3/a。

— 化学排水放射性浓度高，化学物质含量也高，用蒸发方法处理，处理能力为 3.5 t/h，去污因子为 1000，处理废液量约为 1500m^3/a。

设计中考虑了各类废液与每一种处理系列之间的横向联接，以便根据废液水质情况选择合适的处理方法。

地面排水接收槽的容积为 3×50m^3，化学排水接收槽的容积为 3×50m^3，工艺排水接收槽的容积为 2×50m^3，工艺排水缓冲槽 1×20 m^3（单机组分别布置），化学排水缓冲槽 1×20 m^3（单机组分别布置），监测槽的容积为 2×50m^3。

a） 除盐工艺包括：

— 两个工艺排水接收槽 ZLT001/002BA。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。

— 一台工艺排水泵（001PO），用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，用其将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放管理限值时，也用其将废液送往过滤器 ZLT002/012FI 过滤后经 ZLD 系统监测、排放。

— 一台预过滤器 ZLT004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

— 一套化学试剂注入装置，本装置用于连续注入化学试剂，以破坏较难去除胶体的稳定性，从而有利于下游的活性炭床将这些杂质有效地去除。根据在线监测器取样结果调节化学试剂的注入量。

— 一台活性炭床 ZLT001DE，经上游注入絮凝剂后，通过 001DE 去除废液中的悬浮物、胶体和部分离子。

— 四台串联的除盐器 ZLT002/003/004/005DE。

— 一台树脂滞留过滤器 ZLT005FI。

经过处理后的废液进入监测槽 ZLT009/010BA。

b） 蒸发工艺包括：

— 三个化学排水接收槽 ZLT006/007/008BA， 用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和预处理。

— 一台化学排水泵 ZLT003PO，用于 ZLT006/007/008BA 槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

— 一化学中和站由酸、碱试剂槽和两台计量泵组成，用于调节接收槽中废液的 pH 值。

— 一蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵 ZLT005PO、蒸发器预过滤器 ZLT001FI、预热器 ZLT001EX，加热器 ZLT001RE、蒸发器 ZLT001EV、旋风式分离器 ZLT001ZE、泡罩塔 ZLT002ZE、蒸馏液冷凝器 ZLT001CS、蒸馏液冷却器 ZLT001RF、冷凝水冷却器 ZLT002RF 和冷凝水平衡槽 ZLT014BA。

蒸发浓缩液由浓缩液槽 ZLT020BA 收集。然后，用泵送至 ZST 系统浓缩液槽。

蒸馏液由两个监测槽（ZLT009/010BA）接收。

蒸发净化单元包括化学试剂注入装置，可调节蒸发器内废液pH值；当蒸发器处理易起泡的废液时，也可由本装置注入消泡剂。

蒸发净化单元和除盐净化单元设有集中和就地取样点，通过取样分析来监测废液的特性及处理效果。

对监测槽ZLT009/010BA中的废液进行取样分析。如果其放射性浓度和化学特性符合排放要求，则排往核岛液态流出物排放系统（ZLD）监测排放。否则，送至蒸发器重新处理。

c） 过滤工艺包括：

— 三台地面排水接收槽ZLT003/004/005BA，用于地面排水和服务排水的收集、贮存、混和、取样分析及化学中和。

— 地面排水泵ZLT002PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

— 两台并联使用的过滤器ZLT002/012FI。可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯。

— 当地面排水接收槽内废液的放射性浓度高于排放管理限值时，可采用蒸发工艺处理，或由除盐单元处理。

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

（3）系统运行

ZLT系统总的运行原则如下：

— ZLT系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可在IAW工作站监测系统的运行。

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

— 根据取样分析结果，废液经过滤装置送往ZLD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ZLD系统监测、排放。

— 蒸发净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

— 除盐器是手动启动的，运行稳定后，即进入自动控制状态。

4.6.2.3 核岛液态流出物排放系统（ZLD）

（1） 设计基准

a）核岛液态流出物排放系统逐槽收集下列来源的液态流出物，经混匀、取样分析、

监测后有控制地稀释排放。

① 放射性液态流出物

— 硼回收系统（ZBR）：蒸发器产生的冷凝液。

— 废液处理系统（ZLT）：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（WSR）。

— 核岛疏水排气系统（RVD）排水。

— 核岛液态流出物排放系统（ZLD）地坑疏排水。

— 固体废物处理系统（ZST）的疏水。

② 常规废水

— 蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

b）当因环境稀释能力不足而要求延迟排放、或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物放射性浓度超过规定排放限值时，可暂存液态流出物。

c）将超过排放限值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

（2） 系统描述

ZLD 系统设置三个 500m^3 的废液排放槽 ZLD001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时破裂溢出的全部流出物量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵 ZLD001/002 /003PO，用于在取样、分析之前搅拌槽内液态流出物并排放或将液态流出物送往废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 ZLD004/005PO 安装在地坑 ZLD001PS 内，地坑泵 ZLD007PO 安装在地坑 ZLD003PS 内。地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

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

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线厂房内的部分材料为不锈钢，TR 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，三个 ZLD 排放槽中的一个接收液态流出物，一个混合、取样分析和监

测排放液态流出物，另一个备用。各系统来的液态流出物在排放槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据液态流出物放射性水平及环境稀释能力来确定液态流出物的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

当排放槽液态流出物放射性浓度超过排放限值时，液态流出物被送回 ZLT 系统化学排水接收槽重新进行处理。

ZLD 系统和 WQB 系统相连，互为备用。当 ZLD 系统的排放槽不能接收废水时，WQB 的备用排放槽将用于接收核岛的液态流出物。

4.6.2.4 放射性废水回收系统（WSR）

（1） 设计基准

本系统有选择地收集下列场所产生的放射性废液或可能带放射性的废液：

— 核岛厂房内放射性洗衣房排放废液，

— 核岛厂房内卫生出入口产生的放射性废液，

— 核岛厂房内可降解废物处理系统产生的放射性废液，

— 核岛辅助设施（BOP）的放射性机修及去污车间（HH 厂房）产生的机械去污废液和化学去污废液，

— 核岛辅助设施（BOP）的厂区实验室（BL 厂房）产生的废液。

收集的废液经贮存和取样分析后，废液被送往 ZLT 系统、ZLD 系统或 ZST 系统。

（2）系统描述

WSR 系统收集下列系统及场所的废液：

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

废水贮槽 WSR001/002BA 房间内的地坑 WSR003PS 收集的废液由地坑泵 WSR008PO 送往 WSR001/002BA。

洗衣房洗衣和初次漂洗的排放废液，经粗过滤后借助于重力流入废水贮槽 WSR003BA。二次漂洗的排放废液，借助重力流入废水贮槽 WSR004BA。WSR003/004BA 内的废液经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其经核岛疏水排气系统（RVD）送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放限值，则直接由泵 WSR003/004PO

送往 ZLD 系统监测排放。

可降解废物处理系统产生的放射性废液直接进入 WSR003/004BA，经取样检测后，送往废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理或直接送往 ZLD 系统监测排放。

洗衣房废水贮槽 WSR003/004BA 房间内的地坑 WSR903PS 收集来自洗衣房和可降解废物处理设施产生的地面排水，并由地坑泵 WSR908PO 送往 WSR003/004BA。

WSR 系统 BOP 部分为两台机组共用，收集下列系统及场所的废液：

a) 放射性机修车间及去污车间排放废液

放射性机修及去污车间排放的化学去污废液靠重力流入化学去污水疏水箱 WSR202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵 WSR202PO 送往 ZLT 系统的化学排水接收槽处理或送往 ZST 系统的浓缩液槽待固化处理。

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

b) 厂区试验室排放废液

厂区试验室排放废液靠重力流入厂区试验室疏水箱 WSR203BA，经过混匀和取样分析后，由厂区试验室排水泵 WSR203PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

（3） 系统运行

— 核岛部分

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

当废水贮槽 WSR003/004BA 的液位达到高液位时，泵 WSR003/004PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 WSR003/004PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

— BOP 部分

a) 放射性机修及去污车间排放的化学去污废液

化学去污水疏水箱 WSR202BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员进行必要的处理后，根据取样分析结果，将废液送到 ZST 系统的浓缩液贮槽或 ZLT 系统的化学排水槽。出现低液位信号时，自动停泵。可以注入化学试剂调节废液的 pH 值，以

防止沉淀物在回路中沉积。

b) 放射性机修及去污车间排放的机械去污废液

机械去污水疏水箱 WSR201BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员可进行必要的处理，根据取样分析结果，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽或 ZLD 系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

c) 厂区试验室排放废液

厂区试验室疏水箱 WSR203BA 的高液位信号自动启动泵。根据取样分析结果，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽或 ZLD 系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

4.6.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

— 机组正常运行；

— 换料停堆、维修停堆各阶段及随后的启动；

— 设备维修及维修前设备排水；

— 正常泄漏和事故泄漏；

— 各种瞬态。

根据废物的特性（可复用或不可复用的废液、含氢或含氧废气）以及收集后的处理方式，这些废物将分别由各自的管网输送到核辅助厂房的硼回收系统（ZBR）、废液处理系统（ZLT）和废气处理系统（ZGT）。在反应堆发生事故以后，将高放废液再注入反应堆厂房。RVD 系统不直接履行安全功能（安全壳贯穿件除外）。但它起到限制放射性废物释放到环境中去的作用。

（1）设计基准

根据所收集的放射性物质的种类不同，RVD 系统分为六个独立的子系统：反应堆冷却剂疏水子系统、工艺疏水子系统、地面疏水子系统、化学疏水子系统、含氢废气子系统、含氧废气子系统。

RVD 系统采用的设计基准如下：

— 从与安全有关设备间来的废水，要防止由于疏水管线回流而造成与安全有关设备的淹没；

— 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；

— 非放射性疏水管道的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；

— 地坑泵有足够的能力，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；

— 采取预防措施在反应堆发生事故后使高放废液再注入反应堆厂房。

（2）系统描述

a）反应堆冷却剂疏水子系统

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

b）工艺疏水子系统

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

— 送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵输送到 ZLT 系统；

— 由 ZLT 系统直接收集；

— 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RVD008PS、009PS、012PS、013PS、508PS、509PS、512PS、513PS）的高放废液再注入反应堆厂房。

c）地面疏水子系统

该系统收集反应堆厂房、安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房、电气厂房的地面疏水。这些疏水是化学成分含量不定的低放射性废水。这些废水按下述方法进行收集和输送：

— 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；

— 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）；

— 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；

核岛放化实验室来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到 ZLT 系统；

— 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）和安全厂房地面疏水坑（RVD014PS、514PS）的高放射废液再注入反应堆厂房。

d）化学疏水子系统

该系统收集核岛放化实验室、热机修车间的废水和来自处理含有放射性化学物质系统的疏水。

这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。

除反应堆厂房的地面疏水被直接送到 ZLT 化学排水接收槽（ZLT006BA、007BA、008BA），通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑（RVD003PS），再由泵输送到 ZLT

化学排水接收槽。

e）含氢废气子系统

该系统收集反应堆冷却剂系统、ZBR 系统除气塔运行中产生的含氢废气及用氮气吹扫各种箱体的覆盖层所产生的含氢废气。这些废气被送到 ZGT 含氢废气子系统进行处理。

f）含氧废气子系统

该系统收集反应堆在启动、冷停堆时设备排气及常压贮槽、手套箱等排气，这些废气被送到 ZGT 含氧废气子系统进行处理。

（3）系统运行

a）反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

反应堆厂房产生的反应堆冷却剂疏水被收集到反应堆冷却剂疏水箱（RVD001BA），并由两台并联安装的泵（RVD001PO 或 RVD002PO）输送。

b）工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

在反应堆厂房标高在-6.70m 以上的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RVD003BA），再用泵（RVD014PO）将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）。工艺疏水箱（RVD003BA）有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑（RVD031PS）。

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

— 送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵（RVD023PO、RVD024PO）输送到 ZLT 系统。

— 靠重力直接送到 ZLT 系统。

c）化学疏水子系统

本系统靠重力收集疏水，这些废水被送到化学疏水坑（RVD003PS），再用泵输送到 ZLT 化学排水接收槽。

d）地面疏水子系统

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

反应堆厂房标高-3.40m 以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD011PS），疏水坑装有多个水位探测器，根据预先设定的高高和低低液位整定值来分别控制泵的启动和关闭（逻辑）。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

机组的计算机同时记录从一个液位到另一个液位的切换、泵的启动次数和每次启动的运行时间，以便探测安全壳内的泄漏。在安全壳疏水坑的总管上装有容积式流量计，该流量计位于安全壳外，周期性地显示从安全壳内排出的水量。

反应堆厂房标高-6.70m 以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD031PS），这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

位于反应堆堆腔和安全壳疏水坑（RVD011PS）之间的阀门（RVD608VE），正常情况下是关闭的，以便检测在反应堆冷却剂系统正常压力运行期间是否有泄漏进到堆腔里。

燃料厂房和安全厂房中的地面疏水通过重力收集到各自厂房的疏水坑，再用泵送至ZLT 系统地面排水接收槽（ZLT003、004、005BA）。

核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）接收核辅助厂房的设备泄漏、疏水，及其它厂房地面疏水和房间地面疏水（一般情况下放射性水平低于排放标准），再用泵将疏水坑中废液输送到 ZLT 地面排水接收槽。

e）含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

f）含氧废气子系统

位于反应堆厂房的本系统，通过安全壳换气通风系统（CSV）的排风机使系统在运行时保持负压。

机组在停堆期间本系统主要用来收集反应堆冷却剂系统中的饱和湿气，这些气体经过疏水含氧废气罐（RVD002BA）被分离后，气体排入安全壳换气通风系统（CSV），废水排入 RVD 工艺疏水子系统。

核辅助厂房的含氧废气排至废气处理系统（ZGT），由 ZGT 的排风机保持负压。

4.6.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

（1）设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCS）提供以下服务：

— 反应堆冷却剂容积控制；

— 反应堆冷却剂化学控制：

• 与硼和水补给系统（RBM）共同完成硼浓度的调节，从而控制反应性；

• 控制气体的浓度；

• 净化和过滤；

• 含氧量和 pH 值的控制（与 RBM 系统一起）。

— 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

— 为稳压器提供辅助喷淋；

— 稳压器满水时控制 RCS 压力；

— 为余热排出系统（RHR）的投运作准备；

— 为 RCS 系统充水、排水和进行水压试验。

（2）系统描述

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

a）上充、下泄、密封水子系统

化学和容积控制系统的上充和下泄功能用于保持反应堆冷却剂系统稳压器中的水位，从而在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在堆芯处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

两台离心式上充泵中的两台从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水。它在泵轴承和密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷

却剂流通过密封水热交换器到上充泵吸入端。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂密封低压密封引漏离开泵体并引入 RVD 疏排水系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入 RCS 系统。

b）反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

化学和容积控制系统与反应堆硼和水补给系统共同完成对反应堆冷却剂中硼浓度的控制，以补偿因温度变化、燃耗和氙毒变化所引起的反应性的慢变化。

去除反应堆冷却剂中的腐蚀产物和裂变产物，以便将反应堆冷却剂中的杂质含量及放射性水平控制在允许的范围内。

控制反应堆冷却剂的 pH 值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

（3）系统运行

在反应堆启动时，化学和容积控制系统可为反应堆冷却剂系统充水、加压及排气。在充水和排气操作完成后，即可建立化容控制系统的上充和下泄流量。在反应堆启动和冷却剂系统升温时，利用余热排出系统和化容系统的低压下泄管线控制反应堆冷却剂的压力。

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

在停堆过程中，在堆芯冷却期间，由于冷却剂的收缩要求增加上充流量进行补偿。同期，将硼浓度提高到冷停堆的数值。在达到冷停堆状态之前，如果必须打开反应堆压力容器，则通过用氮气置换容积控制箱中的氢气使反应堆冷却剂的氢含量降到 5mL/kg 以下，定期将容积控制箱的气体排到废气处理系统，释放出溶解的氢气。在电厂停堆时，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。

4.6.2.7 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）

（1）设计基准

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统的冷却回路要满足单一故障准则的要求。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。

a）乏燃料水池冷却回路

冷却回路取决于乏燃料水池中乏燃料组件的剩余功率，乏燃料水池剩余功率将根据换料工况和乏燃料组件贮存情况确定。

换料操作采用“全卸全装”的方式，即每次卸料时将堆芯的燃料组件全部卸入乏燃料水池。

在正常工况下，反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）或两个冷却系列（两台泵和两台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过50℃（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。

b）乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

处理能力：60m^3/h；

过滤孔径：除盐装置前置过滤器过滤粒度为5μm，除盐装置后过滤器过滤粒度为25μm。

c）反应堆换料水池过滤回路

处理能力为100m^3/h，过滤器的过滤粒度为5μm。

（2）系统描述

a）服务于乏燃料水池的设施

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

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

— 过滤和除盐回路

— 表面撇沫和过滤回路

— 充水回路

b）服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

— 过滤回路

— 反应堆换料水池充水和排水

当反应堆换料水池需急速充水时，使用低压安注泵；缓慢充水则可用该系统的002PO水泵。

反应堆换料水池排水采用重力排水，直接排入内置换料水箱的方式，排水过程可根据池壁喷淋清洗的要求随时终止，并在池壁喷淋清洗之后恢复。反应堆换料水池排空后，必须将水池排水管上的隔离阀切换至开启。

（3）系统运行

乏燃料贮存水池通常是充满水的。在换料时，反应堆换料水池和燃料转运舱需充满水。

当反应堆压力容器进行检查时，反应堆换料水池也需充满水。反应堆堆内构件存放区单独充水时，可用水闸门与反应堆换料水池隔离。

系统正常运行：

— 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

从乏燃料组件贮存在乏燃料水池起，冷却回路开始连续运行，水池的水温不高于 50℃。用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池。

冷却回路的流量为 450m^3/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 510m^3/h，其中 60m^3/h 提供给过滤和除盐回路。

过滤和除盐回路连续运行，其处理流量 60m^3/h 由流量计监测，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

回路最高工作温度根据树脂要求定为 60℃。当温度高于 60℃时，温度控制器发出报警信号，要求隔离过滤和除盐回路。

根据乏燃料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 5m^3/h。

— 反应堆换料水池和附属回路

在整个反应堆压力容器开盖和换料水池充水过程中，应通过余热排出系统、化学和容积控制系统和硼回收系统对反应堆冷却剂进行去污处理，但要防止降低换料水池操作时的硼浓度。裂变气体和溶解的氢则通过化学和容积系统的容积控制箱和硼回收系统的除气塔去除。

当反应堆压力容器封头打开，反应堆换料水池充水后，过滤回路投入连续运行，过滤水量为 100m^3/h，由流量计监测。

余热排出系统保持反应堆换料水池的冷却剂最高温度为 60℃。

根据反应堆换料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 6m^3/h。

4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（TTB）

（1）设计基准

a）在正常运行时，TTB 系统水处理设计流量最高能达到 76.5t/h，三台蒸汽发生器的排污量是相同的，每台蒸汽发生器的最大排污量约为额定蒸汽流量的 1.2%（即 25.5t/h）。

b） 经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

（2）系统描述

蒸汽发生器排污系统分为排污水收集、冷却、减压、处理、回收或排放五部分，主要由热交换器、减压和流量控制阀、过滤器、离子交换器以及相应的管道和阀门等组成。

每台蒸汽发生器的排污水是靠两个径向对称的支管段在管板上收集的，并在其中的一根支管上设置一根取样接管，供取样分析用。两根支管在安全壳内合并后穿过安全壳。在安全壳外的排污管上设置了一根供蒸汽发生器保养用的氮气接管，并在每一根排污管上安装了一个无泄漏的隔离阀和一个手动流量控制阀，操作人员可以根据二次侧水质的好坏通过此阀控制排污量的大小。在功率运行时，排污量在 10~76.5 t/h 之间变化。

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热交换器，或非再生热交换器。一般来说，在电厂正常运行时，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（即 45~56°C 左右）之后，通过一个减压和流量控制阀，将热交换器下游的压力限制到 1.4MPa（表压）。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 5μm 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 25μm 的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

在反应堆冷却剂系统向二回路泄漏之后的一台或多台蒸汽发生器的疏水情况下，处理后的排污水不能返回到凝汽器，而排往液态流出物排放系统。

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

— 处理设施失效；

— 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

在处理设施失效的情况下，排污水要进行连续的放射性监测，然后再送到液态流出物排放系统。

（3）系统运行

a）正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热交换器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~76.5t/h 之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

b）特殊稳态运行

① 使用非再生热交换器

在再生热交换器不可用或是冷凝器和凝结水泵不可用的情况下，排污水经过非再生热交换器冷却，一般排污流量限制在 37t/h。

② 向常规岛液态流出物排放系统的排放

当向凝汽器的排污循环不可用时，排污将引向常规岛液态流出物排放系统的排放槽，进行分析后向环境排放，或者输送到废液处理系统待处理。

③ 特殊瞬态运行

— 蒸汽发生器的疏水

当热交换器或减压阀失效时，可用临时接管旁通失效设备进行疏水，也可利用重力疏水，还可经过安全壳隔离阀下游的支路进行疏水。

— 蒸汽发生器传热管断裂

当蒸汽发生器传热管断裂时，该蒸汽发生器必须切断给水供应，保持最大排污流量以便完全排空。

4.6.2.9常规岛液态流出物排放系统（WQB）

（1）设计基准

本系统收集以下来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地向环境排放：

— 常规岛废液收集系统（WLC）的液态流出物：冷凝器热阱的疏水、汽轮机厂房汽水回路的疏水和排气冷凝液、疏水回收池中收集的排水、冷凝液集水坑中收集的疏水。

— TTB 系统排放的液态流出物。

— 其它：如 WQB 泵房间（QB201）地坑内的废液。

— 在异常情况下，WQB 系统的贮槽在三个 ZLD 系统的排放槽充满时收集核岛排放的液态流出物。

当要求延迟排放或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存液态流出物；

将超过允许排放限值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽 WQB001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。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 WQB001/002/003PO，用于在取样和分析之前搅拌槽内液

态流出物，也用于废液排放或将废液送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 WQB004PO 安装在泵房地坑 WQB001PS 内。地坑泵 WQB005PO 安装在滞留池地坑 WQB002PS 内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往 ZLT 的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪（IRM902MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

（3）系统运行

正常运行时，三个 WQB 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，如果排放废液的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

贮槽废液放射性浓度超过排放限值，废液被送回 ZLT 系统化学排水槽作再处理。

当 WQB 系统的贮槽不能接收废水时，ZLD 的备用贮槽将用于接收常规岛的废液。

4.6.2.10 放射性废液排放源项

放射性废液的排放量取决于：

- 主回路冷却剂中的放射性浓度；
- 与液体放射性释放有关的电厂设备性能，特别是泄漏率和净化工序的去污因子等；
- 废液的输运、收集、滞留、处理期间的衰变。

液态放射性流出物排放源项分两种工况（现实和保守）考虑：现实工况假设整个循环中主冷却剂比活度都处于 0.1GBq/t I-131 当量下，其结果称为现实排放源项；保守工况假设整个循环主冷却剂比活度都处于 4.44GBq/t I-131 当量下，其结果称为保守排放源项。

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

现实工况下一台机组除氚、C-14 外其他核素的排放量为 1.00E+00GBq/a，液态氚为 39.3TBq/a，液态 C-14 为 10GBq/a；保守工况下一台机组除氚、C-14 外其他核素的排放量为 6.49E+00GBq/a，液态氚为 46.0TBq/a，液态 C-14 为 26.9GBq/a。

核岛及 BOP 的年排放量为 32200m^3，常规岛的年排放量为 245900m^3。现实工况，核岛及 BOP 液态流出物排放浓度为 2.27Bq/L，常规岛液态流出物排放浓度为 1.46E-04Bq/L；保守工况，核岛及 BOP 液态流出物排放浓度为 397Bq/L，常规岛液态流出物排放浓度为

0.85Bq/L。现实工况和保守工况核岛及 BOP、常规岛的液态流出物排放浓度均低于 1000Bq/L，满足我国核动力厂环境辐射防护规定 GB6249-2011 的要求。

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（ZGT）

（1）系统功能

废气处理系统（ZGT）的功能是对核电厂产生的放射性惰性气体、卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的放射性废气年释放量、核电站工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

ZGT 系统不直接履行安全功能。但由于 ZGT 系统处理的废气带有放射性，尤其是含氢放射性废气，除辐照危害外并存在爆炸和引起火灾的危险性，故在进行 ZGT 系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

（2）设计基准

废气处理系统（ZGT）的设计基准如下：

— ZGT 系统提供足够的处理能力，使气态流出物中的放射性排放低于国家标准 GB6249-2011《核电厂环境辐射防护规定》中规定的限值；

— ZGT 系统是按照中华人民共和国核安全法规中的有关规定进行设计，并且满足了国家标准 GB/T22158-2008《核电站防火设计规范》的要求；

— ZGT 系统能在正常运行期间提供足够的处理能力，含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 2×100%。

— ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成屏障 3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；

— ZGT 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气分析仪防范系统内潜在的氢氧混合爆炸危险。整个含氢废气子系统都保持正压，并且整个子系统和每个主要设备都有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体。

— ZGT 系统为单机组设置。主要设备位于 NX 厂房内。

（3）系统组成

ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

1）含氢废气子系统

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

和碘等组成。

这类废气有如下两个来源：

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

②来自硼回收系统（ZBR）的除气单元。这类气体流量小，约 1.2m^3(STP)/h，但排气次数较多。

该类废气进入本系统后采用压缩、贮存衰变的方法降低废气的放射性浓度。贮存期满后进行取样分析，如符合要求即可将废气排至 NX 厂房的通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

2）含氧废气子系统

含氧废气主要由空气、少量放射性碘及其同位素组成，类废气来自容器的排气（并可能含有放射性气体）。

该类废气由核岛疏水排气系统（RVD）收集于含氧废气母管中，进入本系统后经碘吸附器进行除碘处理后排至通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱（不经贮存）。

（4）系统运行

1）含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RVD 系统收集至缓冲罐（ZGT001BA）。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行稳定，从而向含氢废气压缩机提供平稳的气流，并分离废气中夹带的冷凝水。来自 RVD 系统集气管的含氢废气中的氧含量由缓冲罐进气总管上的两台氧分析仪连续监测。当氧浓度达到 1.5%至 3.5%时，触发主控制室内的报警信号，并在主控制室内记录该测量值。

正常运行时，含氢废气压缩机（ZGT001/002CO）可以根据缓冲罐上的压力测量装置的设定值，进行自动操作（启动或停运）：

① 当缓冲罐压力上升达到 0.025MPa（表压）时，第一台含氢废气压缩机启动。

② 如果缓冲罐压力继续上升到 0.03MPa（表压）时，第二台含氢废气压缩机自动启动。

③ 在含氢废气压缩机运行时，当缓冲罐内压力回落到 0.005MPa（表压）时，正在运行的压缩机停运。

压缩后的气体经由压缩气体冷却器（ZGT001/002RF）冷却后，送至衰变箱（ZGT002/003/004/005BA）。

衰变箱在进气、衰变贮存、排气时的阀门操作均由远传手动进行。

在向烟囱排放前，衰变箱内的废气要进行取样分析和在线监测，测其放射性浓度等与安全排放有关的参数。只有当两个串联的远传阀门已经被手动打开时，才能控制排放阀进行废气排放。

如果 VNA 系统碘吸附器出现故障，NX 厂房的烟囱放射性超过阀值，或者假如正在排放的衰变箱内的压力下降到 0.02MPa（表压）时，则自动停止排放。衰变箱内压力低于 0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在 5～84 个小时内以预定的流量排放到 NX 厂房 VNA 系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

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

在基本负荷运行工况下，含氢废气在衰变箱内有 60 天的贮存期；在废气量大而放射性浓度低的负荷跟踪运行工况下，贮存期为 45 天。

2）含氧废气子系统

正常运行时，一台电加热器，一台碘吸附器和一台排气风机串联投入运行。当第一台风机停运后，第二台风机即自动启动（包括与之相关的电加热器和碘吸附器）。

含氧废气干管内的负压由止回式调节阀门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

含氧废气以及经由调节阀门引入的空气，可经电加热器加热，用以降低气体的相对湿度，以保护碘吸附器中活性碳的活性。

经过碘吸附器处理后的含氧废气，经 VNA 系统的主排风稀释后，排向 NX 厂房的烟囱。

4.6.3.2 核岛厂房通风系统（HVAC）

（1）设计目的

通风系统对每个厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个良好的室内环境，确保人员的安全健康以及设备的有效运行。

核岛厂房处理带放射性空气的主要通风系统如下：

— 反应堆厂房

·安全壳连续通风系统（CCV）

·安全壳空气净化系统（CUP）

·安全壳大气监测系统（CAM）

·安全壳换气通风系统（CSV）

·环形空间通风系统（CAV）

— 安全厂房

·安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

— 核燃料厂房

·核燃料厂房通风系统（VFL）

— 核辅助厂房

·核辅助厂房通风系统（VNA）

— 核废物厂房

·核废物厂房通风系统（VRW）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

— 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；

— 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；

— 没有沾污的房间每小时换气次数为 0.5 次。

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

— 蓄电池房间每小时换气次数为 12 次；

— 有氢危险的房间按稀释氢气浓度进行计算。

（2）总的设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风进风口。

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环。

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中。

所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，并通过烟囱排放至室外环境中。

在厂外电源丧失时，所有与安全相关的能动部件（包括仪表）分别备有 1E 级的 AC 电源。

有抗震要求的设备部件采取特殊措施，如支吊架、基座等。设备安装符合空间的可达性、运行和维修计划的要求。

（3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

·进风预过滤器

为送风气流中的大气除尘设置了预过滤器。这些过滤器的效率较抵，但至少为85%。

·排风预过滤器

排风预过滤器设在高效过滤器（或HEPA过滤器）上游，用来收集气流中粗颗粒灰尘，以提高高效过滤器的使用寿命，这些过滤器效率至少为85%。

·高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为95%。

·高效粒子空气过滤器（HEPA）

高效粒子空气过滤器用来捕集气流中超细小的颗粒灰尘。这些过滤器净化系数至少为3000。

过滤器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。除非另有说明，过滤器介质使用玻璃纤维材料。单元过滤器放在碳钢涂漆的框架上或放在密封过滤小室（或箱体）中。

·碘吸附器

碘吸附器用于不同的HVAC系统，用来吸附气流中气载放射性碘。这些过滤器吸附分子碘的净化系数至少为5000。碘吸附器采用的是III型碘吸附器，吸附介质是含1%KI的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

a）安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由CCV系统冷却安全壳内的设备。

除设有独立通风的堆坑和控制棒驱动机构的热负荷外（见CPV和RRV系统），CCV系统所考虑热负荷主要来自反应堆厂房内的设备。为使混凝土内应力低于容许极限，混凝土的内外温差不得超过40℃。在反应堆厂房内，CCV系统作为一个再循环系统运行。

b）安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳空气净化系统的设计，考虑了反应堆厂房内部发生放射性污染时，要减少空气中放射性污染浓度，以便工作人员在一定时间范围内有可能进入。

CUP系统取用CCV系统的部分空气，经高效粒子空气过滤器（HEPA）和碘吸附器进行净化来确保其功能。为了防止CUP高效空气粒子过滤器（HEPA）过早阻塞，空气吸

自 CCV 送风干管，使其能利用安全壳连续通风系统（CCV）的预过滤器。只有在污染情况下，工作人员进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统。为维修人员提供保证安全工作的条件。

CUP 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由安装在混凝土小室内的净化机组和混凝土小室外两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100%的净化回路组成，包括：

— 电动隔离阀；

— 电加热器；

— 高效空气粒子过滤器（净化系数＞3000）；

— 碘吸附器（净化系数（对分子碘）＞5000）；

— 手动平衡阀。

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

c）安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下四个子系统组成：

— 混合子系统，在 LOCA 后作为安全壳大气的循环系统运行。

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

·降低安全壳内空气放射性水平；

·在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差。

·安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa 时，进行安全壳排气。

— 泄漏试验子系统，使用压缩空气系统（WAS）的空气给安全壳加压。

— 安全壳大气监测子系统。本系统能够完成下述功能：

·监测安全壳大气的温度和压力。

·用 IRM（电厂辐射监测系统）辐射监测设备监测安全壳的空气放射性污染水平。

d）安全壳换气通风系统（CSV）

每个机组的反应堆厂房中，CSV 系统设计成：

— 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度。

— 减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便在冷停堆期间尽可能快地允许工作

人员持续进入。

— 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐（RVD 002BA）处在轻微负压状态下。

CSV 系统是直流式通风系统，从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统（VNA）排至烟囱后向大气排放。

e）环形空间通风系统 CAV

CAV 系统是连续运行的，保证内外壳之间空间（环形空间）的负压，保证来自内层安全壳内部的空气在排放前经过过滤，避免被污染的空气直接流向环境。

在事故后为减少释放到周围环境中的放射性，设置了两个系列的碘排风子系统（一用一备），满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

— 带有隔离阀和防火阀的排风管；

— 一个正常排风子系统；

— 两个碘排风子系统；

— 共用静压箱的密封连接的风管。

CAV 包括以下两个子系统：

1）正常排风子系统由一台预过滤器（过滤效率：85%）、一台高效粒子过滤器（净化系数＞3000）和配有逆止阀的排风机组成。

2）两个碘排风子系统的组成均包括：

— 一台电加热器；

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效粒子过滤器（净化系数＞3000）；

— 一台碘吸附器（净化系数（对分子碘）＞5000）；

— 一台 100％容量并联的排风机，并配有逆止阀。

f）安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

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

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能是为了保证安全厂房机械设备区的通风换气，在设备维修和定期试验时，保持电动机房的压力稍高于相应泵房的压力，以防电动机房被污染。即：

— 防止放射性产物释放到环境中去；

— 在安全壳喷淋系统（CSP）和安注系统（RSI）运行期间，容许维修人员进入。

VMO 系统由控制室远距离控制。

VMO 系统的正常通风子系统组成如下：

— 两台并联连接的 50%容量的空气处理机组（过滤器、冷却盘管、送风机），配有止回阀；

— 两台并联排风过滤器（预过滤器、高效粒子过滤器）；

— 三台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；

— 两台并联连接的 50%容量的排风机，配有止回阀；

— 送、排风管道；

— 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

— 两台串联的 100%容量的加热器；

—排风过滤器（高效粒子过滤器、碘过滤器）；

— 两台并联连接的 100%容量的排风机，配有止回阀；

—排风管道；

— 防火阀。

g）核燃料厂房通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤系统运行。在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。在 LOCA 情况时，低流量排风与-5.30m 以下房间的通风相连接。

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统的设计都能保持其功能。同时，事故工况下使用的低流量排风子系统设有应急电源。

VFL 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

— 两台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 两台高效粒子空气过滤器（净化系数＞3000）；

— 两个阻塞补偿阀；

— 两台 100%容量并联的排风机，装有逆止阀；

— 一支通向烟囱的排气管，配有两个冗余设置的快速关闭阀门，在事故时把系统与

室外隔离。

h）核辅助厂房通风系统（VNA）

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

— 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行或工作人员的健康要求；

— 按辐射防护分级，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 减少释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；

— 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

— 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统（CSV）所需要的风量及过滤要求；

— 在厂房火灾的情况下，从核辅助厂房的电气房间排烟。

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

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

① 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

— 四台并联的预过滤器（过滤效率：85%）（三用一备）；

— 四台并联的高效粒子空气过滤器（净化系数＞3000）（三用一备）；

— 四台 50%冗余设置的风机，并联连接，并配置逆止阀（两用两备）；

— 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

② 碘排风机组

两个容量为 100%的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

— 两台电加热器；

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效粒子空气过滤器（净化系数＞3000）；

— 一台碘吸附器（净化系数＞5000）；

— 一台配有逆止阀的风机；

— 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

③ 排烟机组

排烟机组的组成：

— 一台过滤器机组，包括一台预过滤器（过滤效率：85%）和一台高效粒子空气过滤器（净化系数＞3000）；

— 两台 100％容量并联连接的风机，并配置逆止阀；

— 连接电气房间的排烟的管道，并配置排烟阀。

④ 排风烟囱

排风烟囱固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 76.53m，高出反应堆厂房 3m。

在烟囱中设有一个监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

⑤ 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电散热器和电加热器，以防止发生任何结晶的可能。

在固体废物处理系统（ZST）排风管出口处的预过滤器，是用来截留固体废物装桶系统运行时所产生的水泥粉尘。

i）核废物厂房通风系统（VRW）

VRW 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

— 反应堆正常运行期间，维持核废物厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行和工作人员的健康要求；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

— 在厂房火灾的情况下，从核废物厂房的电气房间排烟；

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VRW 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统和排烟子系统组成。

① 正常送风子系统

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

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效过滤器（净化系数＞3000）；

— 一台配有止回阀的风机。

① 正常排风子系统

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

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数＞3000）；

— 一台配有止回阀的风机。

② 碘排风子系统

碘排风子系统由2台100％容量的机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的碘排风管路组成，每台机组包括：

— 一台电加热器；

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数＞3000）；

— 一台碘吸附器（净化系数＞5000）；

— 一台配有止回阀的风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

③ 排烟子系统

排烟子系统由1台100％容量的机组以及配有排烟阀的排烟管路组成，机组包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数＞3000）；

— 两台100％容量并联连接的风机，并配置止回阀。

4.6.3.3 放射性废气排放源项

气载放射性流出物主要来源于主冷却剂脱气（含氢废气）和各厂房的通风排放（含氧废气），具体为：

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；
- 辅助厂房通风；
- 核废物厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放。

气载放射性流出物排放源项也分现实排放源项和保守排放源项两种方法考虑，计算中使用主冷却剂比活度的假设与液态同。

现实工况下一台机组的惰性气体排放量为 1.24E+03GBq/a，气载碘的排放量为2.39E-02GBq/a，气载粒子的排放量为4.68E-02GBq/a，气态氚的排放量为3.93E+03GBq/a，气态C-14的排放量为220GBq/a；保守工况下一台机组的惰性气体排放量为5.84E+04GBq/a，气载碘的排放量为9.61E-01GBq/a，气载粒子的排放量为9.36E-02GBq/a，气态氚的排放量为4.60E+03GBq/a，气态C-14的排放量为366GBq/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（ZST）、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（ZST）

4.6.4.1.1 系统功能

固体废物处理系统（ZST）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。

本系统处理下列几种类型的废物：

——废树脂；

——废活性炭；

——浓缩液；

——废过滤器芯；

——杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）。

废树脂由下列系统的除盐器产生：化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（ZBR）、蒸汽发生器排污系统（TTB）、乏燃料水池净化系统（RFT）和废液处理系统（ZLT）。

废活性炭产生自ZLT系统工艺废液处理的活性炭床。

浓缩液来自ZLT系统的蒸发器。

废过滤器芯来自核辅助厂房（NX）和核废物厂房（QX）内RCV、ZBR、RFT、ZLT和TTB系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可压实废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和不可压实的金属部件组成，收集在塑料袋内。

4.6.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物达到适宜运输、贮存和处置的要求。

固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，

并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

本系统设计所采用的主要标准规范：

— 《核动力厂环境辐射防护规定》 GB 6249-2011

— 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》 GB 9132-2018

— 《放射性物质安品运输规程》 GB 11806-2019

— 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》 GB 12711-2018

— 《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》 EJ 1042-2014

— 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》 GB14589-93

— 《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》GB 36900.2-2018

4.6.4.1.3 系统描述

（1）ZST 系统组成

本工程的 ZST 系统由核辅助厂房（NX）内部分、核废物厂房（QX）内部分、废物处理中心及固体废物暂存库组成。根据不同类型废物的性质分别对其进行处理。

（2）废物处理工艺描述

ZST 系统对各种固体废物根据各自的性质进行处理。

ZLT 系统产生的浓缩液收集在 QX 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固体废物暂存库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房和 QX 厂房的废树脂贮槽中，用屏蔽运输车送到废物处理中心的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在废物处理中心厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NX 厂房直接装入 200L 钢桶。然后，送到固体废物暂存库贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NX 厂房的废树脂贮槽中，然后送到废物处理中心进行烘干后装入 200L 金属桶。

将 NX 厂房和 QX 厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心将装有废过滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖和剂量检测后送至固体废物暂存库暂存；表面剂量率≤2mSv/h 的过滤芯可视为干废物进行超压处理。经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。

通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到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，在分拣箱分拣成可压实干废物、需要烘干的潮湿干废物和不可压实废物进行处理：杂项干废物→分拣→烘干（必要时）→剪切（必要时）→初级压实→超级压实→水泥固定→200L 钢桶封盖→表面剂量率和表面污染检测→送固体废物暂存库暂存。

（3）固体废物暂存库

固体废物暂存库用于暂存六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、TTB 废树脂桶的临时贮存场所。

固体废物暂存库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

废物暂存库贮存区域包括 HIC 废物包贮存室、HIC 废物包贮存区、200L 废物桶贮存室、200L 废物桶贮存区、TTB 废树脂桶贮存区、轻微污染设备贮存区。

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

贮存的放射性废物贮存一定年限后（不超过 5 年），转运到放射性固体废物处置场进行处置。

4.6.4.1.4 系统运行

(1) 浓缩液的处理

浓缩液收集于 QX 厂房的浓缩液贮槽内，随后用浓缩液泵装入 200L 钢桶进行桶内干燥，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车运送到固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

(2) 废树脂和废活性炭的处理

产生在 NX 厂房的废树脂用水力输送至 NX 厂房的废树脂贮槽，产生在 QX 厂房的废树脂和废活性炭用水力输送至 QX 厂房的废树脂贮槽，再用废树脂运输车运送到废物处理中心废树脂接收槽。最后将废树脂和废活性炭用锥形干燥器干燥后装入 200L 钢桶，转运至固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

(3) 废过滤器芯的处理

废过滤器芯是用一个过滤器芯更换转运容器（衬铅容器）来拆卸的，拆卸后通过下降通道装入事先放置在辊道上的 200L 钢桶中，钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯定位，并保证均匀的生物防护，再通过屏蔽运输车和辊道送到水泥固定装置进行水泥固定。为确保水泥浆分布均匀，可以将容器放在振动台上振动几分钟。处理后产生的钢桶废

物包送到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、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的废物包送到固体废物暂存库暂存。

(5) 废物包暂存

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，现实工况基于运行经验反馈数据的平均值，设计工况基于经验反馈数据的最大值。

经分析，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，在分析固体废物设计源项的过程中，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，而不用于辐射屏蔽设计。

结合现实源项和设计源项的考虑，对 ZBR、ZLT、RCV、RFT 和 TTB 系统产生的放射性废物采用现实源项和设计源项进行了分析和计算，确定了上述系统浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯整备前后的活度水平。根据分析，各类废物的总活度水平如表4.6-24所示。

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119 m^3为可压实废物，15.75m^3为可直接压实废物，5.25m^3为不可压实废物。它们在产生地分类收集在塑料袋内后送到废物处理中心厂房压实装桶或装桶水泥固定。

根据国内核电站的运行数据得出杂项干废物（包括可压实废物和不可压实废物）的放射性水平，取 1.5E+06Bq/kg 作为处理前杂项干废物的设计源项，取 7.50E+05Bq/kg 作为处理前杂项干废物的现实源项。

根据国内核电厂统计数据，假设可压实干废物处理前密度为约 150kg/m^3，采用超级压实工艺处理，则处理后可压实干废物的比活度设计值为 5.05E+05Bq/kg，现实值为 2.53E+05Bq/kg。

不可压实废物直接进行水泥固定处理，假设不可压实废物堆积密度为 500kg/m^3，则处理后不可压实废物的比活度设计值为 4.28E+05Bq/kg，现实值为 2.14E+05Bq/kg。

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

4.6.4.2.2.1 控制放射性废物产生的设计措施

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

(1) 源头控制

— 核岛内 16”以下管道法兰密封不采用含银垫片，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

(2) 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，进行清洁解控。

— 将干废物根据不同的性质进行分类处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L

钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶水泥固定。

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

(3) 改进处理工艺

— 浓缩液采用减容效果更为明显的处理工艺。浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块。

— 废树脂和废活性炭采用减容效果更为明显的处理工艺。废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶。

— RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用尺寸较小的过滤器芯，ZST 系统使用 200L 钢桶作为废过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

4.6.4.3 废物最终处置

计划每两年向规划中的放废物处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为浙江金七门核电厂的固体废物暂存库，运输终点为规划中的放射性固体废物处置场。放射性废物运输必须遵守国标 GB 11806-2019 《放射性物品安全运输规程》和 GB 12711-2018 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》。

由于区域处置场尚未选址，待处置场选址后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。

4.6.5 乏燃料贮存系统

乏燃料贮存系统是用于暂时贮存和转运乏燃料组件的系统，包括燃料转运舱、乏燃料贮存水池、乏燃料贮存格架、容器装载井、容器准备井以及乏燃料水池冷却和处理系统等设施。

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

4.6.5.1 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，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。

乏燃料贮存水池侧壁是混凝土屏蔽墙，使水池周围相邻区域的辐射水平满足相应辐射区域的设计标准。

在乏燃料贮存水池内设有乏燃料贮存格架，分为两个区。I 区用于装载新燃料组件、破损燃料组件、未达到规定燃耗限值的乏燃料组件和换料时全堆芯的燃料组件。II 区用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面有否渗漏。

在正常情况下乏燃料贮存水池充满含硼水，以保证乏燃料贮存水池内燃料组件的冷却和水面以上的辐射水平满足设计要求。在池底不设任何排水管道，防止池水流失。

在乏燃料贮存水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

以上三个水池彼此相通，水池之间的混凝土隔墙上有密闭的水闸门，平时是关闭的，使用时才打开。靠近容器装载井的另一侧还设有一个乏燃料运输容器准备井，用作乏燃料运输容器的准备工作。

4.6.5.2 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》相关章节的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

（1）乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行故障期间，或者是在特定设计基准事故期间或以后，乏燃料组件的贮存均应满足规定的次临界状态。在设计中摒除了事故工况下置信部分水池中可溶硼的方法来保证临界安全，即在 I 区贮存格架装载最高预期富集度的新燃料组件，而 II 区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，有效增殖系数 $k_{eff}\leq0.95$；

（2）乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；

（3）防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

（4）贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；

（5）贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

（6）必须提供贮存破损燃料组件的设施；

（7）贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；

（8）应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

（9）乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

（10）乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；

（11）乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；

（12）乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；

（13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部灾害的防护措施；

（14）乏燃料贮存水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件；

（15）在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全；

（16）在乏燃料贮存水池中设有多道水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

4.6.5.3 乏燃料水池的冷却和处理

乏燃料水池的冷却和处理系统用于保证对核电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为反应堆换料水池、堆内构件存放池、乏燃料贮存水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

1）系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料贮存水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

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

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

2）系统的设计基准

乏燃料水池冷却和处理系统的设备为核安全3级；与余热排出系统连接的管路以及带隔离阀的安全壳贯穿件为核安全2级；在安全壳内的所有其他部分为非安全级。

该系统设有三台同样的泵，每台泵可提供100%的流量；由柴油发电机组作为它们的应急电源。泵之间的切换或电源之间的切换均采用手动方式。

乏燃料贮存水池冷却系统的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7 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一期工程的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理，用于生产淡水的海水淡化系统所需的原料海水也需要进行一定的预处理。

化学处理的主要方法是在系统中加入一定量的杀菌剂、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

浙江金七门核电厂一期工程释放到环境中的化学物质主要产生于海水淡化系统、除盐水生产系统、凝结水精处理系统、循环水处理系统、放射性废液处理系统等。

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，在重要厂用水系统和循环水系统流道内连续加氯使循环水系统及重要厂用水的海水中的次氯酸钠的浓度达到 1 ppm，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

浙江金七门核电厂一期工程采用电解海水的工艺来获取次氯酸钠，海水经过滤网过滤后进入电解系统。从次氯酸钠发生器中出来的次氯酸钠溶液进入次氯酸钠储罐，氢气在其中被分离出去，稀释后排入大气。次氯酸钠溶液从储罐通过加药泵进入加药点。

生产生活用水系统的原水取自海水，海水淡化系统采用“混凝沉淀+V 型滤池+超滤+

两级反渗透”工艺。本工程海水淡化系统浓盐水最大日排放量约为 21000 m^3。

海水淡化系统加入的化学物质主要为次氯酸钠、聚合氯化铁、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 $NaHSO_3$。

经过海水膜反渗透装置处理的一级产水再经二级反渗透处理后分别供向除盐水生产系统、饮用水系统和生产水系统。

除盐水生产系统从二级淡水箱获取原水，原水经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。除盐水生产系统的树脂再生废液中含有 NaCl、以及少量的 HCl 和 NaOH。再生废液经中和处理达标（pH 调节至 6~9）后排放。

凝结水精处理产生的酸碱废水排至废水中和池，通过加碱和加酸进行中和处理，使 pH 值达到 6~9 排放。

4.7.1.2 废水来源与排放

浙江金七门核电厂一期工程排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 循环水处理系统；
- 海水淡化系统的浓盐水、酸碱等化学废水；
- 除盐水生产系统的酸碱废水；
- 凝结水精处理系统；
- 核电厂有关厂房的液体流出物及系统排污水处理；
- 核电厂洗衣房的排水。

4.7.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括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 1.4 吨/天。

生活污水来自本工程生产区和厂前区各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备的非放射性生活污水的排水。本工程生产区和厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站。生产区和厂前区的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/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《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准。浙江金七门核电厂一期工程正常运行期间生活污水产生量约为 235m^3/d，大修和启动工况增加至 447m^3/d。生活污水处理站总设计规模 1500m^3/d。

4.7.3 其它废物

本工程运行期产生的其他废物主要为非放射性含油废水、废油、固体废物等。

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，汇集至非放射性含油废水处理站。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级B标准，排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理能力：正常5 m^3/h，最大10 m^3/h。

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，生活污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，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

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。经除盐工艺用过的或常规岛凝结水精处理过程中产生的废弃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。

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AFA 3G型燃料组件，组件由中国核燃料有限公司供应。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

·主要成份 UO_2

·每个燃料组件中燃料重量 约 460kg

根据 18 个月换料制以及每组 AFA 3G 燃料组件含铀量约为 0.46 t 计，首循环堆芯装铀量约 81.42t,每台机组每次换料需装入约 33.12t 核燃料（铀）。

新燃料运输容器特性：

·货包类型 A（F）

·燃料组件装载后货包剂量率

货包表面 $< 2\times10^{-2}$mSv/h

离货包表面 1 米处 $< 1\times10^{-2}$mSv/h

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

燃料组件供货数量，以及备用组件的数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足平衡换料循环的要求。每台新燃料容器可装载 2 组新燃料组件，每台机组采用 36 台容器运输，每一年半运输一次，可满足要求。

4.8.2 乏燃料运输

从核电站卸下的乏燃料在乏燃料贮存水池暂存若干年后，将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池作后处理前的暂存。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要做经常性的运输，需要换下来的可以存放在乏燃料贮存水池内，在反应堆退役时作为废弃物运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，平衡循环每 18 个月平均换料 72 组燃料组件。按平衡换料数量考虑，使用装载 21 组组件的乏燃料运输容器，2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

乏燃料运输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，待其厂址确定后再确定运输方式及运输路线。

4.8.3 放射性固体废物运输

浙江金七门核电厂产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有烘干后的

废树脂和废活性炭、干燥后的浓缩液盐块的混凝土 HIC，装有水泥固定的废过滤器芯以及超级压实后水泥固定的杂项干废物的 200L 钢桶。厂外运输的是 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包。其中，表面剂量率≤2mSv/h 的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率＞2mSv/h 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

计划每两年向规划中的放射性固体废物处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为浙江金七门核电厂的固体废物暂存库，运输终点为规划中的低、中水平放射性固体废物区域处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。由于目前阶段区域处置场尚未选址，待处置场选址后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（发布稿）的要求。

表 4.3-1　海水系统平均用水量

机组编号	凝汽器冷却用水量(m^3/h)	辅助冷却用水量(m^3/h)	重要厂用水用水量(m^3/h)	海水淡化用水量(m^3/h)	海水制氯用水量(m^3/h)	冲洗水用水量(m^3/h)	总水量(m^3/h)
1	253950	6800	3800	3000	400	600	268550
2	253950	6800	3800	0	400	600	265550
合计	507900	13600	7600	3000	800	1200	534100

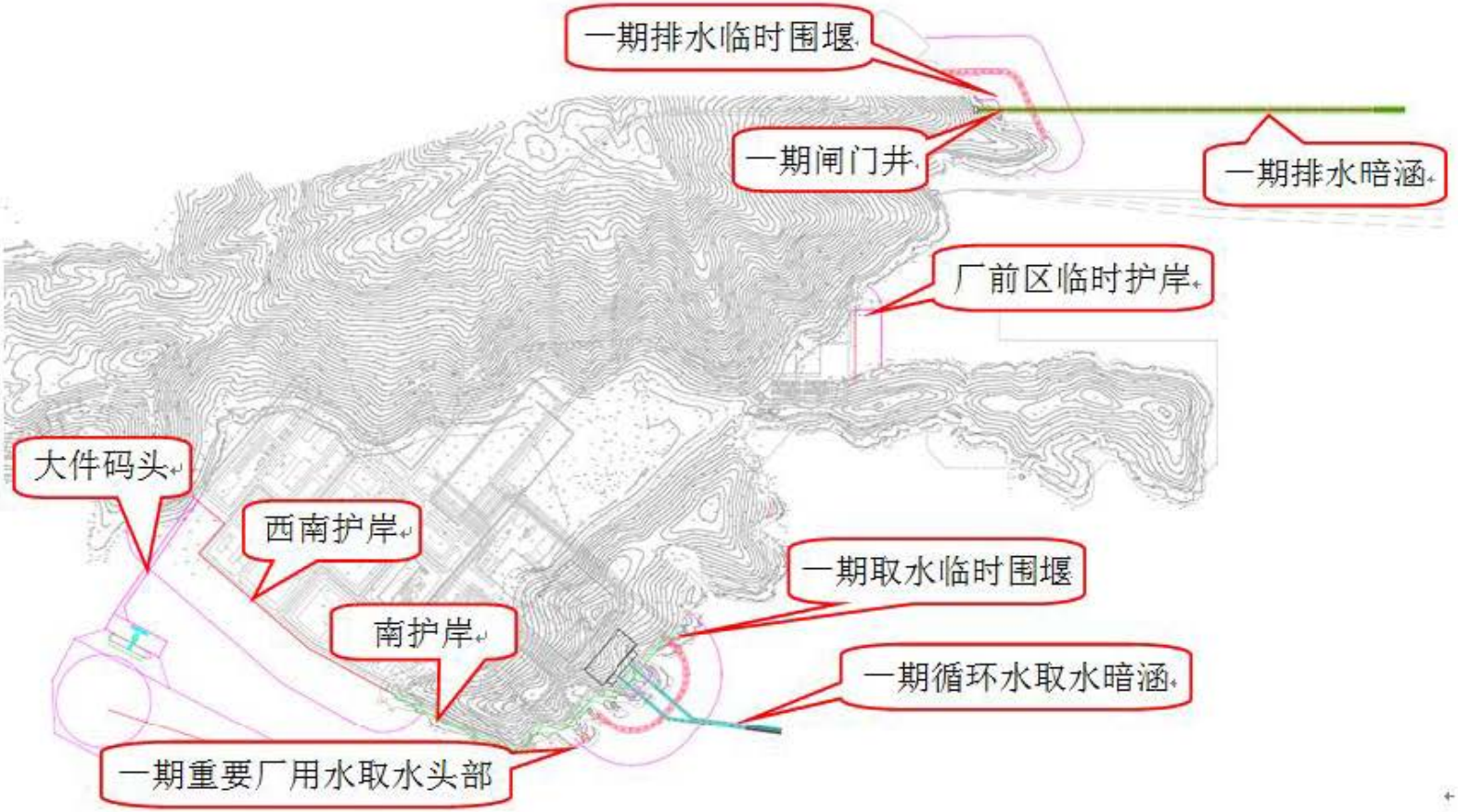


图 4.3-1 金七门核电厂一期工程海工工程方案总平面布置图

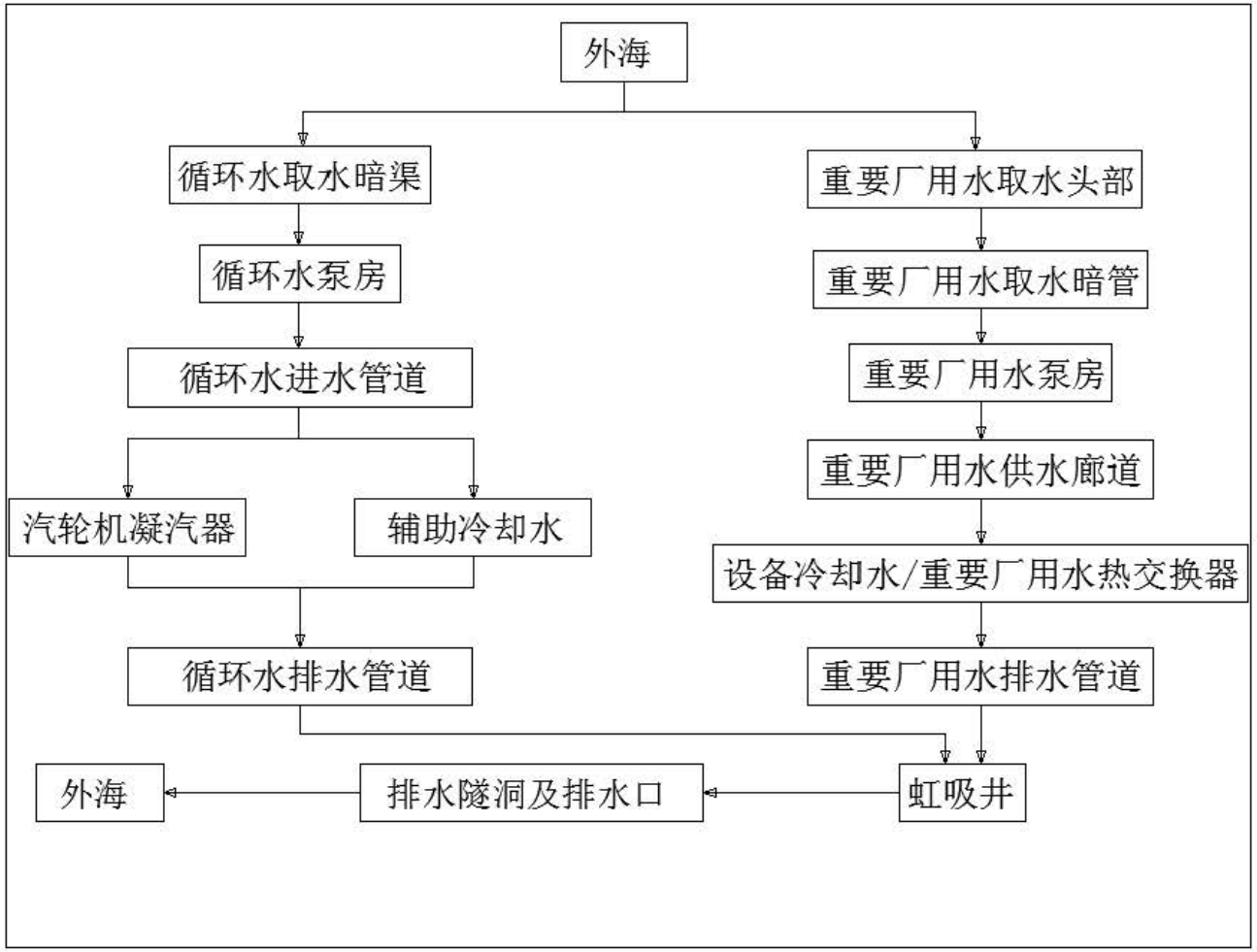


图 4.3-2 取排水方案主要流程图

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.2 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 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.2 节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

5.3.6 放射源的管理措施

5.3.7 施工期监测计划

表

表 5.3-1 各监测因子分析方法一览表

表 5.3-2 环境空气各污染物的评价标准

表 5.3-3 建筑施工场界环境噪声排放限值

表 5.3-4 工业企业厂界环境噪声排放限值

表 5.3-5 声环境质量标准限值

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.1.1 工程规划用地

一期工程厂区包括厂区工程用地、其他设施区、边坡工程用地、防排洪设施及其他用地，土地类型有农用地（林地、园地），其他用地（海洋用地、沿海滩涂、特殊用地），少量为建设用地（居民地）。

施工临建设施租地，由业主在厂外租地，包括核岛及常规岛土建、安装场地及建筑材料供应设施场地等临建场地。施工临时堆场前期工程利用后期机组用地，5、6 号机组考虑厂外租地。土地利用类型资料暂缺。

5.1.1.2 规划用地合理性分析

1）厂址半径 5km 范围内无万人以上城镇，厂区与周围城乡总体规划（城市发展规划、工业规划、土地利用规划）是相互适宜和可行的。

2）厂址附近无大中型工矿企业、交通要道、风景名胜和军事设施，人口较少，地下目前暂无可供开采的矿产资源。

3）厂址区域土地类型现状以林地、沿海滩涂、村庄、园地、特殊用地（金七门农村飞入地）等，无基本农田。

厂址的土地利用是合理的。

5.1.2 施工建设占用土地情况

总体规划和总平面布置按照统一规划、分期建设，合理确定核岛间距，建构筑物紧凑布置及设置综合管廊等原则，一期工程厂区总用地，满足国家集约、节约用地要求；对于施工临时堆场，考虑滚动式发展，一期临时堆场利用二期工程生产用地，二期临时堆场利用三期工程生产用地，三期临时堆场厂外租地，以集约、节约用地。具体施工建设占用土地情况如下：

1）场地平整

场地平整竖向设计根据各功能区不同的防洪要求，尽量保证土石方平衡，采用平坡式布置形式。场地平整标高为 15.00m。

场地平整的土石方基本平衡。

主厂房负挖所得石方初步考虑作为混凝土骨料。

场地平整及负挖施工均在拟用地范围内进行，回填所需土石全部来自场地平整开挖土石，不另设取土场和弃土场。

一期工程场地平整余方，需设置临时弃土场，位置待定。

2）进厂道路的建设

进厂道路已委托外单位设计，施工建设对环境的影响不在此评价。

3）建、构筑物的建造

建筑材料供应设施（砂石料厂、混凝土搅拌站）、施工临建场地（核岛、常规岛土建及安装场地）考虑在厂外租地以保证工程连续，减少厂内工程用地，建筑材料堆场考虑利用后期工程用地及厂外租地的方式，以节约用地；机组负挖工程量所得石方初步考虑作为混凝土骨料，不外弃，不设弃土场；承包商施工生活区规划在附近城镇（鹤浦镇），根据需要尽量采取租用民房的形式，不另建设。

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

在工程建设期间，对原始地形地貌需要按设计要求进行相应的改造：开挖部分山体、回填部分海域，在厂区周边建造防波堤、边坡、截洪沟、排洪沟等人工设施。由于相关改造仅涉及厂址周围，范围有限，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。结合厂区绿化美化，施工场地使用完毕后还绿等措施，对厂址范围生态是有利的。

5.1.3.2 水土流失

工程建设过程中，水土流失主要发生在施工期间，主要由场地裸露、土石方的搬运和堆置等引起。施工结束后，由施工引起水土流失的各项因素逐渐消失。

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。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

5.1.3.5 对声环境的影响

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。距离厂址最近的自然村是鹤浦镇的金七门，位于厂址的 N 方向，距离 700m，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。

5.1.3.6 对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。

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生活污水处理站，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、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）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 排放浓度限值要求后，用于施工场地降尘和洗车等，回用剩余水量排入大海。生活污水处理站建成前在人员相对集中的地方设置旱厕，人员分散的地方如有需要设置移动式环保厕所，定期清掏处理。生活污水处理站的设计规模 1500m^3/d。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均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。因此，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。因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.2 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、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 2215m^3/d，施工人员生活用水最大日用水量为 1620m^3/d，施工现场降尘和洗车用水量为 230m^3/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 4500m^3/d。

（2）供水水源

本工程施工期间施工生产用水和施工人员生活用水由象山县第二自来水有限公司供给，海水淡化厂房建成后，海水淡化厂房产品水可以作为备用水源。

（3）施工期用水对周围水用户的影响

根据《浙江金七门核电厂一期工程水资源论证报告书》，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

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取排水工程施工，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。金七门核电厂海域取排水工程包括厂区护岸、取水暗涵、排水暗涵、大件码头施工等。工程施工会对水域环境造成一定影响。

（1）取排水工程施工对环境的影响

取排水工程、厂区护岸以及大件码头等工程施工将引起海域悬浮泥沙颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。悬浮泥沙对浮游植物的负面影响将直接导致水体中溶解氧含量的减少，导致部分浮游动物窒息死亡，同时悬浮颗粒会粘附在生物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游生物会吞食适当粒径的颗粒物，造成内部消化系统的紊乱。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。

施工造成的海水中悬浮物浓度增加主要表现在机械的搅动，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止数小时后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

（2）海上施工船舶含油废水排放对环境的影响

海上施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局

部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。船舶一般自带油水分离器，含油废水自行处理达标后排放；未配置油水分离器的船舶废水，将含油废水带至岸上厂区油水分离设施处理。

5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

采取下列措施可减轻施工过程对水环境的影响：

1）减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

（1）避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。

（2）将施工期环保要求列入招投标内容。

2）减轻施工过程对海域环境影响的环保措施

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

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

3）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

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

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

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

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

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

5.3 施工影响控制

本工程建设过程中，特别是“四通一平”等前期场地准备工程，其施工活动必然会对周围环境产生一定的影响，为此需要采取一定的控制措施，以减少对环境造成的不利影响。

5.3.1 水土保持方案

水土保持主要通过工程措施、植物措施、临时措施及水土保持监测等达到水保要求。

本项目水土流失防治分区分为：主厂区防治区、道路码头防治区、取排水工程防治区、施工生产生活防治区、弃渣场、取料场防治区五个防治区域进行水土流失治理。

1）主厂区防治区措施

厂区工程措施为排水工程、场地整治和碎石压盖。

厂区排水工程主要包括厂区周边主排水系统和厂区排水系统。

场地整治为在主厂房施工结束后，对周边空地进行场地整治，清理场地建筑杂物，后期根据主体工程相应设计进行碎石压盖。

核电厂主厂房区由于有剂量防护、卫生防护、安全保卫等方面的特殊要求，主厂房四周空地严禁布置绿化措施，采用碎石压盖。

主厂房区临时工程主要为主厂区施工期间临时排水、沉沙工程和钻渣沉淀池防护工程。在主厂房区场地整治和主厂房基础负挖前，沿主厂房区和主厂房负挖基坑周边设置临时排水沟，并在排水沟末端布设沉沙池缓流沉沙，沉沙后接入厂区周边已有永久排水设施，形成一个完整的排水体系。同时在施工期间，定期清除临时排水沟和沉沙池的沉积物，以防淤堵厂区已有永久排水设施。主厂区基础灌注桩施工过程中，将产生钻渣。为防止钻渣的流失，采用沉淀池固化处理。

2）道路码头防治区措施

本区通过工程措施、植物措施、临时措施进行防护。

工程措施主要包括表土剥离及回覆、场地平整、道路永久排水沟、隧洞周边截排水及排水顺接工程。

植物措施主要包括道路两侧绿化工程。此外，隧洞洞脸边坡采用植被防护措施。

临时措施主要包括施工期道路两侧临时排水、沉沙措施，道路两侧临时推土拦挡及苫盖措施，以及码头桩基施工中的钻渣泥浆防护。

3）取排水工程防治区措施

本区通过工程措施、植物措施、临时措施进行防护。

工程措施主要包括表土剥离及回覆、场地平整等措施。植物措施主要包括临时占地植被恢复措施。临时措施主要包括管道两侧表土及临时堆土的拦挡苫盖措施。取水口、出水口施工若涉及钻渣泥浆产生，则应加强施工期钻渣泥浆的防护。

包括施工场地、施工道路、临时堆土（渣）场、表土临时堆场等临时借地范围。其

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

4）施工生产生活防治区措施

包括施工场地、施工道路、临时堆土（渣）场、表土临时堆场等临时借地范围。其中的重点是临时土（渣）场、表土临时堆置场的防护，应根据工程施工组织规划及场地布置情况，确定堆放量、堆放高度、堆放面积、护坡方式、拦挡工程、排水工程等内容；对施工临时占用的其它场地，做好施工期间的临时拦挡和排水等措施，并根据要求对土地进行整治（包括复耕及植被恢复等）。

工程措施主要包括表土剥离及回覆、场地平整。植物措施主要包括临时占地植被恢复措施。临时措施主要包括施工场地、施工道路的临时排水、沉沙措施，表土临时堆场的拦挡、排水、撒播草籽等防护，临时堆土（渣）场的拦挡、排水及苫盖措施。

5）弃渣场、取料场防治区措施

包括设置的永久弃渣场、工程自采料场（若为自采）及其周边的直接影响区等。工程措施主要包括表土剥离及回覆、场地平整、截排水及排水顺接工程、拦挡工程。植物措施主要包括开采终结面、堆渣面植被恢复措施。

另外，在工程建设期及植被恢复期还需进行水土保持监测，以厂区、施工生产区和临时堆渣场区为重点地段，监测的主要内容包括主体工程建设进度、工程建设扰动土地面积、水土流失灾害隐患、水土流失及造成的危害、水土保持工程建设情况、水土流失防治效果，以及水土保持工程设计、水土保持管理等方面的情况。采取地面观测、调查监测和场地巡查相结合的方法。

5.3.2 节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

—采用用水量少、耗水量低的施工工艺，降低用水量。

—采用新型管材，推广节水器具。

—提高水的重复利用率。

—加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

本工程施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。石料加工场及冲洗机具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生活污水处理站，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和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于施工场地降尘和洗车等，回用剩余水量排入大海。生活污水处理站建成前，在人员相对集中的地方设置旱厕，人员分散的地方如有需要设置移动式环保厕所，定期清掏处理。生活污水处理站的设计规模 1500m^3/d。

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《爆破安全规程（GB6722-2003）》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。

施工噪声的控制应满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），并按照 GB12523-2011 进行建筑施工场地边界线处的等效声级测量。

5.3.6 放射源的管理措施

施工期间主要用 γ 射线进行无损探伤检验及焊缝检查，依据国家颁布的《放射性同位素与射线装置放射防护条例》，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。

佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

（2）放射源的贮存

在放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库房外存放过夜或较长时间库外存放。

放射源存放在安全的房间或源库内，专设屏蔽厂房进行贮存，并对其防护墙根据最大辐照量进行计算，使工作人员和公众不会受到超限值的照射。

放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌，必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

（3）放射源的处理

本项目产生的废源按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

5.3.7 施工期监测计划

5.3.7.1 施工期大气环境监测

根据中国核电工程有限公司 2021 年 9 月完成的《浙江金七门核电厂 1、2 号机组施工期大气环境监测及分析评价方案报告》编制。

5.3.7.1.1 监测点位

依据厂址施工活动以及所在地的气象条件及敏感区分布等情况，结合 2015 年开展的厂址区域大气环境本底监测及 2020 年开展的厂址周围大气环境现状调查，参照本底监测点进行对比等因素，按照施工阶段的不同，在厂区、厂址附近居民点、环境空气保护目标布设大气环境监测点，进行施工期大气环境监测。

场地开挖阶段（ATP-核岛负挖）拟设置大气环境监测点 6 个，含无组织排放源监测点 4 个，在主导风上风向设置参照点，下风向设置监控点，环境空气保护目标监测点 2 个。其中，1 号点位设置在厂址北场界，2 号点位设置在规划图中大件码头附近位置，3 号点位设置在厂址附近集中居民点——杨柳坑村，4 号点位设置在风景区——南田岛森林公园，5 号点位设置在场地平整产生的废弃物堆放点，6 号点位设置在现场临时污染源处，如爆破点污染源附近监控点。

土建阶段（FCD~安装开始）拟设置大气环境监测点 7 个，含无组织排放源监测点 5 个，在主导风上风向设置参照点，下风向设置监控点，环境空气保护目标监测点 2 个。其中，1 号点位设置在厂址北场界，2 号点位设置在规划图中大件码头附近位置，3 号点位设置在厂址附近集中居民点——杨柳坑村，4 号点位设置在风景区——南田岛森林公园，5 号点位设置在土建阶段产量较高的搅拌站，6 号点位设置在土建阶段施工活动较多的碎石场，7 号点位设置在现场施工阶段临时性的污染源位置。

安装、调试阶段（安装开始~冷试开始~商业运行）拟设置大气环境监测点 5 个，含无组织排放源监测点 3 个，在主导风上风向设置参照点，下风向设置监控点，环境空气保护目标监测点 2 个。其中，1 号点位设置在厂址北场界，2 号点位设置在规划图中大件码头附近位置，3 号点位设置在厂址附近集中居民点——杨柳坑村，4 号点位设置在风景区——南田岛森林公园，5 号点位设置在现场临时污染源处。

5.3.7.1.2 监测因子及频率

厂区内无组织排放监测点监测因子为 SO_2、NO_X、颗粒物（TSP）等三项，其他环境监测点监测因子为 SO_2、NO_2、NO_X、CO、TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$ 等七项。

结合施工计划，基本按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期一次，每次连续监测

7 天，根据现场施工活动及其对环境影响的程度做灵活安排。

无组织排放监测点按照《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的规定，SO_2、NO_x 和颗粒物（TSP）监测 1h 浓度值，每天在其正常施工时间内采样 4 次（暂定为 08:00 时、11:00 时、14:00 时、17:00 时），每次连续采样 1h。其他监测点根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的规定，TSP 日均值每天采样一次，每次连续采样 24 小时，PM_{10}、$PM_{2.5}$、SO_2、NO_2、CO、NO_x 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h；SO_2、NO_2、CO、NO_x 小时均值每天采样 4 次（02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时），每次连续采样 1h。

5.3.7.1.3 监测要求

监测分析方法按《环境空气质量标准》（GB3095-2012）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。监测方法详见表 5.3-1。

5.3.7.1.4 监测数据统计分析

环境空气各污染物的评价标准见表 5.3-2。

评价方法采用单因子评价法，评价公式如下：

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

式中：I_i —— i 种污染物的单项污染指数；

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

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

当 I_i 值大于 1 时该污染物浓度为超标，反之为未超标。

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

5.3.7.1.5 监测计划

结合施工进度计划，按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期选择当季施工强度最大、大气污染最为严重的时段进行一次施工期环境空气质量监测，特别是在土地平整、正挖负挖等土石方开挖、爆破施工比较频繁、大型施工车辆使用频率较高的施工阶段，可根据现场施工情况调整监测安排，适当增加监测频次。每次连续监测 7 天，实际监测时间应根据现场施工进度及其对环境影响的程度对每个季度的现场监测时间做灵活安排。

5.3.7.2 施工期声环境监测

根据中国核电工程有限公司 2021 年 9 月完成的《浙江金七门核电厂 1、2 号机组施工

期噪声监测及分析评价方案报告》编制。

5.3.7.2.1 监测点位

根据施工阶段的不同及施工活动状况、污染源分布等情况，参照本底监测点进行对比等因素，在厂区、厂址附近居民点、风景区布设噪声监测点，进行施工期噪声监测。

场地开挖阶段（ATP-核岛负挖）及安装、调试阶段（安装开始~冷试开始~商业运行）在厂区内拟设置 5 个监测点，其中，施工场界监测点 4 个，分别布设在一期工程施工场地东南西北四个边界处；厂区内现场临时污染噪声源监测点 1 个。在厂址半径 5km 范围内的噪声敏感点包括村庄、风景区共布设 6 个监测点，对其进行昼夜监测。道路交通布设 3 个点位。

土建阶段（FCD~安装开始）本项目厂区内拟设置 6 个监测点，其中，施工场界监测点 4 个，分别布设在一期工程施工场地东南西北四个边界处；厂区内噪声源监测点 2 个，分别布设在搅拌站和碎石场。在厂址半径 5km 范围内的噪声敏感点包括村庄、风景区布设 6 个监测点，对其进行昼夜监测。道路交通布设 3 个点位。

5.3.7.2.2 噪声监测因子及频率

所有监测点在昼间和夜间分别进行测量，昼间监测时段为 6:00～22:00，夜间监测时段为 22:00～次日 6:00，连续监测两天（每个测点昼夜各两组有效数据）。

对于厂区内监测点(场地开挖、安装、调试阶段编号 C1~C5)或(土建阶段编号 C1~C4、C6~C7)：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（编号 C8~C13），每次监测均连续测量 10min，监测参数为等效连续 A 声级 Leq，最大声级 Lmax，累积百分声级 L_{10}、L_{50}、L_{90}，和标准偏差 SD。

对于厂区外交通噪声监测点（编号 C14~C16），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。

5.3.7.2.3 监测要求

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

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

依据《声环境质量标准》（GB 3096-2008），监测点距离任何反射物（地面除外）至

少 3.5m。监测时噪声分析仪置于三脚架上，传声器距地面的垂直距离 1.5m，并加风罩，周围无反射体。时间计权置于“快”响应，采样时间间隔不大于 1s。

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

5.3.7.2.4 监测数据分析及评价

（1）等效声级 L_{eq}

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

等效连续声级的数学表示：

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

式中：L_{eq}——在 T 段时间内的等效连续 A 声级，dB（A）；

L_A——t 时刻的瞬时 A 声级，dB（A）；

T——连续取样的总时间，min。

（2）累积百分声级

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

（3）标准偏差 SD

SD 表示所测各个声级的离散程度，以标准差表示，其数学表达式为：

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

式中 Li——测得的第 i 个声级，dB；

$\overline{L}$——所有测得声级的算术平均值，dB；

n——所测得声级得总个数。

（4）昼夜等效声级 L_{dn}

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

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

式中 L_d——昼间的等效声级，dB（A）；

L_n——夜间的等效声级，dB（A）。

T_d——昼间的时间，小时，一般为 16 小时；

T_n——夜间的时间，小时，一般为 8 小时。

厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的三类标准；项目施工期施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的相关限值。具体见表 5.3-3 至表 5.3-5。

5.3.7.2.5 监测计划

结合本项目施工进度计划，按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期选择当季施工强度最大、噪声污染最为严重的时段进行一次施工期噪声监测，特别是在土地平整、正挖负挖等土石方开挖、爆破施工比较频繁、大型施工车辆使用频率较高的施工阶段，可根据现场施工情况调整监测安排，适当增加监测频次，实际监测时间会根据现场施工进度及其对环境影响的程度对每个季度的现场监测时间做灵活安排。

表 5.3-1 各监测因子分析方法一览表

监测因子	方法依据	分析方法	最低检出限值（mg/m³）
TSP	GB/T15432-1995	重量法	0.001
PM_{10}、$PM_{2.5}$	HJ618-2011	重量法	0.010
SO_2	HJ482-2009	甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法	0.004（日均），0.007（小时）
NO_2、NO_x	HJ479-2009	盐酸萘乙二胺分光光度法	0.003（日均），0.005（小时）
CO	GB9801-88	非分散红外法	0.3

表 5.3-2 环境空气各污染物的评价标准

污染物名称	平均时间	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准	单位
NO_2	日平均	80	μg/m³
	小时平均	200	
NO_x	日平均	100	
	小时平均	250	
SO_2	日平均	150	
	小时平均	500	
CO	日平均	4	mg/m³
	小时平均	10	
$PM_{2.5}$	日平均	75	μg/m³
PM_{10}	日平均	150	
TSP	日平均	300	

表 5.3-3 建筑施工场界环境噪声排放限值

昼夜	夜间	单位
70	55	dB(A)

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

表 5.3-4 工业企业厂界环境噪声排放限值

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

表 5.3-5 声环境质量标准限值

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

注：0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

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

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

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

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

第六章 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 大气弥散和水体弥散

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众的最大个人剂量

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 辐射影响评价

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其它污染物的环境影响

表

表 6.2-1（1/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

表 6.2-1（2/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

表 6.2-1（3/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

表 6.2-1（4/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

表 6.3-1 浙江金七门核电厂与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

图

图 6.1-1 一期取排水工程方案布置图

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

金七门核电厂利用猫头洋海域作为冷却水源，一期工程2台机组冬季总冷却水量约为112m^3/s，夏季总冷却水量约为148m^3/s。

现阶段取排水总体布置方案见图 6.1-1。采用海水直流冷却系统，由厂址南侧深槽取水。其中循环水采用暗涵取水方案，一期工程2台机组共用一座取水泵房，泵房前设前池，暗涵由单孔暗涵过渡至双孔共壁暗涵。重要厂用水采用岸边取水方案，一期工程2台机组共用取水泵房和取水头部构筑物，取水头部构筑物布置于金七门水道东侧，直接面对深槽由深槽取水。

一期工程2台机组海域范围内采用排水暗涵，排水暗涵采用双孔共壁的结构形式，单孔尺度为6.0m×6.0m。排水口位于厂区东侧，排水头部位于约-10m水深处。1、2号机组排水暗涵长约977.4m。

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循环供水系统的水源条件。海水资源丰富，冷却塔补水采用厂址前沿海水，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→补给水管→澄清处理→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。

循环水系统的夏季冷却倍率按照 55 倍考虑，单台机组总的循环水量约为 53.66m^3/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22500m^2，凝汽器面积95000m^2。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22500m^2，凝汽器面积为95000m^2。冷却塔主要技术参数如下：

冷却塔淋水面积：22500m^2

塔高：225.26m

进风口高度：15.32m

喉部高度：168.94m

喉部直径：100.73m

出口直径：114.55m

零米直径：180.21m

设计淋水密度：8.7m^3/m^{2}h

冷却塔的年平均出塔水温24.4℃，背压6.26kPa；夏季 10%气象条件出塔水温31.4℃，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冷却塔水池。循环水排污水与低放废水排入厂址附近海域。循环水泵房布置在冷却塔附近，每台机设 3 台循环水泵，两条压力管道(DN3500)，一条回水沟(15m×5m)。

6.1.1.3 直流冷却与二次循环冷却方案比选

1）从技术的角度，无论采用直流供水系统还是二次循环供水系统理论上都是可行的，但是超大型海水冷却塔技术不成熟，需要开展大量的研究工作。而直流冷却经过多年的实践检验，技术成熟可靠。

2）从经济的角度，100 年寿期的海水塔设计要比火电复杂，易损件和涂层的设计、使用和更换将比火电复杂得多，综合考虑工程建设投资与运行费用，相比二次循环方案，直流方案的经济性更优。

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

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

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

从以上直流冷却和二次循环的对比可知，直流冷却在技术成熟性、投资及运行费用、电厂运行及设备维护等方面均优于二次循环的冷却方式。综合比较分析，金七门核电厂一期工程 1、2 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

委托相关单位进行了工程海域的水下地形测量和全潮水文观测，基于新的水文及水下地形资料，进行了厂址附近海域的海床及岸滩稳定性和泥沙冲淤数模分析和研究。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。研究结果表明一期工程实施后，重要厂用水取水口淤

积幅度约为0.9m，首年约淤幅0.2m。一期循环水取水口约淤幅1.1m，首年淤幅0.2m。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

金七门核电厂一期工程夏季每台机组排水量为74.0 m^3/s，排水温升 8.0℃；冬季每台机组排水量为56.0 m^3/s，排水温升 10.8℃。

根据温排水数模计算成果：

1）金七门核电温度场受工程海域潮流涨落特性影响，不同潮流流态变化不大，但该海域潮流动力条件复杂，厂址周边海域整体西侧流速整体大于东侧，三门湾内涨潮流速大于落潮流速。冬、夏季半月潮时，温排水整体向东北向和西南向两个方向输移扩散，其中温升边界向西南向的输移扩散强度更大。

2）金七门核电站1、2号机组采用暗管排水，在排水口近区高温升区水域表、底存在热分层现象，表层高温升区范围大于底层。随着距排水口距离的增加，温排水被环境水体稀释，温度降低，浮力效应减弱，温排水在水深方向混掺逐渐均匀，低温升区各层温排水分布形态及面积差别逐渐减小。

3）夏季半月潮时，4℃温升垂向投影最大包络面积的最大值为 1.31km^2，1℃温升垂向投影最大包络面积的最大值为17.82km^2。

冬季半月潮时，4℃温升垂向投影最大包络面积的最大值为2.45km^2，1℃温升垂向投影最大包络面积的最大值为21.01km^2。

4）冬季大、中、小潮汛期，4℃温升垂向投影最大包络面积的最大值分别为 1.44km^2、1.02km^2、1.25km^2，1℃温升垂向投影最大包络面积的最大值分别为 8.31km^2、6.05km^2、14.07km^2。

夏季大、中、小潮汛期，4℃温升垂向投影最大包络面积的最大值分别为 0.82km^2、0.89km^2、0.87km^2，1℃温升垂向投影最大包络面积的最大值分别为 7.30km^2、7.54km^2、11.51km^2。

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时受到机械撞击、擦伤、切断和死亡，即“卷塞”。由于机械损伤和热冲击等产生的“卷塞”和“卷载”生物效应

因生物种群耐受力不同而存在差异。

基于金七门核电厂地理位置、水文、气象等厂址条件，对海水直流和二次循环两种冷却方式进行了分析比选，本期工程冷却系统拟采用海水直流冷却方式。

现已启动本项目冷源堵塞物的调查工作，通过调查可以得到海洋堵塞物的种类组成和数量分布特点，梳理出潜在的海洋堵塞物名录、风险等级目录以及风险月历，从而为核电厂取水口的海工设计及冷却水系统设计提供科学依据，设置相应的冷源堵塞物拦截措施及监测预警措施，减小海生物被带入核电厂海水取水系统的概率。根据《核动力厂取排水环境影响评价指南》（HJ1037-2019），初步判定本工程厂址归于生物价值低-冷却水流量高的组合，难以直接判定最佳实践技术。在这种情况下，下一步工作需在开展文献调研、现场调查和实验研究的基础上，进行估算或模型模拟，从而对取水设施环境影响进行分析和评价，综合考虑经济因素和技术水平确定最佳实践技术。如分析和评价结果表明，对环境的总体影响不可接受，则修改或优化取水方案，包括改造过滤系统等，最终使得取水位置、设计和建造对环境的总体影响小。

6.1.3.2 温排水对海洋生态的影响

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8℃左右，其后排入环境水体将导致排放口附近有限的海域海水温度升高。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，就有可能导致海洋生物生长受到抑制甚至死亡；如果在适温范围内，也有可能因为环境水体温度的升高，反而促进海洋生物的生长和繁殖。另外反应堆突然启动或停闭导致排放口水温的骤然改变造成的“冷冲击”，特别在寒冷季节，鱼类往往来不及适应或避开而可能死亡。

根据国外有关研究资料，当夏季水温升高6~8℃时，会引起浮游植物光合作用的活性减弱，这种现象并未破坏藻类的细胞，经过几个小时后（不超过一昼夜），浮游植物的光合作用就会恢复。对浮游动物而言，水体增温≤3℃时，多数情况下不会对其种群有不利影响，有时还会促进其种类、数量及生物量的增加，从而提高海域的生产力和物种的多样性。

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℃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℃的范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，排放口温升 4℃以外海域，由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

温排水在不同季节对养殖的影响不同，有有利的一面，也有不利的一面，有直接影响，也有间接的影响。金七门核电厂温排水会对附近海域海水养殖业造成一定的影响。

根据《核动力厂取排水环境影响评价指南》（HJ1037-2019），由 6.1.2.2 节所述温排水物理影响预测结果，本厂址温升影响面积小，可初步判断本厂址现有排水方案满足温排水潜在影响小的条件。在这种情况下，下一步工作采用分析论证类型 I 进行温排水环境影响分析论证。最终证明给出的温排水限值能够满足水体质量标准，对受纳水体中关键物种和经济物种的生长和繁育影响小。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

（1）气载流出物排放源项

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 75.1m 的烟囱排入大气。

本工程两台华龙一号机组运行状态下，气载流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台机组排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.17E+14	8.00E+14	14.63%
碘	1.92E+09	2.67E+10	7.20%
粒子（$T_{1/2}$≥8d）	1.87E+08	6.70E+10	0.28%
氚	9.20E+12	2.00E+13	46.00%
碳-14	7.32E+11	9.33E+11	78.43%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

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

核素类别	厂址 6 台华龙一号机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	3.51E+14	2.40E+15	14.63%
碘	5.76E+09	8.00E+10	7.20%
粒子（$T_{1/2}$≥8d）	5.61E+08	2.00E+11	0.28%
氚	2.76E+13	6.00E+13	46.00%
碳-14	2.20E+12	2.80E+12	78.43%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

（2）液态流出物排放源项

本工程两台华龙一号机组运行状态下，液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台机组排放量控制值 Bq/a	比值
氚	9.20E+13	1.00E+14	92.00%
碳-14	5.38E+10	2.00E+11	26.90%
其余核素	1.30E+10	6.67E+10	19.50%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

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

核素类别	厂址 6 台华龙一号机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
氚	2.76E+14	3.00E+14	92.00%
碳-14	1.61E+11	6.00E+11	26.90%
其余核素	3.90E+10	2.00E+11	19.50%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

本工程运行状态下，核岛的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 396.47Bq/L，在现实工况下为 62.13Bq/L，均满足 GB6249-2011 规定的排放控制值的要求。

6.2.2 照射途径

（1）气态途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态放射性流出物与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，对公众的照射途径可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在

海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

本工程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，气载流出物在大气中迁移和扩散及其对公众的辐射剂量的计算采用的是核环境影响评价程序包的正常气态流出物评价模块。该程序的正常气态流出物评价模块已于 2007 年通过国家环保总局的验收，可以用来计算核设施运行状态下排放的气载流出物对环境的影响。

在大气弥散计算中：该模式对于影响大气弥散的因素进行了较为全面的考虑，进行了风摆效应、静风的分配、大气稳定度、混合层高度、建筑物尾流以及不同地形特征的修正；同时还根据排放口的特征对排放源类型进行了分类考虑，包括高架排放、地面排放和混合排放；该程序可以计算出评价区内各子区的大气弥散因子和核素浓度。

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；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告。

（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 Kd 取自 IAEA 安全丛书 19 号报告。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。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

（1）大气弥散

Cs-137的年均大气弥散因子范围为2.22E-10 s/m^3 ~8.27E-07 s/m^3，I-131的年均大气弥散因子范围为2.14E-10 s/m^3 ~8.27E-07 s/m^3，Kr-85的年均大气弥散因子范围为2.23E-10 s/m^3 ~8.28E-07 s/m^3。大气弥散因子最大值均出现在厂址SSW方位0-1km处。

Cs-137的相对干沉积因子范围为3.33E-13 m^{-2}~1.24E-09 m^{-2}，I-131的相对干沉积因子范围为2.14E-12 m^{-2}~8.27E-09 m^{-2}。相对干沉积因子最大值均出现在厂址SSW方位0-1km处。

Cs-137和I-131的相对湿沉积因子范围为1.64E-14m^{-2}~1.50E-10m^{-2}，相对湿沉积因子最大值均出现在厂址NNE方位0-1km处。

（2）水体弥散

浙江省水利河口研究院于2022年3月完成了《浙江金七门核电厂液态流出物排放数值计算专题报告》。液态流出物对厂址周围5km范围内公众的辐射影响评价计算采用的稀释因子根据距离居民点最近的海域进行取值。5km范围外公众的辐射影响评价计算稀释因子取各评价范围内的均值。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程运行状态下，采用设计源项计算得到年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址SSW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3.49E-07Bq/m^3（Cs-137）、3.28E-05Bq/m^3（I-131）、5.78E-02Bq/m^3（Kr-85）。

本工程运行状态下，两台机组共用一套低放废液排放系统。保守地按照核电站排放的循环冷却水中的核素浓度作为排放海域内的核素浓度与国标GB 3097-1997进行比较，即使考虑排放海域内放射性本底的叠加效应，各类放射性核素浓度也都符合GB3097-1997的要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为9.36E-07 Sv/a、7.63E-07 Sv/a、1.03E-06 Sv/a、3.95E-08Sv/a。因此，本工程运行状态下，公众受到的最大个人有效剂量1.03E-06 Sv/a占本工程拟定剂量约束值（0.08mSv/a）的1.29%。

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一期工程两台机组正常运行时，由于气、液态放射性流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平。

6.2.7.1 生物的辐射效应

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

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

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类物种”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

6.2.7.4 参数选取

由生物的剂量率限值（ERICA 推荐所有生物的筛选值为 10μGy/h）反推出各核素在环境介质中对不同生物的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、媒介、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，浙江金七门核电厂一期工程两台机组正常运行时，0～80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-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 10μGy/h。因此，浙江金七门核电厂一期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。

当该厂址六台机组运行时，0～80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-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 10μGy/h。因此，全厂六台机组正常运行时，厂址附近 0～80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，浙江金七门核电厂一期工程两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 10μGy/h。因此，浙江金七门核电厂一期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。

当该厂址六台机组运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 10μGy/h。因此，全厂六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下采用现实排放源项计算周围可能的关键人群组、关键核素和关键照射途径。厂址半径 80km 范围内气液态流出物排放对公众个人所致有效剂量见表 6.2-1，本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 1.38E-02 人•Sv/a。

根据现实源项的评价结果，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为 3.45E-07 Sv/a、2.71E-07 Sv/a、3.05E-07 Sv/a、2.27E-08Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 NW 方位 3～5km 处，此处居住的是鹤浦镇牧童岙村的村民，可能的关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 3.45E-07Sv/a，其中气载途径所致的剂量为 3.54E-08 Sv/a，液态途径所致的剂量为 3.09E-07 Sv/a。

气态途径的可能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 94.00%；其次为吸入空气内照射途径，约占气态途径总剂量的 3.93%；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 1.38%和 0.69%。气态途径可能的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占气态剂量的 80.85%；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 16.66%和 0.67%。

液态途径可能的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，占液态途径总剂量的 87.60%。液态途径可能的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 76.21%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 I-131，分别占液态途径总剂量的 16.13%和 2.07%。

气液态综合可能的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 2.71E-07 Sv/a，约占气液态总剂量的 78.62%；其次为食入农牧产品造成的内照射途径，占气液态总剂量的 9.64%。各核素中可能的关键核素为 C-14，它所致的剂量为 2.64E-07 Sv/a，约占气液态总剂量的 76.70%；另外，Co-60 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 14.52%和 2.48%。

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（10μGy/h）。

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

浙江金七门核电厂一期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；

— 凝结水精处理；

— 循环水处理系统。

6.3.1.1 海水淡化系统

海水淡化系统产生的废水其主要化学物质是海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、海水淡化反渗透装置排出的浓盐水。

由于海水预处理过程中所用的化学药品均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，含有悬浮物和氢氧化铁的沉淀泥浆水进行脱水，固体物质不排入水体，滤出液经循环冷却水稀释后 Fe 的浓度已是很低，滤出液排至滤池反洗水池，与滤池反洗水一起回收至混合反应沉淀池进水端，不排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

海水膜反渗透装置排放的浓盐水总量约 21000 m^3/d，本工程循环水排水流量约 145 m^3/s，浓盐水的排放量约为循环水排水量的 1/596。浓盐水先经循环水稀释后，含盐量已降得很低，至海水排放口进一步稀释，浓盐水的温升、各关键水质的排放指标满足 HY/T 0289-2020《海水淡化浓盐水排放要求》，不会影响附近海域的海水质量。

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。《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》（GB3097-1997）中用于海水分类的项目指标。因此，不会影响附近海域的海水质量。

6.3.1.3 凝结水精处理

本工程精处理再生处理过程中投加 HCl 和 NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用使 pH=6~9，然后通过废水泵送到冷凝液净化过滤器废水监测系统（LDL）。再生废水中的主

要物质是 NH_4Cl 和 NaCl。

经处理，排入环境中的 NaCl 浓度低于海水浓度，与海域内天然含盐量相比，所增加的含盐量很低，且《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中对含盐量没有限制；排入环境中的 NH_4Cl，排放浓度小于 5mg/L。氨氮排放满足《污水综合排放标准》中一级标准（不大于 15 mg/L）。因此，不会影响附近海域的海水质量。

6.3.1.4 循环水处理系统

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，在重要厂用水系统、循环水系统流道连续加氯使循环水系统及重要厂用水的海水中的次氯酸钠的浓度达到 1 ppm，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（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，余氯浓度已经降得很低。

根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为 0.1 mg/L 时，鱼的种类多样性指数下降 50%。根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为 0.05 mg/L 时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于 0.3 mg/L 时初生组织将完全受到抑制。浮游动物对氯化作用敏感性则较差，余氯浓度为 0.3 mg/L 左右时，幼鲽的不孵化率为 36%，浓度为 0.05 mg/L 时仅为 1%。可见，余氯浓度大于 0.05 mg/L 时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。由于相关报告尚无最终成果，余氯的影响具体范围尚未确定。排海区域水量丰富，扩散稀释能力较好，根据经验初步判断余氯不会对受纳水体产生明显影响。

6.3.2 其它污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程其它生产废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质经处理达到《城镇污水处理

厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级B标准，排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程生产区和厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至的生活污水处理站，生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）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排放浓度限值要求后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（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，生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

浙江金七门核电厂一期工程与漳州核电厂3、4号均为华龙一号机组，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》（GB12348-2008）中规定2类标准限值，即昼间60 dB(A)和夜间50 dB(A)。

浙江金七门核电厂一期工程两台机组中心距离场界更远，距离约 214m。类比分析，浙江金七门核电厂一期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》（GB12348-2008）中规定2类标准限值，即昼间60 dB(A)和夜间50 dB(A)。

6.3.2.3 电磁辐射影响

浙江金七门核电厂拟建2个开关站，根据HJ 24-2020标准要求，采用类比法与已运行的田湾1-4号机组共用的500kV开关站、5-8号机组共用的500kV开关站的电磁辐射强度和分布的实际测量进行对比，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

本工程电磁辐射环境与田湾核电站现有电磁辐射环境比较内容见表6.3-1。

田湾核电厂厂址区域5km范围内电磁环境的主要评价结论如下：

工频电场/工频磁场：田湾核电厂厂区工频电场强度监测值在0.164V/m~ 1428.52V/m之间，工频磁场强度监测值在0.036μT ~9.793μT之间；输电线路工频电场强度监测值范围在1.326V/m~2044.64V/m之间，工频磁场强度监测值在0. 035μT ~6.817μT之间；田湾核电厂厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在0.118V/m~106.80V/m之间，工频磁场强度监测值在0.038μT ~0.087μT之间。根据以往工程经验，机组正常运行时，开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外0-5m处，最大磁场强度一般在中相导线的正下方附近，然后随距离增加而降低。距离田湾核电站厂址最近的居民区位于厂址NNW方位约1.4km，此处工频电场监测值为0.371V/m，工频磁场监测值为0.043μT。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（100μT），符合标准要求。

距离浙江金七门核电厂规划厂址周围的居民点位于厂址N方位约0.7km，此处工频电厂强度为1.13V/m，工频磁场监测值为0.0092μT，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（100μT），预计工程正常运行后对居民区的影响较小，可忽略不计。

由表6.3-1及以上分析可见，浙江金七门核电厂厂址区域附近电磁辐射污染源要少于田湾核电站厂址区域。可以预见，浙江金七门核电厂投运后500kV开关站对周围环境的电磁辐射影响也能够满足国家相关标准的要求。

表 6.2-1（1/4）　本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				3.45E-07	4.51E-08	2.46E-08	2.33E-08	2.60E-09	2.31E-09	6.24E-10	5.02E-10	4.15E-10
NNE						2.53E-08						5.44E-10
NE												
ENE												
E												
ESE								1.89E-09				
SE												
SSE												
S											7.14E-10	
SSW											1.56E-09	1.27E-09
SW								2.87E-09	2.51E-09	7.72E-10	6.20E-10	5.11E-10
WSW							2.27E-08	2.22E-09	2.04E-09	4.23E-10	3.47E-10	2.91E-10
W						2.38E-08	2.29E-08	2.32E-09	2.11E-09	4.62E-10	3.71E-10	3.07E-10
WNW						2.41E-08	2.31E-08	2.42E-09	2.17E-09	5.12E-10	4.10E-10	3.38E-10
NW						2.33E-08	2.26E-08	2.12E-09	1.96E-09	3.46E-10	2.78E-10	2.31E-10
NNW				3.38E-07	4.43E-08	2.42E-08	2.31E-08	2.49E-09	2.23E-09	5.57E-10	4.47E-10	3.69E-10

表 6.2-1（2/4）　本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				2.71E-07	3.20E-08	1.73E-08	1.60E-08	2.12E-09	1.81E-09	6.31E-10	5.06E-10	4.16E-10
NNE						1.80E-08						5.48E-10
NE												
ENE												
E												
ESE								1.38E-09				
SE												
SSE												
S											7.23E-10	
SSW											1.60E-09	1.29E-09
SW								2.39E-09	2.01E-09	7.84E-10	6.27E-10	5.15E-10
WSW							1.54E-08	1.72E-09	1.53E-09	4.23E-10	3.45E-10	2.88E-10
W						1.65E-08	1.55E-08	1.82E-09	1.60E-09	4.63E-10	3.71E-10	3.04E-10
WNW						1.68E-08	1.57E-08	1.92E-09	1.67E-09	5.15E-10	4.11E-10	3.36E-10
NW						1.60E-08	1.52E-08	1.61E-09	1.44E-09	3.43E-10	2.74E-10	2.25E-10
NNW				2.65E-07	3.11E-08	1.69E-08	1.58E-08	1.99E-09	1.72E-09	5.60E-10	4.48E-10	3.68E-10

表 6.2-1（3/4）　本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				3.05E-07	3.35E-08	1.82E-08	1.72E-08	1.99E-09	1.75E-09	5.01E-10	4.03E-10	3.32E-10
NNE						1.88E-08						4.38E-10
NE												
ENE												
E												
ESE								1.41E-09				
SE												
SSE												
S											5.73E-10	
SSW											1.26E-09	1.02E-09
SW								2.20E-09	1.91E-09	6.21E-10	4.97E-10	4.10E-10
WSW							1.67E-08	1.68E-09	1.54E-09	3.39E-10	2.77E-10	2.32E-10
W						1.76E-08	1.69E-08	1.76E-09	1.58E-09	3.70E-10	2.97E-10	2.45E-10
WNW						1.79E-08	1.70E-08	1.84E-09	1.64E-09	4.10E-10	3.28E-10	2.71E-10
NW						1.72E-08	1.66E-08	1.60E-09	1.46E-09	2.76E-10	2.21E-10	1.83E-10
NNW				3.00E-07	3.29E-08	1.80E-08	1.71E-08	1.90E-09	1.68E-09	4.46E-10	3.58E-10	2.95E-10

表 6.2-1（4/4）　本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				2.27E-08	5.02E-09	2.78E-09	1.96E-09	1.14E-09	8.82E-10	6.80E-10	5.52E-10	4.60E-10
NNE						1.87E-09						2.78E-10
NE												
ENE												
E												
ESE								1.09E-09				
SE												
SSE												
S											1.83E-10	
SSW											1.47E-10	1.20E-10
SW								4.51E-10	3.37E-10	2.35E-10	1.87E-10	1.52E-10
WSW							1.01E-09	4.17E-10	3.14E-10	2.18E-10	1.74E-10	1.42E-10
W						1.33E-09	9.66E-10	3.95E-10	3.01E-10	2.11E-10	1.70E-10	1.39E-10
WNW						2.06E-09	1.40E-09	6.97E-10	5.34E-10	3.95E-10	3.21E-10	2.66E-10
NW						2.71E-09	1.77E-09	9.63E-10	7.38E-10	5.59E-10	4.52E-10	3.76E-10
NNW				2.37E-08	4.87E-09	2.49E-09	1.67E-09	9.05E-10	6.94E-10	5.25E-10	4.27E-10	3.55E-10

表 6.3-1 浙江金七门核电厂与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

	浙江金七门核电厂	田湾1-6号机组
建设规模	2*1200 MW	田湾一、二期工程2*1060 MW 田湾5、6号机组2*1000 MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内电磁辐射源	拟建2个开关站，拟建6台主变	2个500kV开关站，一个220kV辅助开关站，6台主变压器
厂区外电磁辐射源	1座110kV变电站及1条输电线路，12座移动通信基站，1座雷达站	3条500kV输电线，1条220 kV输电线，2条110 kV输电线

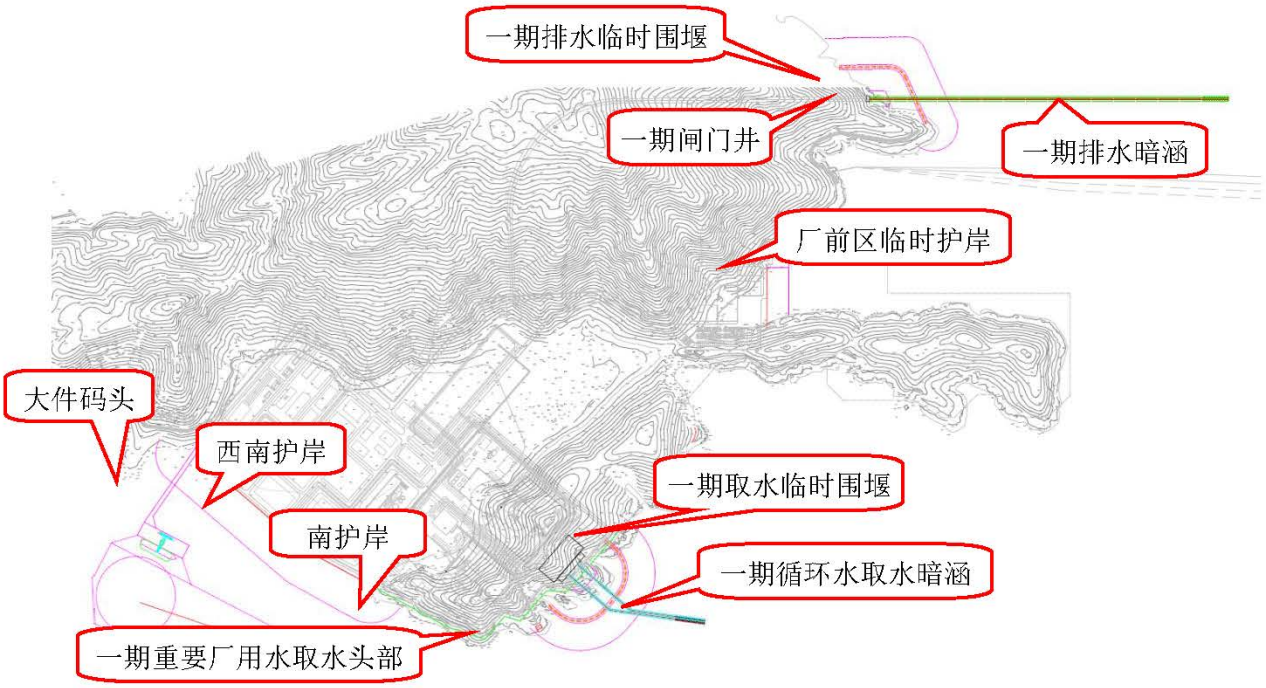


图 6.1-1　一期取排水工程方案布置图

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 厂内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其它事故

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

浙江金七门核电厂一期工程拟采用华龙一号机型。

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在厂址审批阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。本节对浙江金七门核电厂 1、2 号机组选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

7.1.1.1 事故描述

依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017）给出的准则对选址假想事故源项及其放射性后果进行分析和评价。该准则采用设计基准大破口失水事故（DBALOCA）作为选址假想事故。通常假设这种事故的发生与大的失冷事故 LOCA 相关，由于一回路管道双端断裂，冷却剂从破口中大量流失，而作为专设安全设施的安全注入系统全部失效，堆芯得不到及时冷却，从而过热引起堆芯大规模熔化。熔化的燃料芯块中的全部惰性气体、部分的卤素和少部分的挥发性固态核素将从一回路系统的破口进入安全壳中。

7.1.1.2 事故源项

融合“华龙一号”机型设计采用双层安全壳。双层安全壳环形空间在正常及事故工况下均通过排风维持负压，因此可有效包容内壳泄漏到环形空间的放射性物质，并通过环形空间安全系列过滤排放，进一步控制向环境的放射性释放。

本节选用双层安全壳的设计参数，基于《核电厂选址假想事故源项分析准则》中的基本假定和计算模型，计算由安全壳释放到环境的总活度。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

应用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子采用 USNRC 的管理导则 RG1.145 推荐的模式和方法进行计算。采用三门核电厂址 2019 年 10 月至 2020 年 9 月风向、风速、稳定度三维联合频率以及 P-G 扩散参数，计算各方位 99.5%概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95%概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

在事故释放期间，考虑公众受到烟云外照射和吸入空气内照射两种途径的影响。

烟云浸没外照射剂量转换因子和吸入内照射剂量转换因子取自 GB18871、联邦导则12号报告以及ICRP71号报告。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

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

7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，厂址拟定非居住区边界处（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1.02E-02Sv，厂址拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内（30d）接受的有效剂量为1.97E-03Sv，分别为GB 6249-2011中剂量控制值的4.08%和0.79%。

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310人·Sv，为GB 6249-2011中的剂量控制值的1.55%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定以及选址假想事故条件下拟定非居住区和拟定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1、2号机组厂址是适宜的。

7.2 厂内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

本项目选用的新燃料组件运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料芯块散落的情况。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围

环境和人员造成危害和污染。

7.2.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国每年都进行大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

浙江金七门核电厂运行期间产生的废树脂来自 RCV、ZBR、TTB、RFT 和 ZLT 系统的除盐器；废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器；废过滤器芯来自 NX 和 QX 内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房和 QX 厂房的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到废物处理中心进行处理，最后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废树脂、废活性炭的槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂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≤2mSv/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 μSv/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。

浓缩液收集在 QX 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢

桶烘干， 经处理后通过浓缩液屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心处理后用废过滤器芯屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。废过滤器芯和浓缩液屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个内置废滤芯定位装置的 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过 2mSv/h，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 10μSv/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。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后通过屏蔽运输车转运至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 10km 范围内无 10 万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围内无万人以上的乡镇。

厂址半径 5km 范围内涉及鹤浦镇的 6 个行政村，1 家敬老院。除此之外，厂址半径 5km 范围内无学校、医院、监狱等难以撤离的特殊人群。

厂址半径 5km 范围内有一处风景游览区，1 处涉矿企业；无自然保护区、文物古迹。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

象山县设有气象台站，其台站业务内容包括有地面气象观测及县（市）区中、长期天气预报。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。

象山县已建成技术先进、运行高效、安全可靠、功能齐全的现代通信网络。

厂址半径50km范围内有多个国家应急管理部管辖的综合性消防救援队伍和乡镇投资管理的专职消防队伍。象山县各乡镇、街道均有派出所，负责乡镇或其属地户籍管理和治安管理工作，并根据实际情况在各村设有治安员，具体负责各村的治安工作。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

宁波舟山港石浦港区沈海高速连接线石浦至新桥段（石浦连接线）公路工程为在建的高速公路。沿海南线是象山中心城区出入南部地区的咽喉要道，连接象山县主要乡镇。另有石三线（X508）、南金线（Y607）、南双线（Y586）和614乡道串联镇域内村庄。

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域空间。厂址区域对外交通主要依靠607乡道，目前营运单位正委托相关单位开展厂址进厂道路及应急道路优化设计工作，后续将结合场外道路的规划设计情况，开展应急撤离分析。

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，有1家敬老院，在制定应急预案时应予以特殊考虑，除此之外无学校、卫生院、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、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计划的实施。厂址周围交通道路等级较低，目前营运单位正委托相关单位开展厂址进厂道路及应急道路优化设计工作，后续将结合场外道路的规划设计情况，开展应急撤离分析。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

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 应急监测方案

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.3.3 监督性监测系统

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

表

表 8.1-1（1/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

表 8.1-1（2/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

表 8.1-1（3/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

表 8.1-1（4/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

浙江金七门核电厂运行期间的流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。其中，气载和液态放射性流出物是造成环境污染和居民受照剂量负担的主要源项，因此在流出物监测中对气载和液态放射性流出物进行主要监测。

浙江金七门核电厂将设置电厂辐射监测系统，对流出物的排放管道上的低放液体和气载流出物进行监测，同时核电厂将设置流出物实验室，对气载流出物及液态流出物的取样样品进行测量。

放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、核素种类和排放总量等。运行期间的流出物监测方案根据我国的有关法规和核电站的实际情况制定。

8.1.1.1 监测依据

制定流出物监测方案的主要依据是：

- GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- GB 6249-2011 《核动力厂环境辐射防护规定》
- GB 11217-89 《核设施流出物监测的一般规定》
- GB/T 7165.1-2005 《气态排出物（放射性）活度连续监测设备第 1 部分：一般要求》
- GB/T 7165.2-2008 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》
- GB/T 7165.3-2008 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》
- GB/T 7165.4-2008 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》
- GB/T 7165.5-2008 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备第 5 部分：氚监测仪的特殊要求》
- GB/T 12726.1-2013 《核电厂安全重要仪表事故及事故后辐射监测第 1 部分：一般要求》
- GB/T 12726.2-2013 《核电厂安全重要仪表事故及事故后辐射监测第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》
- GB 3097-1997 《海水水质标准》
- 环发【2012】16 号文件 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》

- ANSI N13.1-2011 《核设施烟囱和管道释放气载放射性物质的取样和监测》

8.1.1.2 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- 监测释放到环境的气载和液态放射性流出物的浓度，判断是否符合国家批准的排放控制值以及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控制装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- 迅速发现有无计划外排放和事故排放，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。

8.1.1.3 监测原则

制定浙江金七门核电厂运行期间流出物监测方案遵循的主要原则：

- 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，进行定期取样分析；对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测。
- 为方便评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物的流量、温湿度等。
- 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生态环境部门的监督性检查和测量。

8.1.1.4 气载放射性流出物监测

浙江金七门核电厂采用“华龙一号”核电技术，单堆布置，核岛反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房、人员通行厂房、安全厂房的放射性排风经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放。浙江金七门核电厂设有一个排风烟囱，烟囱监测监测道包括：烟囱排气气溶胶活度监测道，烟囱排气碘活度监测道，烟囱排气低量程和高量程惰性气体 β 活度监测道。

1）气载放射性流出物连续监测：

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正常情况放射性惰性气体监测和事故情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（PAMS）的要求

进行设计，浙江金七门核电厂机组包括两列冗余的监测设备，安全级别为1E级，抗震类别为I类，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（CAM）隔离阀和废气处理系统（ZGT）排放阀。惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，这些设计包括：

- 系统设计为冗余监测，冗余设备之间进行实体隔离和电气隔离；
- 采用应急电源供电；
- 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 对设备进行预先的质量鉴定，确保设备在事故后环境条件及地震条件下能保持正常运行；
- 试验：对设备进行定期试验、校准。

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） 气载放射性流出物取样测量

在浙江金七门核电厂机组烟囱气载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、^{3}H、^{14}C 流出物样品进行连续取样，对惰性气体样品进行定期取样，样品送至实验室进行分析。

3）烟囱气体取样代表性

气态排出流监测通过在速度和浓度均匀分布的位置采用单点取样，获得烟囱气载放射性流出物具有代表性的样品进行测量，取样方法符合ANSI N13.1-2011核设施的烟道和通风管道中的放射性物质取样标准。

8.1.1.5 液态放射性流出物监测

放射性废液主要来自放射性废物厂房液体放射性废物系统、汽轮机厂房废水系统排放以及汽轮机厂房厂用水系统排污等，废液经处理后分别汇总到核岛液体放射性废物排放系统及常规岛废水排放系统的贮罐中作为液态放射性流出物集中排放。液体放射性流出物监测包括取样测量和排放时在线监测。液态放射性流出物排放前，将样品在现场实验室分析合格后才实施排放。

1）液态放射性流出物连续监测

浙江金七门核电厂机组设有 QA/QB 废液排放厂房。QA 厂房主要收集、贮存核岛废液排放系统废液；QB 厂房主要收集、贮存常规岛废液排放系统废液。在 QA、QB 厂房各设置一套低放液体排放监测道，其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液浓度，以验证实验室所分析的排放前贮罐中的样品浓度，同时监视已分析过的废液贮罐废液是否在排放。当排放废液活度浓度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。低放液体排放监测道是非安全级设备，无抗震要求。

2）液态放射性流出物取样测量

在QA/QB的废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性；样品在实验室中采用高纯锗γ谱仪、低本底α、β计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。液态放射性流出物样品的分析项目包括γ谱分析、氚、碳-14等活度浓度测量及必要时的^{90}Sr分析。

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混合均匀后，进行取样分析。

8.1.1.6 地方生态环境部门监督性监测

为满足地方生态环境部门进行监督性监测，浙江金七门核电厂将采取一系列措施，主要包括：

- 根据相关规范要求投资建设监督性监测流出物实验室；
- 与地方生态环境部门保持联系，接受地方生态环境部门的监督和指导；
- 积极配合地方生态环境部门进行流出物监督性监测工作，并为地方生态环境部门定期取样提供方便，主要包括：
  - ◆ 可根据需要向地方生态环境部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；
  - ◆ 提供烟囱中 ^{14}C 和 ^{3}H 样品给地方生态环境部门进行测量；
  - ◆ 从排放废液罐中提取废液样品时，同时为地方生态环境部门提取平行样品。
- 向地方生态环境部门及时提供流出物监测月报表，地方生态环境部门以季报、年报的形式反馈给核电厂相关环境监测数据；
- 核电厂流出物监测及样品测量分析数据可随时供地方生态环境部门查询；
- 定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

8.1.2 辐射环境监测

浙江金七门核电厂为确保运行期间的放射性流出物对周围环境和居民的影响符合国

家的有关规定，将在首台机组首次装料前制定环境监测大纲，并按照大纲开展运行期间的环境监测。环境监测大纲初稿将在运行阶段的环评报告中提供，本阶段的环评报告简要的描述浙江金七门核电厂运行后拟建的环境监测设施及设想的监测方案。

8.1.2.1 监测依据

运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
HJ 61-2021	《辐射环境监测技术规范》
GB/T 14583-1993	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》
GB 8999-2021	《电离辐射监测质量保证一般规定》
国核安发[2012]98 号文	《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》

8.1.2.2 监测目的

运行期间环境监测的目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估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活度的变化，并查找原因；评估变化趋势，采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.3 监测范围

根据国家有关法规，运行期间拟进行环境辐射监测的范围如下：

- 环境 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 10km。
- 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 2km 以内的海域。

8.1.2.4 布点原则

浙江金七门核电厂运行期间环境监测布点将结合运行前的连续两年的放射性本底调查结果给出具体制定。同时为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则有：

- 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；
- 与运行前环境调查保持适当比例的同位点；

- 陆地监测点以反应堆厂房为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- 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厂区边界附近区域，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。位置尽量能与大气扩散试验站址一致，保持数据的可延续性；
- 充分利用运行前本底调查所获得的资料，并在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。

8.1.2.5 监测项目

浙江金七门核电厂运行期间主要监测项目有：

（1）气象数据测量

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。

（2）环境γ辐射水平监测

主要测量的项目有：大气中环境γ辐射水平的连续监测；累积剂量监测；非连续监测的瞬时剂量率。

（3）环境介质放射性核素浓度监测

- 大气

气溶胶：^{90}Sr 及γ谱分析；

大气沉降物： ^{90}Sr 及γ核素分析；

空气中 ^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I。

- 水监测

降水： ^{3}H；

饮用水：总α、总β、^{3}H 及γ核素分析；

地表水（水库、河流等）：总β、^{3}H、^{14}C 及γ能谱；

地下水： ^{3}H、^{90}Sr 及γ能谱，可选择部分点位分析 ^{14}C。

- 陆生生物

肉类、水果、粮食、蔬菜等样品：^{3}H(TFWT,OBT)、^{14}C、γ核素分析，每类至少选择一个样品进行 ^{90}Sr 分析；

牛奶：进行 ^{131}I 分析测量；

指示生物：^{90}Sr 和 γ 核素分析。

- 海洋介质

海水：总 β、^{40}K、^{3}H，可选择部分点位分析 ^{14}C、^{90}Sr 及 γ 能谱；

海洋沉积物：^{90}Sr 及 γ 谱分析，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测 $^{239+240}Pu$；

海洋生物样品：^{3}H(TFWT,OBT)、^{14}C、^{90}Sr 及 γ 谱分析，部分点位测 $^{239+240}Pu$。

- 土壤及底泥

^{90}Sr 和 γ 核素分析，每个方位最近的 1 个点加测 $^{239+240}Pu$。

8.1.2.6 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、低本底液体闪烁测量装置等仪表进行 α/β 放射性活度测量、γ 能谱核素分析、^{3}H 和 ^{14}C 放射性活度测量。

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、^{137}Cs 等核素进行测量分析。

（2）固定式环境 γ 辐射监测和流动的辐射监测

设置环境 γ 辐射监测站，进行连续监测；在环境中定点布设 TLD 元件，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；设置环境监测车/应急监测车进行核电厂周边环境 γ 辐射监测，车上设有车载 γ 剂量率监测仪、便携式 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率监测仪等设备。

（3）气象观测

在气象铁塔及地面设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测基地内各区域的局部气象状况。

8.1.2.7 地方生态环境部门的监督性监测

为了大力配合地方生态环境部门监督性监测工作的实施，浙江金七门核电厂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；
- 根据有关规范要求为浙江省环保部门投资建设监督性前沿站及监测子站。

8.1.3 应急监测方案

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，浙江金七门核电厂将制定应急环境监测大纲，对监测原则、监测方法和步骤、监测项目、监测路线、监测组织机构、监测数据发布等做出规定。环境应急监测大纲将随应急计划统一出版，并在运行阶段的环评报告中提供。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。

8.1.3.1 环境辐射与气象监测系统

（1） 固定式环境γ辐射监测站

监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 72 小时的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。

（2） 环境监测车/应急监测车和环境介质取样车

监测车内配备便携式放射性测量和取样设备以及气象设备，可以快速给出环境γ辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。

（3） 气象站

气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及设置在厂外固定式环境γ辐射监测站的风速风向传感器。

（4） 移动式环境γ辐射监测子系统

考虑到极端外部事件下固定式环境γ辐射监测站可能受到损坏，因此考虑设置可在事故后投入使用的移动式环境γ辐射监测子系统，作为环境γ辐射水平监测的补充手段，以快速恢复环境监测能力。

8.1.3.2 环境实验室

环境实验室拟建设在金七门核电厂烟羽应急计划区以外，以避免事故情况下对环境实验室测量的影响，使其在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

在机组运行前，核电厂将委托编制温排水监测方案，运行后遵守生态环境相关的核电厂相关法规、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生活污水对水环境的影响，计划在废水处理工艺末端排放口进行非放射性污染物的监测，主要监测项目包括水温、pH 值、COD、BOD_5、氨氮、总氮、总磷、石油类、悬浮物、阴离子表面活性剂、色度等。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于监测核电厂气载和液态流出物的样品，以确定被排放气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。

流出物实验室包括热制备间、冷制备间、流出物 γ 谱仪测量室、流出物测量间。其中热制备间用于核岛气液态流出物样品制样，冷制备间用于常规岛气液态流出物样品制样，流出物 γ 谱仪测量室用于流出物 γ 谱放化测量，流出物测量间用于流出物放化测量。

流出物实验室需配备总有机碳分析仪、抽滤装置、干燥箱、温控电热板、高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 测定仪、液闪计数仪等流出物监测用仪器和设备，来满足流出物监测的需求。

本工程气载放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目包括：烟囱气态氚、烟囱气态 C-14、烟囱惰性气体、烟囱气态碘、烟囱气溶胶、核岛液态氚、核岛液态 C-14、核岛液态 γ 核素以及核岛液态流出物中 Sr-90。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境和气象监测系统

金七门核电厂将建设气象和环境监测系统，用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续监测厂址区域的气象要素，为环境评价和应急决策提供气象数据。为评价核电厂对环境的影响及事故应急期间应急方案制定提供监测数据支持。

（1） 气象观测

气象观测主要是对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录，主要的设施有气象观测塔和地面自动气象站。所配置的主要设备有气象塔、气象传感器、数据采集器、数据传输装置等；测量参数包括：风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、天空净辐射。

（2） 固定式环境 γ 辐射监测站

用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。在站址选择时，主要考虑在厂区内及在厂外环境周围 10km 范围内布设站址，结合监督性监测子站互补实现基本覆盖核电厂周围陆域各方位，在主导风下风向、海域方

向布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。监测站拟配置的设备包括：γ 辐射探测器、取样装置、数据传输装置等，测量参数包括：大气中环境 γ 辐射水平的连续监测、气溶胶/碘采样、H-3/C-14 采样、雨水/沉降灰采样，厂外的监测站还设置有风速、风向、雨量测量传感器。

（3） 环境监测车/应急监测车

定期对电厂周围环境 γ 辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。在环境监测车/应急监测车配置有车载 γ 辐射监测仪、车载自动气象监测仪，和便携式多道 γ 谱仪、便携式 α / β 表面污染测量仪、便携式气溶胶、碘取样器等若干便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备等。正常运行情况下电厂周围环境 γ 辐射水平进行巡测（瞬时测量）。事故应急期间的环境 γ 辐射水平巡测、表面污染测量及气溶胶/碘取样。

（4） 环境介质采样车

按照程序定期从核电厂周围环境进行各类环境介质的采集、运输。采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

（5） 移动式 γ 辐射监测系统

可连续测量环境 γ 辐射水平，在事故期间且固定式环境 γ 辐射监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段。

（6） 中央数据处理站

中央数据处理站将设在应急控制中心内，主要进行环境 γ 辐射和气象数据的接收、处理、存储，并将环境实验室内各测量室得到的测量数据统一集中管理。中央数据处理站主要设备有包括环境 γ 辐射和气象数据的接收处理装置、中央数据处理计算机、中央数据服务器、操作工作站等。

8.3.2.2 环境实验室

金七门核电厂将建设环境实验室，用于对从电厂周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。环境实验室拟建设在烟羽应急计划区以外，避开主导风下风向。实验室测量的项目包括 γ 谱分析、α 谱分析、总 α、总 β、H-3、C-14、Sr-90、累积剂量测量分析等。环境实验室内设置低本底物理测量房间、样品预处理及制备房间、化学制样及分析房间及其他辅助房间。

8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测核电厂运行对厂区地下水的影响情况，在金七门核电厂将设置地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。监测井数量及位置将根据厂区地下水径流等情况进行确定。

8.3.3 监督性监测系统

金七门核电厂将依据《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》等规范，为地方生态环境部门出资建设监督性监测系统。监督性监测系统内容包括：

（1） 监督性监测流出物实验室

（2） 监督性监测前沿站

（3） 监督性监测子站

（4） 流出物在线监测数据传输

金七门核电厂将依据相关规范，结合其他核电监督性监测系统工程经验，考虑本工程环境特点，与地方生态环境部门协商后，开展该系统的设计及建设工作。

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品。为达到此目的，采取了以下质量控制措施：

（1） 制定各类环境介质的采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式，以保证采集到具有代表性的样品。

（2） 根据各类环境介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录。各种记录均有责任者签名。

（3） 准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在10%以内。

（4） 操作样品时具有防止交叉污染的措施。

（5） 采样时的样品数量包括分析样品总数5%的质量控制样品及分析样品总数的20%的保留样品。

（6） 环境样品采集一定的平行样品以进行平行样测量分析和进行复检。

可保存的各类常规样品（包括分析剩余样品、非破坏性分析样品和备检样品）部分保存十年，并附有可靠的标签和专门的记录。强沾污样品及有特殊情况的样品将保存到作出结论后再处理。

8.4.1.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中的质量控制措施包括：

（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） 比对：为了发现监测设备和监测中可能存在的缺陷，验证环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性和可比性，参加国家和环境监测系统主管部门组织的实验室之间分析测量的比对和国际比对；

（5） 仪器的刻度和检验：对环境监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准，同时还采取如下的检验措施以确保仪器在测量时仍然处于刻度时的良好状态：

- 标准（参考）样品分析。
- 放射性测量仪器每月至少进行一次本底、效率检验，并制作仪器本底、效率的控制图。
- 对放射性测量仪器均每年进行一次以说明仪器计数是否满足泊松分布的 $\chi 2$ 检验。
- 每月进行能量分辨率和能量刻度检验。
- 所有放射性测量仪器，每年刻度一次，刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。
- 对流量、压力、温度、重量等常规非放射性监测的仪表设备定期进行标定。

8.4.1.3 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、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并有责任者签字，原始记录和环境监测结果将永久保存。

（2） 详细、准确的质量控制记录。包括所有采样和分析测量仪器性能的检定、校准、检验和维修情况；质量控制样品分析和实验室间的比对情况；标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和掺标样品、载体和标准溶液的配制情况；计算机程序验证情况等，将有关质量控制文件长期保存。

（3） 进行数据统计学处理。包括数据可靠性分析；数据分布检验；中心值和分散度估计等。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对数据处理、计算结果进行严格审核。审核人在审核报告上签字；对于异常结果，计算者和审核者应及时查明原因，若属于分析测量差错或其它过失应该及时采取纠正或补救措施。

（4） 对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。

（5） 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准。

（6） 对不符合质量保证要求的监测结果，必须进行审查、评价，并确定是否使用，还是废弃或采取补救办法。

8.4.2 质量管理

8.4.2.1 组织机构

编制组织管理程序，明文规定管理和实施质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责、权限等级；制定组织机构，分工明确，对金七门核电厂的环境监测及流出物监测统一管理。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，拟制定下列措施：

（1） 从事环境监测的人员必须具有高中或中等专业学校以上的文化程度以及核电站环境监测专业知识和工作能力。

（2） 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训，要求熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。

（3） 为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

表 8.1-1（1/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

监测对象		布点原则	监测项目	监测频次	
				采样	分析
γ辐射	辐射空气吸收剂量率	设置连续监测自动站，原则上在烟羽应急计划区范围内 16 个方位布设监测站点，沿海核动力厂，靠海一侧可根据需要布设监测站点；对照点	γ辐射空气吸收剂量率	连续	连续
	γ辐射累积剂量	厂外烟羽最大浓度 落点处；厂界周围 8 个方位角按半径 2km、5km、10km、20km 的圆所形成的各扇形区域内陆地（岛屿）布点；对照点	γ辐射累积剂量	连续	1 次/季
空 气	气溶胶*	尽量选择主导风下风向处设置点位，也可在厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界 <10km 的居民区任选其中一个点	每周测量一次γ能谱，当总β活度浓度大于该站点周平均值的 10 倍或γ能谱中发现人工放射性核素异常升高，则将滤膜样品取回实验室进行γ能谱等分析	连续	总β：1 次/天；γ能谱：1 次/周
		厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界 <10km 的居民区；对照点	γ能谱 年度混合样品分析 ^{90}Sr	累积采样，1 次/月，采样体积不低于 10000 m^3	1 次/月
	沉降物*	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界 <10km 的居民区；对照点	γ能谱 年度混合样品分析 ^{90}Sr	累积采样，1 次/季	1 次/季
	气体	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处，主导风下风向距厂区边界 <10km 的居民区；对照点	^{3}H(HTO)、^{14}C、^{13}H	累积采样，1 次/ 月	1 次/月

表 8.1-1（2/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

空气	气体		厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10km 的居民区任选其中 1~2 个点	^{3}H(HTO)	连续	1 次/周或 在线监测
	降水		厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10km 的居民区；对照点	^{3}H	累积采样，有雨、雪或冰雹时	混合样品 1 次/月
陆地	表层土壤		<10km，16 个方位角内（主导风下风向适当加密），部分点位可同农作物采样点；对照点	^{90}Sr、γ 能谱，每个方位最近的 1 个点加测 $^{239+240}Pu$	1 次/年	1 次/年
	植物[b]	农作物	主导风下风向厂外最近的村镇；对照点	^{3}H(TFWT,OBT)、^{14}C、γ 能谱、每类至少选择一个样品进行 ^{90}Sr 分析	收获期	1 次/年
	动物[b]	禽、畜	主导风下风向厂外最近的村镇；对照点	^{3}H(TFWT,OBT)、^{14}C、γ 能谱，每类至少选择一个样品进行 ^{90}Sr 分析	1 次/年	1 次/年
		牛（羊）奶	主导风下风向厂外最近的奶场；对照点	^{131}I	每季采样	1 次/季
	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

表 8.1-1（3/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

陆地水	地表水[c]		预计受沉降影响的地表水；上游对照点，可选择部分点位分析 ^{14}C	总 β、γ 能谱、^{3}H、^{14}C	平水期、枯水期	平、枯水期各 1 次
	地表水（受纳水体）[c]		在取水口、总排水口、总排水口下游 1km 处，排放口下游混合均匀处	总 α、总 β、γ 能谱、^{131}I、^{90}Sr、^{3}H、^{14}C	1 次/半年	1 次/半年
	地表水沉积物		同地表水	^{90}Sr、γ 能谱，10km 范围内的水体加测 $^{239+240}Pu$	1 次/年	1 次/年
	地下水[c]		厂内监测井	γ 能谱、^{90}Sr、^{3}H，可选择部分点位分析 ^{14}C	1 次/月，抽测	1 次/月
			可能受影响的地下水、对照点		平水期、枯水期	平、枯水期各 1 次
	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，可选择部分点位分析 ^{90}Sr、^{14}C	平水期、枯水期	平、枯水期各 1 次
	陆地水生物[b]	植物	受纳水体排放口附近；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，受纳水体则增加 ^{3}H(TFWT,OBT)	收获期	1 次/年
陆地水	陆地水生物[b]	动物	受纳水体排放口附近；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，受纳水体则增加 ^{3}H(TFWT,OBT)	1 次/年	1 次/年
		指示生物	受纳水体排放口附近	根据指示生物浓集特性确定监测核素种	1 次/年	1 次/年
海洋	海水[c]		排放口附近海域；对照点	^{3}H、总 β、^{40}K，可选择部分点位分析 ^{14}C、^{90}Sr、γ 能谱	1 次/半年	1 次/半年

表 8.1-1（4/4） 浙江金七门核电厂正常运行期间环境辐射监测方案

	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	1 次/年
	海洋生物[b]	植物	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
		动物	排放口附近海域鱼类、海 藻、软体类以及甲壳类生物（含指示生物）	^{3}H(TFWT,OBT)、^{14}C、^{90}Sr、γ 能谱（包括 ^{131}I）	1 次/年	1 次/年

a γ 能谱分析应重点关注核设施排放的特征核素，可根据核设施排放的特征核素来选择分析的核素，气溶胶及沉降物 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ^{7}Be（质控用）、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{131}I、^{137}Cs、^{134}Cs、 ^{144}Ce 等放射性核素。

b 生物、土壤、沉积物中 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{110m}Ag、^{137}Cs、 ^{134}Cs、^{144}Ce 等放射性核素。

c 水中 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{106}Ru、^{65}Zn、^{95}Zr、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{137}Cs、 ^{134}Cs、^{144}Ce 等放射性核素。

第九章 厂址比选

9.1 选址过程

9.1.1 选址原则

9.1.2 选址过程

9.2 候选厂址评价与比选

9.2.1 地理位置、地形地貌

9.2.2 场地条件

9.2.3 交通运输条件

9.2.4 人口分布及其评价

9.2.5 地质地震

9.2.6 气象和大气弥散条件

9.2.7 供排水条件

9.2.8 外部人为事件

9.3 推荐厂址评价

9.1 选址过程

9.1.1 选址原则

• 厂址位置应尽量靠近用电负荷中心；

• 有足够的建厂和施工场地；场地比较完整、开阔，地形起伏较小，地面自然坡度不宜太大；

• 主厂房的基础应尽可能坐落在地基稳定性良好、地基岩性均一的区域，优先选择地震基本烈度不大于7度的地区；厂址5km范围内应尽量避开能动断层，厂址应避开不良地质现象地段及有地下矿藏的地段；

• 厂址周围人口应较少，以适应环保要求，非居住区内居民应尽量少；应尽量远离大城镇，厂址排水口附近海域应无重要渔场和水产养殖场；

• 交通方便，现有公路可以利用或易于改造和扩建；新建专用公路较短；附近有可以利用或能够修建货运码头的条件，便于施工期间大型设备的运入、运行期间乏燃料的运出；

• 厂址附近应有足够的水源供电厂冷却，厂址取水口水深不宜小于设计基准低水位，取水口应设在岸壁稳定、河床稳定地段，厂址宜选电厂冷却水、淡水水质条件较好的地段，厂址有利于废液排放和稀释；

• 气象条件应有利于电厂排出物的稀释弥散。盛行风向下风向显著偏离附近集中居民区，并尽量避开极端气象地区（如强台风、龙卷风等地区）；

• 应考虑生产、运输或贮存易燃、易爆危险品的设施、军事设施、航空线、机场等对核电厂的影响，必要时尽量避开或远离；

• 除人口分布因素外，厂址应有良好的通讯、交通和救护等条件。

9.1.2 选址过程

浙江省三门县的扩塘山厂址作为我国沿海13个储备厂址之一，列入国家《核电中长期发展规划（2005-2020）》，鉴于扩塘山厂址的部分建设条件已发生变化，中核集团三门核电有限公司决定开展三门第二核电厂址的选址工作，在三门湾区域范围内增补备选厂址。

1）厂址普选阶段

2008年4月25日至26日，三门核电有限公司召集中国核电工程有限公司、浙江省电力设计院和三门县支核办的相关领导和专业人员在三门核电现场召开了三门核电第二厂址前期工作准备会，并对三门县区域内的扩塘山、青峙山、牛山、高湾山等厂址进行了现场踏勘。

2008年5月19日至20日，三门核电有限公司、中国核电工程有限公司和浙江省电力

设计院有关人员踏勘了象山县的金七门、珠门等厂址。

2009年2月12日，三门核电有限公司和浙江省电力设计院相关人员对象山长山嘴厂址进行了现场踏勘。

浙江省电力设计院通过对各个厂址现场地形、人口、外部情况等的了解以及对所收集资料的分析整理，对有关厂址进行了初步筛选，于2009年4月编制完成了普选报告。

2009年4月25日，中国核工业集团公司在杭州召开了《三门核电第二厂址普选报告》专家评审会，会议认为象山的金七门、珠门和三门的青峙山厂址条件相对较好，建议优先开展工作。

2）初步可行性研究阶段

2009年5月13日，三门核电有限公司主持召开了《三门湾核电厂址初可研阶段工作分工讨论会》，按照核电厂初可阶段设计深度要求，结合国家或行业颁发的有关核电厂选址(地质地震、水文气象、人口分布、外部人为事件等方面)的核安全导则的要求，对厂址围绕技术可行、安全可靠、环境相容、经济合理等方面进行分析、论证和建厂条件比较，会议确定先行开展象山金七门、珠门厂址的初步可行性研究工作，由中国核电工程有限公司和浙江省电力设计院以联合设计方式开展工作。

2013年12月，完成了初步可行性研究报告编制；2014年10月，完成了初步可行性研究报告的升版工作；2014年10月30日至31日召开了初步可行性研究报告审查会；2014年12月，完成了项目建议书的编制。

2014年10月，中国核电工程有限公司编制完成《三门湾核电项目初步可行性研究报告》并通过电规院审查。2015年1月，完成《浙江金七门核电厂项目建议书》。

2015年按照AP1000机型中国核电工程有限公司全面启动可行性研究阶段各项工作。

2016年12月，中国核电工程有限公司完成AP1000机型“两评报告”及可研报告初稿。

2017年1月，中国核电工程有限公司根据中国核电要求对照浙江金七门核电厂厂址条件，开展AP1000与华龙一号核电技术的厂址兼容性分析，完成《浙江金七门核电厂厂址兼容性分析评价报告》。

2017年11月，中国核电工程有限公司按照华龙一号方案编制完成《浙江金七门核电厂项目建议书》。

2018年7月，根据中国核电工程管理部的要求，中国核电工程有限公司协助提供了《浙江金七门核电厂项目建议书(重水堆能源局版)》初稿，供中国核电内部决策使用。

2018年10月，根据中国核电先进重水堆专项组的要求，完成了《金七门先进重水堆

概念设计方案》。

2019 年 2 月，中国核电委托中国核电工程有限公司开展金七门先进重水堆项目建议书和厂址适宜性分析报告编制工作。

2019 年 4 月，中国核电工程有限公司编制完成《浙江金七门先进重水堆项目建议书》（A 版）。

2019 年 5 月，中核工程咨询有限公司受中国核电委托，召开了“浙江金七门先进重水堆项目建议书”评审会。

2019 年 6 月，中国核电工程有限公司根据专家评审意见编制完成《浙江金七门先进重水堆项目建议书》（B 版）。

2019 年 6 月，中国核电工程有限公司编制完成《浙江金七门先进重水堆厂址适宜性分析评价报告》。同期，业主公司明确重水堆后续可研阶段工作由中国核电委托上海核工程院开展。

2020 年 4 月，中国核能电力股份有限公司向中国核电工程有限公司发函《关于委托启动金七门核电厂址华龙一号前期工作的函》。

9.2 候选厂址评价与比选

三门第二核电厂址的选址工作是在三门湾区域范围内展开普选工作的，通过厂址踏勘调查、厂址查勘、专家咨询及专家评审等方法，确定金七门厂址和珠门厂址为候选厂址。本节将对两个候选厂址的条件进行比较。本章节资料参照电力规划设计总院文件电规发电〔2015〕22 号《关于三门湾核电项目初步可行性研究报告的审查意见》编制。

9.2.1 地理位置、地形地貌

1）地理位置

本工程拟选厂址为金七门厂址和珠门厂址。两厂址均位于浙江省宁波市象山县境内，相距约 17.6km；据在建的浙江三门核电厂分别约为 31km 和 14km。

• 金七门厂址

厂址位于浙江省宁波市象山县南面的南田岛南缘，猫头洋北岸，厂址三面临海，西侧有简易公路可达。厂址北距象山县约 42km（直线距离，下同），西北距宁波市约 89km、距绍兴市约 170km、距杭州市约 220km，西距三门核电厂约 31km，西南距台州市约 62km。

• 珠门厂址

厂址位于象山县高塘岛乡珠门村，北距象山县县城约 40km，西北距宁波市约 76km，距绍兴市约 155km、距杭州市约 204km，西距三门核电厂约 14km，西南距台州市约 73km。

厂址西临三门湾，南临珠门港。

2）地形地貌

• 金七门厂址

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。厂址三面环海，区内以侵蚀剥蚀、堆积地貌为主，地貌形态为丘陵、沟谷和滩涂。

厂址北靠大片丘陵，南部为小南山半岛，最高点标高约 103m（1985 国家高程基准，下同），东部为长皮长半岛，最高点标高约 64m。山体走向呈近南北向和东西向，厂址北侧龙王山最高峰标高约 267m，西侧炮台山最高峰标高约为 143.5m。厂址区局部为坡洪积（山麓、斜坡堆积）坳谷与海积滩涂地貌，大多为海蚀崖（礁）地貌，海拔高程一般为 3m~20m。主要利用小南山半岛、长皮长半岛和附近滩涂建设本项目，自然地面标高为 2m~103m。

• 珠门厂址

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。厂址二面环海，以侵蚀剥蚀、堆积地貌为主，地貌形态为丘陵和海积平原。

厂址区丘陵山顶呈浑圆状，山坡坡度较和缓，山脊线柔状起伏。丘陵山体丘顶标高一般 62~140m，主要为老爷山、涨岗山头和中央山。厂址区滨海主要为海积滩涂和养殖塘，冲蚀海岸地貌基本不发育。海积平原海拔标高为 1.9-3.5m，呈自西南往北、东展布。山麓斜坡堆积地貌形态主要为狭长沟谷斜地，海拔标高 3.5-40m。主要利用老爷山、涨纲山和附近平原建设本项目，自然地面标高为 2m~149m。

9.2.2 场地条件

根据电规院《关于三门湾核电项目初可研审查意见》，金七门厂址厂区用地主要为农用地、少量为未利用地。

珠门厂址厂区用地主要为农用地、少量为未利用地。

9.2.3 交通运输条件

金七门厂址和珠门厂址分别位于象山县的鹤浦镇（南田岛）和高塘岛乡（高塘岛）。

1） 公路

•金七门厂址

厂址 15km 范围内的公路有：

（1）南五—金七门线，方位为西北，末端到达厂址附近，现状为三四级公路，规划为二级公路；

（2）石三线，方位为北北西，最近处距离厂址约 9km，现状为三级公路，规划为二级公路；

（3）沿海南线，方位为北北西，最近处距离厂址约 16km，现状为一级公路；

（4）南双线，方位为正北，最近处距离厂址约 10km，现状为三级公路；浙江沿海高速石浦连接线，方位为北北西，最近处距离厂址约 16km。

（5）乡道 614，方位为北北西，路线长度 2km，最近处距离厂址约 8km，现状为三级公路。受石浦港的阻隔，鹤浦镇境内无高速公路、铁路、国道及省道等高等级道路通过。

鹤浦镇和高塘岛乡处于县域交通网络的末端，现状交通主要依靠公路和水路运输，对外交通通过石浦—高塘—鹤浦三级公路（石三线）、三门口大桥与周边联系。需改造乡村道路（含 2 个隧洞）约 10km，拟新建设应急道路，长度约 10km。

•珠门厂址

15km 范围内公路有：

（1）石三线，方位 N，最近处距离厂址约 4km，现状为三级公路，规划为二级公路；

（2）三门口大桥，方位 N，最近处距离厂址约 5km，现状为三级公路。

受三门港的阻隔，高塘岛乡境内无高速公路、铁路、国道及省道等高等级道路通过。

高塘岛乡处于县域交通网络的末端，现状交通主要依靠公路和水路运输，对外交通通过石浦—高塘—鹤浦三级公路（石三线）、三门口大桥与周边联系。厂址进厂道路可从规划的鹤浦环岛公路引接，需改造乡村道路约 4km，新建进厂道路约 1.2km；拟沿高塘岛西海岸建设应急道路，长度约 6.3km。

2） 铁路

•金七门厂址

金七门厂址 5km 范围内无铁路通过，目前距离厂址较近的两个铁路枢纽为宁波站和台州站，宁波站距离厂址约 145km，台州站距离厂址约 180km。规划中的象山港铁路支线在象山县北侧通过，距离厂址约 60km。

•珠门厂址

珠门厂址 5km 范围内无铁路通过，其余铁路条件同金七门厂址。

3）水路

•金七门厂址

厂址三面临海，南接猫头洋。厂址附近港有八排门散货码头、石浦港、象山港。八排门散货码头，距离厂址 5km，方位 W，最大吨位 500t；石浦港距离厂址约 17km，方位 N，

最大吨位 300t；象山港距离厂址约 60km，方位 NNW，最大吨位 300t。

拟在厂区西南侧的位置、南田湾一带建设专用综合码头一座，大件运输船只通过金七门水道停靠该码头，用于运输建设期间的大件设备。

•珠门厂址

厂址水上交通，通过石浦港向外联系上海、杭州、舟山、台湾等地。

拟在厂区南面的位置、珠门港一带建设专用综合码头一座。

4）航空

•金七门厂址

厂址 15km 范围内没有机场，厂址附近无经过的航线及起落通道、无大型机场。距离厂址最近的机场为台州市机场，约 75km，方位为西南。宁波栎社国际机场距离厂址约 97km，方位为北北西。根据《象山县城市综合交通规划》（2018-2035），在丹城规划有直升机机场，距离厂址约 48km，方位为北。

•珠门厂址

同金七门厂址。

5）大件运输

金七门厂址、珠门厂址北距上海港约 200 海里，离宁波港约 100 海里，从猫头洋到上海港的海运航线可通 50000t 级以上船舶，宁波港至厂址在海域中的通航能力亦可达 50000t 级以上，因此核电厂大件运输采用的 3000t 至 5000t 级船舶可直接进入厂区。核电站大型设备从制造厂家运至上海港或宁波港再通过海运转运至厂区专用重件码头；然后通过施工区沿厂区主入口进入厂区。

金七门厂址南侧海域水深达 10m 以上，岸线稳定；考虑在厂区西南侧的位置、南田湾一带建设专用综合码头一座。

珠门厂址南侧海域水深达 10m 以上，岸线稳定；考虑在厂区南面的位置、珠门港一带建设专用综合码头一座。

综合比较，金七门厂址可满足核电厂建设和运行需求，珠门厂址交通运输条件相对较好。

9.2.4 人口分布及其评价

根据核安全导则 HAD101/03《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》推荐的人口密度法，对金七门厂址和珠门厂址按环形地带人口分布和扇形地带人口分布进行评价，金七门厂址属于 I 类厂址，珠门厂址属于 I～II 厂址。

9.2.5 地质地震

两个候选厂址附近范围均不存在能动断层。

综合确定性方法和概率性方法的计算结果，金七门厂址 SL-2 级地面运动基岩水平向峰值加速度值为 0.15g，珠门厂址 SL-2 高值为 0.15g。根据地震危险性分析结果，两个候选厂址地震烈度均为Ⅵ度。

两候选厂址区不存在影响厂址合格性的潜在地震地质灾害；新近纪以来该区没有发生过火山活动，不存在由火山活动引起的地质灾害。

9.2.6 气象和大气弥散条件

金七门厂址和珠门厂址所在的浙江省属于中亚热带湿润气候，是东亚季风盛行的地区。冬半年盛行东北风，夏半年多东南风。该地区气温适中，四季分明，水热同季，湿润多雨，但变率较大，雨量集中在夏季。

两候选厂址相距约 16km，气候特点和气象特征相似。代表性气象站（石浦气象站）多年年平均风速为 5.1m/s，年最多风向为 N，风频为 16%，次多风向为 SW，风频为 14.6%，多年静风频率为 3.4%。金七门厂址地面气象站年平均风速为 4.0m/s，年最多风向为 N，风频为 26.6%，次多风向为 SSE，风频为 16.7%。

采用厂址 2019～2020 年气象铁塔 100m 高度和 10m 高度的温度差和地面站 10m 高度风速逐时确定大气稳定度结果显示，不稳定 A~C 类比例最高，为 49.6%，其次为中性 D 类，占 43.5%，稳定类 E~F 频率最低，为 6.7%。

综上可知，两个候选厂址的气象条件和大气弥散条件相当，大气弥散条件均较好。

9.2.7 供排水条件

金七门厂址位于象山县南面的南田岛的南缘，猫头洋北岸，厂址三面环海，东临东海，南侧为金七门水道。金七门水道为三门湾北部与东海联通的重要水道，位于南田岛与南山岛之间，长约 3km、宽约 180m-500m，东口水深约 14m，西口水深约 3m，最大水深近 40m。取水口区域水深条件良好，厂址海域开阔，取水条件较好。

施工期间淡水用水由市政水源供给，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。

排水工程拟布置在厂址东北侧，排水口位于水深约 10m 附近，工程海域属于正规半日潮流区，最大落潮流速 1.37m/s，最大涨潮流速为 1.63m/s，厂址海域开阔，波浪较大，水体弥散条件较好。

珠门厂址位于珠门港西端北岸，厂址南侧坑头深槽水深大于 10m 范围长约 800m，宽

250~350m，10m 等深线离岸线 150m，海水水源充足可靠，取水条件较好。

珠门厂址位于珠门港西端北岸，淡水资源紧缺。淡水供应拟采用外调水和海水淡化结合方案来满足核电厂工艺及生活用水的要求。

9.2.8 外部人为事件

（1）金七门厂址半径 15km 范围内以农业生产为主，工业欠发达，没有对核电厂安全有影响的大型工厂、企业、油料和易燃易爆的化学品仓库。厂址半径 15km 范围内危险品贮存使用企业有 5 家，其中有 3 座加油站及 2 家涉危企业，另外还有 5 个存放危险品的码头，经初步计算以上危险源均不会对厂址安全造构成潜在危险。

珠门厂址半径 15km 范围内以农业生产为主，工业欠发达，没有对核电厂安全有影响的大型工厂、企业、油料和易燃易爆的化学品仓库。虽然有一些加油站、液化气储罐等，但均不会对核电厂安全构成潜在危险。

（2）金七门厂址半径 15km 范围内有两条涉及少量危险品运输的公路，其中南五-金七门（Y607）公路距离厂址较近，后续需进一步关注，另一条公路石三线（X508）经分析和计算不会对厂址安全构成潜在危险。厂址半径 15km 范围内涉及两条水上运输航道，经初步计算，以上危险源均不会对厂址安全造构成潜在危险。

珠门厂址附近公路有少量运输汽油、柴油的车辆，经初步分析和计算，均不会对核电厂安全构成潜在影响。珠门厂址半径 15km 范围内海上危险品运输主要是厂址西侧三门湾航道区有 500t 位油船通过，航线相对厂址的最近距离为 1km，经初步分析，不会对核电厂安全构成潜在危险。

（3）金七门厂址和珠门厂址筛选距离范围内没有机场，厂址附近无经过的航线及起落通道，按核安全导则 HAD101/04 的规定，可不考虑飞机坠毁对核电厂安全的影响。

9.3 推荐厂址评价

经过综合分析比较，推荐金七门厂址作为三门第二核电厂的推荐厂址。

金七门厂址距离象山县城 42km，依托城市距离合适，满足城市（镇）规划要求；用地满足规划容量要求；对外交通条件可满足核电厂建设和运行需求；根据核安全导则 HAD101/03《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》推荐的人口密度法，金七门厂址属于 I 类厂址；厂址附近范围内不存在能动断层；厂址地震基本烈度为Ⅵ度；不存在由火山活动引起的地质灾害；厂址海域开阔，取水、大气弥散、水体弥散条件均较好。

根据电规〔2015〕22 号三门湾核电项目初可研审查意见，金七门厂址未发现影响厂址成立的颠覆性因素，初步具备建设 6 台华龙一号核电机组的自然条件。

第十章　利益代价分析

10.1 利益分析

10.1.1 运行带来的直接利益

10.1.2 建设运行带来的间接利益

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

10.2.2 间接代价

10.1 利益分析

10.1.1 运行带来的直接利益

浙江金七门核电厂 1、2 号机组由中国核能电力股份有限公司（以下简称中国核电）组建业主公司，负责本项目的建设，建设规模为不小于 2×1200MW 百万千瓦级压水堆核电机组。设计寿命期为 60 年，经济评价期为 30 年。

据财务分析结果，工程投产后在 30 年经济评价期内，项目有较好的经济效益。

10.1.2 建设运行带来的间接利益

10.1.2.1 社会效益

浙江金七门核电厂一期工程的建设，不仅将有效地解决浙江省的能源供求矛盾，还将缓解交通运输的紧张状况，推动当地的经济发展，提高人民的生活水平。

核电厂本身配套有进场道路、大件码头。海运的使用有效缓解当地陆路交通的压力。

核电厂项目投资大，建设周期长，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。建设期间，可提供约 6 万人年的各种建设人才的就业机会；运行期间，核电厂各岗位的就业人数总计约为 800 人，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。

大额建设期贷款本息，促进当地金融等服务产业发展。同时，优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。同时，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。

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，并培养出一批核电厂建设组织管理人才，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。

10.1.2.2 环境效益

从本报告书第六章可以看到，浙江金七门核电厂一期工程正常情况下，放射性流出物对周围居民的辐射影响明显小于规定的限值，对生态环境的影响也较小。

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。金七门核电厂一期工程的建设，实际上相当于减少了同等容量火电厂的建设。金七门核电厂一期工程采用的“华龙一号”三代核电技术，单台百万千瓦核电发电机组替代相应容量脱硫脱硝煤电机组后，可以减少 SO_2 年排放量约 1650 吨、NO_2 年排放量约 1800 吨、CO_2 年排放量约 572 万吨。同时，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，实现碳达峰、碳中和的重要措施。

同时，浙江金七门核电厂一期工程利用海水淡化技术，节约淡水资源。在1、2号机组建设工程中，厂前区子项将在厂外建设，也拟对该区域室外进行硬化、景观绿化。金七门核电厂一期工程机组建设规划中，拟对已破坏的生态进行修复，改善周围的生态环境。

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

（1）建设期环保设施投资

浙江金七门核电厂一期工程的项目计划总资金包括建筑工程费、设备购置费、安装工程费等工程费用和建设单位管理费、设计和技术服务费、联合试运转费等工程其他费用以及预备费、建设期贷款利息和融资费用、铺底流动资金、进口环节增值税。

环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、厂区绿化、环境整治、施工期环保投入等费用。其中废物处理处置系统包括核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、三废处理设施及环境保护系统费用、废液排放管沟和放射性机修及去污车间；流出物监测和环境监测系统包括厂房辐射监测系统、控制区出入监测系统、安全壳泄露监测系统和LOCA事故监测等系统费用；环境整治包括水土保持、挡土墙、广场、地坪和截洪沟等费用；施工期环保投入包括HSE环境保护费以及施工期大气环境和噪声监测、海域环境监测及爆破震动监测等费用。

环保费用的建设投资约占项目计划总资金约3.92%左右。

（2）运行期环保费用

金七门核电厂一期工程项目在运行期间，平均每年需要投入一定的资金，用来支付核燃料、运行维护、大修和设备更换、燃料后处理、退役基金、放射性废物处置基金等费用。其中环保费用包括退役基金，乏燃料处理处置基金和中低放废物处理处置费。

乏燃料后处理从投产后第六年开始提取。

中低放废物处理处置费从投产后第一年开始提取。

退役基金从计算期第一年开始提取，总额以发电工程固定资产原值为基数，提取比例为10%。

10.2.2 间接代价

10.2.2.1 社会代价

核电厂外半径5km范围内为规划限制区，规划限制区内禁止建设可能威胁核设施安全的易燃、易爆、腐蚀性物品的生产、贮存设施以及人口密集场所。

浙江金七门核电厂一期工程运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输，生

产期间的换料、乏燃料、固体废物运输，以及正常的人员进出运输等，其运输量非常大，不可避免的增加当地的运输负担。

但是由于在核电厂的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定了满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取了相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是很有限的。

核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。

10.2.2.2 环境代价

核电厂施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。为了达到保护环境和保护公众的目的，浙江金七门核电厂一期工程设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保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浙江金七门核电厂一期工程的环境影响做出了详细的论证。

从以上分析可以得出结论：浙江金七门核电厂一期工程是经济的、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。浙江金七门核电厂一期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。

第十一章　结论与承诺

11.1　核电厂建设项目

11.2　环境保护设施

11.3　放射性排放

11.4　辐射环境影响评价结论

11.5　非放环境影响评价结论

11.5.1　施工期间的环境影响

11.5.2　运行期间的环境影响

11.6　公众意见采纳情况

11.7　承诺

11.1　核电厂建设项目

浙江金七门核电厂位于浙江省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。浙江金七门核电厂1、2号机组单台机组建设周期为60个月，两台机组间开工时间间隔10个月，其中1号机组预期于2028年底建成投产。

浙江金七门核电厂1、2号机组采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组“融合华龙一号”。核电建设满足安全性、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，能充分利用我国的已有基础和条件；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。

“融合华龙一号”满足“三代”核电技术的指标要求。“融合华龙一号”方案吸取了近些年来国内外已有核电厂在安全方面的一些成功经验和福岛核电站事故的经验反馈，采用了成熟、可靠的技术和设备，在技术和工程上均是可行的。设计方案满足国家核安全局发布的《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》以及《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及2025年远景目标》的要求。

11.2　环境保护设施

环境保护相关设施包括设置核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、常规岛含油污水处理、放射性机修及去污车间、厂区三废处理设施及环境保护工程、核岛辐射监测系统等，以及进行厂区绿化等。

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。在进行废气处理系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

浙江金七门核电厂一期工程拟建生活污水处理站对生活污水进行收集和处理，再生水回用满足回用水相关标准，回用剩余水量排放满足国标的相关要求；通过室外管网收集各子项的非放射性含油废水，汇集至非放射性含油废水处理站进行处理，排水水质满足国标和浙江省的相关要求。非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。

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放射性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。

11.3　放射性排放

厂址6台机组共同运行状态下，各类气载和液态放射性流出物年设计排放量均能满足GB6249-2011中排放量控制值要求，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳-14外其他放射性核素浓度低于1000Bq/L，满足GB6249-2011中对流出物排放浓度的控制要求。

11.4　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1.03E-06 Sv/a，占本工程拟定剂量约束值（0.08mSv/a）的1.29%。

本工程运行状态下分析可能的关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用现实排放源项。本工程运行状态下，可能的关键居民组为厂址NW方位3～5km处鹤浦镇牧童岙村的成人（渔民）组，受到的最大个人有效剂量为3.45E-07 Sv/a。气液态综合可能的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为2.71E-07 Sv/a，约占气液态总剂量的78.62%；其次为食入农牧产品造成的内照射途径，占气液态总剂量的9.64%。各核素中可能的关键核素为C-14，它所致的剂量为2.64E-07 Sv/a，约占气液态总剂量的76.70%；另外，Co-60和H-3的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的14.52%和2.48%。

（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，浙江金七门核电厂一期工程两台机组正常运行时，0～80km海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在10^{-3}数量级以下；从剂量率的估算来看，0～80km海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于10μGy/h。因此，浙江金七门核电厂一期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）陆生生物

从影响率的结果来看，浙江金七门核电厂一期工程两台机组正常运行时，厂址附近陆

域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在10^{-3}数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于10μGy/h。因此，浙江金七门核电厂一期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。

（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 6249-2011），在厂址审批阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017）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，厂址拟定非居住区边界处（500m）的任何个人，在选址假想事故后的任意2h内所接受的最大有效剂量为1.02E-02Sv，厂址拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内（30d）接受的有效剂量为1.97E-03Sv，分别为GB 6249-2011中剂量控制值的4.08%和0.79%。

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310人·Sv，为GB 6249-2011中的剂量控制值的1.55%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定以及选址假想事故条件下拟定非居住区和拟定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1、2号机组厂址是适宜的。

11.5 非放环境影响评价结论

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

（5）对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水。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生活污水处理站，经生化处理和深度处理后回用，回用剩余水量排入大海。生活污水处理站建成前在人员相对集中的地方设置旱厕，人员分散的地方如有需要设置移动式环保厕所，定期清掏处理。因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

（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。

11.5.2 运行期间的环境影响

（1）温排水的影响

厂址所处海域较为开敞，水深大流速较快，有利于温排水的扩散。夏季半月潮时，4℃

温升垂向投影最大包络面积的最大值为1.31km^2，1℃温升垂向投影最大包络面积的最大值为17.82km^2。冬季半月潮时，4℃温升垂向投影最大包络面积的最大值为2.45km^2，1℃温升垂向投影最大包络面积的最大值为21.01km^2。

（2）生产废水和生活污水的影响

本工程排放的生活污水中的COD、总氮、氨氮和总磷等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，排放的生产废水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级A标准及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018），二者均允许排入《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，生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

（3）化学污染物的环境影响

海水淡化系统产生的废水其主要化学物质是海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、海水淡化反渗透装置排出的浓盐水。由于海水预处理过程中所用的化学药品均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，含有悬浮物和氢氧化铁的沉淀泥浆水进行脱水，固体物质不排入水体，滤出液经循环冷却水稀释后Fe的浓度已是很低，滤出液排至滤池反洗水池，与滤池反洗水一起回收至混合反应沉淀池进水端，不排放，这些化学物质将不会影响排放海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。海水膜反渗透装置排出的浓盐水经循环水稀释后，含盐量已降得很低，至海水排放口进一步稀释，浓度更低，不会影响排放海域的海水质量。

除盐水生产系统树脂再生废水的NaCl排放浓度很低，不会影响附近海域的海水质量。

循环水处理系统对流经循环水系统的海水作连续加氯处理。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，并非累积所致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。

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，能满足一期工程建

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，建设浙江金七门核电厂1、2号机组是可行的。

11.6 公众意见采纳情况

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。

11.7 承诺

本报告书给出的对本工程建造和运营管理单位在环境保护方面的承诺如下：

—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。

—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。

—项目施工过程开展严格的环境监测，加强施工过程环境管理，尽量减小场地施工对周边环境和公众的影响。