

福建漳州核电厂 5、6 号机组
环境影响报告书
(选址阶段)

中核国电漳州能源有限公司

二〇二五年三月



福建漳州核电厂 5、6 号机组

工 程 号	2011
子项号或系统号	
子项或系统名称	
设 计 阶 段	可行性研究
工 种	综 合
图册(文件)名称	环境影响报告书
	(选址阶段)
图册(文件)序号	
批 准	

F	X	Z	0	0	5	1	0	0	0	1	B	2	0	0	0	0	M	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

中国核电工程有限公司
工程咨询单位甲级资信证书：甲 012024010521
二〇二五年三月



编制单位和编制人员情况表

项目编号	4k1w5j		
建设项目名称	福建漳州核电厂5、6号机组（选址阶段）		
建设项目类别	55--167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中核国电漳州能源有限公司		
统一社会信用代码	91350622585342048H		
法定代表人（签章）	吴元明		
主要负责人（签字）	吴升国		
直接负责的主管人员（签字）	尚自强		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国核电工程有限公司		
统一社会信用代码	911100001000027329		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
薛娜	2016035110350000003512110317	BH026661	薛娜
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
魏刚	第九章	BH026932	魏刚
薛娜	第六章、第七章	BH026661	薛娜
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣
高桂玲	第一章、第十章	BH026937	高桂玲

李京	第二章	BH026930	李京
张敬辉	第四章	BH026938	张敬辉
韩蕊	第五章	BH026658	韩蕊

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
薛娜	000084（核安全资格证编号） ZNPPE43-2309(登记编号)	BH026661	薛娜

总 目 录

第一章 概述

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

第二章 厂址与环境

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

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

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

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其他环境影响

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 场内运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其他监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 电厂建设和运行的效益分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众意见采纳情况总结

10.7 承诺

第一章 概 述

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

1.1.2 建设性质

1.2 建设规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.9.1 放射性废物处理系统

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 非放射性环境影响评价范围

图：

图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

项目名称：福建漳州核电厂 5、6 号机组。

项目建设和营运单位：中核国电漳州能源有限公司。

1.1.2 建设性质

福建漳州核电厂 5、6 号机组为扩建项目，由中国核能电力股份有限公司和国家能源投资集团有限责任公司按照 51:49 的股比共同出资组建，由中国核能电力股份有限公司控股。

1.2 建设规模和厂址总体规划

福建漳州核电厂厂址规划建设六台百万千瓦级机组，统一规划、分期建设。目前 1 号机组已投入商业运行，2-4 号机组正在建设。本期工程建设 5、6 号机组堆型为“华龙一号”。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

福建漳州核电厂 5、6 号机组堆型采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组（华龙一号）。本工程的环保设施及经费概算占项目计划总资金的比例与参考电站接近。乏燃料后处理费从投产后第六年开始提取。退役基金提取总额为固定资产原值的 10%，从发电的第一年起至项目计算期末的时间内按年平均提取，作为本工程项目退役时的处理费用。

1.4 建设目的

（1）安全高效发展核电是我国的能源战略

核电是一种安全、可靠、清洁、经济的能源，具备资源消耗少、环境影响小和供应能力强等优点。核电厂的建设可以有效减少由于燃煤发电带来的环境污染和碳排放。2020 年，中国政府在第七十五届联合国大会上提出，中国将努力争取 2060 年前实现“碳中和”。2021 年 3 月 5 日，时任国务院总理李克强在 2021 年国务院政府工作报告中指出，要扎实做好“碳达峰”和“碳中和”的各项工作，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，优化产业结构和能源结构。核电作为一种清洁能源，是中国实现“碳达峰”和“碳中和”的必要选择，发展核电符合国家的能源发展战略。

随着国家“双碳”目标的持续推进、能源安全战略的深化落实，核能将持续保持积极安全有序发展的态势。2035 年预计核能发电量在我国电力结构中的占比需要达到 10%左右，2060 年预计占比需要达到 20%左右，与当前 OECD（经济合作与发展组织）国家的平均水平相当。

目前我国核电发展的环境较好、前景广阔。福建省具有良好的核电厂址资源，具备发展核电的良好条件。

（2）减轻环境压力、推进节能减排

目前福建省的能源结构以燃煤为主，由燃煤发电排放的二氧化硫和氮氧化物等污染气体导致的酸雨不容乐观。根据《2023 年福建省生态环境状况公报》，酸雨频率为 30.6%，与 2022 年相比上升了 2.6 个百分点，在大气污染物排放的治理方面仍存在较大改进空间。

目前福建省以煤炭为主的能源结构已对环境保护造成很大的压力，未来随着福建省的电力需求不断增加，如果不改变以煤炭为主的能源结构，必将进一步加重省内地区的环保压力。

核电作为一种技术成熟的绿色清洁能源，在运行过程中不排放二氧化硫、烟尘和氮氧化物等污染气体。以核电替代部分煤电，可以有效减少污染气体和二氧化碳的排放，是治理大气污染的重要选择，也是优化能源结构、推动能源低碳转型的优先选择，对于改善福建省的生态环境可以起到巨大作用。

（3）满足电力需求，改善电源结构，提高供电可靠性

福建省作为全国经济最发达的地区之一，随着福建省经济的不断发展，电力需求将长期保持稳定增长。福建南部（含泉州、厦门、漳州、龙岩）预计新增 105 项大用户项目，主要集中在化工、电子、黑色金属、非金属等行业，预计“十四五”南部地区可新增用电负荷 5260MW、用电量 328 亿 kWh。从投产时间看，规划新增项目较多集中于“十四五”初期投产并逐步达产，预计新增用电需求将于“十四五”集中释放；从行业分布看，钢铁、石化化工、电子等行业新增项目较多、体量较大。

2017~2023 年期间，福建省用电量由 2017 年的 2112.7 亿 kWh 提高到 2023 年的 3090 亿 kWh，年均用电增速 6.7%。年最高用电负荷由 2017 年的 35125MW 提高到 2023 年的 51238MW，年均负荷增速 6.5%。对于负荷预测推荐方案，仅考虑现有、已核准的电源，2030~2035 年福建省电力系统均存在较大的电力缺额。为了满足福建省长期增长的电力需求，漳州核电厂 5、6 号机组的建设是必要、合适的。

从能源结构来看，2022 年福建省水力发电占福建省总装机量的比重达到 20%，由于水力发电容易受到季节和天气的影响，过多依赖水力发电将不利于电网供电的可靠性和稳定性。核电作为基荷能源，不受季节和天气的影响，具有更强的稳定性和可靠性。本项目的建设在满足福建省稳定增长的电力需求的同时，可以进一步改善福建省的电源结构，优化省内电源布局，保障福建电网的安全、稳定运行。

（4）发展核电是保障地区电力供应和拉动地方经济发展的重要举措

发展核电有利于扩大内需，促进产业结构升级。核电涉及工业行业几十个，结合和依托核电项目的建设，不仅可以拉动经济增长，而且，有利于利用高新技术，改造传统产业，推动制造业技术创新和高科技产业进程。同时，核工业作为高科技的重要组成部分，是综合国力的重要体现。目前，福建省地区经济发展速度明显加快，福建省经济发展速度显著提升，负荷增长状况良好。全省经济的持续快速发展，需要电力工业的稳步发展，也需要能源的稳定供应保障。

因此，为保证能源电力的长期稳定供应，实现经济的可持续发展，核能将成为必不可少的替代能源。发展核电可改善福建省的能源供应结构，保障能源安全 and 经济安全，是福建省经济可持续发展的需要。

本工程采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组（华龙一号）满足国家核安全局已颁发的现行有效的核安全法规和核安全导则的要求，同时参照国际原子能机构所颁布的最新安全标准的要求，满足三代核电技术的指标要求，具备完善的严重事故预防与缓解措施，并考虑了应对福岛核电站事故的相关改进和措施，满足全面参与国内和国际核电市场的竞争要求。

1.5 建设项目的进度

福建漳州核电厂规划建设6台百万千瓦级压水堆核电机组，本期工程建设5、6号机组堆型为“华龙一号”。

本期工程5号机组预计2026年12月31日FCD，2031年10月31日投入商业运行；6号机组预计2027年10月31日FCD，2032年8月31日投入商业运行。

1.6 环境影响报告书编制依据

本工程为满足编制报告书的要求开展了相关专题的研究工作。

本报告遵循的主要法规、标准和导则如下：

1) 主要法规

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

- (7) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (8) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日）；
- (9) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）；
- (10) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日）；
- (11) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- (12) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）中华人民共和国国务院令 682 号；
- (13) 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）中华人民共和国国务院令 562 号；
- (14) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年）中华人民共和国国务院令 698 号；
- (15) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）中华人民共和国国务院令 612 号；
- (16) 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010 年 12 月 22 日）；
- (17) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011）；
- (18) 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）；
- (19) 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997）。

2) 技术导则、标准

- (1) 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）；
- (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；
- (8) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）；
- (9) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03，1987）；
- (10) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04，1989）；
- (11) 《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05，1991）；

- (12) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》(HAD101/06, 1991);
- (13) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》(HAD101/09, 1990);
- (14) 《核电厂厂址选择的极端气象事件》(HAD101/10, 1991);
- (15) 《核电厂设计基准热带气旋》(HAD101/11, 1991);
- (16) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01, 2019);
- (17) 《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025);
- (18) 《海洋监测规范》(GB17378.1~7-2007);
- (19) 《海洋调查规范》(GB/T 12763.1~2, 4~11-2007);
- (20) 《海洋调查规范》(GB/T 12763.3-2020);
- (21) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025);
- (22) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- (23) 《核设施流出物监测的一般规定》(GB11217-89);
- (24) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);
- (25) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);
- (26) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019);
- (27) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》(GB/T 17230-1998);
- (28) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021);
- (29) 《海水水质标准》(GB3097-1997);
- (30) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- (31) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002);
- (32) 《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020);
- (33) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (34) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- (35) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (36) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- (37) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- (38) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);
- (39) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)
- (40) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ1186-2005);
- (41) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》(HJ681-2013);

(42) 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014);

(43) 《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/T10.3-1996);

(44) 《核动力厂取排水环境影响评价指南(试行)》(HJ1037-2019)等。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

福建漳州核电厂 1、2 号机组的选址阶段、建造阶段及运行阶段环境影响报告书和福建漳州核电厂 3、4 号机组的选址阶段、建造阶段环境影响报告书遵循《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011)开展相关内容评价分析工作。鉴于《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)于 2025 年 1 月发布,2025 年 5 月 1 日执行,因此,本报告运行状态和事故工况下的剂量评价标准,遵循《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)中的有关规定。

(1) 运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

本报告运行状态和事故工况下的剂量评价标准,遵循《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)中的有关规定。

(2) 运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)中 6.1 条款的规定:任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量,每年不得超过 0.25mSv。本工程的剂量约束值拟定为 0.08mSv/a。

GB6249-2025 中 6.2 条规定:核动力厂必须按每堆实施流出物年排控制,对于 3000MW 热功率的反应堆,其控制值如下:

气态放射性流出物:

- 惰性气体: $1.0 \times 10^{14} \text{Bq/a}$;
- 碘: $3.0 \times 10^9 \text{Bq/a}$;
- 粒子 ($T_{1/2} \geq 8\text{d}$): $9.0 \times 10^9 \text{Bq/a}$;
- 碳-14: $7 \times 10^{11} \text{Bq/a}$;
- 氚: $1.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态放射性流出物:

- 氚: $7.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$;
- 碳-14: $1.5 \times 10^{11} \text{Bq/a}$;

— 其余核素： $9.0 \times 10^9 \text{Bq/a}$ 。

根据 GB6249-2025 中 6.3 条规定：福建漳州核电厂厂址 6 台机组运行状态下的流出物年排放量控制值如下：

气态放射性流出物：

— 惰性气体： $6.0 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；

— 碘： $2.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ；

— 粒子 ($T_{1/2} \geq 8\text{d}$)： $5.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ；

— 碳-14： $2.8 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ；

— 氚： $6 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态放射性流出物：

— 氚： $3 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；

— 碳-14： $6 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；

— 其余核素： $5.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

GB6249-2025 中 6.5 条规定：对于接纳水体为海洋的核动力场址，其槽式排放出口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的活度浓度不应超过 $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L 。

（3）事故工况下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025），在评价选址假想事故后果时，应考虑保守大气弥散条件和烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射途径。非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过上述途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv ；规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述照射途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv 。在事故的整个持续期间内，环境影响评价范围内公众群体集体有效剂量应小于 $2 \times 10^4 \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。

（4）海水中的放射性核素浓度标准

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

— Co-60： 0.03Bq/L ；

— Sr-90： 4.0Bq/L ；

— Ru-106： 0.2Bq/L ；

— Cs-134： 0.6Bq/L ；

—Cs-137: 0.7Bq/L。

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

本工程非放射性评价标准如下：

（1）大气

大气环境质量：厂址周边地区环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准。

大气污染物排放：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表 2 中无组织排放监控浓度限值标准。

（2）近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

除环评报告中确定的 4℃ 以上温排水影响范围水温指标外，其余指标按照厂址附近近岸海域环境功能区划的要求执行《海水水质标准》(GB3097-1997)。根据《福建省人民政府关于调整福建省近岸海域环境功能区划（漳州核电项目近岸海域）的批复》（闽政文〔2018〕205 号），厂址附近海域为“东山湾列屿四类区”（FJ135-D-III）和“东山湾漳州核电三类区（FJ152-C-II）”。“东山湾列屿四类区”的主导功能为“一般工业用水、港口”，辅助功能为“纳污”，水质保护目标为三类海水水质标准。“东山湾漳州核电三类区”的主导功能为“一般工业用水”，辅助功能为“纳污”，水质保护目标为规划期内除水温执行三类海水水质标准外，其余水质指标执行二类海水水质标准。

（3）污水排放标准

生活污水回用执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中城市绿化标准，排放水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中一级 A 标准；其他非放射性生产废水排放执行《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的一级标准。

（4）噪声

声环境质量标准：厂界环境噪声执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中 3 类标准；居民区环境噪声执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中 2 类标准；交通噪声执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中 4a 类标准。

排放标准：施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，即昼间 70dB (A)，夜间 55dB (A)；运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)中 3 类标准。

（5）电磁辐射

a) 工频电场、工频磁场强度

开关站及高压架空送电线路走廊的工频电磁场强度按照GB 8702-2014标准规定，以4kV/m作为居民区工频电场评价标准，以0.1mT（100μT）作为磁感应强度的评价标准。

b) 射频综合场强

厂址区域电磁辐射采用GB 8702-2014标准，对于30MHz~3000MHz的频率范围，该标准的公众照射限值为等效平面波功率密度0.4W/m²（电场强度12V/m）；对于3000MHz~15000MHz的频率范围，该标准的公众照射限值为等效平面波功率密度 $f/7500$ W/m²（电场强度0.22f^{1/2}V/m），频率f的单位为对应频率范围的单位。以上限值包括30MHz~3000MHz和3000MHz~15000MHz 的频率范围所有电磁辐射源的作用。

1.8 工程组成

本项目主体工程为核岛、常规岛和 BOP 工程，具体工程组成详见第四章。

1.9 环境保护措施

本工程拟采取的环境保护措施包括设置核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、常规岛含油污水处理系统、厂区三废处理设施等。

1.9.1 放射性废物处理系统

（1）放射性废液处理系统

本工程放射性废液处理系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核电厂正常运行期间（包括发生预期运行事件时）产生的放射性废液，主要包括核岛疏水排气系统（RVD）、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）、常规岛液态流出物排放系统（WQB）以及常规岛废水处理系统（WQE）等。

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。

硼回收系统（ZBR）用于核电厂正常运行期间收集和处理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，通过过滤、除盐、除气、蒸发处理后得到补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液，复用于反应堆冷却剂系统。同时在燃耗末期，利用硼回收系统（ZBR）除盐器对来自化学和容积控制系统（RCV）的含硼浓度较低的反应堆冷却剂进行除硼处理。

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。根据每类废液的放射性水平，废液可经过滤、蒸发和离子交换处理。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。

核岛液态流出物排放系统（ZLD）功能为对核岛液态流出物进行槽式排放，逐槽收集来自核岛液态流出物，经混匀、取样分析后，将低于排放控制值的液态流出物有控制地向环境排放，如超过排放控制值则返回废液处理系统（ZLT）处理。

常规岛液态流出物排放系统（WQB）功能为对常规岛液态流出物进行槽式排放，逐槽收集来自常规岛液态流出物，经混匀、取样分析后，将低于排放控制值的液态流出物有控制地向环境排放，如超过排放控制值则返回废液处理系统（ZLT）处理。

常规岛废水处理系统（WQE）用于接收、贮存、处理、监测核电厂常规岛产生的常规污染物超标的废液。常规岛凝结水精处理系统再生水和二回路检修排水等排水在氨氮超标时首先送往常规岛废水处理系统进行处理，处理至氨氮、总氮和 COD 等污染物指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的标准后送往常规岛液态流出物排放系统（WQB）进行槽式排放。本工程常规岛废水处理系统为六台机组共用，随福建漳州核电厂 3、4 号机组工程建设。

（2）放射性废气管理系统

本工程放射性废气分别在各自的厂房内收集、分类、处理，处理净化达标后，经通风系统管道排放到环境中，主要包括废气处理系统（ZGT）和核岛厂房通风系统（HVAC）。

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），经碘过滤器和高效过滤器处理后排向烟囱。含氧废气经过碘过滤器除碘后由排气风机排至通风系统后排向烟囱。

核岛厂房通风系统（HVAC）的功能为每个厂房进行采暖、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，主要包括反应堆厂房 HVAC 系统、核燃料厂房 HVAC 系统、核辅助厂房 HVAC 系统等。

（3）放射性固体废物处理系统

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。ZST 系统由核辅

助厂房（NH）内部分、核废物厂房（QF）内部分、废物处理中心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。福建漳州核电厂 5、6 号机组中，核辅助厂房（NH）内部分以及核废物厂房（QF）内部分为福建漳州核电厂 5、6 号机组新建工程，废物处理中心（QS）及放射性固体废物暂存库（QT）为已建厂址机组的共用设施。

1.9.2 非放射性影响防治措施

（1）污水处理措施

本工程拟建设旱厕或移动式环保厕所、污水系统油水分离器等污水处理设施。

本工程与福建漳州核电厂 3、4 号机组共用污水处理构筑物 2，污水处理构筑物 2 处理能力为 450m³/d。本工程的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后，回用于绿化及道路浇洒等。回用剩余水回用于循环水系统补水，特殊工况下无法回用部分排入大海。处理过程中产生的污泥定期外运处理。

施工期临建区的生活污水由施工单位设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。施工期的生产废水部分经澄清后回用于混凝土养护等，部分无法回用的生产废水委托第三方外运处理。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至污水系统油水分离器。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准（石油类<5mg/L）后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海；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，由有资质的厂家处置。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m³/h，每套设备设计处理能力为 5m³/h。

无需处理可直接排放的部分非放生产废水，其主要包括某些设备（如辅助给水箱、除盐水贮存箱）的排空水和泄漏水，工艺管廊集水坑、空调设备冷却水以及运行期部分非放射性生产废水经酸碱中和处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准后，经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房。部分无法回用的非放生产废水经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入东山湾海域。

（2）噪声污染防治措施

本工程通过合理布置总平面，使重点噪声源尽量布置在厂区中部，并充分利用其他辅助建筑物进行屏蔽。发电机、汽轮机、水泵、空压机等设备在招标过程中提出设备噪声水

平要求，并布置在室内、对设备基础采取减震处理、必要时加装消声器。厂房四周墙体选用隔声较好的结构，必要时采用吸声材料，使厂房的建筑物结构将起到一定的隔声效果。从而使厂区边界处噪声满足国家标准要求。

（3）固体废物污染防治措施

a. 一般工业固体废物

一般工业废物主要为循环水补水预处理过程中产生的污泥、污水系统油水分离器调节池前格栅拦截的污物、膜组件及废弃的离子交换树脂等。循环水补水预处理设置污泥池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。污水系统油水分离器格栅拦截的污物定期外运处理。

b. 危险固体废物

运行期间可能产生的危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，核应急准备过期失效药品，废弃铅蓄电池，废油漆，废润滑油，废日光灯管和废油布等，将其归类后，暂存在危险废物暂存库中，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

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。

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

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），本次评价范围是以福建漳州核电厂 6 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 非放射性环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）以及《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），本项目大气环境评价范围为厂址半径 5km。

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，本次声环境影响评价的范围为厂界外 1m 及厂外 5km 范围内主要敏感点。

温排水评价范围参照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

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

射频综合场强的评价范围为：厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。



图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.6 地形地貌

表：

表 2.4-1 核电厂址周边气象站的基本信息

表 2.4-2 大气扩散参数公式系数 $\sigma_y = ax^b$, $\sigma_z = cx^d$

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

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 东山站四季与全年风玫瑰图

图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰（2020.5~2024.4）

图 2.4-3 地面气象站各季及年风玫瑰图（2020.5~2024.4）

图 2.4-4 地面气象站降水量玫瑰图（2020.5~2024.4）

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

厂址位于福建省漳州市云霄县列屿镇东北侧的刺仔尾，地处东山湾西岸。

厂址北距漳州市中心约 82km（直线距离，下同），东北距厦门市中心约 100km，西北距云霄县城中心约 21km，西南距东山县中心城约 15km、距列屿镇中心约 2km。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.1.2.1 厂址边界

本工程用地面积为 63.17hm²，其中厂区用地面积为 42.29hm²，施工用地面积为 19.15hm²。本工程陆域拟征地 21.69hm²，均为建设用地。

2.1.2.2 非居住区及规划限制区

根据本工程选址假想事故源项计算其非居住区边界及规划限制区边界处公众所受的剂量，推荐本工程非居住区半径为 600m，规划限制区半径为 5km。

本工程不存在移民搬迁。

2.2 人口分布与饮食习惯

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2025 年 2 月完成的《福建漳州核电项目（5/6 号机组）人口、食谱、环境及其外部人为事件专题调查报告 B 版》进行编制。

厂址半径 80km 范围内涉及福建省漳州市的云霄县、东山县、诏安县、南靖县、漳浦县、芗城区、龙海区、龙文区、平和县，广东省汕头市的澄海区、南澳区，潮州市的湘桥区、饶平县及梅州市的大埔县，共计 4 个市、14 个区（县）。

资料来源为：厂址半径 80km 范围内各市、县（市、区）提供的统计年鉴、统计公报等；厂址半径 15km 范围内漳州市相关统计部门提供的有关统计数据、相关单位正式出版的书刊、图件等；核电厂址周围实地调查、定位数据，发放调查表，入户实际调查。

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 2 个镇的 14 个行政村的 18 个自然村，共有常住人口两万余人，距离厂址最近的自然村为列屿镇的南山村，位于厂址 NNW~NW 方位 0.61km，常住人口一千余人；常住人口最多的自然村为列屿镇的山前村，位于厂址 SW 方位 3.14km，常住人口三千余人。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围全部位于漳州市境内，共涉及 4 个区县的 12 个乡镇/经济开发区

下辖的 114 个行政村/社区，共有常住人口总数为二十五万余人，其中，距离厂址最近的行政村是南山村，位于厂址 WNW~NW 方位 0.61km 处，常住人口总数为一千余人；常住人口最多的是东山县康美镇的龙潭社区，位于厂址 SSE 方位 11.47km 处，有常住人口九千余人。厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的人口中心。

厂址半径 10km 范围内共有学校 27 所、2 家医院、敬老院 2 家、规模以上（产值 2000 万）企业有 22 家，厂址半径 10km 内没有监狱。厂址半径 10km 陆域范围有 1 处风景区（云霄县金汤湾旅游区），距离厂址 9.81km。

根据《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，云霄县规划构建“中心城区、重点镇、一般镇”的三级城镇等级结构，形成 1 个中心城区、2 个重点镇和 5 个一般镇，其中厂址半径 10km 涉及陈岱镇和列屿镇相关规划，人口规模分别为 3~5 万人和 1 万人以下，分别距离厂址 8.7km 和 3.1km。

2.2.1.3 流动人口

漳州市公安局仅登记流入人口，未统计流出人口情况。厂址半径 15km 范围内流动人口主要以海水养殖业、农业和工业为主，没有大中专院校，大部分乡镇人口的流动方式主要是务工、经商、随迁。厂址半径 15km 范围内流动人口（流入）总数为 79785 人，其中半年以下 39690 人，半年以上 40095 人。

厂址半径 5km 范围内主要以海水养殖业、农业和工业为主，各行政村流动人口的主要流入目的是务工、经商、随迁等，且多以省外流入为主，厂址半径 5km 范围内流动（仅流入）人口总数为 13610 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 2023 年底常住总人数为 541 万余人，厂址半径 80km 范围内的平均人口密度低于福建省同期人口密度。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围内包括福建省漳州市、广东省汕头市、潮州市、梅州市共计 2 个省份的 4 个地级市。厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市，有 8 个十万人以上的城镇，其中距离最近的是云霄县县城，位于厂址 NW 方位，人口中心边界距厂址 19.0km，常住人口为 16.6 万人。常住人口最多的人口中心为漳州市市区，由芗城区、龙文区的所有街道组成，共有常住人口 75.2 万人。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2025 年 2 月完成的《福建漳州核电项目（5/6 号机组）人口、食谱、环境及其外部人为事件专题调查报告 B 版》进行编制。

厂址半径 10km 范围共有土地 19641.65hm²。土地利用类型以林地（33.62%）占比最高，其次是湿地（22.55%）和园地（14.27%）。厂址所在区域的土地利用类型为工业用地。根据《漳州市市国土空间规划（2021-2035）》中的市域国土空间规划，厂区范围规划为城镇发展区。

根据《漳州市国土空间规划（2021-2035）》，厂址半径 5km 范围内不涉及已探明的矿产资源，也无正在开采的矿产企业及开采规划。

厂址半径 15km 范围内 3A 级以上的风景游览区有 4 个，其中距离最近的是云霄县金汤湾旅游区，距离厂址 9.81km。

厂址半径 15km 范围内省级以上自然保护区有 2 个，为福建漳江口红树林国家级自然保护区和福建漳州东山珊瑚省级自然保护区，分别位于厂址 N 方位 6.5km 和 SSE 方位 12.6km。

厂址半径 10km 范围内仅涉及 1 处省级以上文物保护单位，为“石矾塔”，位于厂址 N 方位距离为 7.1km。

厂址半径 50km 范围内有中型以上水库 10 座，7 座饮用水水源的小型水库。其中大型水库 1 座，为眉力水库，距离最近的是五谷王水库，位于厂址 NW 方位，距离 2.2km。厂址半径 15km 范围涉及主要河溪 4 条，分别为漳江、山美溪、梅州溪和杜浔溪。厂址半径 15km 范围涉及 56 座小型水库，主要功能为防洪、灌溉和供水，最近的位于厂址 NW 方位距离 2.2km。

厂址半径 15km 范围内不涉及地下水资源。厂址半径 15km 范围内主要涉及云霄县、东山县、诏安县，范围内以集中供水为主，自来水普及率接近 100%。

厂址半径 15km 范围涉及 5 处水源地保护区，距离厂址最近的是列屿镇五谷王水库水源保护区，位于厂址 NW 方位，距离 2.2km。

2.3.2 陆生资源及生态概况

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2025 年 2 月完成的《福建漳州核电项目（5/6 号机组）人口、食谱、环境及其外部人为事件专题调查报告 B 版》和 2022 年 7 月完成的《福建漳州核电厂 1、2 号机组厂址附近陆域生态环境现状调查及分析评价专题成

果报告》编制。

2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围涉及的区县种植的粮食作物主要是水稻、薯类和玉米，粮食作物一年三季；经济作物有油菜籽、花生、芝麻、药材、茶叶和烟叶等；水果种类包括柑橘类、柚、香蕉、龙眼、荔枝等。蔬菜种类包括叶菜类（菠菜、芹菜、油菜、空心菜）、白菜类（大白菜）、瓜菜类（黄瓜、冬瓜、丝瓜、南瓜）、根类（白萝卜、胡萝卜、芋头、生姜、马铃薯、榨菜头）、茄果类（茄子、西红柿、辣椒）、葱蒜类（蒜头、大葱）、菜用豆类（四季豆、豇豆）、水生菜类（莲藕）。

2.3.2.2 畜牧业情况

厂址半径 80km 范围内饲养的家畜和家禽的养殖方式一般为圈养，饮用水一般为自来水；饲料主要为袋装饲料，猪的日均饲料消耗量为 5-6kg，家禽的日均饲料消耗量为 0.25kg；屠宰后的肉的贮存期较短，通过活体运输到目的地进行销售，肉的贮存期最短为 1 天，最长 30 天。生产的肉一般为本地销售，少量的运往省外。

牛、羊的养殖方式主要为圈养，饮用水主要为自来水；饲料品种有草和袋装饲料，牛的饲料日均消耗量为 10-20kg，羊的消耗量为 2kg；屠宰后的肉的贮存期最短为 3 天，最长为 7 天，肉主要为本地销售，其余的在邻县流动，一般本地消费量占总量的 85%-90%。

2.3.2.3 距厂址最近的种植区、养殖场

漳州厂址半径 10km 范围内，各个方向最近的种植区位于 6 号机组 NW 方位，各个方向最近的养殖场位于 6 号机组 WNW 方位。

2.3.2.4 林业资源与自然资源情况

2.3.2.4.1 林业资源

厂址半径 10km 范围主要涉及云霄县、诏安县以及东山县的小部分区域。云霄县全境林地面积 114.6 万亩，按地类分，乔木林地 104.4 万亩，竹林地 0.8 万亩，灌木林地 4.7 万亩，其他林地 4.7 万亩。诏安县全境林地面积 128.1 万亩，按地类分，乔木林地 120.6 万亩，竹林地 2.5 万亩，灌木林地 1.4 万亩，其他林地 3.6 万亩。东山县全境林地面积 10.4 万亩，按地类分，乔木林地 9.2 万亩，其他林地 1.2 万亩。

2.3.2.4.2 矿产资源

根据《漳州市国土空间规划（2021-2035）》，厂址半径 5km 范围内不涉及已探明的矿产资源，也无正在开采的矿产企业及开采规划。

2.3.2.5 陆生生态系统状况

本节依据中核第四研究设计工程有限公司于 2022 年 7 月完成的《福建漳州核电厂 1、2 号机组厂址附近陆域生态环境现状调查及分析评价专题成果报告》编制。

2.3.2.5.1 植物

（1）苔藓植物

通过资料查阅得到本项目调查区苔藓植物物种组成，统计科属种数目。本项目调查区共有 26 科 36 属 44 种。

调查区苔藓植物数量较多的是曲尾藓科和羽藓科，其种曲尾藓科有 4 属 5 种，羽藓科 3 属 3 种，另外木灵藓科有 2 属 3 种、金发藓科有 2 属 3 种、真藓科有 2 属 3 种、地钱科有 2 属 2 种、牛毛藓有 2 属 2 种，其余的各科均为 1 属 1 种。

（2）维管植物

据实地调查、调查及参考有关文献资料，经过整理统计，调查区内分布有维管束植物 140 科 384 属 624 种，其中蕨类植物 25 科 36 属 56 种，裸子植物 3 科 5 属 7 种，被子植物 112 科 343 属 561 种。

调查区的植被主要包括暖性针叶林、常绿阔叶林、竹林、常绿阔叶灌丛、灌草丛等 5 个植被型以及人工种植的常绿果林植被、落叶果林植被、防护林、水田植被、旱地植被等。

本次现场调查和资料收集未发现国家重点保护野生植物。

2.3.2.5.3 动物

（1）鸟类

结合调查区域 2017 年调查的种类和本次调查的结果，统计获得调查样线区域的鸟类有 13 目 32 科 82 种，其中现场观察到的鸟类有 64 种。

根据本调查区域的自然环境，分布于此的鸟类类群主要有浅海带鸟类群、灌木混交林鸟类群、内陆湿地水域鸟类群、农田草丛鸟类群、居民点鸟类群等。

本项目调查区内分布有国家一级重点保护鸟类 2 种，分别为黄嘴白鹭和黑嘴鸥，其中黄嘴白鹭是现场调查到的种类，黑嘴鸥是文献报道记载的种类；国家二级保护鸟类 10 种，分别为黑鸢、黑翅鸢、普通鵟、红隼、游隼、大杓鹑、白腰杓鹑、褐翅鸦鹃、白胸翡翠和画眉，其中普通鵟、红隼和褐翅鸦鹃是现场调查到的种类，其它是文献报道记载的种类。福建省重点保护鸟类 13 种，分别为小鸕鶿、普通鸕鶿、白鹭、大白鹭、苍鹭、黄斑苇鳉、大杓鹑、白腰杓鹑、黑嘴鸥、家燕、金腰燕、喜鹊和画眉，其中白鹭、家燕、苍鹭、喜鹊、画眉是现场调查到的种类，其它为文献报道记载的种类。

（2）哺乳动物

本项目哺乳动物的调查主要参照调查样带区域现场调查和参考资料相关记录。共记录有调查区域的哺乳动物种类 4 目 5 科 8 种。调查样线区域未记录到大型的兽类。

调查样带区域的兽类中栖息于村庄附近的有臭鼬、东亚伏翼、黄鼬、褐家鼠、屋顶鼠；栖息于树林的有赤腹松鼠，主要栖息于农田的黄毛鼠、黄胸鼠等。本调查区域未见本地特有种和中国特有种的分布。

调查样线区域内未发现国家重点保护哺乳动物，资料记录有福建省重点保护哺乳动物黄鼬 1 种。

（3）两栖动物

调查区域的生境主要为海滨、山林、海岛等，淡水水域面积较小，适宜两栖动物生存的生境较少。因此本次现场调查未发现两栖动物分布。本项目两栖动物的调查主要参照调查样带区域现场调查和资料相关记录。调查区域共记录有两栖动物种类 1 目 7 科 8 种。项目调查区分布有国家二级重点保护虎纹蛙 1 种。

（4）爬行动物

调查区域共记录爬行动物种类 1 目 7 科 14 种。爬行动物隐蔽性较高，本次调查未发现爬行动物。本调查区域的爬行动物类群主要有水生或近水爬行动物类群、针阔叶林爬行动物类群和林缘山地爬行动物类群。调查区域未发现国家重点保护爬行动物和福建省重点保护爬行动物。

（5）腹足纲软体动物

本次调查在整体调查区共记录有腹足纲软体动物 1 个纲 2 个目 6 个科 8 种。调查区域内软体动物主要分布在城镇和农田等生境。

（6）环节动物

本次在调查区共记录有 2 个目 3 个科 6 种。调查区域内环节动物主要分布在城镇和农田等生境。

（7）食腐类节肢动物

在调查区共记录食腐类动物 5 纲 7 目 8 科 10 种，分别为唇足纲、甲壳纲、倍足纲、软甲纲和昆虫纲，其中唇足纲 3 种，倍足纲 2 种，甲壳纲和软甲纲均为 1 种，昆虫纲为 3 种。

（8）飞行类昆虫

调查区域的昆虫资料，共有 12 目 69 科 187 种。未发现国家和省级重点保护的昆虫种

类。

2.3.2.6 陆域生态保护红线

根据《漳州市国土空间总体规划（2021~2035）》，厂址区域不涉及生态保护红线，厂址半径 10km 范围涉及 3 处陆域生态保护红线，为滨海防风固沙生态保护红线、闽东南沿海水土保持与防风固沙生态保护红线和福建漳江口红树林国家级自然保护区，其中最近的为滨海防风固沙生态保护红线。

2.3.2.7 陆域生态环境分区管控单元

根据漳州市生态环境局提供的福建省“三线一单”数据应用系统最新矢量文件（2024 年 12 月），厂址半径 10km 陆域范围内涉及优先保护单元 10 处，重点管控单元 6 处，一般管控单元 1 处。厂区范围处于“云霄县重点管控单元 1”内，编号为 ZH35062220003。本项目为核电建设项目，没有禁止类行为，符合该管控单元准入条件要求。

2.3.3 水产资源及水生态概况

本节编制依据自然资源部第一海洋研究所 2023 年 6 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组厂址附近海洋生态环境现状调查及评价（含渔业调查）项目最终成果报告》。

2.3.3.1 厂址附近海洋环境条件概况

对沉积物中有机碳、硫化物、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As、六六六、滴滴涕按照《海洋沉积物质量》进行评价，评价结果表明所有指标均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类，表明监测期间调查海域沉积物环境总体质量较好。

2.3.3.2 厂址邻近海域中的海洋生物

（1）微生物

春季航次调查海区粪大肠菌均不超过 2000 个/升，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

夏季大潮航次调查海区粪大肠菌表层海水样品中粪大肠菌群数量除一个站位超过 2000 个/L，其余均不超过 2000 个/升，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

夏季小潮航次调查海区微生物均不超过 2000 个/升，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

秋季航次调查海区粪大肠菌均不超过 2000 个/升，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

冬季航次调查海区粪大肠菌均不超过 2000 个/升，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

（2）叶绿素 a 和初级生产力

春季叶绿素 a 平均值为 4.39 mg/m³，范围为 1.45-12.84 mg/m³；初级生产力平均值为 232.09 mg C/(m²•d)，范围为 85.51-570.63 mg C/(m²•d)。

夏季大潮期叶绿素 a 平均值为 8.62 mg/m³，范围为 4.84-14.35 mg/m³；初级生产力平均值为 484.01mg C/(m²•d)，范围为 75.66-742.19mgC/(m²•d)。

夏季小潮期范围内叶绿素 a 平均值为 7.95mg/m³，范围为 1.95-19.67mg/m³；初级生产力平均值为 407.80mgC/(m²•d)，范围为 81.25-920.10mgC/(m²•d)。

秋季表层叶绿素 a 平均值为 3.29mg/m³，范围为 1.06-7.23mg/m³；秋季初级生产力平均值为 407.80mgC/(m²•d)，范围为 81.25-920.10mgC/(m²•d)。

冬季表层叶绿素 a 平均值为 1.84 mg/m³，范围为 1.12- 3.71 mg/m³；冬季初级生产力平均值为 114.02 mg C/(m²•d)，范围为 37.56- 304.94 mg C/(m²•d)。

（3）浮游植物和赤潮生物

1) 浮游植物

春季共鉴定出浮游植物 3 门 44 属 93 种。其中，硅藻 39 属 82 种，甲藻 4 属 10 种，裸藻门 1 属 1 种。

夏季大潮共鉴定出浮游植物 4 门 55 属 130 种。其中，硅藻 47 属 113 种，甲藻 6 属 15 种，金藻门 1 属 1 种，蓝藻门 1 属 1 种。

夏季小潮共鉴定出浮游植物 6 门 53 属 124 种。其中，硅藻 39 属 90 种，甲藻 10 属 30 种，金藻门 1 属 1 种，蓝藻门 1 属 1 种，裸藻门 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种。

秋季共鉴定出浮游植物 3 门 34 属 63 种。其中，硅藻门 29 属 56 种，甲藻门 4 属 6 种，蓝藻门 1 属 1 种。

冬季共鉴定出浮游植物 2 门 33 属 64 种。其中，硅藻 30 属 59 种，甲藻 3 属 5 种。

2) 赤潮生物

春季航次共出现赤潮生物 2 门 19 属 35 种，包括硅藻 16 属 28 种，甲藻 3 属 7 种。其中硅藻赤潮生物隶属于角毛藻属 7 种、圆筛藻属 4 种、几内亚藻属 2 种等，甲藻赤潮生物隶属于角藻属 4 种、原甲藻属 2 种以及夜光藻。

夏季大潮航次共出现赤潮生物 3 门 23 属 50 种，包括硅藻 17 属 38 种，甲藻 5 属 11 种，金藻 1 属 1 种。其中硅藻赤潮生物隶属于角毛藻属 10 种、根管藻属 5 种、圆筛藻属 4 种，甲藻赤潮

生物隶属于角藻属6种、原甲藻属3种。

夏季小潮航次共出现赤潮生物 4 门 25 属 46 种，包括硅藻 16 属 30 种，甲藻 7 属 14 种，金藻 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种。其中硅藻赤潮生物隶属于角毛藻属 5 种、圆筛藻属 4 种、海链藻属 4 种、根管藻属 3 种，甲藻赤潮生物隶属于角藻属 5 种、原多甲藻属 3 种。

秋季航次共出现赤潮生物 2 门 15 属 28 种，包括硅藻 11 属 23 种，甲藻 4 属 5 种。其中硅藻赤潮生物隶属于角毛藻属 5 种、圆筛藻属 5 种、根管藻属 3 种等，甲藻赤潮生物隶属于角藻属 2 种、原多甲藻属 1 种以及斯氏扁甲藻和夜光藻。

冬季航次共出现赤潮生物 2 门 12 属 21 种，包括硅藻 10 属 18 种，甲藻 2 属 3 种。其中硅藻赤潮生物隶属于圆筛藻属 6 种、角毛藻属 2 种、根管藻属 2 种、海线藻属 2 种等，甲藻赤潮生物隶属于角藻属 2 种、原多甲藻属 1 种。

（4）浮游动物

春季共鉴定浮游动物 13 类群 48 种，浮游幼体 19 类。桡足类种类数最多，为 21 种，刺胞动物 9 种次之，其他类群种类数较少。

夏季大潮期共鉴定浮游动物 11 大类 60 种，浮游幼体 20 类，桡足类种类数最多，为 23 种，刺胞动物次之，为 7 种。

夏季小潮期共鉴定浮游动物 11 大类 71 种，浮游幼体 17 类，桡足类种类数最多，为 34 种，刺胞动物次之，为 9 种。

秋季共鉴定浮游动物 6 类群 28 种，浮游幼体 12 类。桡足类种类数最多，为 18 种，刺胞动物 4 种次之，其他类群种类数较少。

冬季共鉴定浮游动物 10 大类 37 种，浮游幼体 11 类，桡足类种类数最多，其他类群种类数较少。

（5）底栖生物

春季调查海域大型底栖生物共鉴定 5 门 74 种，其中，环节动物 38 种，棘皮动物 5 种，节肢动物 17 种，软体动物 13 种，头索动物 1 种。

夏季调查海域大型底栖生物共鉴定 7 门 84 种，其中，环节动物 38 种，棘皮动物 1 种，节肢动物 26 种，软体动物 15 种，纽形动物和头索动物各 1 种，鱼类 2 种。

秋季调查海域大型底栖生物共鉴定 5 门 101 种，其中，环节动物 64 种，棘皮动物 2 种，节肢动物 25 种，软体动物 9 种，头索动物 1 种。

冬季调查海域大型底栖生物共鉴定 6 门 98 种，其中，环节动物 59 种，棘皮动物 3 种，节肢动物 27 种，软体动物 7 种，头索动物和蠕虫动物各 1 种。

（6）潮间带生物

春季调查海域所采集的潮间带生物，经鉴定共有 75 种，隶属于腔肠动物、环节动物、星虫动物、软体动物、甲壳动物和棘皮动物 6 个门类。其中软体动物种类最多，29 种；其次为环节动物，24 种；甲壳动物 19 种，腔肠动物、星虫动物和棘皮动物各 1 种。

夏季调查海域所采集的潮间带生物，经鉴定共有 68 种，隶属于环节动物、星虫动物、软体动物、甲壳动物和鱼类 5 个门类。其中节肢动物种类最多，27 种；其次为环节动物 22 种，软体动物 17 种，星虫动物和鱼类各 1 种。

秋季调查海域所采集的潮间带生物，经鉴定共有 76 种，隶属于腔肠动物、纽形动物、环节动物、软体动物、甲壳动物、海绵动物和鱼类 7 个门类。其中环节动物种类最多，34 种；其次为软体动物和甲壳动物，均为 18 种；其他类群动物共 6 种。

冬季调查海域所采集的潮间带生物，经鉴定共有 71 种，隶属于扁形动物、环节动物、软体动物、甲壳动物、棘皮动物、尾索动物和鱼类 7 个门类。其中软体动物种类最多，25 种，其次为环节动物 23 种，甲壳动物 18 种，棘皮动物 2 种，其他类群动物 3 种。

（7）鱼卵仔鱼

春季共鉴定鱼卵 5 科 7 种，鲱科和石首鱼科各 2 种，鳊科、金线鱼科和鲢科各 1 种；共鉴定仔稚鱼 6 科 6 种。

夏季大潮期共鉴定鱼卵 6 科 6 种；共鉴定仔稚鱼 3 科 3 种。

夏季小潮期共鉴定鱼卵 5 科 6 种；共鉴定仔稚鱼 6 科 7 种。

秋季只在 1 号站采集多鳞鳊鱼卵 1 粒，密度为 1.25 ind./m³。

冬季采集鱼卵 4 科 4 种，仔稚鱼 2 科 2 种。

（8）游泳动物

春季海域共鉴定游泳动物 66 种。其中，鱼类 40 种，隶属于 12 目，35 科，37 属；虾类 10 种，隶属于 1 目，4 科，8 属；蟹类 10 种，隶属于 1 目，5 科，6 属；口足类 1 种，隶属于 1 目，1 科，1 属；头足类 5 种，隶属于 3 目，4 科，4 属。

夏季 15km 范围内调查海域共鉴定游泳动物 87 种。其中，鱼类 58 种，隶属于 11 目，48 科，56 属；虾类 10 种，隶属于 1 目，3 科，9 属；蟹类 9 种，隶属于 1 目，2 科，3 属；口足类 3 种，隶属于 1 目，1 科，2 属；头足类 7 种，隶属于 3 目，4 科，6 属。

秋季调查海域共鉴定游泳动物 72 种。其中，鱼类 43 种，隶属于 12 目，29 科，39 属；虾类 10 种，隶属于 1 目，4 科，8 属；蟹类 13 种，隶属于 1 目，3 科，5 属；口足类 2 种，隶属于 1 目，1 科，1 属；头足类 4 种，隶属于 3 目，3 科，3 属。

冬季调查海域共鉴定游泳动物 41 种。其中，鱼类 26 种，隶属于 10 目，19 科，23 属；虾类 5 种，隶属于 1 目，2 科，4 属；蟹类 6 种，隶属于 1 目，2 科，3 属；口足类 1 种，隶属于 1 目，1 科，1 属；头足类 3 种，隶属于 2 目，2 科，2 属。

（9）污损生物

本次调查共在东山湾附近海域记录污损生物 9 门 50 种，其中节肢动物 25 种、环节动物 7 种、刺胞动物 5 种、软体动物 5 种，藻类 3 种、苔藓动物 2 种、棘皮动物、纽形动物和脊索动物各 1 种。

2.3.3.3 保护区及保护性水生物

项目调查范围内的保护区有福建云霄漳江口红树林国家级自然保护区、东山珊瑚省级自然保护区。

通过资料调研，调查海域主要保护性水生物有中华白海豚、海龟。本次调查均未发现以上保护性水生物。

2.3.3.4 生物质量

生物质量样品取自 2022 年春季航次和 2022 年秋季航次的渔业资源拖网样品，包括鱼类、甲壳类、贝类、藻类样品，潮间带调查采集的贝类、藻类样品。

贝类的石油烃、铜、铅、锌、镉、汞含量最高，藻类中的砷和铬含量较高，鱼类样品中各项指标均含量较低。鱼类与甲壳类石油烃、铜、铅、铬、镉、砷、汞指标均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。贝类样品鲜重中石油烃、铬、砷、汞指标均符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）中第一类标准要求，贝类样品中铜、铅、锌、铬样品均存在超标现象，超标率均为 33.3%。其中，铜、铅、铬符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）中第二类标准要求。贝类中锌符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）中第三类标准要求。

藻类体内石油、铅、镉、铬含量最高，甲壳体内铜、锌、汞含量最高；鱼类体内的石油、铜、锌、镉、砷含量最低，甲壳类体内的铅和铬含量最低，藻类体内的汞含量最低。鱼类与甲壳类各指标均符合《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》（第二分册）中规定的生物质量标准。软体类样品各指标均符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）中一类生物质量标准要求。

2.3.3.5 渔业资源和海洋捕捞

漳州市海水产品产量中，鱼类和虾蟹类产值主要来源于捕捞，而贝类和藻类产值主要来源于海水养殖，鱼类中带鱼、鲷鱼和鲈鱼产量较高，大黄鱼、鳓和鳗鱼产量较低；虾类中对虾产量最高。

2.3.3.6 养殖业

根据《云霄县水域滩涂养殖规划》（2018-2030），云霄县海水养殖主要有鱼类、虾蟹类、贝类和紫菜等。海水鱼类主要养殖品种有石斑鱼、鲈鱼、鲷科鱼类等

根据《漳州市水域滩涂养殖规划》（2018-2030），海域养殖区面积主要为东山湾滩涂养殖区（云霄、漳浦），东山湾浅海养殖区（云霄、东山）、沙西海水养殖池塘区、曾江埭围垦区养殖区、竹港、白礁、峰外村、院前村南围垦养殖区全域以及杜浔海水养殖池塘区、诏安湾海水养殖池塘区以及漳浦湾外海水养殖区部分海域。

2.3.3.7 海域生态保护红线

根据《漳州市国土空间总体规划（2021~2035）》，排水口半径 15km 范围内海域生态保护红线包括东山湾重要滩涂及浅海水域生态保护红线区、福建漳江口红树林国家级自然保护区、漳江口北岸零星分布红树林生态保护红线区、铜陵海岸防护生态保护红线区、东山珊瑚礁生态保护红线区、福建漳州东山珊瑚省级自然保护区。

2.3.3.8 海域生态环境分区管控单元

根据漳州市生态环境局提供的福建省“三线一单”数据应用系统最新矢量文件（2024 年 12 月），排水口半径 15km 范围内生态环境分区管控单元有 32 个，其中排水口位于东山湾特殊用海区、东山大澳特殊用海区一般管控单元（HY35060030002）。本项目符合该重点管控单元的管控要求。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业设施

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2025 年 2 月完成的《福建漳州核电项目（5/6 号机组）人口、食谱、环境及其外部人为事件专题调查报告 B 版》进行编制。

厂址半径 15km 范围规模以上（产值 2000 万）工矿企业共 143 家，距离最近的是云霄县鹏砂建材有限公司，位于厂址 NNE 方位，距离 0.9km，有员工 31 人。

厂址半径 15km 范围内包括 3 个工业开发区：古雷石化基地、云霄经济开发区、常山华侨经济开发区。

古雷石化基地位于厂址 E~ESE 方位，最近距离约 12km，古雷石化基地采用国际先进

的原油加工工艺和乙烯、芳烃等生产技术，生产清洁燃料及高端石化产品，瞄准战略型新兴产业，重点发展包括新型材料在内的三大合成材料（合成树脂、合成纤维、合成橡胶）及其深加工产品，形成承接台湾石化产业转移及国内外投资、面向国内及东南亚市场、上下游一体化的石化产业集群。

云霄经济开发区位于厂址 NW 方位，距厂址最近距离约 9km。云霄经济开发区以发展轻工、机械电子、物流仓储等产业为主导，适当发展商贸物流和生活居住于一体的云霄县城生产服务中心。

常山华侨经济开发区位于厂址 WNW~W 方向，最近距离约 9.5km。以电子信息、机械制造、健康食品、新型建材、精细化工等五大产业为主。

厂址半径 10km 范围内没有以危化品为主的工业园区，不会对厂址安全构成影响，厂址附近的工业企业规划建设前均需要进行分析评价，以保证与核电厂的相容性。

厂址半径 15km 范围内有危险品贮存、使用企业共 47 家，其中加油站 17 家，其余为化工企业、食品加工企业、油库、气站等。主要集中在常山经济开发区、古雷经济开发区和东山县。

厂址半径 15km 范围内涉及一处民爆仓库，位于厂址 W 方位，距离 8.5km。

厂址半径 15km 范围内不涉及石油管线，涉及一处现状高压天然气管线，为海西天然气管网二期工程（漳州-诏安段）。管线位于厂址的 WSW~NNE 方位，最近点距离厂址 8.7km。

根据《云霄县燃气专项规划（2021-2035）》，厂址周边 15km 范围涉及规划的中压天然气管道。规划中压管道最近处位于厂 WNW 方位，距离 3.38km。

厂址周边 15km 范围涉及规划的 LNG 气化站 1 座，为光电园 LNG 气化站，位于厂址 WNW 方位 9.85km。

根据现有资料，厂址半径 15km 内的危险源均不会对厂址安全构成影响。

2.3.4.2 交通

（1）公路铁路

厂址附近交通条件便利，厂址所在云霄县各类公路通车里程约 1221.8km，厂址半径 15km 内公路主要有沈海高速、福昆线、丹东线、东沪线、乌列线等。

根据《漳州市“十四五”现代综合交通运输体系规划》（2022 年 1 月），“十四五”期间公路规划涉及厂址半径 15km 内的公路有：（1）沈海线漳州龙海至诏安段扩容工程，位于厂址 WNW 方位 12.5km；（2）古雷疏港公路，位于厂址 E 方位 13.8km；（3）规划 G228，沿海大通道 S508 规划变更为国道 G228，位于厂址 NW 方位 0.98km。

厂址半径 15km 范围内有厦深铁路通过，最近处为厂址 NW 方位 14km。厦深铁路规划建设厦深铁路古雷支线，位于厂址 E 方位 11.1km 处。厂址 15km 范围内铁路无危险品运输。

根据《漳州市“十四五”现代综合交通运输体系专项规划》（2022 年 1 月），“十四五”期间铁路规划涉及厂址半径 15km 内的铁路有：漳汕高铁（漳州段），最近处位于厂址 NW 方位 1.3km 处。

（2）海运

厂址半径 15km 范围涉及古雷港区和东山港区。

古雷港区位于古雷半岛西侧，东山湾东侧，由古雷半岛古雷作业区和六鳌半岛六鳌作业区组成。主要服务大型临港石化产业园，以原油、石化产品运输为主，兼顾散货、杂货和集装箱运输，是以工业港为特色的大型深水港区。厂址半径 15km 内古雷港区共有 6 家码头，其中有 3 家危货码头，分别为一德码头（无限期停业）、海腾码头（位于厂址 SE 方位 14.3km）和古雷石化码头（位于厂址 SE 方位 13.5km）。

东山港区位于东山湾西侧，包括城垵作业区和冬古作业区，以服务临港工业和东山县地方经济发展为主，积极发展散杂货和对台客滚运输，并兼顾油品运输。厂址半径 15km 内东山港区有 4 家码头。其中 2 家危货企业，分别为铜陵油库（位于厂址 SSE 方位 9.9km）和大东石化（位于厂址 SSE 方位 9.8km）。

厂址半径 15km 范围内水上航线有两个：古雷航道和城垵航道，分别位于厂址 SE 方位 14.3km 和厂址 SSE 方位 9.8km。

根据《漳州市“十四五”现代综合交通运输体系规划》（2022 年 1 月），“十四五”期间港口规划：（1）古雷港区古雷作业区南 2#扩能工程，位于厂址 SE 方位 14.3km；（2）古雷港区古雷作业区北 1#、2#工程，位于厂址 ESE 方位 11.5km；（3）东山港区 5000 吨级对台客货码头工程，位于厂址 SSE 方位 9.7km。

厂址半径 15km 范围内的渔港共 9 个，其中最近的渔港为云霄县列屿镇人家二级渔港，位于厂址 N 方位约 0.83km。根据《福建省渔港布局与建设规划（2020-2025 年）中期调整方案》，厂址 15km 范围内规划建设河墘渔港，位于厂址 NNE 方位 10.73km 处。

（3）空运

漳州市目前无民用机场，民用航空运输主要依靠距漳州市区约 56km 的厦门高崎机场。距厂址最近的民用航线为 W597，其中心线的地面投影位置距厂址最近距离约为 6.2km，位于厂址 NW 方位。根据《漳州市“十四五”现代综合交通运输体系专项规划》（2022 年 1

月），“十四五”期间机场规划，启动厦门机场漳州城市航站楼选址研究，目前项目为选址阶段。

厂址半径 16km 范围内没有机场，厂址半径 4km 范围内没有航线和起落通道。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址区域地处东亚季风区，处于东、西风带交替影响的过渡区，也是温带、副热带和热带各类天气系统频繁交替影响的区域，属典型的亚热带海洋性季风气候，寒暖暑凉交替出现，干湿季分明；临海的地理位置使其冬无严寒，夏少酷暑，气候暖热，雨量尚足。大气环流的主要特征如下：

冬季影响厂址区域天气、气候的主要地面环流系统是蒙古冷高压，高空系统是中纬度西风槽。厂址区域处于东亚大槽底部，冬季厂址区域的盛行风为偏北或东北风，气候相对干冷。北方冷空气频繁南下。强冷气团入侵时，会给厂址区域带来强降温和低温冷害。

春季分为早春季和梅雨季，早春季（3~4 月），在变性冷空气与紧接而至的冷气团共同作用下，厂址区域多持续性阴雨天气。这一时期的降雨雨势一般不大，但也有出现暴雨和洪水的可能。这一时期天气冷热多变，有的年份还会出现倒春寒天气以及冰雹等强对流天气。梅雨季节（5~6 月）北方冷空气与来自低纬的暖湿气流交汇于南岭-武夷山一带。两种气团湿、热性质差异显著而强度相当，从而产生强烈的极锋性降水。在此期间，厂址区域多持续性暴雨过程，其中大范围的暴雨多出现于 6 月，并以 6 月中旬频率最高。

夏季厂址区域主要处于西太平洋副热带高压的控制下，多高温晴热天气，盛行偏南和东南风，台风影响频繁。主要的天气类型有四种，即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、台风影响下的狂风暴雨天气以及北方冷空气南下时的短暂锋面过境天气。副热带高压的强度和位置直接影响着厂址区域台风活动的多寡。

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，福建的台风季基本结束，而冷空气则开始活跃。地面气压场上，蒙古高压和阿留申低压已经形成，印度低压减弱，台湾海峡的东北大风增强、增多，降水减少，气温下降。

总之，厂址区域的气候和天气既受低纬度大气环流的影响，又受中、高纬度大气环流的影响，冬、夏季环流的更迭鲜明。冬季高空为强大的西风带，亚洲大陆低空为势力强的冷性反气旋所控制，处于亚洲反气旋南沿的福建低空盛行东北季风。夏季高空主要为东风所控制，低空受西南季风和东南季风影响。大气环流的这种格局决定了厂址区域的气候和季节性天气的基本类型及厂址的气象特征。

厂址周边主要的四个气象站分别为东山、漳浦、诏安和云霄气象站，各气象站的基本

情况和地理位置见表 2.4-1。

根据厂址周边东山、漳浦、诏安和云霄四个气象站自建站~2021 年的气象资料统计结果，厂址区域年平均气温为 21.1~21.7℃，极端最高气温为 39.7℃（云霄站，2002.7.4），极端最低气温为-2.4℃（漳浦站，1963.1.27）；年平均相对湿度为 77~80%，最小相对湿度为 7%；年平均风速为 2.2~6.1m/s，最大风速为 48.0m/s（东山站，1980.9.19）；年平均降水量为 1174.4~1743.1mm；年平均蒸发量为 1726.0~1912.9mm；年平均气压为 1008.0~1011.6hPa，极端最高气压为 1034.1hPa（云霄站，2016.1.25），极端最低气压为 959.8hPa（漳浦站，1983.7.25）；年平均日照时数为 1922.4~2283.4h。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

根据代表性气象站东山站 1954~2021 年观测的气象要素统计结果，常规气象参数统计值分析如下：

1) 风向和风速

东山站年平均风速为 6.1m/s，月平均风速以 10、11 月份最大，为 7.7m/s，7 月份最低，为 3.8m/s。资料记录范围内出现的最大风速为 48.0m/s，出现在 1980 年 9 月 19 日；有观测记录（2003 年）以来出现的极大风速为 37.6m/s，出现在 2006 年 5 月 17 日。图 2.4-1 为东山气象站四季及年的风玫瑰图。由图可见，东山站年主导风向为 NE~ENE，频率为 47%；夏季主导风向为 SSW~SW，频率为 30%；其他季节主导风向与年主导风向相同，频率为 50~66%，年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 3.0%。

2) 气温

东山站年平均气温为 21.1℃，月平均气温最高值出现在 7 月和 8 月，为 27.6℃，月平均气温最低值出现在 2 月，为 13.4℃。极端最高气温为 38.2℃，出现在 2004 年 7 月 2 日；极端最低气温为 2.5℃，出现在 2016 年 1 月 25 日。

3) 相对湿度

东山站年平均相对湿度为 80.0%，其中 10 月平均相对湿度最小，为 71.0%，6 月最大，为 87.0%。最小相对湿度为 15.0%，出现在 2004 年 1 月 24 日和 2009 年 10 月 7 日。

4) 降水量

东山站年平均降水量为 1174.4mm。受季风的影响，一年中月平均降水量以 6 月份最多，为 210.6mm，12 月份最少，为 27.9mm。一日最大降水量为 350.4mm，出现在 2009 年 6 月 22 日，由在晋江登陆的 0903 号强热带风暴所致。

5) 气压

东山站年平均气压为 1008.0hPa，其中 1 月平均气压最高，为 1015.3hPa，8 月平均气压最低，为 999.9hPa。极端最高气压为 1030.1hPa，出现在 2016 年 1 月 25 日；极端最低气压为 961.7hPa，出现在 1980 年 9 月 19 日，由登陆漳浦的 8015 号热带气旋造成。

6) 日照

东山站年平均日照时数为 2283.4h，7 月平均日照时数最高，为 281.9h，2 月平均日照时数最低，为 123.4h；年平均日照百分率为 52%，7 月平均日照百分率最高，为 68%，3 月平均日照百分率最低，为 34%。

7) 蒸发量

东山站年平均蒸发量为 1726.0mm。10 月平均蒸发量最大，为 204.4mm，2 月平均蒸发量最小，为 93.4mm。

8) 水汽压

东山站年平均水汽压为 21.2hPa，7 月平均水汽压最高，为 31.1hPa，1 月平均水汽压最低，为 11.9hPa。

(9) 云量

东山站年平均总云量为 6.6 成；5、6 月份平均总云量最高，为 7.8 成；10 月份平均总云量最低，为 4.8 成。年平均低云量为 4.3 成；3 月份平均低云量最高，为 6.1 成；7 月份平均低云量最低，为 2.5 成。

2.4.2.2 极端气象

1) 热带气旋

调查 1949~2021 年以厂址为中心，半径 400km 范围内的所有热带气旋资料，共得到 386 个样本，平均每年约 5.3 个。按照核安全导则 HAD101/11（1991）推荐的耿贝尔函数进行极值拟合，并考虑各前期设计基准，确定厂址百年一遇热带气旋的可能最低中心气压为 900.2hPa，进一步得到百年一遇热带气旋最大风速为 52.2m/s，百年一遇热带气旋极大风速为 69.4m/s。

2) 龙卷风

调查 1958~2021 年以厂址为中心，经度 3°、纬度 3° 范围内的所有龙卷风资料，面积合计 67995km²。对收集到的 145 例龙卷风样本逐一进行 F 级别评定，得到 F0 级有 40 例，F1 级有 89 例，F2 级有 16 例。

以 10⁻⁷/年作为设计基准龙卷风的概率水平，并考虑各前期设计基准，确定厂址区域龙

卷风设计基准风速为 76.0m/s，设计基准龙卷风为 F3 级。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

最大龙卷风速	76.0m/s
平移速度	14.7m/s
最大风速半径	50m
总气压降	4.86kPa
压降速率	1.43kPa/s
最大旋转风速	61.3m/s

3) 极端风

收集漳浦站、云霄站、东山站和诏安站四个气象站自建站~2021 年的历年实测风资料，对各站的最大风速进行不同高度和时间的归一化修正后，采用耿贝尔函数对四个气象站的最大风速序列进行极值拟合，并考虑四个气象站的实测风速极值，最终确定厂址区域百年一遇实测风最大风速为 49.1m/s，百年一遇实测风极大风速为 65.3m/s。

4) 极端气温

收集漳浦站、云霄站、东山站和诏安站四个气象站自建站~2021 年的历年极端最高气温和极端最低气温资料，采用耿贝尔函数对各站历年极端气温序列进行拟合，并考虑四个气象站的实测极端气温极值，最终确定厂址区域百年一遇最高气温为 40.9℃，百年一遇最低气温为-3.2℃。

2.4.3 当地气象条件

根据 2020 年 5 月~2024 年 4 月的厂址现场气象观测统计结果，厂址当地气象特征概括如下：

1) 风向和风速

气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度的年平均风速分别为 2.8m/s、4.8m/s、5.0m/s、5.0m/s 和 5.3m/s，月平均风速最大均出现在 10 月份，分别为 3.2m/s、6.3m/s、6.5m/s、6.6m/s 和 6.9m/s；月平均风速最小值出现在 8 或 9 月份，分别为 2.1m/s、3.5m/s、3.6m/s、3.7m/s 和 3.9m/s。气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度出现的最大风速分别为 19.5m/s、21.9m/s、23.1m/s、24.4m/s 和 25.4m/s，极大风速分别为 28.7m/s、30.3m/s、31.0m/s、29.1m/s 和 33.4m/s，均出现在 2020 年 8 月 11 日。

地面站年平均风速为 4.1m/s，月平均风速最大出现在 10 月份，为 5.4m/s，月平均风速最小值出现在 8 月份，为 2.5m/s。厂址地面气象站出现的最大风速为 19.1m/s，出现在 2023

年 9 月 5 日；极大风速为 27.7m/s，出现在 2020 年 8 月 11 日。

气象铁塔 100m、70m、50m、30m 和 10m 高度的年最多风向分别为 NE、NE、NE、NE 和 NNE，频率分别为 27.8%、24.2%、26.4%、26.3%和 32.5%；次多风向分别为 ENE、NNE、NNE、NNE 和 NE，频率分别为 15.4%、19.0%、14.4%、14.8%和 14.2%。各高度年最多与次多风向均集中在 NNE~ENE 风向上，总频率约为 40.0%。气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度处年静风频率依次为 0.6%、0.1%、0.3%、0.3%和 0.3%。图 2.4-2 为气象铁塔各高度年风玫瑰图。

地面站年最多风向为 NE，频率为 24.2%，年次多风向为 NNE，频率为 17.8%。夏季偏西南风向频率较高，其他各季风向频率多集中于偏东北风向上，其它风向分布基本平均。年静风频率为 0.8%。图 2.4-3 为地面站各季和年风玫瑰图。

2) 气温

气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度的年平均气温分别为 22.6℃、22.3℃、22.2℃、22.0℃和 21.8℃，月平均气温最高值均出现在 7 月份，分别为 29.1℃、28.8℃、28.7℃、28.5℃和 28.2℃；月平均气温最低值均出现在 1 月份，分别为 14.7℃、14.4℃、14.4℃、14.2℃和 14.0℃。气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度处出现的最高气温分别为 37.0℃、36.3℃、35.9℃、35.5℃和 35.1℃，均出现在 2021 年 7 月 26 日；最低气温分别为 5.2℃、5.3℃、5.4℃、5.3℃和 5.1℃，除 10m 高度出现在 2021 年 1 月 13 日外，其余高度均出现在 2024 年 1 月 24 日。

地面气象站年平均气温为 22.5℃，月平均气温最高值出现在 7 月份，为 29.2℃，月平均气温最低值出现在 1 月份，为 14.5℃。最高气温为 37.8℃，出现在 2021 年 7 月 26 日；最低气温为 4.3℃，出现在 2021 年 1 月 13 日。

气象铁塔 10~30m、10~50m、10~70m、10~100m 各层年逆温的出现频率分别为 15.8%、16.0%、11.5%、10.5%；强逆温的出现频率分别为 2.2%、1.1%、0.4%、0.1%。说明各塔层全年逆温出现频率均很低。各塔层相比，低层出现逆温的情况略多。

3) 相对湿度

地面气象站年平均相对湿度为 77.2%，月平均相对湿度在 70.1%~85.4%之间，最小相对湿度为 21.5%，最大相对湿度为 100.0%。气象铁塔 100m 高度处年平均相对湿度为 80.2%，月平均相对湿度在 71.4%~89.8%之间，最小相对湿度为 13.9%，最大相对湿度为 100.0%。

4) 降水

地面气象站年平均降水时数为 640h，年平均降水量为 1037.9mm，月平均降水量以 6

月最多，为 195.1mm，以 11 月最少，为 12.7mm。一日最大降水量为 155.8mm，出现在 2023 年 8 月 20 日。降水主要分布在春、夏季，秋、冬季较少，降水量多分布在偏东北和偏西南风向上。图 2.4-4 为地面气象站各季和年降水量玫瑰图。

5) 气压

地面气象站年平均气压为 1011.7hPa，其中 1 月平均气压最高，为 1019.1hPa，7、8 月最低，为 1004.5hPa；观测期间最高气压为 1030.8hPa，出现在 2023 年 12 月 10 日；最低气压为 985.4hPa，出现在 2021 年 8 月 5 日。

6) 辐射

地面气象站年平均总辐射量为 181.3W/m²，月平均总辐射量以 7 月最大，为 253.3 W/m²，以 12 月份最小，为 124.1W/m²。年平均净辐射量为 99.0W/m²，月平均净辐射量以 7 月份最大，为 152.0W/m²，以 12 月份最小，为 55.5W/m²。

7) 露点温度

地面气象站年平均露点温度为 18.0℃，最高月平均值出现在 7 月，为 25.5℃，最低月平均值出现在 1 月，为 9.5℃。露点温度最高值为 29.8℃，出现在 2023 年 8 月 23 日，最低值为-10.5℃，出现在 2021 年 1 月 12 日。

8) 蒸发量

地面气象站年平均蒸发量为 1385.7mm，6 月平均蒸发量最高，为 164.4mm；2 月平均蒸发量最少，为 74.6mm。

9) 水汽压

地面气象站年平均水汽压为 22.3hPa，7 月平均水汽压最高，为 32.6hPa，1 月平均水汽压最低，为 12.3hPa。

2.4.4 大气稳定度

根据厂址气象站 2020 年 5 月~2024 年 4 月四整年的气象观测资料，采用 $\Delta T \sim u$ 法进行大气稳定度的划分。结果表明，当地以中性稳定度天气为主，D 类稳定度的频率为 50.9%，不稳定类的 A~C 类频率为 38.0%，稳定的 E、F 类频率为 11.1%。

2.4.5 联合频率

根据 2020 年 5 月~2024 年 4 月厂址地面气象站 10m 高度和气象铁塔 70m 高度的风向、风速以及地面气象站的降水量观测结果，结合上述得到的大气稳定度分类结果，统计计算得到 10m 高度的风向-风速-大气稳定度三维联合频率和 70m 高度的风向-风速-大气稳定度-降水四维联合频率。用于计算三、四维联合频率所用气象数据的联合获取率为 98.5%。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

1) 混合层高度

2008 年 7 月 11 日~8 月 12 日（简称夏季，1#~3#位置）和 2008 年 12 月 20 日~2009 年 1 月 10 日（简称冬季，1#位置）分别在厂址开展大气边界层低空探测实验。其中 1#探空观测点设置在人家村；2#探空观测点设置在半山村，在人家村西北西方向约 3.78km 处；3#探空观测点设置在大埔村，在人家村西北西方向约 12.15km 处。三个观测站基本在一条西北西-东南东走向的连线上，与海岸线垂直。

利用大气边界层观测资料，利用干绝热曲线法计算得到各时刻混合层高度，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。根据混合层观测结果，综合分析后给出厂址运行状态下计算采用的混合层高度值如下：

A 类	900m
B 类	800m
C 类	700m
D 类	600m

2) 大气扩散参数

为研究厂址的大气扩散参数特征，在厂址开展了示踪物试验、湍流观测以及数值模拟。综合三种方法的分析结果，最终确定的厂址大气扩散参数见表 2.4-2。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价本厂址正常运行状态和事故工况下气态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铁塔自动观测系统以及地面气象站以开展气象观测工作。气象观测系统观测的各气象要素的年数据联合获取率均应保证在 90%以上。

厂址气象站于 2015 年 4 月建成，2015 年 5 月开始进行正式观测。气象观测系统由气象铁塔风温梯度测量系统、地面气象诸要素自动观测系统、监控系统平台三部分构成。该气象观测系统主要由传感器、数据采集器、主控机、电源和专用电缆组成。

地面气象观测要素包括：风向、风速、气温、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水、蒸发等。气象铁塔观测高度为 10m、30m、50m、70m 和 100m 五层，观测要素为风向、风速、气温和湿度（100m）。气象铁塔和地面观测传感器主要性能见表 2.4-3 和表 2.4-4。

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

气象铁塔和地面气象站观测的所有气象数据的联合获取率为 98.5%，满足 HAD101/02

（1987）规定的大于 90%的要求。

2.5 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程。

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

（1）地理、地形条件

漳州核电厂厂址位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾，处于东山湾西岸。近岸海域内泥面标高一般在-5.00m~-1.00m。水下地形由西向东略微倾斜。海滩地貌自岸边至远海由岩滩—砂滩—泥滩过渡，岩滩区主要分布在潮间带。南侧海湾潮间带为砂质浅滩，向外取水及排水构筑物区域均为淤泥质浅滩，取水明渠东侧泥面标高低于-8.00m，为一宽度约 800m 走向近南北方向的水下暗沟。

东山湾是福建著名的港湾之一，海岸呈东北—西南走向，漳江由此汇入大海，南北向的古雷半岛和东西向的东山岛相互聚拢形成两道屏障，将东山湾与外海相隔，仅留有一个湾口与大海相连。东山湾南北长 20km，东西宽约 15km，湾内海域总面积达 247.89km²。其中 0~-5m 等深线海域面积为 117.2km²，约占整个海湾面积的一半，-10m~-20m 等深线海域面积仅 11km²，水深 20m 以上的深水区靠近湾口由塔屿东西 2 个水道伸入湾内，东水道水深最大达 30m，宽约 2500m；西水道水深最大为 25m，宽约 700m。

东山海洋站位于福建省东山县城关，距厂址 SSW 向约 10km。主要的海滨观测项目有：潮位、表层海水温度、表层海水盐度、波浪、风等。其中波浪从 1992 年开始观测至今，水温 2004、2005 年中断观测，2006 年后又重新恢复观测。据东山站观测资料分析，东山湾潮汐属不正规半日潮，涨潮历时比落潮历时稍长，历史最高潮位为 2.77m（1971 年）。

（2）潮汐

2008 年 6 月 1 日至 2011 年 5 月 31 日在厂址进行了三年的潮位观测，由验潮资料计算

的调和常数可得潮汐判别数 $\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$ 为 0.519，本海区的潮汐为不正规半日潮类型。

由三年观测资料得到厂址的特征值如下：

平均潮位	0.46m
平均高潮位	1.73m
平均低潮位	-0.77m
最大潮差	4.26 m
最小潮差	0.72 m

平均潮差	2.49m
平均涨潮历时	6 小时 35 分
平均落潮历时	5 小时 48 分

根据 2020 年 4 月 7 日~2020 年 5 月 8 日春季潮位观测资料，厂址附近临时潮位站平均潮位 0.35m，平均高潮位 1.65m，平均低潮位-0.90m。

根据 2020 年 6 月 10 日~2020 年 7 月 14 日夏季潮位观测资料，厂址附近临时潮位站平均潮位 0.35m，平均高潮位 1.64m，平均低潮位-0.85m。

根据 2020 年 10 月 1 日~2020 年 11 月 2 日秋季潮位观测资料，厂址附近临时潮位站平均潮位 0.91m，平均高潮位 2.22m，平均低潮位-0.40m。

根据 2020 年 12 月 25 日~2021 年 1 月 25 日冬季潮位观测资料，厂址附近临时潮位站平均潮位 0.61m，平均高潮位 1.86m，平均低潮位-0.61m。

（3）潮位

根据 2008 年 6 月 1 日至 2010 年 5 月 31 日厂址站和东山海洋站的潮汐观测资料建立两站的潮位相关关系，两站相关关系式如下：

$$\text{高潮相关公式: } H_{czw}=1.0132 \cdot H_{DS}-0.9969 \quad R=0.97$$

$$\text{低潮相关公式: } L_{czw}=1.0215 \cdot L_{DS}-9.5695 \quad R=0.99$$

H_{czw} 和 H_{DS} 分别表示刺仔尾站和东山站高潮位

L_{czw} 和 L_{DS} 分别表示刺仔尾站和东山站低潮位

两站点高、低潮具有较好的相关性。依据东山站 1963~2013 年的观测资料及两站相关关系计算得到厂址站 1963~2013 年极值高、低潮位，用耿贝尔极值 I 型分布律方法得到厂址处的特征潮位如下：

1000 年一遇高潮位	3.48m
200 年一遇高潮位	3.27m
100 年一遇高潮位	3.18m
50 年一遇高潮位	3.09m
33 年一遇高潮位	3.03m
1000 年一遇低潮位	-2.40m
200 年一遇低潮位	-2.28m
100 年一遇低潮位	-2.23m
50 年一遇低潮位	-2.17m
33 年一遇低潮位	-2.14m

（4）海流

2020 年 7 月和 2021 年 1 月在工程海域布设 13 个测站进行大、中、小潮同步海流观测。

a) 潮流特征

观测海域潮流属规则半日潮类型，本海域潮流运动形式基本上以往复流为主，1#测站运动形式表现为旋转流。

b) 实测海流最大流速

夏季水文测验期间，实测最大涨潮流速为 1.09m/s，出现在 4#测站的表层；实测最大落潮流速为 1.24 m/s，出现在 11#测站的表层。

冬季水文测验期间，实测最大涨潮流速为 0.98 m/s，出现在 4#测站的表层和 0.2H；实测最大落潮流速为 1.12 m/s，出现在 10#测站的表层。

c) 余流

余流一般指实测海流扣除周期性潮流后所剩余部分。

夏季测验期间，位于东山湾湾口的 1#~4#测站余流流速显著大于其他测站，且呈现出大潮流速最大、小潮流速最小的规律。位于东山湾深槽内的 5#、6#和 9#测站余流流速显著小于湾口各测站，亦呈现出大潮流速最大、小潮流速最小的规律。7#、8#、10#~13#测站各典型潮期间流速较小，规律性不显著。

冬季测验期间，位于东山湾湾口的 1#、2#和 4#测站流速显著大于其他测站，其中 1#和 4#测站呈现出大潮流速最大、小潮流速最小的规律，2#测站呈现出中潮流速最小、大潮流速最大的规律。其余各测站余流流速差异不大，各潮次之间的变化规律不明显。

（5）海水温度和盐度

根据厂址处水文站与东山站的相关分析，确定厂址多年平均水温 22.0℃，最高水温 31.5℃，最低水温 7.6℃。

根据 2008 年 6 月~2009 年 5 月的盐度观测资料，月平均盐度最高为 32.01，最低为 26.64。观测期间最高盐度为 33.39，最低盐度为 24.36。

（6）泥沙

根据 2020 年 7 月夏季水文测验结果，实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.042 kg/m³和 0.043 kg/m³。夏季大、中、小潮平均含沙量分别为 0.067 kg/m³、0.038 kg/m³、0.023 kg/m³。夏季大潮实测最大含沙量为 0.707 kg/m³，中潮实测最大含沙量为 0.300 kg/m³，小潮实测最大含沙量为 0.174 kg/m³。夏季大潮悬沙中值粒径在 0.0045mm~0.0108mm 之间变化，平

均为 0.0084mm；中潮悬沙中值粒径在 0.0063mm~0.0123mm 之间变化，平均为 0.0083mm；小潮悬沙中值粒径在 0.0073mm~0.0137mm 之间变化，平均为 0.0088mm。

根据 2021 年 1 月冬季水文测验结果，实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.041 kg/m³ 和 0.039 kg/m³。冬季大、中、小潮平均含沙量分别为 0.050 kg/m³、0.036 kg/m³、0.034 kg/m³。冬季大潮实测最大含沙量为 0.155 kg/m³，中潮实测最大含沙量为 0.157 kg/m³，小潮实测最大含沙量为 0.135kg/m³。冬季大潮悬沙中值粒径在 0.0057mm~0.0095mm 之间变化，平均为 0.0075mm；中潮悬沙中值粒径在 0.0068mm~0.0087mm 之间变化，平均为 0.0077mm；小潮悬沙中值粒径在 0.0062mm~0.0090mm 之间变化，平均为 0.0075mm。

（7）波浪

观测期间厂址站的常浪向为 SSE 向，年累计频率为 16.1%；次浪向为 NE 向，年累计频率为 13.74%。厂址站的强浪向为 S 向，最大波高为 1.69m，出现于 2008 年 7 月。

（8）工程海域岸线演变和水下地形演变

根据 1992 年海图与 2008 年东山湾测图等深线比较分析可以看出，近年来东山湾内海床处于轻微冲刷状态，其中东侧 0m 等深线以上以及西侧 0m~-2m 等深线之间冲刷幅度较为明显，深槽区变化较小，相对比较稳定。

2.5.1.2 陆地水文

漳江流域总流域面积 1038km²，降雨量充沛，全流域多年平均降雨量 1768mm，降雨量主要集中在每年的 4~9 月，约占全年降雨量的 80%，降雨量年际变化较大。漳江流域来水主要来自天然降雨补给，径流量丰富，全流域多年平均径流深为 1080mm，径流系数为 0.61。漳江径流量受季节性降水制约，有明显丰枯变化，汛期（5~9 月）约占全年径流量的 77%，而枯水期（11~3 月）仅占全年的 14%左右。

漳江流域内主要河流有漳江及漳江的支流安厚溪、车圩溪、火田溪、西溪、山美溪等，漳江发源于平和县博平山脉大峰山麓，集水面积 1038km²，主河道全长 68km。流域范围内行政区域涉及云霄、平和、漳浦、诏安四县，其中在云霄县境内流域面积 846km²，占漳江流域面积的 81.5%；在平和县境内 176km²，占 17.0%；其余 16km² 面积于东西两侧分别分布于漳浦和诏安县境内，占 1.5%。漳江上游主河道为马铺溪，沿主流由上往下分别有安厚溪、车圩溪、火田溪、西溪、山美溪等汇入。火田镇下楼村以上支流较多，除山美溪在云霄县城区以下汇入外，其余上述各较大支流均在下楼村以上汇入。山美溪为漳江的一级支流，河流长度 25km，集水面积 107km²。

漳江流域内水利工程众多，上游有大型水库峰头水库，下游有大型水闸漳江南北水闸，

向东渠引水工程总干渠自北向南跨穿云霄、东山两县。大型峰头水库总库容 1.77 亿 m^3 ，控制集水面积 333km^2 ；中型杜塘水库总库容 1621 万 m^3 ，位于漳江下游山美溪支流，坝址以上集水面积 25km^2 ，水库输水左、右干渠是向东渠的一部分，故当水库来水量不足时，可由峰头水库补给。大型引水工程一处（即向东渠引水工程），干渠总长 85km，设计灌溉面积 25.29 万亩（含东山县及诏安部分乡镇）。主要水利工程为大型水库峰头水库、中型水库杜塘水库、向东渠引水工程和水尾引水工程。

杜浔溪发源于漳浦县境内的梁山大尖山脉，自北向东流经沙西镇庄前十口闸入海。杜浔溪流域面积 126km^2 ，河长 18km，河道平均坡降 6.5‰。水文部门在流域内无水文、雨量观测站；水利防汛部门已建有祖妈林水库（中型）水位雨量站及南门岭、老鼠穴等水库（小一型）水位雨量站。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围水文地质特征

2.5.2.1.1 地下水类型及赋存条件

根据地形地貌、含水介质、地下水成因及赋存条件，厂址附近范围地下水主要划分为基岩裂隙水和第四系孔隙水两种类型。

（1）基岩裂隙水

中生代早白垩世形成的中细粒黑云母二长花岗岩、中细粒正长花岗岩和早侏罗世形成的中细粒花岗闪长岩，为厂址区主要的含水岩组。地下水储水空间以风化裂隙为主，主要储存在岩体浅部的强风化带中。该风化带具弱富水性，受地形、风化差异和补给条件的控制，具差异性，极不均一并呈不连续状分布。

（2）第四系孔隙水

第四系孔隙水根据含水介质可分为冲洪积、残坡积孔隙水和海积平原孔隙水。

a) 冲洪积、残坡积孔隙水

主要分布在厂址区低山丘陵之间的沟谷地带及海域基岩的顶部，水面标高为 6.00~20.00m，含水层由冲洪积物、残坡积物组成，岩性主要为砂质黏性土、细~中砂、砾石，少量为黏性土及砾质黏性土。其中冲坡积物位于沟谷的中部，一般分布于残坡积物之上，平面呈带状分布；残坡积物仅出露于沟谷的两侧及海域基岩的顶部，平面上断续分布。冲洪积物分布范围小，补给量有限；残坡积物仅在山沟或低洼地带赋存有极少量的孔隙水。

b) 海积平原孔隙水

主要分布在海积平原区，地形平坦，水面标高 1.10~3.50m，含水层主要由第四系全

新统冲积物组成，岩性主要为粉砂、细砂，局部含少量碎石，局部夹淤泥、粉质黏土，为相对富水区。根据水文地质调查和区域资料，在列屿镇东南山前溪入海口一带分布有风积砂层，含水层埋藏浅，孔隙发育，地层渗透性良好，单井出水量 1~10L/s，为中等富水区。

2.5.2.1.2 地下水的补给、径流、排泄

基岩裂隙水主要接受大气降水补给，补给区位于低山丘陵区分水岭两侧，补给区与径流区基本接近，径流方向大体从丘陵区地表分水岭向两侧沟谷径流。厂区基岩，尤其在厂坪标高+14.00m 以下基岩多属微透水~极微透水岩体，地下水运动基本只限于浅层径流循环。大气降水一部分通过裂隙在局部地区侧向径流至山前残坡积、冲洪积物孔隙中，另一部分以泉、溢出带的形式形成地表径流，排泄至沟谷地带入渗补给地下水或直接排泄入海。由于厂址附近范围内地下水资源贫乏，基岩区沟谷内的表流多被筑坝拦截形成水库，丰水期基岩裂隙水补给水库，枯水期水库中的地表水又补给基岩裂隙水。总体来说，整个基岩裂隙含水层受地形地貌、风化程度、渗透性差异、补给条件等多种因素控制，富水性极不均一，总体水量很少，为弱富水区。观测孔水位变化曲线反映基岩裂隙水与大气降水密切相关，水位变化与降水基本同步，证明裂隙发育深度浅，地下水渗流途径短。常年的枯水、丰水期水位变化幅度在 3.00m 左右。

沟谷区残坡积、冲洪积孔隙水主要接受大气降水补给和基岩风化裂隙水侧向补给，但由于冲洪积、残坡积物以黏性土为主，大部分孔隙不发育，入渗能力差，其接受侧向和垂直补给量很有限；沟谷局部地段分布的带状薄层细砂和砾石，由于埋藏深度及分布范围小，地下水位在一年中的大部分时间位于该层的底部或下部的残积层内。大气降水的主要部分通过地表径流流向低洼处，最终汇集于海中；其次为地表蒸发，垂直入渗极微。

海积平原松散孔隙水的补给来源有：①大气降水补给，②残坡积、冲洪积层和强风化基岩的侧向补给，③河流的入渗补给，④海水潮汐的补给。由于残坡积、冲洪积层孔隙不发育，渗透能力较差，强风化基岩与海积层接触的范围有限，故侧向补给量极少。在雨季河水水位上涨时，地表水补给地下水；旱季河水水位降低，地下水溢出补给地表水，随季节的不同，该区地下水径流方向在局部有所变化，但总体方向是从西北向东南径流，最终排向大海。东山湾内的潮差一般在 2.30m，涨潮时海水对近岸的海积孔隙水含水层进行补给，退潮时海积孔隙水含水层中的地下水又排泄入海。

综上所述：厂址附近范围地下水主要接受大气降水补给。大气降水补给的大部分成表流直接排泄入海，少部分入渗补给基岩裂隙水；基岩裂隙水沿裂隙走向运移，在沟谷处侧向补给第四系孔隙水或直接排出地表，地下水径流速度、途径受地形、构造条件控制，最终排泄入海。即地下水的补给、径流、排泄途径为基岩裂隙含水层→残坡积孔隙含水层→

冲洪积孔隙含水层→海积、风积孔隙含水层→大海。

2.5.2.1.3 地下水取水调查

根据《国电漳州核电厂可行性研究水文地质调查报告》（2008 年 12 月），厂址附近范围没有大型厂矿和城市的供水水源，在调查过程中发现人工水库 9 座，民井 89 口。水库和大部分民井距离厂址较远，所有水库和民井与厂址不在同一水流路径上，与厂址区地下水无水力联系。

2.5.2.2 厂址地下水

2.5.2.2.1 地下水类型

厂区地下水类型按含水介质分为基岩裂隙水和第四系孔隙水两种类型。

1) 基岩裂隙水

厂区地下水类型主要为基岩裂隙水。基岩裂隙水主要赋存于中粗粒黑云母二长花岗岩、中细粒正长花岗岩中。地下水储水空间以风化裂隙为主，主要储存在岩体浅部的强风化带中，水质较好。地下水主要接受大气降水补给，降水入渗后主要经风化带网状裂隙顺地势向山体两侧径流。地下水侧向补给第四系孔隙水或直接排出地表，最终汇入大海。

主厂区出露的基岩主要为中等风化、微风化基岩。微风化岩体属微透水～极微透水岩体，中等风化岩体属弱透水～微透水岩体。厂址区无统一地下水水位，地下水径流缓慢。目前 5、6 机组场地已平整至厂坪标高处，场地平整后没有改变地下水的总体流向。

2) 第四系孔隙水

第四系孔隙水赋存于第四系（地层以素填土、砂质黏性土为主）孔隙中。主要接受大气降水补给，一般雨季赋存少量地下水，旱季干涸。该层填土渗透性较好，砂质黏土渗透性差，富水性差，水量贫乏，最终排泄入大海。

2.5.2.2.2 水力联系

根据厂址附近范围各岩土层的出露情况、岩性和结构特征，结合区域资料、地貌特征、水文地质条件，以低山丘陵区地表分水岭为分界线可将厂址附近范围分为三个水文地质单元，厂址位于水文地质单元 A 中。地下水在水文地质单元 A 中总体由西北向东南径流，厂址位于水文地质单元 A 的地下水径流排泄区。

厂址区三面临海、地形西高东低，主要由一系列侵蚀剥蚀低山、台地与海积平原组成。目前厂址区已开挖回填至厂坪标高处，在 1、2 号机组北西侧，3～6 号机组南西侧，形成长约 1140m，最大坡高约 71m 的人工挖方岩质边坡，边坡整体呈北西-南东走向。此边坡改造了原有地表分水岭，并形成新的地表分水岭，以此地表分水岭为界，厂址区形成相对独立的水文地质单元，在本单元内完成补给、径流、排泄入海的整个过程。厂址周边民井

主要集中在厂区西北方向人家村、油车村、南山村等，该区域地下水流经残坡积、冲洪积孔隙水含水层、海积、风积孔隙水区，最终流入大海。厂址区没有大型节理裂隙带、断层破碎带等地下水通道，与区外的水文地质单元没有水力联系。厂址位于水文地质单元的地下水径流排泄区，地下水直接进入大海。厂址区与周边民井无水力联系。

2.5.2.3 电厂对地下水的利用计划

核电厂没有利用地下水的计划。

2.5.2.4 电厂对地下水的可能影响

目前 5、6 机组场地已平整至厂坪标高处，厂坪标高以上的岩石和风化裂隙含水层已全部被清除掉，厂坪标高以下岩层主要为中等风化、微风化花岗岩，风化裂隙不发育，岩体透水性主要为微透水～极微透水，局部为弱透水～微透水；中等风化、微风化岩体中裂隙水非常贫乏。未发现贯通厂区内外的断裂构造和其他导水通道。厂区紧邻大海，厂址地下水径流下游无村庄和取水点。因此，电厂建设对地下水没有影响。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 海洋洪水

（1）天文潮

根据厂址站 2008 年 6 月 1 日～2011 年 5 月 31 日的 3 年观测资料进行调和常数计算，得到 21 年的逐时天文潮位，21 年中的最高、最低天文潮位分别为 263cm 和-194cm。摘取厂址站 21 年天文潮推算值的月天文高潮位和月天文低潮位，分别对其进行频率分析计算，从其频率曲线上摘取其相应的 10% 超越概率天文高潮位和 10% 超越概率天文低潮位分别为 249cm 和-183cm。

（2）增、减水

1) 概率论法：

2008 年 6 月至 2010 年 3 月观测期间，对厂址影响较大的有 10 场台风，针对台风期将东山站和核电厂址站的增减水进行相关分析。计算得到相关公式如下，其中 y 代表厂址站，x 代表东山站，单位为 cm。

$$y = 0.9364x - 6.6874 \quad R = 0.89$$

从相关关系可看出，两站增、减水具有较好的相关性，相关系数 R 为 0.89，表明两站受台风影响趋势相似。根据东山站 1963～2013 年极值增、减水资料及相关分析计算得到厂址站 1963～2013 年极值增、减水。

根据厂址站 1963 年～2013 年的增、减水年极值样本，用耿贝尔-I 型极值分布和 P-III 型频率分布进行重现期分析，可得不同重现期的增、减水值。为保守和合理起见，厂址

不同重现期的增、减水值选用 P-III 型频率分布计算结果，如下：

千年一遇增水值为 2.02m

千年一遇减水值为-1.52m

百年一遇增水值为 1.56m

百年一遇减水值为-1.18m

2) 确定论法：

根据《漳州核电厂工程可能最大风暴潮与波浪补充调查和分析计算报告》（国家海洋局第三海洋研究所，2014 年 11 月），厂址可能最大风暴潮分析计算过程如下：

建立合理的风暴潮数值模型，模拟 15 个有代表性的增水型台风和 3 个有代表性的减水型台风，根据风暴潮过程计算值与实测值的比较，就过程最大风暴潮值而言，其平均绝对误差只有 6.06cm。因而，可采用该数值计算模式对核电厂址的可能最大风暴潮进行计算。

确定可能最大热带气旋 PMTC 参数为：

- P_{∞} 取 1010hPa；
- 台风最大风速半径为 40km；
- 可能最大台风增水移动速度 $T=33\text{km/h}$ 、可能最大台风减水移动速度 $T=37\text{km/h}$ ；
- 移动方向 $\Phi=240^{\circ}\sim 360^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ；
- 海上 PMTC 中心最低气压为 869hPa；登闽粤 PMTC 中心最低气压为 905hPa。

计算得到厂址可能最大风暴潮增水为 3.50m，可能最大风暴潮减水为-1.94m。本次计算增水结果比前期《国电漳州核电厂工程可行性研究阶段可能最大风暴潮（PMSS）分析计算报告》（国家海洋局第三海洋研究所，2010 年 12 月）（以下简称“前期报告”）低，减水比前期报告高，为保守起见，可能最大风暴潮、减水仍采用前期报告成果：可能最大台风增水为 3.59m，可能最大台风减水为-1.97m。

（3）海平面异常

根据国家海洋局最新公布成果，中国沿海海平面平均上升速率为 2.9mm/年。预计未来 30 年，东海沿海海平面将上升 70mm~145mm，即东海海平面平均上升速率约为 3.6mm/年。漳州核电厂址海域处于东海海区，由此推算，预计 80 年内核电厂址海平面将升高约 29cm。

（4）假潮

假潮是海湾地形对外力的一种响应。当外力周期与海湾的固有振动周期一致时，则激

发假潮。HAD101/09-1990 指出，假潮的振型仅取决于海湾的几何形状和水深。振幅则取决于外力的大小。保守估计厂址处的假潮不超过 13cm。而厂址可能最大台风增水为 359cm，因此假潮存在的话其振幅值远小于风暴潮，可以忽略不计。

（5）海啸

由琉球海沟地震源引起的漳州核电厂址的最大海啸波幅均在 0.10m 以下，马尼拉组合地震源引起的漳州核电厂址的最大海啸波幅最大值也只有 0.8m，远低于 PMSS（可能最大风暴潮）值。

另外，由太平洋传入的海啸波，即越洋海啸，观测事实表明，由于台湾岛和菲律宾群岛的阻隔，进入台湾海峡海啸振幅急剧衰减，由越洋海啸产生的漳州核电厂址的最大海啸波幅会更低。通过调查，当地历史上没有遭受过越洋地震海啸的破坏。

综上，由于漳州核电厂址特殊的地理位置，局地、区域和越洋海啸对其造成灾害的风险极低。

（6）波浪影响

本计算使用 LAGFD-NWM 第三代海浪模式对台风发生、发展、衰亡全过程所引发的海浪场进行了数值模拟，计算域采用双重网格嵌套。计算古雷头南侧附近深海水域-20m 等深线处各台风过程期间的最大台风浪极值波高。

以+PMSS 及-PMSS 对应的可能最大热带气旋（PMTTC）的风场条件对工程点邻近海域的波浪要素进行数值计算。

在-PMSS 水位情况下，工程点附近很多海域出现露滩现象，所以仅对+PMSS 条件下的逐时波浪要素进行计算。

根据波浪整体物模试验结果，在 DBF 水位下可能最大台风浪在护岸处的最大爬高为 13.4m。因此，厂坪标高为 14m，可以保证主厂区不受海域洪水的影响。

（7）洪水影响

根据 HAD101/09-1990 的要求，确定厂址处的设计基准洪水位如下：

10%超越概率天文高潮位： 2.49m

可能最大台风增水： 3.59m

海平面上升：0.29m

设计基准洪水位： 6.37m

厂坪标高定为 14.0m，高于设计基准洪水位，可确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下不会对厂区安全相关构筑物产生影响。

2.5.3.2 陆域洪水

（1）暴雨洪水

本项目的可能最大降水（PMP）研究，是在广泛收集自然地理资料、暴雨洪水资料、气象资料的基础上，对区域暴雨洪水特性及暴雨天气成因进行分析，采用确定论法和概率论法分别计算厂址的可能最大降雨，从而得到厂址不同历时的可能最大降雨（PMP）资料 and 不同历时、不同重现期的设计暴雨资料。

厂区雨水排水按照千年一遇重现期设计，可能最大降雨（PMP）校核，并保证设计基准洪水位叠加千年一遇降雨工况条件下的厂区防洪安全。

（2）厂外山洪

根据厂区位置，厂址呈长条半岛状向东伸入东山湾海域，降落在厂区外围的雨水不排入厂区，分别由南、北二路排入海域，即厂址外围无汇水流域，无需考虑厂址外围防排洪设计的问题。

（3）溃坝洪水对厂区的影响

漳州核电厂厂址属滨海厂址，厂址不受地震引起的水坝可能破坏及水文因素引起的溃坝所造成的洪水影响。

（4）溪流与江河洪水的防护

厂址呈长条半岛状向东伸入东山湾海域，没有江河或溪流洪水影响核电厂安全。

2.6 地形地貌

厂址南、东、北三面环海，原始地形中间地势高，两侧地势低，主要由一系列侵蚀剥蚀残丘组成。

厂址区域场地平整在 1、2 号机组工程建设时，统一平整至 13.50m。目前 1~4 号机组区域场地已整平至 13.50m，正在进行施工。5、6 号机组区域场地已整平至 13.50m 和 15.50m，分别作为石料临时堆场及施工生产临建区等设施用地。

表 2.4-1 核电厂址周边气象站的基本信息

站名	经纬度		海拔高度	气象站 类型	区站号	站点变动信息		
	经度	纬度				建站 时间	迁站 次数	现址开始 工作时间
东山	117°30'	23°47'	53.3m	基本站	59321	1954/1/1	--	1954/1/1
云霄	117°22'	23°59'	22.8m	一般站	59322	1957/9/1	1	1977/1/1
诏安	117°08'	23°46'	18.1m	一般站	59320	1957/9/1	--	1957/9/1
漳浦	117°37'	24°08'	53.0m	一般站	59129	1960/1/1	1	1966/1/1

表 2.4-2 大气扩散参数公式系数 $\sigma_y = ax^b$, $\sigma_z = cx^d$

系数\稳定度	A	B	C	D	E	F
a	0.565	0.402	0.306	0.228	0.168	0.120
b	0.908	0.905	0.897	0.894	0.887	0.889
c	0.332	0.32	0.278	0.241	0.197	0.187
d	0.929	0.869	0.825	0.786	0.753	0.691

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	0.3~60m/s	±0.3m/s (≤10m/s) ±(0.03V)(>10m/s)	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	0°~360°	±3°	2.5°	启动风速为 0.3m/s
气温	-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	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	0.3m/s~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}$ ($\leq 10\text{m/s}$) $\pm (0.03\text{V})$ ($> 10\text{m/s}$)	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	$0^{\circ}\sim 360^{\circ}$	$\pm 3^{\circ}$	2.5°	启动风速为 0.3m/s
气温	$-40^{\circ}\text{C}\sim +85^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	0.1°C	
降水量	0~4mm/min	$\pm 1\%$ ($\leq 10\text{mm/hr}$) $\pm 3\%$ ($10\sim 20\text{mm/hr}$) $\pm 5\%$ ($20\sim 30\text{mm/hr}$)	0.1mm	
总辐射	$0\sim 2000\text{ W/m}^2$	$< 0.1\%/^{\circ}\text{C}$ (温度依赖性) WMO 二级	1 W/m^2	$15\mu\text{v/W/m}^2$
净辐射	$-2000\text{W/m}^2\sim 2000\text{W/m}^2$	$< -0.1\%/^{\circ}\text{C}$ (温度依赖性) WMO 二级	1 W/m^2	$10\mu\text{v/W/m}^2$
蒸发	0~100mm	$\pm 0.3\text{mm}$, 累积蒸发 3000mm 条件下	0.1mm	
气压	600~1100hPa	0.119hPa, 900hPa~1100hPa	0.1hPa	
湿度	0~100%	$\pm 1.5\%\text{RH}$	1%	

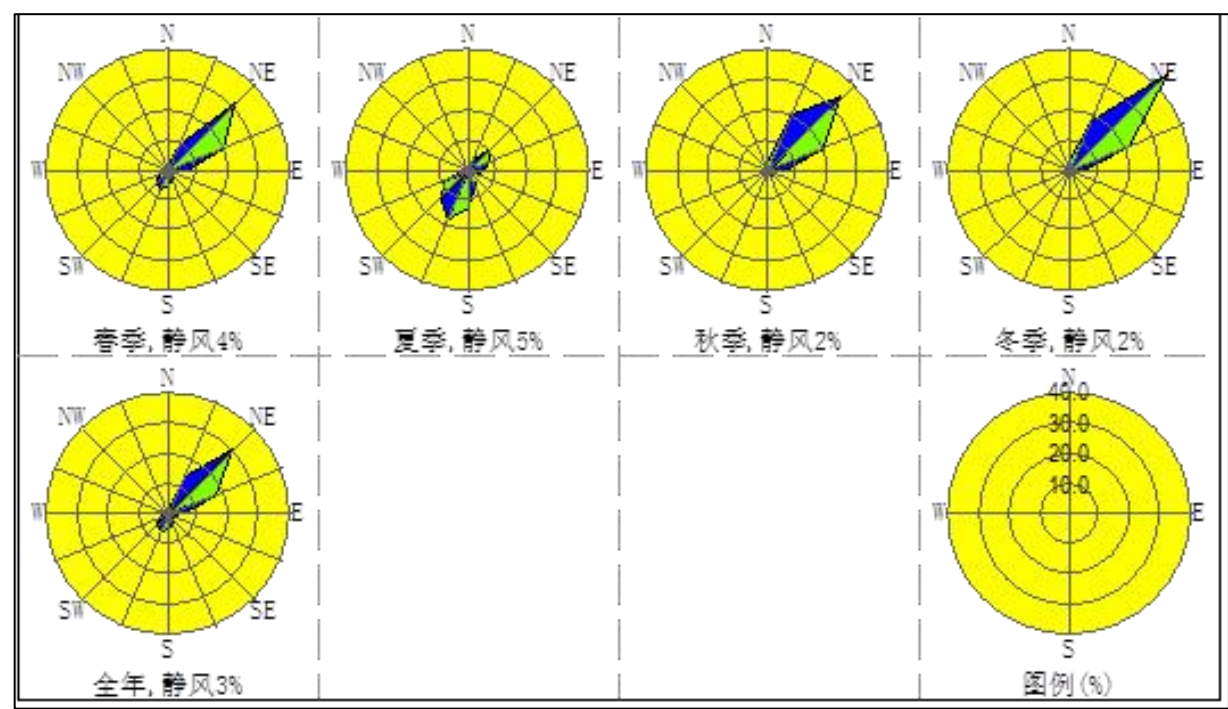


图 2.4-1 东山站四季与全年风玫瑰图

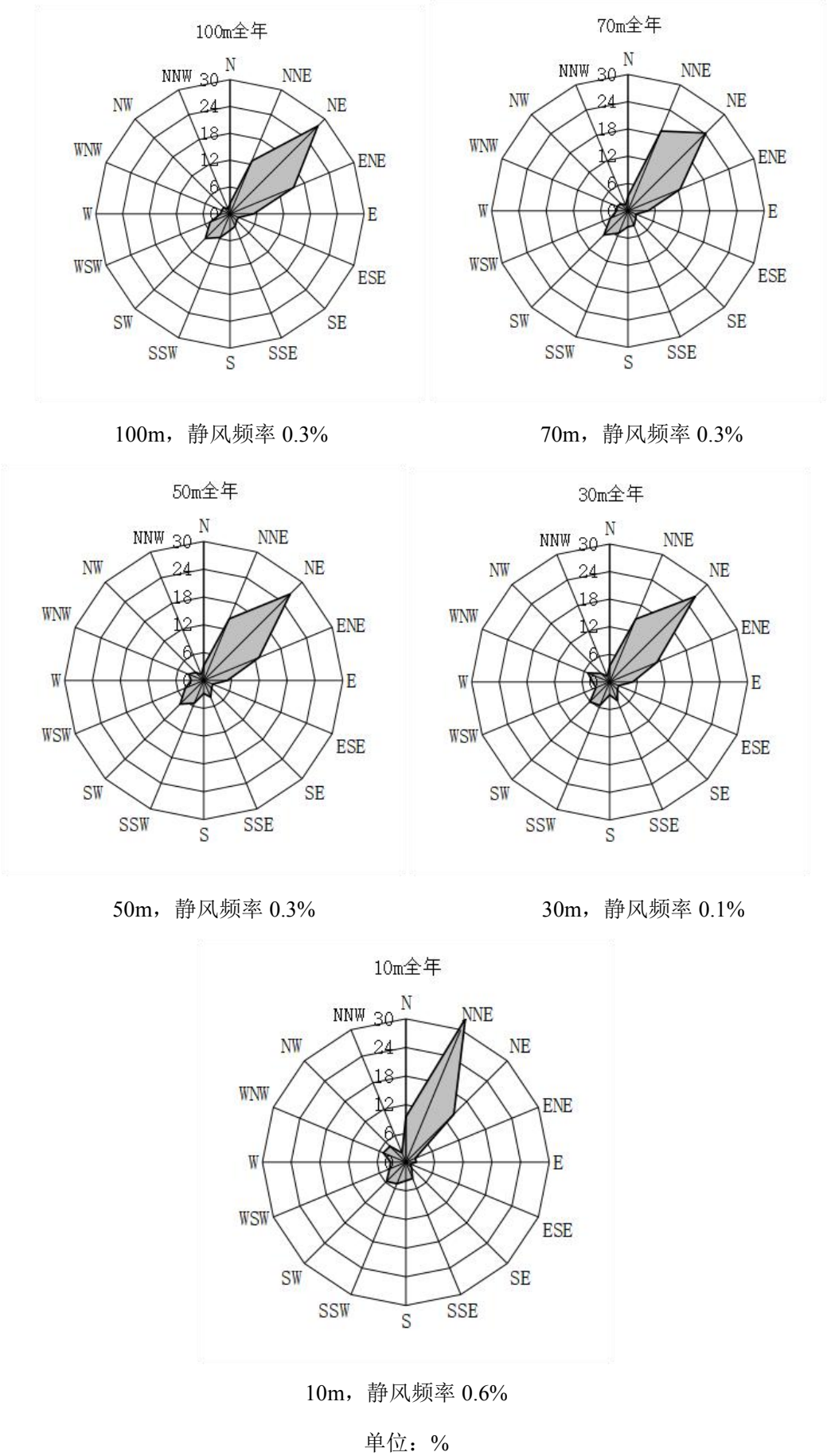


图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰（2020.5~2024.4）

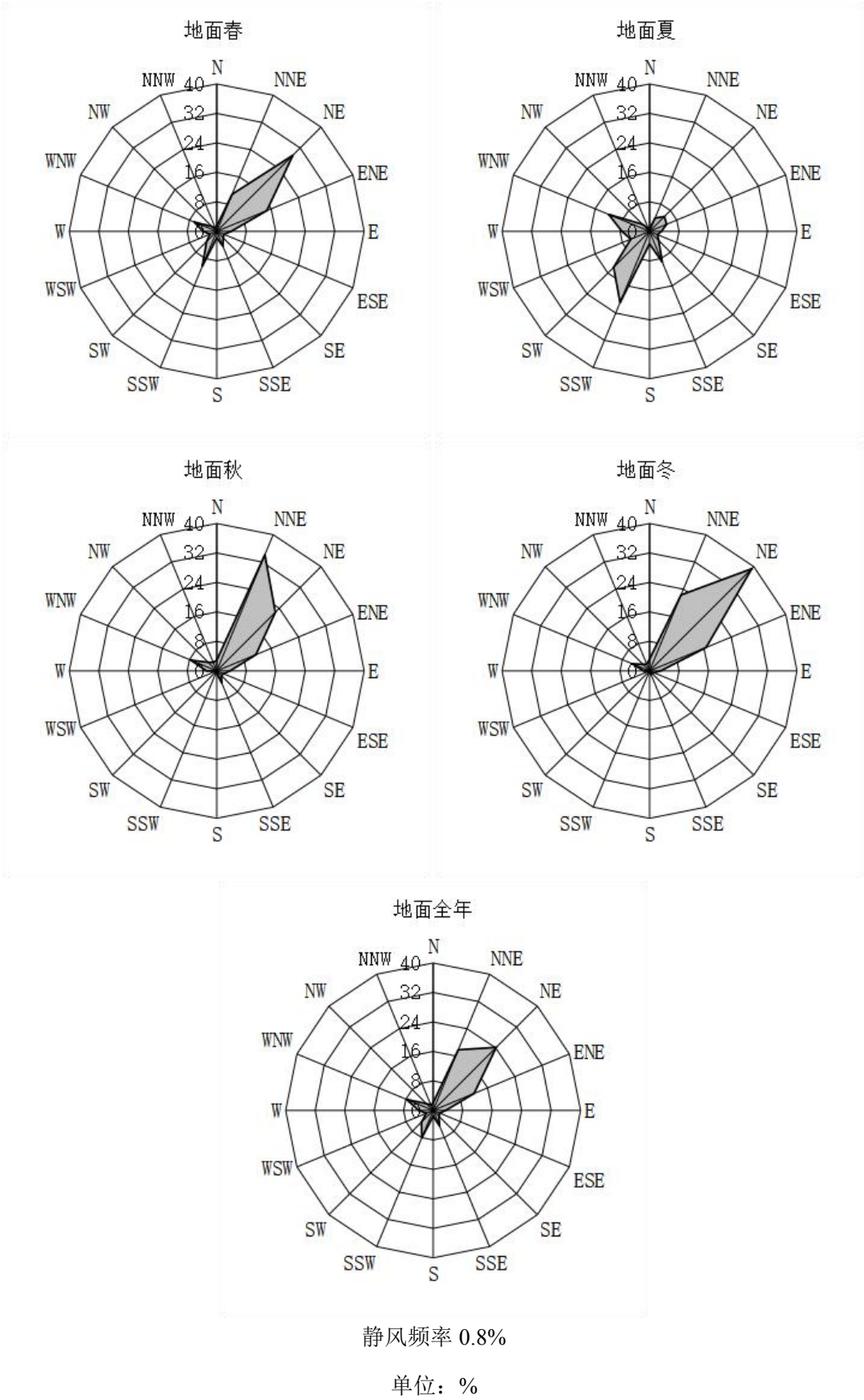
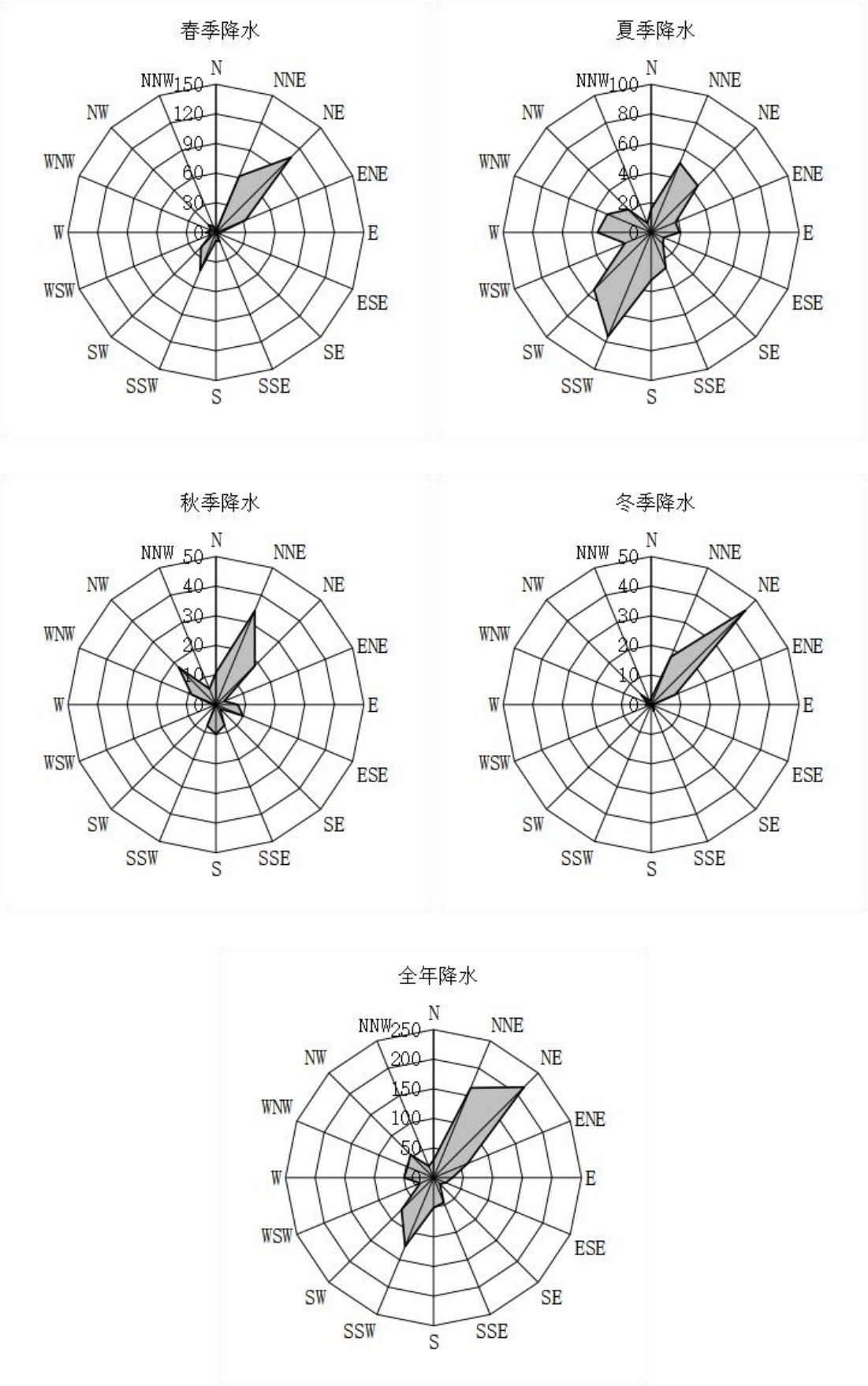


图 2.4-3 地面气象站各季及年风玫瑰图（2020.5~2024.4）



单位：mm

图 2.4-4 地面气象站降水量玫瑰图（2020.5~2024.4）

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 漳州核电厂 1、2 号机组运行前辐射环境本底调查方案

表 3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

表 3.1-3 各类样品分析方法的探测下限

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

表 3.2-2 声环境质量标准限值

表 3.2-3 监测仪器一览表

表 3.2-4 核电厂厂区电磁辐射监测点设置情况表

表 3.2-5 核电厂开关站（变电站）及第一跨监测点设置情况表

表 3.2-6 核电厂地下廊道监测点设置情况表

表 3.2-7 核电厂主/辅变压器监测点设置情况表

表 3.2-8 核电厂输电线路监测断面设置情况表

表 3.2-9 核电厂厂区外环境敏感区监测点设置情况表

表 3.2-10 核电厂通信基站监测点设置情况表

表 3.2-11 核电厂厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-12 核电厂开关站（变电站）及第一跨工频电场/工频磁场强度监测结果

表 3.2-13 核电厂地下廊道工频电场/工频磁场强度监测结果

表 3.2-14 核电厂主/辅变压器工频电场/工频磁场强度监测结果

表 3.2-15 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度监测结果

表 3.2-16 核电厂厂区外环境敏感区工频电场/工频磁场强度核射频综合场强监测结果

表 3.2-17 核电厂通信基站射频综合场强监测结果

图：

图 3.1-1 质量控制组织机构图

图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况示意图

图 3.2-2 核电厂开关站及第一跨监测点设置示意图

图 3.2-3 变电站监测点设置示意图

图 3.2-4 核电厂地下廊道监测点设置示意图

图 3.2-5 核电厂主\辅变压器监测断面设置示意图

图 3.2-6 核电厂输电线路监测点设置示意图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院于 2021 年 4 月至 2023 年 4 月开展了为期两年的辐射环境本底调查，以了解福建漳州核电厂 1、2 号机组运行前辐射环境本底情况，最终编制完成了《福建漳州核电厂 1、2 号机组运行前辐射环境本底调查报告》，并通过了专家评审。本节主要采用上述报告中的调查结果，对福建漳州核电厂 5、6 号机组运行前的辐射环境现状进行描述。

3.1.1.1 标准规范

本次调查中监测内容、监测项目、监测范围、点位布设及样品数量依据相关标准确定，主要包括：

GB 8999-2021	《电离辐射监测质量保证通用要求》
HJ 1157-2021	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
HJ 61-2021	《辐射环境监测技术规范》
HJ 969-2018	《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》

3.1.1.2 调查内容

辐射环境本底调查内容主要分为资料收集和现场调查两部分：

（1）相关数据和资料收集

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

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

（2）现场调查

- 厂址半径 50km 范围内环境 γ 辐射水平：陆地环境 γ 辐射/贯穿辐射剂量率和累积剂量；

- 厂址半径 20km 范围内主要环境介质中放射性核素活度浓度，监测的环境介质包括土壤、空气（气溶胶、沉降物、降水、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I ）、陆地水体（饮用水、地下水、地

表水、地表水沉积物、水生生物）、陆生生物（植物、动物、牛（羊）奶）、受纳水体（海水、沉积物、海洋生物）等。

上述现场调查中调查对象、监测项目以及监测频度等详见表 3.1-1。

3.1.1.3 布点原则及方案

3.1.1.3.1 布点原则

运行前辐射环境本底调查工作的测量点/采样点设置的总体原则如下：

- 遵循相关标准规范的规定；
- 充分考虑自然环境状况、社会环境状况以及影响放射性核素在环境中迁移的各种因素；
- 充分考虑核电厂周围地区人口分布、居民饮食结构等调查资料，同时参考当地气象的资料；
- 重点关注主导风向下风向区域、人口稠密区、生态功能区、环境敏感区和脆弱区；
- 重点考虑核电厂的“三关键”，充分考虑采样点和监测点的代表性。

3.1.1.3.2 布点方案

（1） 陆地 γ 辐射/贯穿辐射水平

- 调查范围：以厂址为中心，半径 50km 范围内，按半径为 2km、5km、10km、20km、50km 的 16 个方位角的扇形区域内布点。
- 点位布设：共布设 80 个测量点。

（2） 陆地环境 γ 辐射累积剂量

- 调查范围：以厂址为中心，半径 50km 范围内，按半径 2km、5km、10km、20km、50km 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 51 个测量点。

（3） 剂量率连续测量

- 点位布设：剂量率连续监测点位布设在最近居民点和关键居民组。

（4） 土壤

- 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内，在 8 个方位角内的陆地（岛屿）上布点。
- 点位布设：共布设 25 个点位，在位于 NE 方位 57km 处设对照点。每次取样时选取 3 个点位采集平行样品。

（5） 空气

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：每类介质分别设置 5 个采样点。

（6） 陆地水体

A. 饮用水

- 调查范围：以厂址为中心，半径 5km 范围内。
- 点位布设：共布设 5 个点位。

B. 地下水

- 调查范围：以厂址为中心，半径 5km 范围内。
- 点位布设：共布设 5 个点位。

C. 地表水及其沉积物

• 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内主要地表水体、流域覆盖厂址 20km 范围面积较大的水体及流域覆盖主导风下风向面积较大的水体。

- 点位布设：地表水和沉积物各设置 4 个采样点。

D. 水生生物

• 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内在主导风向下风向或流域覆盖厂址区域面积最大水体以及当地居民主要食用的水生生物。

- 点位布设：共布设 2 个点位。

（7） 陆生生物

- 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内。
- 点位布设：

谷类：大米设置 1 个采样点；红薯设置 1 个采样点。

蔬菜：空心菜设置 1 个采样点；竹笋设置 1 个采样点；白菜和包菜设置 1 个采样点。

水果：杨梅和杨桃设置 1 个采样点；柚子和沃柑设置 1 个采样点。

指示生物：指示生物选取木麻黄设置 1 个采样点。

花生：花生设置 1 个采样点。

家禽：鸡肉设置 1 个采样点；鹅肉和鸭肉设置 1 个采样点。

家畜：猪肉设置 1 个采样点；牛肉设置 1 个采样点。

奶：羊奶设置 1 个采样点。

（8） 受纳水体

A. 海水

- 调查范围：以厂址为中心，半径 5km、10km 范围内 16 个方位角的扇形区域内。
- 点位布设：本次调查中共布设了 13 个采样点，分别在核电取水口、排水口以及不同方位距离的子区，在 ESE 方位 20 公里处布设了对照点。

B. 海洋沉积物

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围及潮间带区域内。
- 点位布设：本次调查中共布设了 12 个采样点，分别在核电取水口、排水口以及不同方位距离的子区，在 ESE 方位 20 公里处布设了对照点。

C. 海洋生物

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。
- 点位布设：本次调查中共布设了 11 个采样点。采样点位分别为：
藻类：藻类采集石花菜、海带和紫菜。
鱼类：鱼类采集鲷鱼（当地称“米鱼”）、石斑鱼、眼斑拟石首鱼（当地称“红古鱼”）和赤鲷鱼（当地称“赤棕鱼”）。
贝类：贝类采集扇贝和牡蛎。
甲壳类：甲壳类采集蛭和对虾。

3.1.1.4 测量仪器及方法

测量项目所采用的仪器及测量方法依据见表 3.1-2。本次调查中测量方法的探测下限见表 3.1-3。

3.1.1.5 调查结果

(1) 环境 γ 辐射剂量率

A. 宇宙射线测量

宇宙射线于 2022 年 1 月进行测量，测量结果为 $36.6 \pm 0.5 \text{ nGy/h}$ 。测量点靠近水库中心，测量点距岸边 $>1000\text{m}$ ，水深 3.9m，测量船只为玻璃钢船。

B. 地表 γ 辐射剂量率

地表 γ 辐射剂量率一共测量了 80 个点位，其中 48 个测量点位是道路，32 个测量点位是原野。测量点距附近高大建筑物的距离大于 30m，使用高压电离室测量，测量时仪器的有效中心离地面 1 米高。

48 个道路测量点位中，地表 γ 辐射剂量率（已扣除宇宙射线成分）测量范围为 46.6 nGy/h

~172nGy/h。32个原野测量点位中，地表 γ 辐射剂量率（已扣除宇宙射线成分）测量范围为19.4nGy/h~172nGy/h。

C. 累积剂量

累积剂量共布设了 50 个点位，布设在树上，监测频度为 1 次/季。累积剂量的布设点位与该点位的剂量率测量点位重合。地表 γ 辐射累积剂量换算出的小时均值结果为 92.4~181.7nGy/h。

D. 原野贯穿辐射剂量率连续监测

原野贯穿辐射剂量率连续监测共布设了 2 个点位，仪器均布设在房顶。测量仪器为 RP3000B 型高压电离室，剂量率连续监测结果中月均值范围为 119~176nGy/h。

(2) 空气

A. 气溶胶

空气中气溶胶样品的采用青岛崂应公司生产的 2031 型大流量采样器进行采集，采样体积均大于 10000m³，气溶胶样品的分析项目包括总 α 、总 β 、⁹⁰Sr 和 γ 核素（⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs 和 ⁷Be、⁴⁰K、⁹⁵Zr、¹⁴⁴Ce、¹³¹I）。监测频次为 1 次/季。

γ 谱分析测量结果中，⁷Be 给出了全部样品的测量结果，部分点位 ¹³⁷Cs 测量结果略高于探测限，其余核素（⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、⁴⁰K、⁹⁵Zr、¹⁴⁴Ce 和 ¹³¹I）测量结果均低于探测限。⁷Be 的测量结果范围为 0.92~9.83mBq/m³。

放化分析项目为总 α 、总 β 和 ⁹⁰Sr，均给出了全部样品的测量结果：总 α 活度浓度范围为 0.0090~0.22mBq/m³；总 β 活度浓度范围为 0.12~1.41mBq/m³；⁹⁰Sr 活度浓度范围为 0.72~4.85 μ Bq/m³。

B. 沉降灰

沉降灰样品的分析项目包括总 α 、总 β 、⁹⁰Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括：⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁷Be、¹³¹I、¹⁴⁴Ce。监测频次为 1 次/季。 γ 谱分析测量结果中，全部样品给出了 ⁷Be 的测量结果，活度浓度范围为 0.031~1.35Bq/(m²•d)。¹³⁷Cs 的测量结果范围为 <LLD~3.24mBq/m²•d。其余核素（⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs 和 ¹⁴⁴Ce）均低于探测限。

放化分析项目为总 α 、总 β 和 ⁹⁰Sr，均给出了全部样品的测量结果：总 α 活度浓度范围为 0.025~0.51Bq/(m²•d)，总 β 活度浓度范围为 0.079~0.57Bq/(m²•d)，⁹⁰Sr 活度浓度范围为 0.41~7.92mBq/(m²•d)。

C. 空气 ³H、¹⁴C 和 ¹³¹I

空气中 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 共设置 5 个采样点，同一点位采样点设置与气溶胶和沉降灰点位重合。监测频次为 1 次/季。

^3H 的活度浓度范围为 $2.96\sim 14.1\text{mBq/m}^3$ ($0.22\sim 0.69\text{Bq/L}$ 水)， ^{14}C 的活度浓度范围为 $30.0\sim 53.8\text{mBq/m}^3$ ($0.16\sim 0.29\text{Bq/g}$ 碳)。

所有点位 ^{131}I 测量结果均低于探测限。

D. 降水

降水监测项目为 ^3H 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{144}Ce 、 ^{124}Sb 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 。监测频次为 1 次/季。

γ 谱测量所有测量结果均低于探测限。放化分析中 ^{90}Sr 、 ^3H 给出了全部测量结果，其中： ^{90}Sr 的结果活度浓度范围为 $3.32\sim 41.8\text{mBq/L}$ ， ^3H 的测量结果活度浓度范围为 $<\text{LLD}\sim 0.45\text{Bq/L}$ 。

(3) 陆地水体

A. 饮用水

饮用水监测项目为总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{144}Ce 、 ^{124}Sb 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 。每年丰水期和枯水期各监测 1 次。

γ 谱测量所有测量结果均低于探测限。放化分析中总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 给出了全部测量结果，其中：总 α 活度浓度范围为 $0.0090\sim 0.12\text{Bq/L}$ ，总 β 活度浓度范围 $0.092\sim 0.31\text{Bq/L}$ ， ^{90}Sr 活度浓度范围为 $1.07\sim 19.2\text{mBq/L}$ ， ^3H 活度浓度范围 $<\text{LLD}\sim 0.48\text{Bq/L}$ ， ^{14}C 活度浓度范围为 $0.34\sim 5.63\text{mBq/L}$ ($0.15\sim 0.21\text{Bq/g}$ 碳)。

B. 地下水

地下水监测项目包括总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{144}Ce 、 ^{124}Sb 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 。每年丰水期和枯水期各监测 1 次。

γ 谱测量所有结果均低于探测限。

放化分析中总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 给出了全部测量结果，其中：总 α 活度浓度范围 $0.013\sim 0.16\text{Bq/L}$ ，总 β 的活度浓度范围为 $0.078\sim 0.91\text{Bq/L}$ ， ^{90}Sr 活度浓度范围 $0.17\sim 45.1\text{mBq/L}$ ， ^3H 活度浓度范围 $<\text{LLD}\sim 0.33\text{Bq/L}$ ， ^{14}C 活度浓度范围为 $2.14\sim 14.40\text{mBq/L}$ ($0.17\sim 0.24\text{Bq/gC}$)。

C. 地表水

地表水监测项目包括总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、

^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{144}Ce 、 ^{124}Sb 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 。每年丰水期和枯水期各监测 1 次。

γ 谱测量所有测量结果均低于探测限。放化分析总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 给出了全部测量结果，其中：总 α 活度浓度范围0.0090~0.30Bq/L，总 β 活度浓度范围0.084~0.96Bq/L， ^{90}Sr 活度浓度范围1.25~15.7mBq/L， ^3H 活度浓度范围<LLD~0.43Bq/L， ^{14}C 活度浓度范围0.71~7.84mBq/L（0.16~0.22Bq/g碳）。

D. 底泥

底泥样品的分析项目包括 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{95}Zr 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 。监测频次为1次/半年。

γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 均给出了测量结果，人工核素 ^{137}Cs 在部分样品中高于探测限，其余核素测量结果均低于探测限，其中： ^{238}U 活度浓度范围为36.4~217Bq/kg， ^{226}Ra 活度浓度范围为29.9~221Bq/kg， ^{232}Th 活度浓度范围为52.4~368Bq/kg， ^{40}K 活度浓度范围为582~1960Bq/kg。

放化分析测量结果中， ^{90}Sr 均给出了测量结果， $^{239+240}\text{Pu}$ 部分结果给出了测量结果。

^{90}Sr 活度浓度范围为0.30~3.47Bq/kg， $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为<LLD~0.17Bq/kg。

（4）土壤

土壤样品的分析项目包括 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、 ^{95}Zr 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 。每个子区最近采样点和对照点补充进行 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析，监测频次为1次/年。

γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 均给出了测量结果，人工核素 ^{137}Cs 在部分样品中高于探测限，其中： ^{238}U 的活度浓度范围为9.19~158Bq/kg， ^{226}Ra 的活度浓度范围为6.69~136Bq/kg， ^{232}Th 的活度浓度范围为9.09~228Bq/kg， ^{40}K 的活度浓度范围为141~1720Bq/kg， ^{137}Cs 的活度浓度范围为<LLD~1.39Bq/kg。

放化分析测量结果中， ^{90}Sr 的活度浓度范围为0.28~2.86Bq/kg， $^{239+240}\text{Pu}$ 的活度浓度范围为 4.73×10^{-3} ~0.091Bq/kg。

（5）陆生生物

陆地生物样品共 8 类 23 种 49 个样品，包括谷类、蔬菜类、水果类、花生、指示生物、家禽、家畜、牛（羊）奶。陆生生物监测项目包括 ^3H （有机氚、组织自由水氚）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{124}Sb 和

^{144}Ce 。陆生植物监测频次为 1 次/收获期，陆生动物监测频次为 1 次/年。牛奶的监测项目为 ^{131}I ，监测频次为 1 次/半年。

γ 谱分析测量结果中， ^{137}Cs 的测量结果的范围为 $<\text{LLD}\sim 0.11\text{Bq/kg}$ （鲜重），其余核素测量结果均低于探测限。

放化分析测量结果中， ^{90}Sr 、 ^{14}C 给出了全部测量结果，其中： ^{90}Sr 的测量结果的范围为 $1.15\sim 642\text{mBq/kg}$ （鲜重）；自由水氚的测量结果的范围为 $<\text{LLD}\sim 1.40\text{Bq/kg}$ （鲜重）；有机氚的测量结果的范围为 $<\text{LLD}\sim 1.48\text{Bq/kg}$ （鲜重）； ^{14}C 的测量结果的范围为 $4.15\sim 101.45\text{Bq/kg}$ （鲜重）（ $0.17\sim 0.22(\text{Bq/g 碳})$ ）。

（6）水生生物

水生生物采集了水草、鲢鱼和罗非鱼，监测项目为 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{124}Sb 和 ^{144}Ce ，所有给出结果均为可食鲜重的结果。水生植物的监测频次为 1 次/收获期，水生动物的监测频次为 1 次/年。 ^{137}Cs 的测量结果范围为 $<\text{LLD}\sim 0.061\text{Bq/kg}$ （鲜重）， ^{90}Sr 的测量结果范围为 $10.4\sim 259\text{mBq/kg}$ （鲜重）， ^{14}C 的测量结果范围为 $7.89\sim 68.83\text{Bq/kg}$ （鲜重）（ $0.17\sim 0.22(\text{Bq/g 碳})$ ），其它核素（包括 ^{134}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{124}Sb 和 ^{144}Ce ）测量结果均低于探测限。

（7）海水

海水共布设 14 个采样点，测量项目包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{40}K 。监测频次为 1 次/半年。

γ 谱分析结果中， ^{137}Cs 活度浓度范围 $<\text{LLD}\sim 1.78\text{mBq/L}$ ； ^{40}K 活度浓度范围 $7.90\sim 14.2\text{Bq/L}$ ，其它核素（包括 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I ）测量结果均低于探测限。

放化分析项目中，总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 均给出了测量结果， ^3H 给出了部分样品的测量结果，总 α 测量结果均低于探测限，其中：总 β 活度浓度范围 $8.00\sim 14.7\text{Bq/L}$ ； ^{90}Sr 活度浓度范围 $0.27\sim 1.67\text{mBq/L}$ ； ^3H 活度浓度范围 $<\text{LLD}\sim 0.29\text{Bq/L}$ ； ^{14}C 活度浓度范围 $2.93\sim 5.63\text{mBq/L}$ （ $0.17\sim 0.23\text{Bq/gC}$ ）。

（8）海洋沉积物

海洋沉积物共布设 12 个采样点，监测项目包括 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、 ^{95}Zr 。监测频

次为 1 次/年。海洋沉积物 5km 范围内和对照点共 8 个监测点位，其分析项目还包括 $^{239+240}\text{Pu}$ 。 γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 均给出了测量结果，人工核素 ^{137}Cs 给出了部分样品的测量结果，其中： ^{238}U 的活度浓度范围为 16.4~52.6Bq/kg； ^{226}Ra 的活度浓度范围为 17.3~46.0Bq/kg； ^{232}Th 的活度浓度范围为 28.7~70.7Bq/kg； ^{40}K 的活度浓度范围为 528~802Bq/kg； ^{137}Cs 的活度浓度范围为 <LLD~1.15Bq/kg。

放化分析结果中， ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 的样品均给出了测量结果，其中： ^{90}Sr 的活度浓度范围为 0.15~1.70Bq/kg； $^{239+240}\text{Pu}$ 的活度浓度范围为 0.015~0.47Bq/kg。

（9）海洋生物

海洋生物样品测量项目为自由水氚、有机氚、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{124}Sb 和 ^{144}Ce ，所有给出结果均为可食鲜重（干重）的结果。 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 测量结果中海菜和海带为干重结果（Bq/kg(干重)）。

γ 谱分析测量结果中， ^{137}Cs 的测量结果范围为 <LLD~0.075(Bq/kg 鲜)，其余核素测量结果均低于探测限。 ^{137}Cs 鱼类（赤棕鱼、红古鱼和米鱼）相对较高，贝类（牡蛎和扇贝）和甲壳类（虾）较低，紫菜、海带、石花菜等低于探测限。

放化分析中， ^{90}Sr 的测量结果范围为 2.89~241(mBq/kg 鲜)，自由水氚的测量结果范围为 <LLD~0.97Bq/L，有机氚的测量结果范围为 <LLD~5.13Bq/L， ^{14}C 的测量结果范围为 0.17~0.22(Bq/g 碳)。

3.1.1.6 质量保证措施

为保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，以及对调查过程进行全面控制，在本次环境放射性本底调查过程中采取了一系列质量保证措施。在调查过程中的质量保证措施主要有以下几个方面：

（1）组织机构及人员配备

调查任务承担单位针对本次调查成立了调查组织机构，对调查过程进行质量控制，质量控制组织机构见图 3.1-1，明确的规定了相应的职责、权限和联络渠道。从事对质量活动有影响的人员，均具备从事该任务所必须的学历、经历和业务熟练程度，项目负责人和质保负责人具有硕士研究生以上学历，具有环境辐射本底调查相关工作 5 年以上，项目参加人员具有大专以上学历，具有环境辐射本底调查相关工作经历 1 年以上，并进行质保培训与考核。

（2）样品采集、预处理及运输过程的质量控制

本项目涉及到的样品采集和预处理主要按照调查单位的有关作业指导书进行。按照相关操作规范采集完成并做好标识的样品按照样品的特性进行适当的包装，在运输前认真填写样品清单，清点样品，并且检查包装是否符合要求，然后用厢式货车公路运输样品到实验室，样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品清单上签字，将样品有条理的放置在样品室的未检区，分析人员按规定领取样品，及时分析测量。

（3）仪器设备的控制

A. 现场采样设备的控制

1) 用于采样和分析的仪器设备，按照国家计量法的要求进行检定/校准后在有效期内使用。

2) 对多台同样的设备按仪器编号标识，防止混用。

3) 仪器经长途运输到达现场后，工作人员首先查看仪器外形是否有损伤、变形，异常部位着重检查，以消除隐患。经外观确认正常后，通电检查，按照说明书上的技术要求操作，查看仪器是否工作正常。

4) 现场仪器经运输后，使用前经检验，确认其性能良好后使用，并做好记录。

5) 仪器、采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染。

6) 仪器维修后重新检定合格后使用。

B. 测量仪器的检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证检测测量值具有溯源性。

C. 放射性测量装置的刻度和性能检验

质控图是检查仪器设备状态是否正常的主要手段，在本次调查分析测量中涉及到的仪器设备主要有 γ 谱仪、 α/β 测量仪、液闪谱仪、 α 谱仪等，上述设备均进行了质控图检验。

（4）样品的质量控制

A. 平行样品

为了对项目中样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在项目的实施过程中，分别对饮用水、地表水、底泥、土壤、陆生生物、海水、海洋沉积物、海洋生物等种类的样品采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。总的平行样品为 45 组，测量结果表明样品平行性良好。

B. 掺标样品

2021 年度对气溶胶、土壤、水、生物灰的 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、总铀、总 α 、总 β 、 ^3H 进行了掺标样品的测量，2022 年度对沉降灰、土壤、水、生物的 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、总铀、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 进行了掺标样品的测量，同时对 γ 辐射吸收剂量率进行了环境标准场的测量。所有测量结果偏差小于 20%，测量结果满意。

C. 空白样品

2021 年度对 ^{90}Sr 、总铀、总 α 、总 β 测量过程中的空白样品进行了测量，测量结果表明，样品测量过程中使用的试剂、材料本底满足分析要求。

D. 标准物质和放射源

未拆封且在有效期内、储存条件符合、包装完好的 CRM 无需核查，但要制定管理文件规范使用和储存。拆封后，使用频繁、不稳定、储存条件变化、临近有效期等情况需核查。重点核查参考（标准）物质、质控样品、实验室配制的标准溶液等。有证标准物质核查是否在有效期内、按证书规定使用等；非有证标准物质定期用有证标准物质核查，无法获得有证标准物质时，可通过实验室间比对、送有资质校准机构校准等方法核查。

（5）人员和分析方法的质量控制

A. 人员监督和方法监控

2021 年度对三位分析人员的能力进行了监督，同时对生物灰中 ^{90}Sr 、水中总放、土壤中 $^{239+240}\text{Pu}$ 的分析过程进行了监控，监督/监控结果满足分析要求。

B. 人员培训

为保持人员分析能力并不断改进，在 2021 年度共进行了 3 次人员培训，培训范围包括总放、总铀、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{210}Po 、铀同位素、 γ 谱分析、 γ 辐射场、表面污染、氡、 β 核素（ ^3H 、 ^{14}C 、 ^{63}Ni 、 ^{99}Tc 、 ^{226}Ra 、钍）、电磁辐射、质量保证等内容，培训内容完整覆盖了此次调查项目。

（6）实验室间比对

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

IAEA-TEL-2021-04 比对内容包括 3 个水样品、1 个竹子样品和 1 个气溶胶样品，比对结果合格。

3.1.2 辐射环境质量评价

将本次调查结果与 2010 年完成的《国电漳州核电厂可行性研究阶段环境辐射本底概况初步调查、环境噪声水平调查报告》中的数据进行比较。通过对比分析可知，本工程厂

址周围环境 γ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度处于正常水平，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

监测时间为2024年7月9日~7月15日，共7天。本次监测期间气温范围为26.3~35.2℃，湿度范围为68.2~88.6（%RH），气压范围为100.4~101.1kPa，风速范围为0.1~4.8m/s，主要风向为SW~S。

1) 执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）；
- 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）。

厂址及附近区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

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

2) 监测结果

SO₂ 各测点的小时浓度范围在未检出~16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间；日均浓度范围在 6~11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，SO₂ 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

NO₂ 各测点的小时浓度范围在 8~25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，日均浓度范围在 11~18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。NO₂ 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求

NO_x 各测点的小时浓度范围在 11~31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，日均浓度范围在 15~24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。NO_x 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

CO 各测点的小时浓度范围在 0.3~0.8 mg/m^3 之间，日均浓度范围在 0.4~0.7 mg/m^3 之间。CO 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

O₃ 各测点的小时浓度范围在 13~97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，8 小时平均浓度范围在 15~80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。O₃ 小时浓度和 8 小时平均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

TSP 各测点的日均浓度值在 50~130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，TSP 日均浓度符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

PM₁₀ 各测点的日均浓度值在 34~83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

PM_{2.5} 各测点的日均浓度值在 17~47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

综上所述，各污染物平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

监测时间为 2024 年 7 月 8 日~7 月 10 日。

1) 执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）。

《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中噪声标准限值见表 3.2-2。

2) 监测结果

（1）厂界声环境现状

厂界噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 59.1~62.6dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 57.8~63.5dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 3 类标准限值 65dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为 45.1~52.8dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 49.3~53.4dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 3 类标准限值 55dB（A）的要求。

（2）厂区内声环境现状

厂区内噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 57.9~62.4dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 58.5~62.8dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 3 类标准限值 65dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为 49.1~53.9dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 48.7~53.5dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 3 类标准限值 55dB（A）的要求。

（3）声环境保护目标声环境现状

声环境保护目标噪声监测点，第一天昼间噪声等效声级为 49.5~57.3dB（A），第二天昼间噪声等效声级为 49.9~55.7dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 2 类标准限值 60dB（A）的要求；第一天夜间噪声等效声级为 40.2~46.9dB（A），第二天夜间噪声等效声级为 40.4~44.4dB（A），符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的 2 类标准限值 50dB（A）的要求。

（4）网格布点声环境现状

网格噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 48.5~53.1dB（A），第二天昼间噪声等效

声级为 46.8~55.5dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 2 类标准限值 60dB (A) 的要求；第一天夜间噪声等效声级为 38.8~46.2dB (A)，第二天夜间噪声等效声级为 39.6~47.0dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 2 类限值 50dB (A) 的要求。

(5) 噪声源声环境现状

噪声源监测点（碎石场）第一天昼间噪声等效声级为 51.6dB (A)，第二天昼间噪声等效声级为 51.6dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 2 类标准限值 60dB (A) 的要求；第一天夜间噪声等效声级为 44.0dB (A)，第二天夜间噪声等效声级为 46.7dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 2 类标准限值 50dB (A) 的要求。

(6) 道路交通声环境现状

交通噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 62.2~63.8dB (A)，第二天昼间噪声等效声级为 63.7~63.8dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 4a 类标准限值 70dB (A) 的要求；第一天夜间噪声等效声级为 53.2~53.5dB (A)，第二天夜间噪声等效声级为 50.4~52.1dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 4a 类标准限值 55dB (A) 的要求。

(7) 海域环境声环境现状

海域环境噪声监测点第一天昼间噪声等效声级为 54.1~57.9dB (A)，第二天昼间噪声等效声级为 50.7~56.6dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 4a 类标准限值 70dB (A) 的要求；第一天夜间噪声等效声级为 48.1~49.8dB (A)，第二天夜间噪声等效声级为 47.2~51.2dB (A)，符合《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 规定的 4a 类标准限值 55dB (A) 的要求。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

工程海域位于东山湾，湾顶有漳江入海，湾口朝南，口门狭窄，宽仅 5km，其间还有塔屿等大小岛屿屏障，是一个半封闭的海湾，湾内海域总面积达 247.89km²，是闽南最大的海湾，滩涂面积为 92.36km²，0m 等深线以下海域面积为 155.5km²。其中 0m~-5m 等深线海域面积为 117.2km²，约占整个海湾面积的一半，-10m~-20m 等深线海域面积为仅 11km²，水深 20m 以上的深水区靠近湾口由塔屿东西 2 个水道伸入湾内。

根据《福建省人民政府关于调整福建省近岸海域环境功能区划(漳州核电项目近岸海域)的批复》(闽政文〔2018〕205 号)，福建漳州核电厂附近海域环境功能区划为“东山湾

列屿四类区”（FJ135-D-III）、“东山湾漳州核电三类区”（FJ152-C-II）和“东山湾二类区”（FJ137-B-II），“东山湾列屿四类区”（FJ135-D-III）水质保护目标执行第三类海水水质标准；“东山湾漳州核电三类区”（FJ152-C-II）水质保护目标为规划期内除水温执行三类海水水质标准外，其余水质指标执行二类海水水质标准；“东山湾二类区”（FJ137-B-II）水质保护目标执行第二类海水水质标准。

3.2.3.1 受纳水体环境质量现状调查

为了解厂址附近海域的海洋环境状况，自然资源部第一海洋研究所于 2022 年 4 月（春季）、2022 年 8 月-9 月（夏季）、2022 年 11 月（秋季）和 2023 年 2 月（冬季）开展了厂址附近海域生态环境调查工作，并于 2023 年 6 月完成厂址附近海洋生态环境现状调查及评价（含渔业调查）项目最终成果报告。

生态调查设置海水水质大面站 48 个。

监测项目：水温、盐度、水深、电导率、水色、透明度、浊度、pH、总碱度、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、挥发酚、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、非离子态氨、活性磷酸盐、硅酸盐、硫化物、氯化物、氰化物、氟化物、石油类、阴离子表面活性剂、总磷、总氮、悬浮物、硼、重金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬）、砷、硒、余氯等。

样品采集：按照《海洋调查规范 第 4 部分：海水化学要素调查》（GB/T12763.4-2007）、《海洋监测规范第 4 部分：海水分析》（GB17378.4-2007）的有关规定进行。

水样中各化学要素需要现场分析或带回陆地实验室进行分析，做好样品保存、转移等工作，以保证样品的质量。分析、记录、数据处理严格按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）等有关标准执行。

3.2.3.2 受纳水体环境质量评价

2022 年 4 月至 2023 年 2 月 5 个航次水质调查中溶解氧、硫化物、氰化物、挥发酚、阴离子表面活性剂、镉、铬、砷、硒、汞和镍均符合第一类海水水质标准。

pH 在春季航次有 1 个站位超出第一、二类海水水质标准，夏季大、小潮航次均有 2 个站位超出第一、二类海水水质标准。

无机氮水样中春季航次超出第一类海水水质标准的占比在 20%以上，夏季大潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 12.9%，夏季小潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 14%，秋季航次超出第一类海水水质标准的占比为 17.3%，冬季航次超出第一类海水水质标准的占比为 56.9%。

磷酸盐水样中春季航次超出第一类海水水质标准的占比为 16.7%，夏季大潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 10.6%，夏季小潮航次超出第一类海水水质标准的占比为

16.1%，秋季航次超出第一类海水水质标准的占比为 90%，冬季航次超出第一类海水水质标准的占比为 88.3%。

五日生化需氧量水样中春季航次超出第一类海水水质标准的占比为 65.2%，夏季大潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 56.2%，夏季小潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 29.3%，秋季航次超出第一类海水水质标准的占比为 11.5%，冬季航次超出第一类海水水质标准的占比为 27.3%。

油类水样中春季航次超出第一类海水水质标准的占比为 18.8%，夏季大潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 28.9%，夏季小潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 16.7%，秋季航次超出第一类海水水质标准的占比为 20.8%，冬季航次超出第一类海水水质标准的占比为 27.8%。

铜在春季航次、夏季大潮航次、夏季小潮航次均只有一个站位超出第一类海水水质标准。

铅水样中夏季大潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 18%，夏季小潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 16%。

锌水样中夏季大潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 14%，夏季小潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 5.4%。

2022 年 4 月至 2023 年 2 月五个航次无机氮浓度较 2018 年有所降低，超标率明显下降。超标的站位可能与海水养殖活动、近岸陆源输入密切相关。

2022 年春季、夏季和秋季航次磷酸盐浓度较 2018 年均有所降低，超标率明显下降，2023 年冬季航次磷酸盐浓度与 2018 年同期浓度相近。这与湾内海水养殖活动、近岸陆源输入密切相关。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订，2017 年 10 月 1 日施行）
- 《核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ 808-2016）
- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2023）

- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）
- 《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法（试行）》（HJ 1151-2020）

3.2.4.2 调查内容及范围

（1）工频电场、工频磁场强度：本项目拟与1、2号机组共用已建的500kV 开关站，以已建共用的500kV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

- 每个测点分别测量离地 1.5m 的电场强度和磁感应强度。
- 每个测点应记录当时的天气情况，环境温度和相对湿度。
- 在测量电场强度和磁感应强度时，每个点连续测量 5 次，每次测量时间不小于 15s，读取稳定状态最大值。
- 每个测量点均拍摄照片，用于反映各监测点原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

（2）射频综合场强

每个测点使用非选频式辐射测量仪，分别测量离地 1.7m 的综合场强。每个测点应记录当时的天气情况，环境温度和相对湿度。

5G 基站使用选频式辐射测量仪，监测仪器探头(天线)距地面(或立足平面)1.7m，分别测量各基站下行频段的功率密度，监测时，被监测的移动通信基站应为正常工作状态，5G 终端设备应与被监测的 5G 移动通信基站建立连接并至少处于一种典型应用场景。监测仪器探头(天线)置于监测仪器支架上，探头(天线)尖端与操作人员躯干之间距离不少于 0.5m，并与 5G 终端设备保持在 1m 至 3m 范围内；避免或尽量减少周边偶发的其他电磁辐射源的干扰及监测仪器支架泄漏电流等影响。

在进行电磁辐射测量时，每个监测点的测量时间区间，选择环境电磁辐射的高峰期为：5:00~9:00、11:00~14:00、18:00~23:00。每次测量间隔时间为 1h，昼夜测量时间点不少于 10 个。

每个监测点每次监测时间不少于 6 分钟，读取监测仪器的平均值。

每个测量点均拍摄照片，用于反映各监测点原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

3.2.4.4 监测仪器

本次监测仪器见表 3.2-3。

3.2.4.5 监测时间及天气

2024 年 7 月 4 日到 7 月 10 日对福建漳州核电厂厂址周围电磁环境进行了现场调查。由表 3.2-11~17 可知，监测期间气象条件符合监测规范及仪器使用要求。

3.2.4.6 电磁辐射源调查

厂址半径 5km 范围内现有电磁辐射源主要包括：500kV 开关站、220kV 辅助开关站、35kV 施工进线开关站、列屿 110kV 变电站、漳州核电厂 1、2 号机组主变压器、35kV 施工变压器、500kV 出线输电线路、220kV 辅助输电线路、列屿卫生院移动基站、列屿镇镇区移动基站（5G）、山前村(山下)移动基站、山前村(山上)移动基站、后江村移动基站、漳州云霄南山移动基站（5G）、漳州云霄列屿青径大通道移动基站、半山村移动基站、核电站西侧移动基站（5G）。

3.2.4.7 监测点设置

a) 厂区监测点设置

本次监测根据厂区电磁辐射源和敏感区分布情况设置监测点如下：

本次调查工作共设置 12 个监测点，在厂区边界设 5 个，厂区内 7 个。编号 N1~N12，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。监测点名称、编号见表 3.2-4 和图 3.2-1。

b) 开关站及第一跨监测点设置

厂区内已建 3 个开关站，1~6 号机组共用 500kV 开关站、220kV 辅助开关站以及一座 35kV 施工进线开关站，目前 500kV 开关站、220kV 辅助开关站已投用；厂区外 1 个列屿 110kV 变电站。在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场和工频磁场强度，编号 K1~K16。在第一跨以导线档距中央弧垂最低位置处监测工频电场、工频磁场强度，编号 K17~K18。开关站（变电站）及第一跨监测点设置情况见表 3.2-5 和图 3.2-2~3。

c) 地下廊道监测点设置

共设置 12 个地下廊道监测点，编号 L1~L12，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度。监测点名称、编号见表 3.2-6 和图 3.2-4。

d) 主/辅变压器监测点设置

对于主变压器，选择以主变围墙为起点，在远离进出线一侧设监测点，按 5m 间距，在 0~50m 范围设点，每个主变压器各设 11 个监测点，监测工频电场强度与工频磁场强度。

分别对漳州核电厂已建的 3 个主变压器和拟建的 4 个主变压器及 6 个辅助变压器进行监测，其中漳州 1、2 号机组辅助变压器设置一个监测断面，拟建 3、4 号机组辅助变压器设置一个监测断面，拟建 5、6 号机组辅助变压器设置一个监测断面，共设 110 个监测点。监测点编号见表 3.2-7 和图 3.2-5。

e) 输电线路监测点设置

共设 2 处监测断面（编号 P1~P2），P1 为 500kV 出线输电线路监测断面，P2 为 220kV 辅助输电线路监测断面。分别在各输电线路垂直方向和平行方向设置监测断面，每个监测断面上监测点设置如下：

（1）垂直方向的监测断面点位设置

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

（2）平行方向的监测断面点位设置

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

输电线路监测断面设置情况见表 3.2-8 和图 3.2-6。

f) 厂区外环境敏感区与通信基站监测点设置

在核电厂厂区外敏感区布点原则按照居民点、学校、养老院、卫生院和较大企事业单位设置监测点，共设置 34 个监测点，编号 1~34。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。监测点设置情况见表 3.2-9。

厂区外布设 17 个通信基站监测点，编号 T1~T17，监测射频综合场强。监测点设置情况见表 3.2-10。

3.2.4.8 电磁辐射现状监测数据

核电厂厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-11。

核电厂开关站（变电站）及第一跨工频电场/工频磁场强度监测结果见表 3.2-12。

核电厂地下廊道工频电场/工频磁场强度监测结果见表 3.2-13。

核电厂主/辅变压器工频电场/工频磁场强度监测结果见表 3.2-14。

核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果见表 3.2-15。

核电厂厂区外环境敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-16。

核电厂通信基站射频综合场强监测结果见表 3.2-17。

3.2.4.9 电磁辐射现状评价标准

（1）工频电场强度、工频磁场强度

根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），50Hz 频率下，环境中工频电场强度的公众暴露控制限值为 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

根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），对于 30MHz~3000MHz 的频率范围，该标准的公众照射限值为环境电磁辐射功率密度在任意连续 6 分钟内的平均值应小于 0.4W/m²（电场强度 12V/m）；对于 3000MHz~15000MHz 的频率范围，该标准的公众照射限值为等效平面波功率密度 $f/7500$ W/m²（电场强度 $0.22f^{1/2}$ V/m），频率 f 的单位为对应频率范围的单位，此次监测的所有 5G 基站频段均为 2515~2675MHz，功率密度限值为 40μW/cm²。

3.2.4.10 电磁辐射现状监测质量保证措施

为获得完整、正确、可靠的电磁辐射现状调查数据，以及对调查过程进行全面控制，在本次电磁辐射现状监测调查过程中采取了一系列质量保证措施，主要有以下几个方面：

（1）调查任务承担单位针对本次调查编制了项目质量保证大纲，明确了质保组织机构和各级应负的相应职责，制定和严格执行了全面质量管理程序和质量监督检查程序，本次调查监测工作全过程质量管理遵循本项目质量保证大纲要求。

（2）监测方法采用国家和行业标准，监测人员经培训考核并持有合格证上岗，并认真履行本项目的任务和要求。

（3）监测仪器经由相应资质的计量部门检定合格，并处于有效期内。

（4）每次测量前后，对仪器的工作状态进行检查，确保仪器处于良好的工作状态。

（5）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

（6）监测报告严格实行三级审核制度。

（7）提供所有参与本项目的现场监测人员的培训记录和资质证书的复印件。

（8）提供所有本项目使用的现场监测设备处于有效期内的校准或检定合格证书的复印件。

（9）提供本项目在现场监测采样阶段原始记录的复印件。

（10）合作方配合完成各项与本项目相关的质量保证工作的责任和义务。

3.2.4.11 电磁辐射现状监测结果评价

1) 厂区内电磁辐射监测结果评价

厂区内共设置 12 个监测点，监测工频电场/工频磁场强度和射频综合场强，监测数据统计情况见表 3.2-11。

a) 工频电场/工频磁场强度监测数据分析

由表 3.2-11 中监测数据可知，厂区监测点工频电场强度监测值范围在 0.69~9.81V/m 之间。工频电场强度最大值出现在 N4 监测点（厂界西 2），其监测值为 9.81V/m。各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0030~0.0758 μ T 之间，工频磁场强度最大值出现在 N11 监测点（碎石厂），其监测值为 0.0758 μ T，各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

b) 射频综合场强监测数据分析

由表 3.2-11 中监测数据可知，所有监测点监测值在 0.28~2.78V/m 之间，最大值出现在 N10 监测点（搅拌站），其监测值为 2.78V/m，各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m，符合标准要求。

2) 核电厂开关站及第一跨电磁辐射监测结果评价

开关站和第一跨共设置 18 个监测点，工频电场/工频磁场强度监测数据统计情况见表 3.2-12。

由监测数据可知，所有监测点工频电场强度监测值范围在 5.24~2894.22V/m 之间，最大值出现在 K17 监测点（500kV 出线开关站与第一跨架空线中间），监测值为 2894.22V/m。其中 K17、K18 监测点位于 500kV 出线输电线路及 220kV 辅助输电线路下方，K3、K7 监测点靠近 500kV 出线输电线路及 220kV 辅助输电线路，并且第一跨的输电线路距离地面相对较低，受输电线路的影响较大，因此这几个点的工频电场高于其他监测点。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

由监测数据可知，工频磁场强度监测值在 0.0173~0.4955 μ T 之间，最大值出现在 K3 监测点（500kV 出线开关站西侧），监测值为 0.4955 μ T。其中 K3、K17 监测点工频磁场高于其他监测点是由于监测点均位于 500kV 出线输电线路周围，并且第一跨的输电线路距离地面相对较低，受输电线路的影响较大。所有监测点均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

3) 核电厂地下廊道电磁辐射监测结果评价

核电厂地下廊道共设置 12 个监测点，监测数据见表 3.2-13。

由监测数据可知，所有监测点工频电场强度监测值范围在 1.49~35.70V/m 之间，最大值出现在 L7 监测点（拟建 4 号机组地下廊道①），监测值为 35.70V/m。由于 L7 监测点靠近 500kV 出线开关站导致工频电场监测值高于其余点位。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

由监测数据可知，工频磁场强度监测值在 0.0059~0.0401 μ T 之间，最大值出现在 L9 监测点（拟建 5 号机组地下廊道①），监测值为 0.0401 μ T。由于 L9 监测点靠近 500kV 出线开关站导致工频磁场监测值高于其余点位。所有监测点均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

4) 主/辅变压器电磁辐射监测结果评价

对核电厂已建的 3 个主变压器和拟建的 4 个主变压器及 6 个辅助变压器进行监测，共设置 110 个监测点，监测数据见表 3.2-14。

a) 1 号机组主变压器

测量期间 1 号机组主变处于停运状态。由监测数据可知，工频电场强度监测值在 1.77~4.12V/m 之间，最大值出现在 A11 监测点（1 号机组主变围墙外 50m）处，其监测值为 4.12V/m，受现场施工用电影响，此处监测值偏高。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0103~0.1185 μ T 之间，最大值出现在 A9 监测点（1 号机组主变围墙外 40m）处，其监测值为 0.1185 μ T。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

b) 2 号机组主变压器

测量期间 2 号机组主变处于停运状态。由监测数据可知，工频电场强度监测值在 2.03~7.50V/m 之间，最大值出现在 B10 监测点（2 号机组主变围墙外 45m）处，其监测值为 7.50V/m，受现场施工用电影响，此处监测值偏高。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0055~0.0088 μ T 之间，最大值出现在 B1 监测点（2 号机组主变围墙外 0m）处，其监测值为 0.0088 μ T。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

c) 拟建 3 号机组主变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 13.88~22.60V/m 之间，由于靠近 500kV 开关站和 500kV 出线输电线路，此断面监测值整体较高。最大值出现在 C7 监测点（拟建 3 号机组主变围墙外 30m）处，其监测值为 22.60V/m，受现场施工用电影响，此处监测值偏高。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0047~0.0086 μ T 之间，最大值出现在 C1 监测点（拟建 3 号机组主变围墙外 0m）处，其监测值为 0.0086 μ T，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

d) 拟建 4 号机组主变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 48.74~66.87V/m 之间，由于靠近 500kV 开关站和 500kV 出线输电线路，此断面监测值整体较高。最大值出现在 D11 监测点（拟建 4 号机组主变围墙外 50m）处，其监测值为 66.87V/m，受现场施工用电影响，此处监测值偏高。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0132~0.0257 μ T 之间，最大值出现在 D1 监测点（拟建 4 号机组主变围墙外 0m）处，其监测值为 0.0257 μ T。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

e) 拟建 5 号机组主变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 2.39~13.74V/m 之间，最大值出现在 E1 监测点（拟建 5 号机组主变围墙外 0m）处，其监测值为 13.74V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0148~0.0621 μ T 之间，最大值出现在 E4 监测点（拟建 5 号机组主变围墙外 15m）处，其监测值为 0.0621 μ T。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

f) 拟建 6 号机组主变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 5.81~11.16V/m 之间，最大值出现在 F5 监测点（拟建 6 号机组主变围墙外 20m）处，其监测值为 11.16V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 $0.0112\sim 0.0979\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 F8 监测点（拟建 6 号机组主变围墙外 35m）处，其监测值为 $0.0979\mu\text{T}$ ，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT （ $100\mu\text{T}$ ），符合标准要求。

g) 施工 35kV 主变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 $4.29\sim 21.47\text{V/m}$ 之间，最大值出现在 G1 监测点（施工 35kV 主变围墙外 0m）处，其监测值为 21.47V/m ，监测点监测值与监测距离呈负相关。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m ，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 $0.0269\sim 0.3987\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 G1 监测点（施工 35kV 主变围墙外 0m）处，其监测值为 $0.3987\mu\text{T}$ ，监测点监测值与监测距离呈负相关。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT （ $100\mu\text{T}$ ），符合标准要求。

h) 漳州 1、2 号机组辅助变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 $0.59\sim 4.70\text{V/m}$ 之间，最大值出现在 H1 监测点（漳州 1、2 号机组辅变围墙外 0m）处，其监测值为 4.70V/m 。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m ，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 $0.0049\sim 0.0626\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 H1 监测点（漳州 1、2 号机组辅变围墙外 0m）处，其监测值为 $0.0626\mu\text{T}$ ，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT （ $100\mu\text{T}$ ），符合标准要求。

i) 拟建漳州 3、4 号机组辅助变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 $17.37\sim 23.72\text{V/m}$ 之间，最大值出现在 I5 监测点（拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 20m）处，其监测值为 23.72V/m ，由于靠近 500kV 开关站，此断面监测数值整体偏高。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m ，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 $0.0048\sim 0.0074\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 I3 监测点（拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 10m）处，其监测值为 $0.0074\mu\text{T}$ 。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT （ $100\mu\text{T}$ ），符合标准要求。

j) 拟建漳州 5、6 号机组辅助变压器

由监测数据可知，工频电场强度监测值在 2.12~13.90V/m 之间，最大值出现在 J1 监测点（拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 0m）处，其监测值为 13.90V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0135~0.0684 μ T 之间，最大值出现在 J4 监测点（拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 15m）处，其监测值为 0.0684 μ T。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

5) 输电线路电磁辐射监测结果评价

对核电厂 5km 范围内 2 条输电线路设置 2 处监测断面（编号 P1~P2），输电线路工频电场/工频磁场强度监测数据统计情况见表 3.2-15。

a) 500kV 出线输电线路（P1 监测断面）监测数据分析

由监测数据可知，500kV 出线输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 162.73~3034.94 之间。在 P1-12 监测点（500kV 出线输电线路垂直断面北边相下 0m）处最大，其值为 3034.94V/m，各监测点监测值随着与输电线路垂直方向的距离增加而降低。平行监测断面工频电场强度监测值在 1626.84~2265.52V/m 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

500kV 出线输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0576~0.2843 μ T 之间，在 P1-12 监测点（500kV 出线输电线路垂直断面北边相下 0m）处最大，其值为 0.2843 μ T，各监测点监测值随着与输电线路垂直方向的距离增加而降低。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.1285~0.1996 μ T 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

b) 220kV 辅助输电线路（P2 监测断面）监测数据分析

由监测数据可知，220kV 辅助输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 99.88~532.22V/m 之间。在 P2-12 监测点（220kV 辅助输电线路垂直断面北边相下 0m）处最大，其值为 532.22V/m，各监测点监测值随着与输电线路垂直方向的距离增加而降低。平行监测断面工频电场强度监测值在 410.09~477.11V/m 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

220kV 辅助输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0306~0.0466 μ T 之间，在 P2-14 监测点（220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 10m）处最大，其值为 0.0466 μ T，各点监测值变化趋势不明显。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.0429~0.0508 μ T 之间。

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

6) 厂区外环境敏感区和通信基站电磁辐射监测结果评价

共设 34 个厂区外环境敏感区监测点，编号 1~34。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。监测结果见表 3.2-16。

a) 厂区外环境敏感区监测数据分析

— 工频电场/工频磁场强度监测数据分析

由表 3.2-16 监测数据可知，所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.04~5.12V/m 之间，最大值出现在 5 监测点（油车村村委会）处，其监测值为 5.12V/m，该点位受周围居民用电影响，监测值略高。监测值较高点位受周围居民用电影响。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0026~0.3104 μ T 之间，最大值出现在 24 监测点（云霄县列屿紫阳小学）处，其监测值为 0.3104 μ T。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

— 射频综合场强监测数据分析

由表 3.2-16 监测数据可知，所有监测点监测值在 0.13~2.96V/m 之间。最大值出现在 23 监测点（云霄县陈岱中江小学），其监测值为 2.96V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m，符合标准要求。

b) 通信基站监测数据分析

厂区外共布设 17 个通信基站监测点，编号 T1~T17，每个通信基站监测点在其垂直与水平的多个距离上测量多次后取射频综合场强最大值，射频综合场强监测结果见表 3.2-17。

— 射频综合场强监测数据分析

由表 3.2-17 监测数据可知，所有监测点监测值在 0.42~2.18V/m 之间。最大值出现在 T10 点（HX 移动专网基站（5G）），其监测值为 2.18V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 12V/m，符合标准要求。

— 功率密度监测数据分析

由表 3.2-17 监测数据可知，所有监测点监测值在 0.002~0.144 μ W/cm² 之间。最大值出现在 T17 点（云霄列屿人家电信基站（5G）），其监测值为 0.144 μ W/cm²。此次监测所有 5G 基站均为 2515~2675Mhz 频段，所有监测值均小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 40 μ W/cm²，符合标准要求。

表 3.1-1 漳州核电厂 1、2 号机组运行前辐射环境本底调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数	样品个数	平行样品数	总个数
1	环境贯穿辐射	地表	γ 辐射剂量率	1 次/季	50km	80	640	0	640
			累积剂量	1 次/季	50km	50	400	0	400
			连续剂量率	连续	10km	2	2	0	2
2	土壤	表层土	γ 谱、 ^{90}Sr	1 次/年	20km	25	50	10	60
			$^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	20km	15	30	10	40
3	空气	气溶胶	γ 谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr	1 次/季	10km	5	40	0	40
		沉降物	γ 谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr	1 次/季	10km	5	40	0	40
		降水	γ 谱、 ^3H 、 ^{90}Sr	1 次/季	10km	5	40	0	40
		气体	^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I	1 次/季	10km	5	40	0	40
4	陆地水体	饮用水+水源水	γ 谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	每年丰水期、枯水期各 1 次	5km	5	20	3	23
		地下水	γ 谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	每年丰水期、枯水期各 1 次	5km	5	20	0	20
		地表水	γ 谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	每年丰水期、枯水期各 1 次	10km	4	16	3	19
		地表水沉积物	γ 谱、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr	1 次/半年	10km	4	16	3	19
		水生植物	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C	1 次/收获期	10km	2	4	1	5
		水生动物	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C	1 次/年	10km	2	4	0	4
5	陆生生物	谷类 2 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氙+自由水氙	1 次/收获期	20km	4	8	1	9
		蔬菜类 4 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氙+自由水氙	1 次/收获期	20km	4	8	1	9
		水果类 2 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氙+自由水氙	1 次/收获期	20km	3	6	1	7
		指示生物 1 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氙+自由水氙	1 次/收获期	20km	1	2	0	2
		花生	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氙+自由水氙	1 次/收获期	20km	1	2	0	2
		家禽 2 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氙+自由水氙	1 次/年	20km	3	6	1	7
		家畜 2 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氙+自由水氙	1 次/年	20km	3	6	1	7
		牛（羊）奶 1 种	^{131}I	1 次/半年	10km	1	4	0	4

6	受纳水体	海水	γ 谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I	1 次/半年	10km	14	56	8	64
		沉积物	γ 谱、 ^{90}Sr	1 次/年	10km	12	24	4	28
			$^{239+240}\text{Pu}$			8	16	2	18
		海洋植物 2 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	10km	3	4	0	4
		海洋动物 8 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	10km	3	16	2	18
7	合计	/	/	/	/	274	1520	51	157

表 3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	环境地表 γ 辐射剂量率	高气压电离室	HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
2	总 α	低本底 α/β 测量仪	EJ/T1075-1998《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》
3	总 β	低本底 α/β 测量仪	EJ/T 900-1994《水中总 β 放射性测定 蒸发法》
4	^3H	低水平液闪谱仪	HJ1126-2020《水中氚的分析方法》； GB14883.2-2016《食品中放射性物质氢-3 的测定》
5	空气 ^{14}C	低水平液闪谱仪	EJ/T1008-1996《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》
6	水 ^{14}C	低水平液闪谱仪	ISO13162-2011《水质-碳-14 活度浓度的液体闪烁计数测定法》
7	生物 ^{14}C	低水平液闪谱仪	GB/T 37865-2019《生物样品中 ^{14}C 的分析方法 氧弹燃烧法》
8	水、生物灰 ^{90}Sr	低本底 α/β 测量仪	HJ815-2016《水和生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法》
9	土壤、沉积物 ^{90}Sr	低本底 α/β 测量仪	EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》
10	空气 ^{131}I	HPGe γ 谱仪	GB/T 14584-1993《空气中碘-131 的取样与测定》
11	水中 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 16140-2018《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
12	土壤、沉积物 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 11743-2013《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
13	气溶胶 γ 核素	HPGe γ 谱仪	HJ1149-2020《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱法》
14	沉降灰 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T11713-2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》
15	生物灰 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 16145-2020《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
16	土壤、沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$	低本底 α 能谱测量仪	HJ814-2016《水和土壤样品中钚的放射化学分析方法》

表 3.1-3 各类样品分析方法的探测下限

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测限	HJ969 和 HJ61 规定的探测下限限值
1	气溶胶	1000m ³	总 α	100min	$8.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$	HJ61: $1.5 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$
		1000m ³	总 β	100min	$6.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$	HJ61: $1.0 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$
		10000m ³	⁹⁰ Sr	500min	$2.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$	HJ61: $2.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$
		10000 m ³	γ 谱分析	80000s	¹³⁴ Cs: $5.8 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$ ¹³⁷ Cs: $5.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$ ⁶⁰ Co: $9.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$ ⁵⁴ Mn: $5.8 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$ ⁷ Be: $6.5 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$ ¹³¹ I: $5.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$	HJ969: ¹³⁷ Cs: $5.0 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$; ¹³¹ I: $1.0 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$ 。 HJ61: ¹³⁷ Cs: $1.0 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$; ¹³¹ I: $0.5 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 。
2	沉降物	2g	总 α	100min	$3.3 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^2 \cdot \text{d}$	HJ61: $3.0 \times 10^{-2} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
		2g	总 β	100min	$5.0 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^2 \cdot \text{d}$	HJ61: $2.0 \times 10^{-2} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
		5g	⁹⁰ Sr	500min	$1.0 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^2 \cdot \text{d}$	HJ969: $2.0 \times 10^{-3} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ HJ61: $1.0 \times 10^{-3} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
		0.25m ² 灰×90 天	γ 谱分析	80000s	¹³⁷ Cs: $2.0 \times 10^{-3} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ²³² Th: $1.3 \times 10^{-2} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ²²⁶ Ra: $1.0 \times 10^{-2} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ⁴⁰ K: $0.07 \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	HJ969: ¹³⁷ Cs: $3.0 \times 10^{-3} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ HJ61: ¹³⁷ Cs: $3.0 \times 10^{-3} \text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
3	空气	10m ³	HTO	1000min	$8.0 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$	HJ969: 0.5Bq/L;HJ61: $2.5 \times 10^{-2} \text{Bq/m}^3$
		3 m ³	¹⁴ C	1000min	0.05Bq/g·碳	HJ969: $5.0 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$;HJ61:0.1Bq/g(碳)
4	土壤、底泥、海洋沉积物	50g	⁹⁰ Sr	900min	0.15 Bq/kg	HJ969: $2.0 \times 10^{-1} \text{Bq/kg}$;HJ61:0.5Bq/kg
		30g	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	24h	$1.5 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$	HJ969: $1.5 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$;HJ61: $1.5 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测限	HJ969 和 HJ61 规定的探测下限限值
		300g	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs : 0.26Bq/kg ^{134}Cs : 0.24Bq/kg ^{58}Co : 0.22Bq/kg ^{60}Co : 0.24Bq/kg $^{110\text{m}}\text{Ag}$: 0.40Bq/kg ^{54}Mn : 0.26Bq/kg ^{238}U : 10Bq/kg ^{232}Th : 1.1Bq/kg ^{226}Ra : 0.69Bq/kg ^{40}K : 4.5Bq/kg	HJ969: ^{137}Cs : $5.0 \times 10^{-1}\text{Bq/kg}$ HJ61: ^{137}Cs : 1.0Bq/kg
5	地表水、地下水、饮用水、降水	3L	总 α	600min	$2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$	HJ969: $2.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$; HJ61: $5.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$
		3L	总 β	600min	$5.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$	HJ969: $5.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$; HJ61: $3.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$
		250mL	^3H	1000min	0.13Bq/L	HJ969: 0.5Bq/L; HJ61: 2.0Bq/L
		50L	^{14}C	1000min	$2.0 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$	HJ969: $5.0 \times 10^{-2}\text{Bq/g}$
		50L	^{90}Sr	500min	$1.5 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$	HJ969: $3.0 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$; HJ61: $1.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$
		50L	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs : $1.6 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{134}Cs : $1.4 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{54}Mn : $1.5 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{58}Co : $1.3 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{60}Co : $1.7 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$	HJ969: ^{137}Cs : $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ HJ61: ^{137}Cs : $3.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$
6	海水	250mL	^3H	1000min	0.18Bq/L	HJ969: 0.5Bq/L; HJ61: 2.0Bq/L
		50L	^{14}C	1000min	$2.0 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$	HJ969: $5.0 \times 10^{-2}\text{Bq/g}$
		50L	^{90}Sr	500min	$1.5 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$	HJ969: $3.0 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$; HJ61: $1.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测限	HJ969 和 HJ61 规定的探测下限限值
		50L	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs : $1.5 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{134}Cs : $1.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{58}Co : $9.0 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$ ^{60}Co : $1.1 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ $^{110\text{m}}\text{Ag}$: $1.3 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{54}Mn : $1.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{106}Ru : $8.5 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ^{131}I : $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$	HJ969: ^{137}Cs : $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ HJ61: ^{137}Cs : $3.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$
7	生物灰	20g	^{90}Sr	600min	$1.0 \times 10^{-4}\text{Bq/g}$ 灰	HJ969: $8.0 \times 10^{-4}\text{Bq/g}$; HJ61: $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$
		280g 鲜	有机氟	1000min	$6.8 \times 10^{-2}\text{Bq/kg}$ 鲜	HJ969: 0.5Bq/L ; HJ61: $5.0 \times 10^{-1}\text{Bq/kg}$ 鲜
		280g 鲜	水氟	1000min	$6.8 \times 10^{-2}\text{Bq/kg}$ 鲜	HJ969: 0.5Bq/L ; HJ61: 1.0Bq/kg 鲜
		4g 干	^{14}C	1000min	5.0Bq/kg 干	HJ969: 0.05Bq/g 碳; HJ61: 0.1Bq/g (碳)
		60g	γ 谱分析	80000s	^{137}Cs : $1.4 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰 ^{134}Cs : $1.1 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰 ^{58}Co : $1.2 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰 ^{60}Co : $1.8 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰 $^{110\text{m}}\text{Ag}$: $1.6 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰 ^{54}Mn : $1.2 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰 ^{106}Ru : $2.0 \times 10^{-2}\text{Bq/g}$ 灰	HJ969: ^{137}Cs : $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ HJ61: ^{137}Cs : $1.0 \times 10^{-2}\text{Bq/g}$
8	牛奶	20L	γ 谱分析	80000s	^{131}I : 0.005Bq/kg 鲜	HJ969: $1.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

单位：mg/m³（标准状态）

污染物名称	平均时间	标准值	
		一级	二级
NO ₂	日平均	0.080	0.080
	小时平均	0.200	0.200
NO _x	日平均	0.100	0.100
	小时平均	0.250	0.250
SO ₂	日平均	0.050	0.150
	小时平均	0.150	0.500
CO	日平均	4	4
	小时平均	10	10
PM _{2.5}	日平均	0.035	0.075
PM ₁₀	日平均	0.050	0.150
TSP	日平均	0.120	0.300

表 3.2-2 声环境质量标准限值

单位：dB(A)

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

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周围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周围环境产生严重影响的区域，包括 4a 类和 4b 类两种类型。4a 类为高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通（地面段）、内河航道两侧区域；4b 类为铁路干线两侧区域。

表 3.2-3 监测仪器一览表

监测项目	工频电场、工频磁场	射频综合场强	功率密度
仪器名称	电磁辐射分析仪+低频电磁场探头	电磁辐射测量仪+射频电场探头	选频式电磁辐射监测仪+三轴全向电场天线
型号	SEM-600 + LF-04	SEM-600 + RF-06	SRF-06 + OS-4P
出厂编号	D-1384 + I-1384	D-1384 + F-1384	A-1662 + S-1616
频率范围	1Hz~400kHz	100kHz~6GHz	9kHz~6GHz
量程	0.01V/m~100kV/m，1nT~10mT	0.2V/m~680V/m	1mV/m~300V/m
生产厂家	北京森馥科技股份有限公司	北京森馥科技股份有限公司	北京森馥科技股份有限公司
设备数量	1 台	1 台	1 台
证书编号	XDdj2023-04890	XDdj2023-04925	24J02X002990
校准日期	2023 年 9 月 22 日	2023 年 9 月 27 日	2024 年 4 月 17 日
有效日期	2024 年 9 月 21 日	2024 年 9 月 26 日	2025 年 4 月 16 日

表 3.2-4 核电厂厂区电磁辐射监测点设置情况表

编号	监测点名称	编号	监测点名称	编号	监测点名称
N1	厂界东	N5	厂界北	N9	办公楼
N2	厂界南	N6	1、2 号机组中心	N10	搅拌站
N3	厂界西 1	N7	3、4 号机组中心	N11	碎石厂
N4	厂界西 2	N8	5、6 号机组中心	N12	大件码头

表 3.2-5 核电厂开关站（变电站）及第一跨监测点设置情况表

开关站名称	监测点设置	编号
500kV 出线开关站	东、南、西、北围墙外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频电场强度。	K1~K4
220kV 辅助开关站		K5~K8
35kV 施工进线开关站		K9~K12
列屿 110kV 变电站		K13~K16
500kV 出线开关站与第一跨架空线中间	导线档距中央弧垂最低位置处监测工频电场、工频磁场强度	K17
220kV 辅助开关站与第一跨架空线中间		K18

表 3.2-6 核电厂地下廊道监测点设置情况表

编号	监测点名称	编号	监测点名称
L1	1 号机组地下廊道①	L7	拟建 4 号机组地下廊道①
L2	1 号机组地下廊道②	L8	拟建 4 号机组地下廊道②
L3	2 号机组地下廊道①	L9	拟建 5 号机组地下廊道①
L4	2 号机组地下廊道②	L10	拟建 5 号机组地下廊道②
L5	拟建 3 号机组地下廊道①	L11	拟建 6 号机组地下廊道①
L6	拟建 3 号机组地下廊道②	L12	拟建 6 号机组地下廊道②

表 3.2-7 核电厂主/辅变压器监测点设置情况表

监测点名称	监测点编号
漳州 1 号机组主变压器	A1~A11
漳州 2 号机组主变压器	B1~B11

拟建漳州 3 号机组主变压器	C1~C11
拟建漳州 4 号机组主变压器	D1~D11
拟建漳州 5 号机组主变压器	E1~E11
拟建漳州 6 号机组主变压器	F1~F11
施工 35kV 主变压器	G1~G11
漳州 1、2 号机组辅助变压器	H1~H11
拟建漳州 3、4 号机组辅助变压器	I1~I11
拟建漳州 5、6 号机组辅助变压器	J1~J11

表 3.2-8 核电厂输电线路监测断面设置情况表

输电线路名称	监测点设置	编号
500kV 出线输电线路	垂直方向的监测断面在 0~50m 范围设点，两侧各设 11 个，共设 22 个监测点； 平行监测断面与输电线路方向平行，按 10m 间隔设 3 个监测点，共 6 个监测点	P1-1~P1-28
220kV 辅助输电线路		P2-1~P2-28

表 3.2-9 核电厂厂区外环境敏感区监测点设置情况表

编号	名称	方位	距离（km）
1	人家村村委会	N	1.24
2	宅兜村广场	N	1.43
3	后安村亚鑫商行	N	1.59
4	南山村村委会	NW	1.13
5	油车村村委会	NW	1.50
6	后岱村广场	NNW	1.59
7	宅坂村村委会	WSW	2.58
8	城外村村委会	WSW	2.85
9	城内村村委会	WSW	2.67
10	顶城村村委会	WSW	2.99
11	山内村祠堂	WSW	3.70
12	径头村广场	N	2.95
13	青崎村广场	NNE	3.67
14	山前村村委会	SW	3.56
15	林坪村村委会	WSW	3.61
16	大坂村卫生所	WNW	4.45
17	后江村村委会	SW	4.60
18	柳畔村村委会	SW	4.78
19	列屿卫生院	WSW	2.99
20	列屿养老院	WSW	2.67
21	灵鹫寺	WSW	1.43
22	云霄列屿中学	WSW	2.99
23	云霄县陈岱中江小学	SW	4.78
24	云霄县列屿紫阳小学	WSW	2.99
25	云霄县列屿梅山小学	NW	1.73
26	宅后村村委会	N	1.42
27	云霄县佳贝乐幼儿园	WSW	2.65
28	云霄县向日葵幼儿园	WSW	2.65
29	云霄县起航幼儿园	WSW	2.65
30	云霄县列屿梅山幼儿园	WSW	2.99

31	云霄县列屿中心幼儿园（现列屿紫阳幼儿园）	WSW	2.99
32	福建省燕宁顺通科技发展有限公司	SW	3.4
33	山前一级渔港	SW	3.56
34	人家二级渔港	N	1.24

表 3.2-10 核电厂通信基站监测点设置情况表

编号	名称	方位	距离 (km)	编号	名称	方位	距离 (km)
T1	列屿卫生院移动基站	WSW	2.8	T10	HX 移动专网基站 (5G)	WSW	0.4
T2	列屿镇镇区移动基站 (5G)	WSW	2.9	T11	YA 移动专网基站 (5G)	SSE	0.7
T3	山前村(山下)移动基站	SW	3.3	T12	厂界北移动基站 (5G)	ENE	0.3
T4	山前村(山上)移动基站	SW	3.5	T13	厂界东移动基站 (5G)	SE	1.3
T5	后江村移动基站	SW	4.7	T14	工程管理楼移动基站 (5G)	SSE	1.0
T6	漳州云霄南山移动基站 (5G)	NW	1.1	T15	厂区北门口移动基站 (5G)	NW	1.1
T7	漳州云霄列屿青径大通道移动基站	NNE	3.1	T16	人家村中核二四公司 核电之家移动基站 (5G)	NNW	1.0
T8	半山村移动基站	WNW	4.4	T17	云霄列屿人家电信基 站 (5G)	NNE	1.4
T9	核电站西侧移动基站 (5G)	WSW	2.1				

表 3.2-11 核电厂厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (V/m)	温度(℃)	湿度(%RH)	大气压 (KPa)	风速(m/s)	风向
N1	厂界东	2024.7.4 AM	0.86	0.0030	0.84	31.1	79.2	101.1	1.2	西
N2	厂界南	2024.7.4 AM	4.74	0.0116	0.82	31.2	79.6	101.1	1.5	西
N3	厂界西 1	2024.7.4 PM	6.49	0.0129	0.31	36.1	72.7	100.7	1.4	西北
N4	厂界西 2	2024.7.4 PM	9.81	0.0089	0.66	35.3	74.7	100.8	1.3	西北
N5	厂界北	2024.7.4 AM	4.68	0.0069	0.54	33.2	80.4	101.2	1.2	西
N6	1、2 号机 组中心	2024.7.7 AM	2.54	0.0199	1.49	32.7	77.8	100.9	1.6	东南
N7	3、4 号机 组中心	2024.7.6 AM	5.43	0.0086	1.22	29.3	84.4	100.9	1.3	南
N8	5、6 号机 组中心	2024.7.4 PM	4.70	0.0081	0.86	36.4	72.5	100.6	1.2	西
N9	办公楼	2024.7.4 AM	9.66	0.0045	0.71	32.3	80.1	101.2	1.3	西
N10	搅拌站	2024.7.4 PM	4.78	0.0519	2.78	35.5	73.4	100.8	1.0	西北
N11	碎石厂	2024.7.4 PM	4.53	0.0758	0.82	35.8	73.1	100.7	1.3	西北
N12	大件码头	2024.7.4 AM	0.69	0.0032	0.28	32.2	79.2	101.1	1.3	西

表 3.2-12 核电厂开关站（变电站）及第一跨工频电场/工频磁场强度监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度(℃)	湿度(%RH)	大气压 (KPa)	风速(m/s)	风向
K1	500kV 出线开关站东侧	2024.7.5 PM	40.79	0.0506	33.4	73.1	100.8	1.8	西南
K2	500kV 出线开关站南侧	2024.7.5 PM	70.54	0.1080	33.1	73.4	100.9	2.0	西南
K3	500kV 出线开关站西侧	2024.7.5 PM	1549.08	0.4955	33.5	73.1	100.9	2.0	西南
K4	500kV 出线开关站北侧	2024.7.5 PM	127.47	0.1230	33.2	73.2	100.8	1.7	西南
K5	220kV 辅助开关站东侧	2024.7.5 PM	20.83	0.0367	33.2	73.2	100.9	1.8	西南
K6	220kV 辅助开关站南侧	2024.7.5 PM	80.03	0.0321	33.4	73.0	100.8	1.8	西南
K7	220kV 辅助开关站西侧	2024.7.5 PM	591.94	0.0507	33.4	73.1	100.9	1.9	西南
K8	220kV 辅助开关站北侧	2024.7.5 PM	12.40	0.0173	33.3	73.2	100.8	1.9	西南
K9	35kV 施工进线开关站东侧	2024.7.7 AM	40.11	0.3140	30.9	82.6	100.9	2.1	东南
K10	35kV 施工进线开关站南侧	2024.7.7 AM	13.03	0.0505	30.8	82.5	100.8	2.1	东南
K11	35kV 施工进线开关站西侧	2024.7.7 AM	44.19	0.3546	30.6	82.6	100.8	2.4	东南
K12	35kV 施工进线开关站北侧	2024.7.7 AM	5.59	0.2093	30.6	82.5	100.8	2.4	东南
K13	云霄供电公司列屿 110kV 变 电站东侧	2024.7.7 PM	20.62	0.2249	32.1	77.2	100.9	2.0	南
K14	云霄供电公司列屿 110kV 变 电站南侧	2024.7.7 PM	5.24	0.1948	32.3	77.2	100.9	2.0	南
K15	云霄供电公司列屿 110kV 变 电站西侧	2024.7.7 PM	6.39	0.0767	32.2	77.2	100.8	2.0	南
K16	云霄供电公司列屿 110kV 变 电站北侧	2024.7.7 PM	22.46	0.1457	32.1	77.3	100.9	2.0	南

K17	500kV 出线开关站与第一跨 架空线中间	2024.7.7 AM	2894.22	0.4604	32.4	78.3	101.0	2.0	东南
K18	220kV 辅助开关站与第一跨 架空线中间	2024.7.7 AM	634.15	0.0624	32.5	78.3	101.0	2.0	东南

表 3.2-13 核电厂地下廊道工频电场/工频磁场强度监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (℃)	湿度 (%RH)	大气压(KPa)	风速 (m/s)	风向
L1	1 号机组地下廊道①	2024.7.5 AM	5.07	0.0189	32.2	77.1	101.1	1.8	南
L2	1 号机组地下廊道②	2024.7.5 AM	4.02	0.0180	32.0	77.1	101.1	1.8	南
L3	2 号机组地下廊道①	2024.7.5 AM	6.32	0.0094	32.5	75.1	101.2	1.9	南
L4	2 号机组地下廊道②	2024.7.5 AM	1.49	0.0080	32.4	75.1	101.1	1.9	南
L5	拟建 3 号机组地下廊道②	2024.7.6 AM	17.21	0.0063	30.0	83.2	101.0	1.3	南
L6	拟建 3 号机组地下廊道①	2024.7.6 AM	18.63	0.0059	30.1	83.2	101.0	1.2	南
L7	拟建 4 号机组地下廊道①	2024.7.6 AM	35.70	0.0119	30.3	80.5	100.9	1.8	南
L8	拟建 4 号机组地下廊道②	2024.7.6 AM	28.50	0.0103	30.3	80.6	100.9	1.8	南
L9	拟建 5 号机组地下廊道①	2024.7.5 PM	10.14	0.0401	32.9	72.7	100.8	2.2	南
L10	拟建 5 号机组地下廊道②	2024.7.5 PM	14.70	0.0113	32.8	72.5	100.8	2.2	南
L11	拟建 6 号机组地下廊道①	2024.7.4 PM	9.39	0.0124	35.8	72.7	100.7	1.4	西
L12	拟建 6 号机组地下廊道②	2024.7.4 PM	9.29	0.0127	35.6	72.6	100.7	1.3	西

表 3.2-14 核电厂主/辅变压器工频电场/工频磁场强度监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (℃)	湿度 (%RH)	大气压 (KPa)	风速 (m/s)	风向
A1	1 号机组主变围墙外 0m	2024.7.5 AM	3.11	0.0103	31.5	77.8	101.0	1.5	南
A2	1 号机组主变围墙外 5m	2024.7.5 AM	3.19	0.0136	31.2	77.4	101.0	1.5	南
A3	1 号机组主变围墙外 10m	2024.7.5 AM	2.72	0.0201	31.4	77.6	101.0	1.5	南
A4	1 号机组主变围墙外 15m	2024.7.5 AM	2.49	0.0729	31.2	77.6	101.1	1.5	南
A5	1 号机组主变围墙外 20m	2024.7.5 AM	2.00	0.0617	31.1	77.8	101.1	1.5	南
A6	1 号机组主变围墙外 25m	2024.7.5 AM	1.78	0.0590	31.2	77.5	101.0	1.4	南
A7	1 号机组主变围墙外 30m	2024.7.5 AM	1.77	0.0888	31.1	77.4	101.2	1.4	南
A8	1 号机组主变围墙外 35m	2024.7.5 AM	1.94	0.0619	31.5	77.8	101.1	1.4	南
A9	1 号机组主变围墙外 40m	2024.7.5 AM	1.80	0.1185	31.4	77.6	101.2	1.5	南
A10	1 号机组主变围墙外 45m	2024.7.5 AM	3.26	0.0508	31.6	77.2	101.1	1.6	南
A11	1 号机组主变围墙外 50m	2024.7.5 AM	4.12	0.0298	31.8	77.2	101.0	1.6	南
B1	2 号机组主变围墙外 0m	2024.7.5 AM	2.03	0.0088	31.8	76.2	101.0	1.8	南
B2	2 号机组主变围墙外 5m	2024.7.5 AM	2.76	0.0077	31.8	76.2	101.0	1.8	南
B3	2 号机组主变围墙外 10m	2024.7.5 AM	2.70	0.0076	31.4	76.1	101.1	2.0	南
B4	2 号机组主变围墙外 15m	2024.7.5 AM	3.35	0.0068	31.4	76.0	101.0	1.9	南
B5	2 号机组主变围墙外 20m	2024.7.5 AM	3.99	0.0070	31.5	76.2	101.0	1.8	西南
B6	2 号机组主变围墙外 25m	2024.7.5	5.17	0.0061	31.7	75.9	101.1	1.7	西南

		AM							
B7	2 号机组主变围墙外 30m	2024.7.5 AM	5.39	0.0057	31.7	75.9	101.1	1.9	南
B8	2 号机组主变围墙外 35m	2024.7.5 AM	5.53	0.0055	31.9	75.7	101.0	1.7	南
B9	2 号机组主变围墙外 40m	2024.7.5 AM	7.07	0.0060	32.0	75.7	101.2	1.7	南
B10	2 号机组主变围墙外 45m	2024.7.5 AM	7.50	0.0063	32.0	75.9	101.2	1.8	南
B11	2 号机组主变围墙外 50m	2024.7.5 AM	4.96	0.0066	32.1	75.6	101.1	1.8	南
C1	拟建 3 号机组主变围墙外 0m	2024.7.6 AM	13.91	0.0086	29.1	84.1	100.9	1.5	南
C2	拟建 3 号机组主变围墙外 5m	2024.7.6 AM	13.88	0.0050	29.2	84.0	100.9	1.5	南
C3	拟建 3 号机组主变围墙外 10m	2024.7.6 AM	18.57	0.0067	29.1	83.8	101.0	1.5	南
C4	拟建 3 号机组主变围墙外 15m	2024.7.6 AM	18.11	0.0069	29.4	83.7	101.0	1.2	南
C5	拟建 3 号机组主变围墙外 20m	2024.7.6 AM	20.49	0.0058	29.4	83.8	101.0	1.5	南
C6	拟建 3 号机组主变围墙外 25m	2024.7.6 AM	21.57	0.0051	29.3	83.5	100.9	1.4	南
C7	拟建 3 号机组主变围墙外 30m	2024.7.6 AM	22.60	0.0047	29.5	83.5	100.9	1.5	南
C8	拟建 3 号机组主变围墙外 35m	2024.7.6 AM	22.25	0.0069	29.5	83.5	100.8	1.3	南
C9	拟建 3 号机组主变围墙外 40m	2024.7.6 AM	21.75	0.0057	29.7	83.2	100.9	1.3	南
C10	拟建 3 号机组主变围墙外 45m	2024.7.6 AM	21.49	0.0068	29.7	83.4	100.9	1.4	南
C11	拟建 3 号机组主变围墙外 50m	2024.7.6 AM	20.44	0.0066	29.9	83.4	101.0	1.4	南
D1	拟建 4 号机组主变围墙外 0m	2024.7.6 AM	48.74	0.0257	30.5	80.1	101.0	1.5	南
D2	拟建 4 号机组主变围墙外 5m	2024.7.6 AM	56.00	0.0205	30.5	80.1	100.9	1.5	南

D3	拟建 4 号机组主变围墙外 10m	2024.7.6 AM	54.63	0.0167	30.6	80.2	100.9	1.4	南
D4	拟建 4 号机组主变围墙外 15m	2024.7.6 AM	56.58	0.0181	30.5	79.9	101.0	1.7	南
D5	拟建 4 号机组主变围墙外 20m	2024.7.6 AM	59.81	0.0173	30.6	79.8	101.0	1.7	南
D6	拟建 4 号机组主变围墙外 25m	2024.7.6 AM	65.00	0.0250	30.8	79.8	100.9	1.7	南
D7	拟建 4 号机组主变围墙外 30m	2024.7.6 AM	62.74	0.0211	30.9	79.9	101.0	1.8	南
D8	拟建 4 号机组主变围墙外 35m	2024.7.6 AM	66.58	0.0209	30.9	79.8	101.0	1.7	南
D9	拟建 4 号机组主变围墙外 40m	2024.7.6 AM	62.65	0.0218	30.8	79.7	101.0	1.8	南
D10	拟建 4 号机组主变围墙外 45m	2024.7.6 AM	64.94	0.0170	30.9	79.8	101.1	1.5	南
D11	拟建 4 号机组主变围墙外 50m	2024.7.6 AM	66.87	0.0132	30.8	79.7	101.0	1.5	南
E1	拟建 5 号机组主变围墙外 0m	2024.7.5 PM	13.74	0.0149	32.9	72.4	100.8	2.0	南
E2	拟建 5 号机组主变围墙外 5m	2024.7.5 PM	12.35	0.0148	32.8	72.4	100.8	2.0	南
E3	拟建 5 号机组主变围墙外 10m	2024.7.5 PM	12.45	0.0350	32.8	72.3	100.9	2.0	南
E4	拟建 5 号机组主变围墙外 15m	2024.7.5 PM	11.68	0.0621	32.6	72.5	100.8	2.1	南
E5	拟建 5 号机组主变围墙外 20m	2024.7.5 PM	10.88	0.0579	32.5	72.2	100.8	2.0	南
E6	拟建 5 号机组主变围墙外 25m	2024.7.5 PM	9.44	0.0411	32.5	72.2	100.9	2.0	南
E7	拟建 5 号机组主变围墙外 30m	2024.7.5 PM	8.10	0.0277	32.4	72.4	100.7	2.1	南
E8	拟建 5 号机组主变围墙外 35m	2024.7.5 PM	7.56	0.0212	32.5	72.5	100.8	2.1	南
E9	拟建 5 号机组主变围墙外 40m	2024.7.5 PM	5.70	0.0248	32.4	72.3	100.8	2.1	南
E10	拟建 5 号机组主变围墙外 45m	2024.7.5	3.40	0.0240	32.4	72.3	100.7	2.2	南

		PM							
E11	拟建 5 号机组主变围墙外 50m	2024.7.5 PM	2.39	0.0254	32.2	72.1	100.8	2.2	南
F1	拟建 6 号机组主变围墙外 0m	2024.7.4 PM	9.27	0.0112	36.6	72.3	100.6	1.4	西
F2	拟建 6 号机组主变围墙外 5m	2024.7.4 PM	9.89	0.0120	36.5	72.1	100.6	1.0	西
F3	拟建 6 号机组主变围墙外 10m	2024.7.4 PM	10.45	0.0134	36.4	72.3	100.6	1.4	西
F4	拟建 6 号机组主变围墙外 15m	2024.7.4 PM	10.96	0.0264	36.4	72.2	100.5	1.2	西
F5	拟建 6 号机组主变围墙外 20m	2024.7.4 PM	11.16	0.0353	36.2	72.5	100.6	1.2	西
F6	拟建 6 号机组主变围墙外 25m	2024.7.4 PM	10.95	0.0705	36.5	72.4	100.6	1.3	西
F7	拟建 6 号机组主变围墙外 30m	2024.7.4 PM	10.20	0.0757	36.4	72.4	100.7	1.4	西
F8	拟建 6 号机组主变围墙外 35m	2024.7.4 PM	8.78	0.0979	36.2	72.1	100.7	1.2	西
F9	拟建 6 号机组主变围墙外 40m	2024.7.4 PM	7.10	0.0631	36.1	72.2	100.6	1.3	西
F10	拟建 6 号机组主变围墙外 45m	2024.7.4 PM	6.43	0.0418	36.2	72.2	100.6	1.0	西
F11	拟建 6 号机组主变围墙外 50m	2024.7.4 PM	5.81	0.0342	36.2	72.1	100.7	1.2	西
G1	施工 35kV 主变围墙外 0m	2024.7.7 AM	21.47	0.3987	30.8	82.2	100.8	2.4	东南
G2	施工 35kV 主变围墙外 5m	2024.7.7 AM	15.53	0.2087	31.0	82.2	100.9	2.4	东南
G3	施工 35kV 主变围墙外 10m	2024.7.7 AM	9.38	0.1024	31.1	82.1	100.9	2.3	东南
G4	施工 35kV 主变围墙外 15m	2024.7.7 AM	6.96	0.0736	31.0	82.2	100.8	2.2	东南
G5	施工 35kV 主变围墙外 20m	2024.7.7 AM	6.01	0.0574	31.2	82.1	101.0	2.2	东南
G6	施工 35kV 主变围墙外 25m	2024.7.7 AM	5.59	0.0454	31.2	82.0	101.0	2.2	东南

G7	施工 35kV 主变围墙外 30m	2024.7.7 AM	5.79	0.0408	31.0	82.0	101.0	2.4	东南
G8	施工 35kV 主变围墙外 35m	2024.7.7 AM	5.55	0.0350	31.1	82.1	101.0	2.3	东南
G9	施工 35kV 主变围墙外 40m	2024.7.7 AM	5.15	0.0317	31.1	82.1	100.8	2.2	东南
G10	施工 35kV 主变围墙外 45m	2024.7.7 AM	4.29	0.0290	31.2	79.9	100.8	2.4	东南
G11	施工 35kV 主变围墙外 50m	2024.7.7 AM	4.86	0.0269	31.0	79.9	100.9	2.4	东南
H1	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 0m	2024.7.5 AM	4.70	0.0626	32.1	76.9	101.2	1.9	南
H2	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 5m	2024.7.5 AM	4.38	0.0303	32.0	76.7	101.2	1.7	南
H3	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 10m	2024.7.5 AM	4.10	0.0179	32.2	76.5	101.1	1.7	南
H4	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 15m	2024.7.5 AM	4.05	0.0130	32.4	76.5	101.0	1.4	南
H5	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 20m	2024.7.5 AM	2.69	0.0116	32.3	76.6	101.0	1.4	南
H6	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 25m	2024.7.5 AM	2.10	0.0124	32.5	76.5	101.0	1.8	南
H7	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 30m	2024.7.5 AM	1.81	0.0096	32.5	76.6	101.1	1.4	南
H8	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 35m	2024.7.5 AM	0.98	0.0059	32.4	76.6	101.0	1.9	南
H9	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 40m	2024.7.5 AM	0.78	0.0057	32.4	76.4	101.1	1.8	南
H10	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 45m	2024.7.5 AM	0.59	0.0049	32.1	76.4	101.0	1.9	南
H11	漳州 1、2 号机组辅变围墙外 50m	2024.7.5 AM	0.76	0.0056	32.3	76.5	101.1	1.8	南
I1	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 0m	2024.7.6 AM	17.37	0.0058	30.1	82.8	101.0	1.4	南
I2	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 5m	2024.7.6 AM	18.10	0.0061	29.9	82.4	101.1	1.5	南
I3	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 10m	2024.7.6	22.12	0.0074	29.9	82.6	100.9	1.5	南

		AM							
I4	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 15m	2024.7.6 AM	21.85	0.0071	29.8	82.3	100.9	1.4	南
I5	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 20m	2024.7.6 AM	23.72	0.0066	30.0	82.1	101.0	1.7	南
I6	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 25m	2024.7.6 AM	19.22	0.0068	30.1	82.5	101.0	1.7	南
I7	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 30m	2024.7.6 AM	18.24	0.0051	30.0	82.4	100.9	1.7	南
I8	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 35m	2024.7.6 AM	17.73	0.0048	29.8	82.4	100.9	1.5	南
I9	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 40m	2024.7.6 AM	22.20	0.0052	30.0	82.2	101.0	1.5	南
I10	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 45m	2024.7.6 AM	20.07	0.0070	30.1	82.2	100.9	1.5	南
I11	拟建漳州 3、4 号机组辅变围墙外 50m	2024.7.6 AM	22.47	0.0058	30.1	80.9	101.0	1.6	南
J1	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 0m	2024.7.5 PM	13.90	0.0135	32.1	73.0	100.8	2.4	南
J2	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 5m	2024.7.5 PM	12.68	0.0188	32.1	73.2	100.8	2.4	南
J3	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 10m	2024.7.5 PM	11.91	0.0381	31.8	73.0	100.6	2.4	南
J4	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 15m	2024.7.5 PM	9.52	0.0684	31.9	73.4	100.7	2.2	南
J5	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 20m	2024.7.5 PM	9.37	0.0471	32.0	73.4	100.7	2.4	南
J6	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 25m	2024.7.5 PM	7.20	0.0351	31.9	73.8	100.8	2.2	南
J7	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 30m	2024.7.5 PM	6.68	0.0349	31.9	73.7	100.7	2.6	南
J8	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 35m	2024.7.5 PM	5.80	0.0268	31.7	73.9	100.8	2.4	南
J9	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 40m	2024.7.5 PM	4.69	0.0216	31.8	73.8	100.6	2.4	南
J10	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 45m	2024.7.5 PM	3.14	0.0150	31.8	74.1	100.8	2.6	南

J11	拟建漳州 5、6 号机组辅变围墙外 50m	2024.7.5 PM	2.12	0.0228	31.7	74.2	100.8	2.6	南
-----	-----------------------	----------------	------	--------	------	------	-------	-----	---

表 3.2-15 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (℃)	湿度 (%RH)	大气压 (KPa)	风速 (m/s)	风向
P1-1	500kV 出线输电线路垂直断面南边相下 0m	2024.7.6 AM	3001.32	0.2736	32.1	78.5	100.8	1.7	东南
P1-2	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 5m	2024.7.6 AM	2144.16	0.2344	32.2	78.4	100.8	1.7	东南
P1-3	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 10m	2024.7.6 AM	1940.46	0.2010	32.1	78.4	100.9	1.5	东南
P1-4	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 15m	2024.7.6 AM	1663.56	0.1749	32.1	78.1	100.9	1.6	东南
P1-5	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 20m	2024.7.6 AM	1310.52	0.1486	32.4	78.2	101.0	1.5	东南
P1-6	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 25m	2024.7.6 AM	1005.72	0.1262	32.3	78.2	101.1	1.5	东南
P1-7	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 30m	2024.7.6 AM	841.94	0.1081	32.3	78.1	101.0	1.6	东南
P1-8	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 35m	2024.7.6 AM	628.71	0.0953	32.3	78.1	100.9	1.6	东南
P1-9	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 40m	2024.7.6 AM	470.03	0.0811	32.5	77.9	100.9	1.7	东南
P1-10	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 45m	2024.7.6 AM	272.67	0.0687	32.4	78.0	100.9	1.7	东南
P1-11	500kV 出线输电线路垂直断面南边相外 50m	2024.7.6 AM	178.28	0.0608	32.4	78.0	100.9	1.7	东南
P1-12	500kV 出线输电线路垂直断面北边相下 0m	2024.7.6 AM	3034.94	0.2843	32.2	77.6	100.8	1.9	东南
P1-13	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 5m	2024.7.6 AM	2261.70	0.2413	32.5	77.5	101.0	1.7	东南
P1-14	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 10m	2024.7.6 AM	1908.02	0.2042	32.5	77.6	100.8	1.8	东南
P1-15	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 15m	2024.7.6 AM	1642.42	0.1825	32.4	77.4	100.8	1.9	东南
P1-16	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 20m	2024.7.6 AM	1347.80	0.1531	32.3	77.1	101.0	1.9	东南

P1-17	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 25m	2024.7.6 AM	1015.52	0.1441	32.4	77.2	101.0	1.9	东南
P1-18	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 30m	2024.7.6 AM	853.73	0.1109	32.5	77.2	101.0	1.9	东南
P1-19	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 35m	2024.7.6 AM	642.97	0.0911	32.5	76.9	100.9	2.1	东南
P1-20	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 40m	2024.7.6 AM	440.55	0.0825	32.5	77.0	100.9	1.9	东南
P1-21	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 45m	2024.7.6 AM	249.56	0.0670	32.6	77.0	101.0	1.8	东南
P1-22	500kV 出线输电线路垂直断面北边相外 50m	2024.7.6 AM	162.73	0.0576	32.4	76.8	100.8	1.8	东南
P1-23	500kV 出线输电线路平行断面南边相外 20 米 ①	2024.7.6 AM	1943.92	0.1996	32.6	76.5	100.9	1.9	东南
P1-24	500kV 出线输电线路平行断面南边相外 20 米 ②	2024.7.6 AM	2265.52	0.1978	32.6	76.4	100.9	1.7	东南
P1-25	500kV 出线输电线路平行断面南边相外 20 米 ③	2024.7.6 AM	1973.50	0.1929	32.7	76.5	101.0	1.7	东南
P1-26	500kV 出线输电线路平行断面北边相外 20 米 ①	2024.7.6 AM	1773.62	0.1429	32.5	76.5	101.0	1.9	东南
P1-27	500kV 出线输电线路平行断面北边相外 20 米 ②	2024.7.6 AM	1626.84	0.1285	32.6	76.4	100.9	1.9	东南
P1-28	500kV 出线输电线路平行断面北边相外 20 米 ③	2024.7.6 AM	1748.10	0.1388	32.5	76.4	100.9	1.9	东南
P2-1	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相下 0m	2024.7.6 AM	487.55	0.0418	31.0	79.5	100.9	1.8	南
P2-2	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 5m	2024.7.6 AM	472.51	0.0412	31.1	79.1	100.9	1.9	南
P2-3	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 10m	2024.7.6 AM	462.08	0.0406	31.0	79.4	100.9	2.0	南
P2-4	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 15m	2024.7.6 AM	403.66	0.0381	31.0	79.4	100.9	1.9	南
P2-5	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 20m	2024.7.6 AM	355.28	0.0372	31.2	79.3	101.0	2.0	南
P2-6	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 25m	2024.7.6	305.90	0.0366	31.1	79.1	101.0	2.0	南

		AM							
P2-7	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 30m	2024.7.6 AM	266.38	0.0350	31.1	79.3	100.9	2.0	南
P2-8	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 35m	2024.7.6 AM	227.50	0.0335	31.2	79.3	100.9	1.9	南
P2-9	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 40m	2024.7.6 AM	168.16	0.0320	31.3	79.2	100.9	1.9	南
P2-10	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 45m	2024.7.6 AM	135.44	0.0321	31.1	79.1	100.9	2.0	南
P2-11	220kV 辅助输电线路垂直断面南边相外 50m	2024.7.6 AM	99.88	0.0306	31.1	79.2	100.9	2.0	南
P2-12	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相下 0m	2024.7.6 AM	532.22	0.0455	31.2	79.1	100.9	2.2	东南
P2-13	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 5m	2024.7.6 AM	516.19	0.0433	31.2	79.0	101.1	2.1	东南
P2-14	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 10m	2024.7.6 AM	493.84	0.0466	31.3	79.0	101.0	1.8	东南
P2-15	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 15m	2024.7.6 AM	479.47	0.0447	31.2	79.1	101.0	1.8	东南
P2-16	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 20m	2024.7.6 AM	406.05	0.0444	31.2	79.1	101.0	1.8	东南
P2-17	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 25m	2024.7.6 AM	352.6	0.0428	31.3	78.9	101.0	1.5	东南
P2-18	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 30m	2024.7.6 AM	291.79	0.0432	31.4	78.9	100.9	1.8	东南
P2-19	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 35m	2024.7.6 AM	288.44	0.0417	31.3	79.0	100.9	1.7	东南
P2-20	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 40m	2024.7.6 AM	204.55	0.0409	31.3	79.0	101.0	1.7	东南
P2-21	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 45m	2024.7.6 AM	182.41	0.0387	31.4	78.9	100.9	1.6	东南
P2-22	220kV 辅助输电线路垂直断面北边相外 50m	2024.7.6 AM	150.65	0.0364	31.4	78.9	100.9	1.8	东南
P2-23	220kV 辅助输电线路平行断面南边相外 15 米 ①	2024.7.6 AM	412.34	0.0473	31.6	78.8	100.8	1.5	东南
P2-24	220kV 辅助输电线路平行断面南边相外 15 米	2024.7.6	410.09	0.0508	31.6	78.8	100.9	1.5	东南

	②	AM							
P2-25	220kV 辅助输电线路平行断面南边相外 15 米 ③	2024.7.6 AM	416.76	0.0429	31.9	78.9	100.9	1.7	东南
P2-26	220kV 辅助输电线路平行断面北边相外 15 米 ①	2024.7.6 AM	477.11	0.0447	31.8	78.8	100.8	1.6	东南
P2-27	220kV 辅助输电线路平行断面北边相外 15 米 ②	2024.7.6 AM	459.23	0.0467	31.9	78.9	101.0	1.5	东南
P2-28	220kV 辅助输电线路平行断面北边相外 15 米 ③	2024.7.6 AM	440.49	0.0461	31.9	78.8	100.9	1.6	东南

表 3.2-16 核电厂厂外环境敏感区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (V/m)	温度 (℃)	湿度 (%RH)	大气压 (KPa)	风速 (m/s)	风向
1	人家村村委会	2024.7.6 PM	2.94	0.0054	1.27	33.6	75.7	100.8	2.7	南
2	宅兜村广场	2024.7.6 PM	2.53	0.0059	0.23	32.7	75.9	100.9	2.3	南
3	后安村亚鑫商行	2024.7.6 PM	1.75	0.0057	0.27	31.5	77.1	100.9	2.0	南
4	南山村村委会	2024.7.6 PM	2.46	0.0070	0.25	33.1	75.4	100.9	2.2	南
5	油车村村委会	2024.7.6 PM	5.12	0.0049	0.17	33.0	75.2	100.8	2.4	南
6	后岱村广场	2024.7.6 PM	2.76	0.0063	0.32	32.2	76.3	100.9	2.4	南
7	宅坂村村委会	2024.7.8 PM	0.25	0.0059	1.49	32.4	73.7	101.0	2.1	东南
8	城外村村委会	2024.7.8 PM	0.14	0.0123	0.24	31.9	73.1	100.8	2.0	东南
9	城内村村委会	2024.7.8 PM	0.89	0.0073	0.25	31.2	75.1	101.0	2.0	东南
10	顶城村村委会	2024.7.8 PM	0.05	0.0056	1.54	32.5	73.2	101.0	2.1	东南
11	山内村祠堂	2024.7.9 AM	0.06	0.0026	0.16	32.1	77.3	100.9	2.0	南
12	径头村广场	2024.7.6 PM	0.05	0.0292	0.17	31.6	76.7	100.8	2.1	南
13	青崎村广场	2024.7.6 PM	0.21	0.0073	0.28	31.9	76.5	100.9	2.4	南
14	山前村村委会	2024.7.8 PM	0.54	0.0079	0.32	30.8	75.3	101.0	2.0	东南
15	林坪村村委会	2024.7.9 AM	0.83	0.0103	0.19	31.8	78.7	101.0	2.0	南
16	大坂村卫生所	2024.7.8 AM	0.83	0.2234	0.15	30.5	84.7	100.8	1.5	东南
17	后江村村委会	2024.7.9	0.22	0.0058	0.26	30.7	80.8	100.9	2.1	南

		AM								
18	柳畔村村委会	2024.7.9 AM	0.58	0.0976	0.33	30.1	81.3	100.9	2.0	南
19	列屿卫生院	2024.7.8 PM	0.05	0.1083	0.23	31.8	74.2	100.8	2.0	东南
20	列屿养老院	2024.7.8 PM	1.40	0.0091	0.15	32.1	73.8	100.8	2.2	东南
21	灵鹫寺	2024.7.8 PM	0.06	0.0040	0.90	32.8	73.4	101.0	2.0	东南
22	云霄列屿中学	2024.7.8 PM	1.80	0.0803	0.13	31.7	73.6	100.9	2.2	东南
23	云霄县陈岱中江小学	2024.7.9 AM	0.53	0.0156	2.96	30.5	80.6	100.9	2.0	南
24	云霄县列屿紫阳小学	2024.7.8 PM	0.69	0.3104	0.19	32.3	73.9	100.9	2.2	东南
25	云霄县列屿梅山小学	2024.7.8 AM	0.58	0.0159	0.24	30.9	79.8	100.9	2.0	东南
26	宅后村村委会	2024.7.6 PM	2.35	0.0225	0.34	32.8	75.6	100.8	2.3	南
27	云霄县佳贝乐幼儿园	2024.7.8 PM	0.04	0.0379	2.81	32.1	73.1	101.1	2.1	东南
28	云霄县向日葵幼儿园	2024.7.8 PM	0.88	0.0722	1.49	32.2	72.9	100.9	2.0	东南
29	云霄县起航幼儿园	2024.7.8 PM	0.21	0.0397	0.20	32.4	72.8	100.9	2.4	东南
30	云霄县列屿梅山幼儿园	2024.7.8 AM	0.31	0.0086	0.29	30.9	79.7	100.9	2.0	东南
31	云霄县列屿中心幼儿园（现列屿紫阳幼儿园）	2024.7.8 PM	0.47	0.0058	0.17	31.0	75.7	101.0	1.8	东南
32	福建省燕宁顺通科技发展有限公司	2024.7.9 AM	1.02	0.0255	0.29	31.0	79.4	101.0	2.2	南
33	山前一级渔港	2024.7.9	0.21	0.0067	0.34	31.5	80.5	101.0	2.4	南

		AM								
34	人家二级渔港	2024.7.8 AM	2.00	0.0044	0.49	31.4	83.1	100.9	1.8	东南

表 3.2-17 核电厂通信基站射频综合场强监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	射频综合场强 (V/m)	功率密度 (μW/cm²)	温度(℃)	湿度(%RH)	大气压 (KPa)	风速(m/s)	风向
T1	列屿卫生院移动基站	2024.7.8 PM	0.44	/	31.8	74.2	100.9	2.0	东南
T2	列屿镇镇区移动基站（5G）	2024.7.8 PM	1.35	0.014	31.5	74.5	100.9	2.2	东南
T3	山前村(山下)移动基站	2024.7.8 PM	0.82	/	30.6	75.8	101.0	1.5	东南
T4	山前村(山上)移动基站	2024.7.9 PM	1.12	/	35.2	75.4	100.9	2.1	南
T5	后江村移动基站	2024.7.9 AM	0.42	/	30.8	80.8	101.0	2.1	南
T6	漳州云霄南山移动基站(5G)	2024.7.7 PM	0.70	0.048	33.3	76.1	100.9	1.8	南
T7	漳州云霄列屿青径大通道移动基站	2024.7.7 PM	0.47	/	32.8	76.7	100.8	2.1	南
T8	半山村移动基站	2024.7.8 AM	0.90	/	30.7	84.6	100.8	1.5	东南
T9	核电站西侧移动基站（5G）	2024.7.9 PM	0.79	0.007	34.8	75.1	100.9	2.4	南
T10	HX 移动专网基站（5G）	2024.7.5 AM	2.18	0.136	32.2	75.4	101.2	1.7	南
T11	YA 移动专网基站（5G）	2024.7.5 PM	1.70	0.002	33.1	73.2	100.8	2.2	南
T12	厂界北移动基站（5G）	2024.7.4 AM	1.07	0.003	33.6	78.8	101.2	1.0	西
T13	厂界东移动基站（5G）	2024.7.4 AM	1.96	0.029	31.4	79.5	101.2	1.2	西
T14	工程管理楼移动基站（5G）	2024.7.5 PM	0.64	0.007	33.2	73.3	100.8	2.5	南
T15	厂区北门口移动基站（5G）	2024.7.6 PM	0.83	0.012	33.5	75.0	100.9	2.5	南
T16	人家村中核二四公司核电之家移动基站（5G）	2024.7.6 PM	0.76	0.004	33.4	75.2	100.9	2.4	南

T17	云霄列屿人家电信基站(5G)	2024.7.7 PM	1.91	0.144	33.1	76.4	100.9	1.8	南
-----	----------------	----------------	------	-------	------	------	-------	-----	---

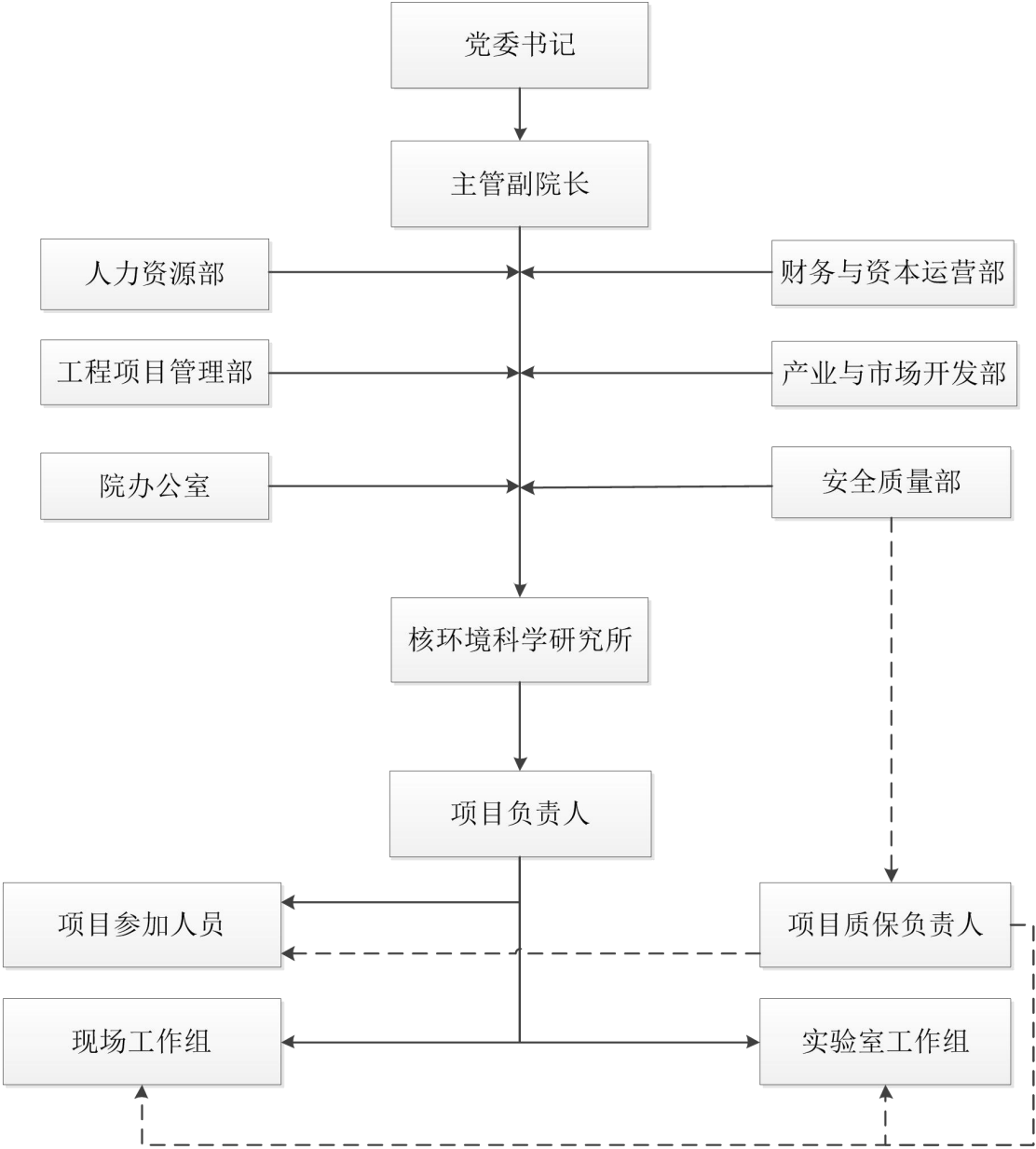


图 3.1-1 质量控制组织机构图



图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况示意图

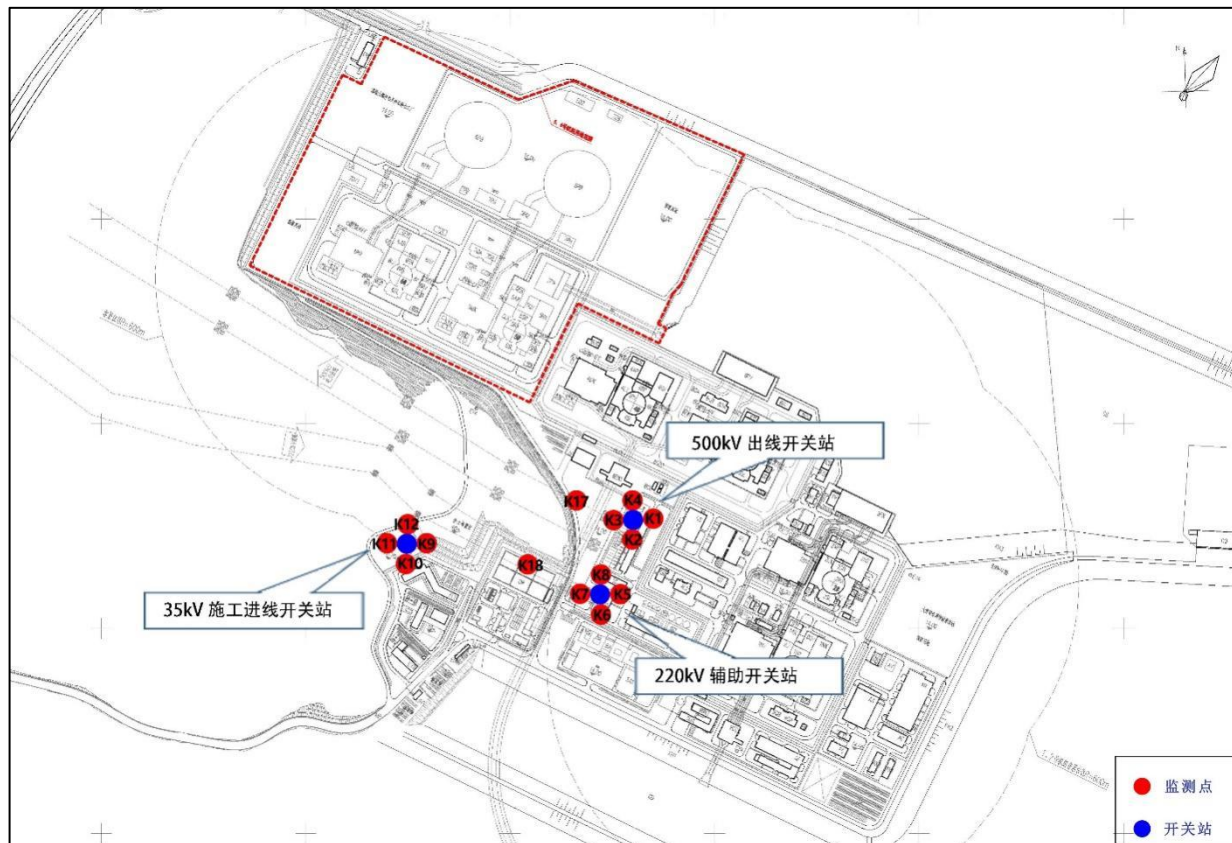


图 3.2-2 核电厂开关站及第一跨监测点设置示意图

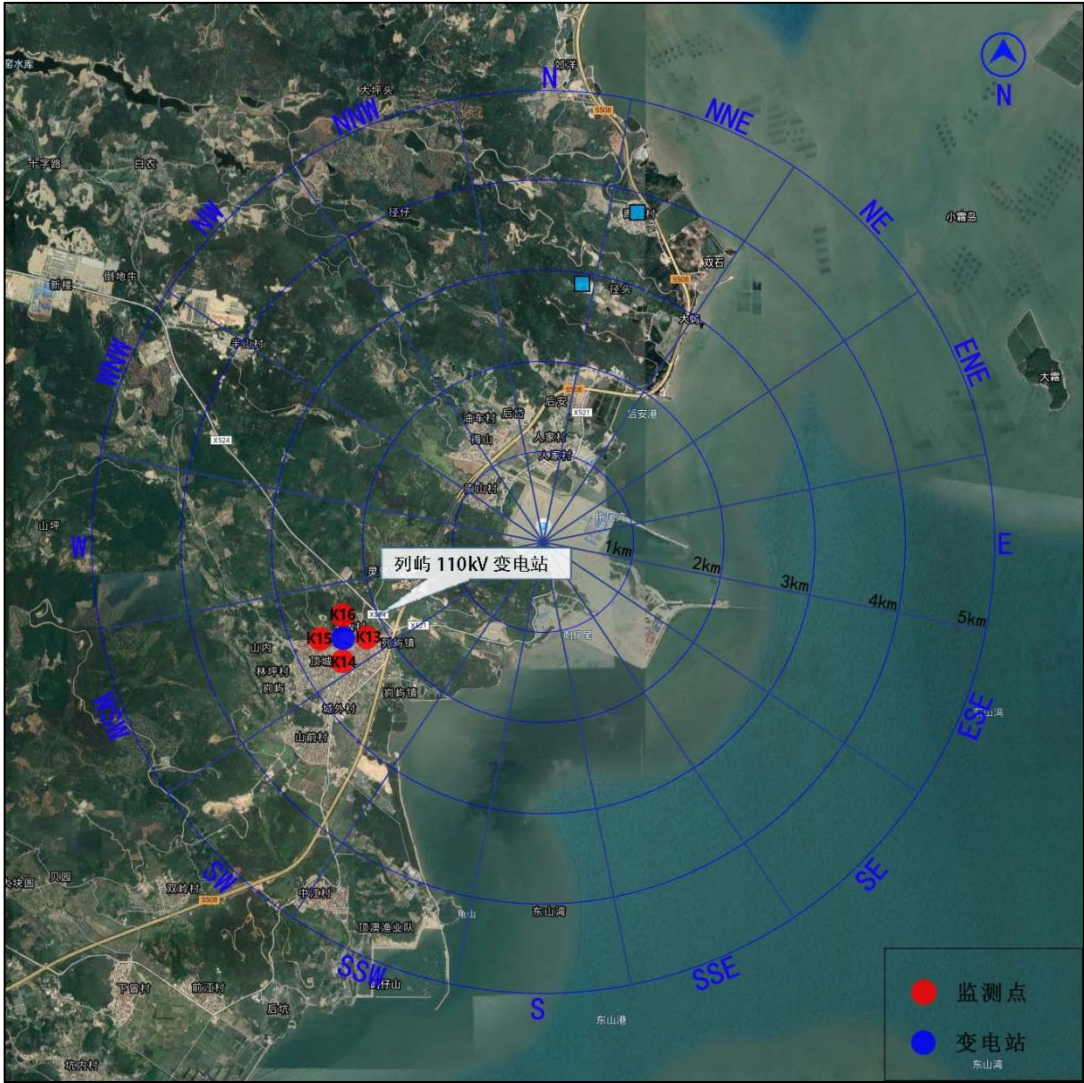


图 3.2-3 变电站监测点设置示意图



图 3.2-4 核电厂地下廊道监测点设置示意图

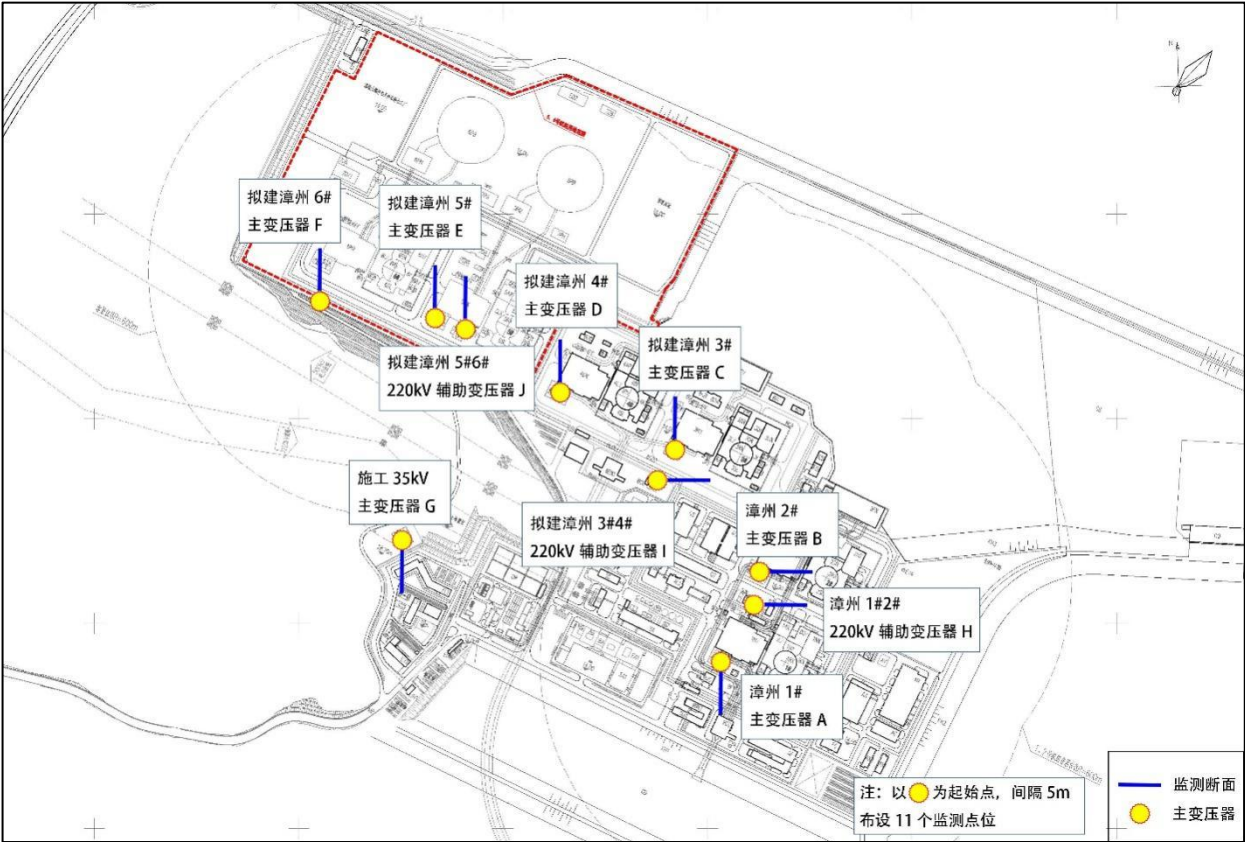


图 3.2-5 核电厂主\辅变压器监测断面设置示意图

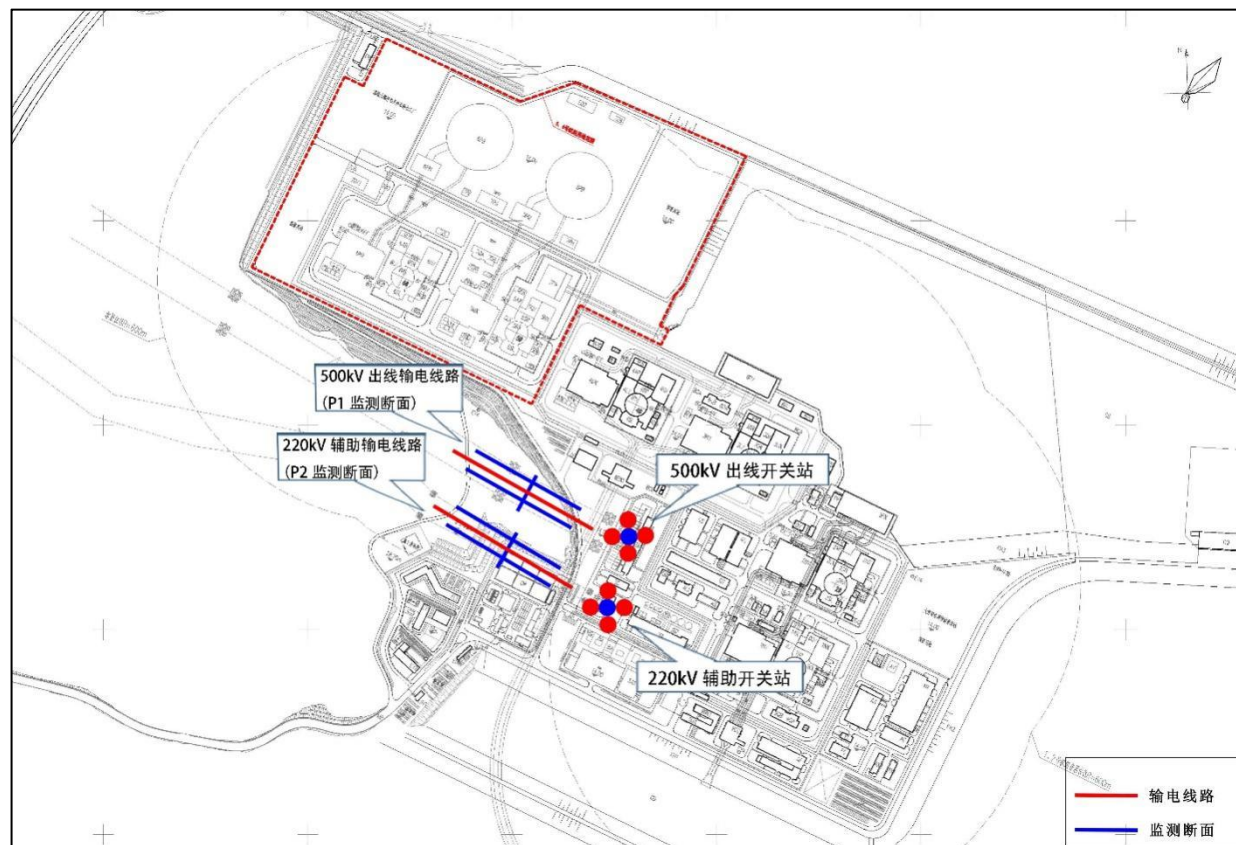


图 3.2-6 核电厂输电线路监测点设置示意图

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区总体规划

4.1.2 厂区总平面布置

4.1.3 排放口布置

4.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.3 常规岛

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.2 核电厂散热系统

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

4.4.2 开关站的选型和布置

4.4.3 与电力系统的连接

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 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

4.5.5 应急硼注入系统

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

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 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物运输

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂址总体规划

厂址规划建设六台百万千瓦级核电机组，统一规划、分期建设。目前 1~4 号机组正在建设四台华龙一号机组及其配套辅助设施；本期工程 5、6 号机组规划建设两台华龙一号机组及其配套辅助设施。

4.1.2 厂区总平面布置

4.1.2.1 建设规模及项目组成

本工程建设两台华龙一号机组及其配套辅助设施，部分辅助生产设施与 1~4 号机组设施共用。

4.1.2.2 平面布置

综合考虑总体规划、工程地质勘察条件、工艺布置特点、配套辅助设施的布置要求和经济比较等诸多因素，确定本工程厂区总平面布置。

- 主厂房区

主厂房区主要由核岛和常规岛及其附属建筑组成。

本工程主厂房布置在预留用地西部，主厂房采用核岛朝东，常规岛朝西的顺列式布置。

- 冷却水设施区

冷却水设施区包括重要厂用水及预处理海水提升泵房、自然通风冷却塔、循环水泵房、循环水补水池及补水泵房、取水头部、循环水补水预处理厂房制氯站和排水混合井。

- 辅助生产区

辅助生产区包括核岛/常规岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物处理厂房、空气压缩机房、辅助变压器区域及公用 10kV 配电间、非放射性含油废水集水池、公共气体贮存区 1、公共气体贮存区 2、10kV 公用配电站、厂区消防泵房、氢气贮存及分配站、生产检修办公楼。

- 厂前建筑区及其它设施

厂前建筑区除生产检修办公楼外，其它利用 1、2 号机组建设的设施。

- 其它利用 1、2 号机组建设的设施

- 配电装置区

500kV 开关站、220kV 开关站、网控楼利用 1、2 号机组已建设施。

- 放射性辅助生产区

其中包括废物处理中心、放射性机修及去污车间、放射性固体废物暂存库、放射性废

油暂存库、特种汽车库、放射源库、厂区实验楼、新燃料组件运输中转贮存场地等。

—维修设施、仓库、实验室及办公设施区

其中包括非放射性机修车间、综合仓库、棚库、龙门吊及环吊小车仓库、润滑油和油脂库、移动电源车库、化学试剂库、洗衣房及浴室、电仪修及专用工具库、危险废物暂存库等。

- 实物保护围栏

厂区设置控制区、保护区和要害区三道实体保卫围栏，每道围栏出入口处设置监控系统 and 值勤哨位，进出人员、车辆必须持有专用证件和磁卡。

4.1.2.3 竖向布置

厂区竖向采用平坡式布置，厂坪设计标高为 14.00m。

厂区地表水采用有组织的排放方式，场地雨水通过道路雨水篦子进入雨水系统排出厂外，最终排入大海。

4.1.2.4 厂内交通运输及出入口

厂内运输主要是新燃料、乏燃料、固体废物以及其它常规生产运输，均采用汽车运输。

4.1.2.5 绿化与美化布置

本设计仅划分绿化区及非绿化区，不进行具体绿化设计。

4.1.3 排放口布置

4.1.3.1 环境保护相关设施的布置

本工程环境保护相关设施包括核岛厂房、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、非放射性含油废水集水池。其他放射性辅助生产设施、生活污水和生产废水处理设施、取水口、排水口、应急指挥中心、环境监测设施等利用 1~4 号机组已建成子项及设施。

4.1.3.2 环境保护措施

厂址区域主要为丘陵地貌，植被覆盖密集，厂址西侧有居民点、农田和鱼塘。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：

- 厂区总平面布置中，尤其保护区（为非绿化区）内各设施的布置上，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，同时将土石方工程量作为最重要的因素之一，充分予以考虑，尽量

减少土石方开挖、回填范围和数量，减少对现状地貌的改变。

- 厂区内充分进行绿化，凡可绿化之处均进行绿化。
- 利用本工程建设时机，改善厂址区域的原始地貌，减少海岸冲刷及水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。
- 尽量为工程施工提供便利，使施工活动对环境的影响降低至最小。

4.1.3.3 排放口布置

本工程流出物排放口包括气态流出物排放口、液态流出物排放口和非放射性物质排放口。

（1）气态流出物排放口

气态流出物排放点共有 2 个，分别为 5、6 号机组反应堆排风烟囱。

（2）液态流出物排放口

液态流出物排放点有 1 个，为 3、4 号机组排水口。

（3）非放射性物质排放口

厂区内的污水收集后排至污水处理构筑物，经处理达到回用标准后供中水系统使用。

厂区内雨水通过雨水排放系统收集后由南向北排至大海。

厂区内非放射性生产废水尽可能回用，无法回用的非放射性生产废水经 3、4 号机组的虹吸井排至大海。

非放射性含油废水收集后排至非放射性含油废水集水池，经处理达标后排至虹吸井，最终经虹吸井排至大海。污油通过油污车运走。

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

本工程采用华龙一号。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 组燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，堆芯活性段高度 3.66m。为了展平功率分布，首循环按铀-235 富集度的不同分四区装载；各循环均使用固体可燃毒物钆，从第二循环开始堆芯采用低泄漏装载方式。堆芯燃料各区平均富集度将根据最终的堆芯燃料管理方案来确定。

由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在核电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方

面，以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下，即使有一种故障发生，它将由适当的措施探测、补偿或纠正。本工程设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

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

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

——第三层次防御是必须提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如安全壳喷淋系统、安全注入系统、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

漳州核电厂 5、6 号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。其中堆芯由 177 组 AFA 3G 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。

4.2.2.1.1 燃料组件

AFA 3G 燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架由 24 根导向管部件、1 根仪表管、11 个格架（2 个端部格架、6 个结构搅混格架及 3 个中间搅混格架）、上管座部件、下管座部件和相应的连接件组成。

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。

4.2.2.1.2 相关组件

AFA 3G 燃料相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件。相关组件主要用于反应堆的启停堆、变更功率、改善功率分布等。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

1) 系统功能

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

- 压力控制：在反应堆正常运行期间，通过稳压器控制冷却剂系统的压力，使其保持稳定。瞬态时，限制压力的变化范围，使其保持在允许的范围内。一旦反应堆冷却剂系统的压力达到安全阀的整定值时，则通过稳压器的安全阀和卸压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（反应堆冷却剂的出口）经总管接到稳压器的汽相空间。

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

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

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

反应堆冷却剂系统的主要参数如下：

反应堆堆芯额定功率：	3180 MWt
NSSS 额定热功率：	3190 MWt
环路数：	3
运行压力：	15.5 MPa（绝对压力）
热工设计流量：	23500×3 m ³ /h
最佳估算流量：	24680×3 m ³ /h
机械设计流量：	25670×3 m ³ /h
反应堆冷却剂温度（热工设计流量下）：	
反应堆压力容器入口	291.2 °C
反应堆压力容器出口	328.8 °C
设计压力：	17.2 MPa（绝对压力）
设计温度：	343 °C

（稳压器设计温度 360 °C）

3) 主要设备

（1）蒸汽发生器

蒸汽发生器用于生产饱和蒸汽。每台蒸汽发生器按满负荷运行时传递三分之一的反应

堆热功率设计。蒸汽发生器的设计应能够在设计污垢系数及设计堵管量的条件下使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，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、燃料操作和贮存系统、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除余热；
- 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。

设备冷却水系统（WCC）的主要功能是冷却各种核岛热交换器，经过由重要厂用水系统（WES）冷却的热交换器将热负荷传递至最终热阱—冷源；在核岛热交换器和冷源之间形成屏障，防止放射性流体不可控制地释放到冷源中。

蒸汽发生器排污系统（TTB）的主要功能是收集和处理蒸汽发生器的排污水，使蒸汽

发生器二次侧水以可变流量进行连续排污；对排污水进行冷却和减压；再循环至凝汽器或排放之前，对排污水进行连续处理。

核取样系统（RNS）的主要功能是可集中抽取供化学分析和放射性化学分析用的液体和气体样品。样品是从下列系统抽取：反应堆冷却剂系统、废气处理系统、蒸汽发生器排污系统、废液处理系统、安全壳喷淋系统（正常和事故后取样）、其它辅助系统。

燃料操作和贮存系统，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、安全厂房消防系统、柴油发电机厂房消防系统及移动式 and 便携式消防设备。BOP 各厂房包括泵房、除盐水处理站、办公楼、制氯站、辅助锅炉房、车间和食堂等，各厂房根据其火灾危险性，设置室内外消火栓、自动喷水灭火系统、水喷雾灭火系统、泡沫灭火系统、气体灭火系统、手提式灭火器等灭火系统。常规岛根据不同场所火灾危险性设置室内外消火栓、自动水灭火系统、水喷雾灭火系统、气体灭火系统、手提式灭火器等灭火系统。

4.2.3 常规岛

本节主要论述汽轮发电机厂房及厂房内的系统和设备。

4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

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

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

主蒸汽系统的功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽输送至汽轮发电机组，驱动汽轮发电机

组发电，同时将主蒸汽输送至汽轮机旁路系统、汽轮机轴封系统、辅助蒸汽系统、汽水分离再热器第二级再热器。

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

凝结水系统的功能是将凝结水从热井中抽出，升压后送至低压加热器进行加热，同时向汽轮机低压缸喷水系统、凝汽器旁路扩散装置等提供减温水。

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

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

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

4.2.3.2 汽轮机和凝汽器

本工程拟采用单轴、半转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个双流高压缸（暂定）和两个双流低压缸组成，它与三相、50Hz 的交流发电机直接相连，汽轮发电机组转速为 1500rpm，额定功率 1198MW（暂定）。

本工程凝汽器由汽轮发电机组供货商成套供货，拟采用双壳体、单流程、双背压、表面冷却式热交换器，管材采用钛管，管板采用复合钛板。凝汽器由喉部、壳体、热井和水室组成。凝汽器喉部与低压缸排汽口刚性连接，底部与混凝土基础采用弹簧支撑（暂定）。1、2 号低压加热器布置在凝汽器喉部。

在 TMCR 工况下，循环水入口温度 25.9℃（暂定），循环水量约 46.67m³/s（暂定），清洁系数 0.9 时，凝汽器背压为 6.4kPa(a)（暂定）。正常运行时凝汽器出口凝结水的含氧量≤10μg/L。凝汽器热井有效贮水量不小于汽轮发电机组在 TMCR 工况运行时 5 分钟的凝结水量。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中排放热废水、非放射性含油废水、循环冷却

用海水。

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

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

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

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

本工程用水主要分为海水用水和淡水用水。

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

漳州核电厂 5、6 号机组海水系统平均用水量详见下表。

机组 编号	循环水补水 量 (m ³ /h)	预处理自用水 (m ³ /h)	重要厂用水 量 (m ³ /h)	海水制氯水 量 (m ³ /h)	总水量 (含每台机组 250m ³ /h 预留量)	
					(m ³ /h)	(m ³ /s)
5	8640	435	3800	50	13175	3.7
6	8640	435	3800	50	13175	3.7
合计	17280	870	7600	100	26350	7.4

最大用水量：除了重要厂用水系统在设计工况下的最大用水量为单台机组 8800m³/h 外，其他系统最大用水量与平均用水量相同。

东山湾取水条件好、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，不会出现因冷却水供应不足而引起电厂运行中断的情况。

4.3.1.2 淡水用水

核电厂的淡水用水主要包括施工期间的生产用水、人员生活用水、消防用水和施工现场的土壤压实、降尘、洗车用水等，以及运行期间生产用水、生活用水、消防用水及绿化浇洒洗车用水等。本工程施工期和运行期生活、生产、洗车等淡水用水由淡水厂提供；绿化、浇洒、降尘等用水主要由中水系统提供。

(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、浇筑、养护、系统冲洗、打压试验和系统充水和砌砖等施工用水。

本工程土建用水高峰期，施工期间施工生产用水最大日用水量为 $2215\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1125\text{m}^3/\text{d}$ 。施工现场降尘和洗车用水量为 $230\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 $3936\text{m}^3/\text{d}$ 。

本工程安装调试用水高峰期，施工期间安装调试用水最大日用水量为 $3400\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $450\text{m}^3/\text{d}$ 。施工现场降尘和洗车用水量为 $230\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 $4498\text{m}^3/\text{d}$ 。

2) 运行期间用水量

运行期淡水用水包括人员生活用水、生产用水、消防用水和绿化、道路浇洒及洗车等用水。

运行期人员生活用水主要包括厂前区、厂内各建筑及厂房卫生间用水、食堂用水、浴室用水等生活用水。

运行期生产用水主要包括核岛厂房用水、常规岛厂房用水、厂区内其他子项如循环水系统及重要厂用水系统的水泵轴封水、除盐水原水、消防补水及空调冷冻机组冷却水的补充水的备用水源。

绿化及浇洒等用水采用再生水，由中水系统提供。

考虑管网漏损水量和未预见用水等，本工程正常运行日用水量为 $6474\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量为 $9152\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程运行期正常运行设计耗水指标为 $0.031\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 。

(2) 供水水源

本工程施工期间和运行期间淡水用水由淡水厂提供。淡水厂的原水取自峰头水库。淡水厂的出水水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）的要求。中水系统的再生水来自污水处理构筑物 2，水质符合《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920—2020）中城市绿化水质标准。

福建漳州核电厂淡水厂的设计规模 $24000\text{m}^3/\text{d}$ ，能满足福建漳州核电厂六台机组用水需要。

中水系统的再生水由污水处理构筑物 2 提供。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 $140\text{m}^3/\text{d}$ ，再生水产生量约为 $126\text{m}^3/\text{d}$ ，可以满足绿化、浇洒等用水需求。

4.3.2 核电厂散热系统

本工程重要厂用水系统拟采用海水直流冷却方式，循环水系统拟采用二次循环冷却方式，取水工程采用取水头部+取水隧洞的方式，取水头部布置在已建的取水明渠根部，排水工程拟与 3、4 号机组共用排水隧洞。

4.3.2.1 取水工程方案

本工程取水工程拟采用取水头部+取水隧洞的方案，取水头部布置在已建取水明渠根部。取水头部构筑物平面尺寸为 18m×14.5m，采用现浇钢筋混凝土结构。取水头部通过取水隧洞连接至重要厂用水及预处理海水提升泵房。每台机组各设置 1 根取水隧洞，每根取水隧洞均长约 246.4m，内径 2.2m，两端与重要厂用水及预处理海水提升泵房和取水头部构筑物相接。

4.3.2.2 排水工程方案

本工程排水拟排至 3、4 号机组虹吸井，并与 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水构筑物。排水口位于厂址东南侧海域-6.0m 等深线处。

4.3.2.3 循环水系统

循环水系统采用带海水冷却塔的二次循环供水方式，海水补水取自东山湾，海水通过取水明渠、取水头部、取水隧洞，再经加压及预处理后的海水进入循环水补水池作为循环水补水，补水由循环水补水泵加压后进入循环水泵房前池与循环水进行掺混。循环水由循环水泵加压后经循环冷却水进水管进入凝汽器，经过换热后由循环冷却水排水管道进入冷却塔竖井，冷却塔冷却后循环水经冷却塔回水管沟输送至循环水泵房前池，如此反复。

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

福建漳州核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，一、二期采用我国自主研发的三代压水堆“华龙一号”（融合版）技术方案，各建设 2 台百万千瓦级压水堆核电机组。本期工程为扩建工程，拟建设 2 台“华龙一号”机组，2 台机组分别以发电机—变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入系统，发电机与主变压器之间装设发电机出口断路器。

500kV 主开关站电气主接线采用 3/2 断路器接线。漳州核电 1、2 号机组已一次建成 500kV 主开关站土建部分，留有设备扩建场地，500kV GIS 设备已建成 2 回主变进线，4 回线路出线，共 2 个完整串和 2 个不完整串。3、4 号机组接入已建成的 500kV 开关站，扩建 2 回主变进线，将五峰出线从南侧改接到中间的终端塔，预留第 5 回备用出线，扩建 1 个完整串和 1 个不完整串，形成 4 个完整串和 1 个不完整串。本期工程建设 2 台机组接入已有 500kV 开关站，扩建 2 回主变进线，总计 5 回架空线出线，6 回主变进线，形成 5

个完整串和 1 个不完整串。

220kV 辅助开关站电气主接线采用双母线接线。漳州核电 1、2 号机组已一次建成 220kV 开关站土建部分，留有设备扩建场地，1、2 号机组建设 2 回线路进线，2 回辅助变出线。3、4 号机组建设 2 回辅助变出线，直接接入 220kV 系统，形成 2 回线路进线，4 回辅助变出线。本期工程新增 2 台辅助变出线，在原 220kV 配电装置基础上扩建 2 回辅助变出线间隔，形成 2 回线路进线，6 回辅助变出线。

最终方案应以接入系统审查意见为准。

4.4.2 开关站的选型和布置

500kV 主开关站与 220kV 辅助开关站布置在厂区东南侧的开关站区域，其中 500kV 主开关站以 500kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）与主变高压侧设备连接，220kV 辅助开关站通过 220kV 电缆与辅助变高压侧设备连接。500kV 与 220kV 配电装置选用 SF₆ 气体绝缘全封闭组合电器（GIS），户内布置安装。

4.4.3 与电力系统的连接

本期工程 2 台机组分别以发电机—变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入原 500kV 主开关站，并通过 5 回架空线与外电网连接。正常运行时，机组发出电能通过 500kV 主开关站输送到电网；在机组启停期间，500kV 系统作为厂外主电源通过 500kV 主开关站经主变和高厂变降压后为厂用设备供电。

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

由于接入系统方案尚未确定，最终接线方案应以接入系统审查意见为准。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水系统、应急硼注入系统。

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；

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱(IRWST)取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

4.5.3 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，这取决于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剂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两个容量 100%的独立的系列来确保。

供电由两列独立电源保证，并由应急柴油发电机组作备用。

两列电源和两列冷却水各自之间都有实体分隔和布置上的分离。

(2) 系统描述

安喷系统由两个子系统组成：喷淋子系统和化学添加剂子系统。

1) 喷淋子系统

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

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

2) 化学添加剂子系统

化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠贮存箱，靠喷射器从该箱吸取氢氧化钠溶液，

在泵吸入口混合后经喷淋环管喷嘴喷出。化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠混合和循环系统，以防止氢氧化钠结晶。

3) 系统运行方式

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

4.5.4 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：

——四台 50% 流量的电动泵(001PO、002PO、003PO、004PO)，它由应急电源(柴油发电机)供电。

每台电动泵都各自配置下列管道：

——吸水管线(来自辅助贮水池)；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线(包括调节阀和电动隔离阀)。

如果热停堆时间超过 5 小时，辅助贮水池的正常贮水量不能满足要求。此时，可由除氧装置向辅助贮水池补水，以保证有足够的水带走一回路热量。

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

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

当失去厂外电源时，由应急柴油发电机向除氧装置的泵供电，且允许直接由常规岛

除盐水分系统（WCD）系统对贮水池进行补水。

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

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

4.5.5 应急硼注入系统

在发生未紧急停堆的预期瞬态（ATWS）事故工况下，REB 系统根据信号自动启动向 RCS 系统快速注入浓硼酸溶液，将反应堆带入次临界状态；在发生全厂断电事故（SBO）后，操作员可手动启动 REB 泵向一回路补水，补偿一回路冷却过程中水体积收缩；在部分设计基准事故（II、III、IV 类工况）下，操作员可手动启动 REB 系统执行对 RCS 系统的补水（硼酸溶液）、硼化堆芯到次临界和辅助喷淋降压等安全功能；在电厂调试阶段，执行水压试验功能。

该系统包括两个完全独立的系列，两个系列之间有联接管连接两个硼酸注入箱，上设常开的手动隔离阀。

每个系列主要包含：

- 1 台硼注泵；
- 1 台硼酸注入箱；
- 1 条硼酸再循环回路；
- 1 台安全阀。

硼酸再循环回路用来定期循环硼酸注入箱内的硼酸溶液，以确保硼酸注入箱内硼的均匀。电站正常运行期间，再循环回路隔离阀处于开启状态，并在应急硼注入系统启动信号时自动关闭。再循环管线也用于硼注泵的定期试验。

在 ATWS 工况下接到应急硼注入系统启动信号时，两个系列的泵同时启动，从硼酸注入箱取水，通过安注系统冷段注入管线向一回路注入硼酸，保证堆芯次临界状态。在 SBO 工况下，操作员根据需要手动启动应急硼注泵补偿一回路水体积。在部分设计基准事故（II、III、IV 类工况）下，操作员可手动启动 REB 系统执行对 RCS 系统的补水（硼酸溶液）、硼化堆芯到次临界和辅助喷淋降压等安全功能。

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，裂变产生的放射性核素基本上都包容在燃料元件芯块与包壳之内，只有极少量的裂变产物会由于燃

料元件破损而泄漏到反应堆冷却剂中，或者由极少量的燃料元件加工制造过程中的表面铀沾污而直接进入主冷却剂。同时裂变产生的中子使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、硼酸和其它材料受到激活而产生中子活化及活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化及活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关系统的主要放射性来源，其中蒸汽发生器传热管束的泄漏还有可能造成二回路系统的污染。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

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

- 核岛疏水排气系统（RVD）
- 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）

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 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）除核废物厂房（QF）部分为两台机组公用外，系统的其它部分均为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

- 机组正常运行；
- 换料停堆、维修停堆各阶段及随后的启动；
- 设备维修及维修前设备排水；
- 正常泄漏和事故泄漏；
- 各种瞬态。

根据废物的特性（可复用或不可复用的废液、含氢或含氧废气）以及收集后的处理方式，这些废物将分别由各自的管网输送到核辅助厂房的硼回收系统（ZBR）、废液处理系统（ZLT）和废气处理系统（ZGT）。在反应堆发生事故以后，将较高水平放射性废液再注

入反应堆厂房。RVD 系统不直接履行安全功能（安全壳贯穿件除外）。但它起到限制放射性废物释放到环境中去的作用。

（1）设计基准

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

RVD 系统采用的设计基准如下：

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

— 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；

— 非放射性疏水管道的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；

— 地坑泵有足够的容量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；

— 采取预防措施在反应堆发生事故后使较高水平放射性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，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和安全厂房工艺疏水坑的较高水平放射性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、燃料厂房、核辅助厂房、安全厂房、核废物厂房的地面疏水。这些疏水是化学成分含量不定的低放射性废水。这些废水按下述方法进行收集和输送：

— 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；

— 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑；

— 废水排至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和安全厂房地面疏水坑的较高水平放射性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以及蒸汽发生器排污系统（TTB）取样排水和管道疏水。这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。这些废水按下述方法进行收集：

— 送至核辅助厂房化学疏水坑，再由泵输送到 ZLT 系统。

— 由 ZLT 系统直接收集。

蒸汽发生器排污系统（TTB）取样排水和管道疏水通过重力收集管网收集在 RVD 系统。在凝汽器再循环之前，这些废水由泵输送至 TTB 系统处理。

e) 含氢废气子系统

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

f) 含氧废气子系统

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

其他厂房含氧废气子系统主要收集反应堆在启动、冷停堆时设备排气及常压贮槽、手套箱等排气，这些废气被送到 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，并由两台并联安装的泵输送，泵进口及出口管道上安装的所有的阀门在正常运行时是常开的。

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。

在反应堆厂房位置低于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱，再用泵将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑。工艺疏水箱有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑。

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

- 送到核辅助厂房工艺疏水坑，再用泵输送到 ZLT 系统。
- 收集在各厂房工艺疏水坑中，再用泵输送至核辅助厂房工艺疏水坑。
- 靠重力直接送到 ZLT 系统。
- 收集在核废物厂房工艺疏水坑，再用泵输送到 ZLT 系统工艺排水接收槽。

c) 化学疏水子系统

本系统靠重力收集疏水，这些废水被送到化学疏水坑，再用泵输送到 ZLT 化学排水缓冲槽，或直接收集到 ZLT 化学排水缓冲槽中。蒸汽发生器排污系统（TTB）取样排水和管道疏水通过重力收集管网收集在 RVD 系统。在凝汽器再循环之前，这些废水由泵输送至 TTB 系统处理。

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

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。

反应堆厂房的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑，疏水坑装有多个水位探测器，根据预先设定的高高和低液位整定值来分别控制泵的启动和关闭。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑。RVD 系统安全壳疏水坑可用于不可识别泄漏探测，泄漏监测仪表为抗震 1 类。

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

位于反应堆堆腔和安全壳疏水坑之间的阀门，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。

燃料厂房的地面疏水通过重力收集到核辅助厂房地面疏水坑，再用泵送至 ZLT 系统地面排水接收槽。

核辅助厂房地面疏水坑接收核辅助厂房的设备泄漏、疏水，及其它厂房地面疏水和房

间地面疏水（一般情况下放射性水平低于排放标准），再用泵将疏水坑中废液输送到 ZLT 地面排水接收槽。

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

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。

正常运行时，稳压器卸压箱和反应堆冷却剂疏水箱都用氮气覆盖。在异常情况下，经氮气吹扫后，废气可排至含氧废气疏水罐。

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。

4.6.2.2 硼回收系统（ZBR）

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

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

（1）设计基准

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

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

本系统的前贮槽和净化部分可接收和处理来自 RCV 系统的最大下泄流（31.4m³/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 350m³。

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

- 冷停堆 6 小时；
- 温度升至反应堆零功率时的温度并保持反应堆零功率 1 小时；
- 返回冷停堆并保持此工况 6 小时；
- 升到满功率。

本系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为 $3.5\text{m}^3/\text{h} \times 2$ 。冷凝液含硼量低于 5ppm，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。不满足反应堆硼和水补给系统（RBM）的复用要求的 ZBR 冷凝液可以送往 ZLT 处理或者 ZLD 系统监测排放；浓缩液含硼量约为 7000ppm，满足 RBM 系统的复用要求时可作为 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接收。然后，用前贮槽泵经除盐预过滤器、阳床除盐器、混床除盐器、树脂滞留过滤器净化后，进入除气塔进行脱气。去除了裂变气体、氢气和氮气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵输送，经再生热交换器与除气塔液体冷却器冷却后进入中间贮槽暂时贮存。

从除气塔排出的二次蒸汽经排气冷凝器冷凝、冷却后，废气通过核岛疏水排气系统（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。

三个中间贮槽共用一台输送和混合泵。

用蒸发器供料泵将除气后的反应堆冷却剂从中间贮槽送至外加热式自然循环蒸发器的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到浓度约 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和冷凝液监测槽内。经取样分析监测满足 RBM 系统的复用要求后，用浓缩液泵和冷凝液泵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进行除硼处理。

ZBR 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

（3）系统运行

a) 正常运行

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

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

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

前贮槽的液位与压力检测系统自动控制除气塔的启动和停运。

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

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。蒸发操作前，要先用输送和混合泵将中间贮槽中的料液连续搅动混合。然后，取样分析。

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

蒸发产生的二次蒸汽经二次蒸汽冷凝器冷凝后，再经冷凝液冷却器冷却至 50℃，进入冷凝液监测槽。

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

— 如果冷凝液的水质满足反应堆补给水要求，则由冷凝液泵将其直接送到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进一步除硼后送 RBM 系统作补给水使用；

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

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

蒸发器中的浓缩液自动排出，经浓缩液冷却器冷却后进入浓缩液监测槽。

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

如果浓缩液满足 RBM 系统的复用要求，则用浓缩液泵送到 RBM 系统作为补给硼酸用；

如果浓缩液不满足 RBM 系统的复用要求（硼含量远小于 7000ppm，但其他指标满足 RBM 系统的复用要求），则经浓缩液泵返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；

如果浓缩液不满足 RBM 系统的复用要求（硼含量略高于 7700ppm），则可以用冷凝液稀释；

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

b) 特殊运行

— 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

当 RHR 系统运行时，将 RCV 系统容控箱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。

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送回 RBM 系统的补给水箱。

4.6.2.3 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 $27\text{m}^3/\text{h}$ 。地面排水量约为 $5000\text{m}^3/\text{a}$ ，服务排水量约为 $1250\text{m}^3/\text{a}$ 。

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

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

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 $3\times 50\text{m}^3$ ，化学排水接收槽的容积为 $3\times 50\text{m}^3$ ，工艺排水接收槽的容积为 $2\times 50\text{m}^3$ ，工艺排水缓冲槽 $1\times 20\text{m}^3$ （单机组分别布置），化学排水缓冲槽 $1\times 20\text{m}^3$ （单机组分别布置），监测槽的容积为 $2\times 50\text{m}^3$ 。

a) 除盐工艺包括：

— 两个工艺排水接收槽。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。

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

— 一台预过滤器。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

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

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

— 四台串联的除盐器。

— 一台树脂滞留过滤器。

经过处理后的废液进入监测槽。

b) 蒸发工艺包括：

— 三个化学排水接收槽，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和预处理。

- 一台化学排水泵，用于槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。
 - 化学中和站由酸、碱试剂槽和两台计量泵组成，用于调节接收槽中废液的 pH 值。
 - 蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵、蒸发器预过滤器、预热器，加热器、蒸发器、旋风式分离器、泡罩塔、蒸馏液冷凝器、蒸馏液冷却器、冷凝水冷却器和冷凝水平衡槽。
- 蒸发浓缩液由浓缩液槽收集。然后，用泵送至 ZST 系统浓缩液槽。
- 蒸馏液由两个监测槽接收。

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

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

对监测槽中的废液进行取样分析。如果其放射性浓度和化学特性符合排放要求，则排往核岛液态流出物排放系统（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，用于地面排水和服务排水的收集、贮存、混和、取样分析及化学中和。
- 地面排水泵，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。
- 两台并联使用的过滤器。可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯。
- 当地面排水接收槽内废液的放射性浓度高于排放管理限值时，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。
- 蒸发净化单元和除盐净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

4.6.2.4 核岛液态流出物排放系统（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）排水。

— 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）排水。

② 常规废水

— 蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

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

c) 将超过排放限值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

ZLD 系统设置三个 1000m³ 的废液排放槽，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时破裂溢出的全部流出物量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

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

地坑泵安装在地坑内，地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

三个排放槽有一根共用的排放管线及一根通往 ZLT 系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪和受 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，内外表面涂防腐涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线厂房内的部分材料为不锈钢，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，自动报警、关闭隔离阀，停止排放，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。

4.6.2.5 放射性废水回收系统（WSR）

（1）设计基准

本系统有选择地收集核岛厂房内卫生出入口所产生的放射性废液或可能带放射性的废液，收集的废液经贮存和取样分析后，废液被送往 ZLT 系统或 ZLD 系统。

（2）系统描述

WSR 系统收集下列系统及场所的废液：

AR 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中，由泵送往 ZLD 系统排放。

废水贮槽房间内的地坑收集的废液由地坑泵送往废水贮槽。

（3）系统运行

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

4.6.2.6 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：
 - 进行硼浓度的调节，从而控制反应性；
 - 控制气体的浓度；
 - 净化和过滤；

- 含氧量和 pH 值的控制（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。

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

水温为 35℃考虑)。

热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

b) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

处理能力：60m³/h；

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

c) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为 100m³/h，过滤器的过滤粒度为 5μm。

(2) 系统描述

a) 服务于乏燃料水池的设施

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

— 冷却回路：水泵抽送乏燃料水池的水流过热交换器，然后返回到乏燃料水池。

— 过滤和除盐回路

— 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 $450\text{m}^3/\text{h}$ ，由流量计监测。

水泵的工作流量为 $510\text{m}^3/\text{h}$ ，其中 $60\text{m}^3/\text{h}$ 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 $60\text{m}^3/\text{h}$ 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°C 。当温度高于 60°C 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 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

— 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 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，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°C 。

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 $10\sim 76.5\text{t/h}$ 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

换热器，或非再生热换热器。一般来说，在电厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热换热器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热换热器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热换热器进行冷却。再生热换热器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热换热器的冷却水则为设备冷却水。

排污水由热换热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，将热换热器下游的压力限制到 1.4MPa（表压）。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 5 μ m 的过滤器，然后通过一条或两条并联的离子交换管路进行净化处理，每条管路均串联有一台阳离子交换器、一台混床离子交换器和一个手动流量调节阀。处理过的排污水再通过一台过滤粒度为 25 μ m 的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

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

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

- 处理设施失效；
- 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

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

（3）系统运行

a) 正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热换热器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~76.5t/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 使用非再生热换热器

在再生热换热器不可用或是冷凝器和凝结水泵不可用的情况下，排污水经过非再生热换热器冷却，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 泵房地坑内的疏水。

— 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，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵，用于在取样和分析之前搅拌槽内液态流出物，也用于液态流出物排放或将液态流出物送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵分别安装在泵房地坑和滞留池内，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 贮槽中的一个接收液态流出物，一个混合、取样分析和监测排放液态流出物，另一个备用。液态流出物在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据液态流出物放射性浓度及环境稀释能力确定液态流出物的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对贮槽液态流出物有辅助监测作用，如果排放液态流出物的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

当贮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液态流出物。

4.6.2.10 常规岛废水处理系统（WQE）

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

常规岛废水处理系统设两条平行处理线，每条处理线考虑一定的富裕量，并且可以根据实际水量情况，灵活调整运行的处理线数量。本工程常规岛废水处理系统为六台机组共用，随福建漳州核电厂 3、4 号机组工程建设，总处理能力为 450m³/d，单条生化系统处理线的处理规模为 225m³/d。经处理后的废水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中对常规污染物的排放要求。

4.6.2.11 放射性废液排放源项

在反应堆正常运行期间放射性废液的排放量取决于：

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

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。在计算中现实工况下反应堆冷却剂的放射性浓度取为 0.1GBq/t I-131 当量，保守工况采用 4.44GBq/t I-131 当量。

现实工况下单台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 1.18E+00GBq/a，液态氙为 3.86E+04GBq/a，液态 C-14 为 1.00E+01GBq/a；保守工况下单台机组除氙、C-14 外其他核

素的排放量为 $7.61\text{E}+00\text{GBq/a}$ ，液态氚为 $4.36\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，液态 C-14 为 $2.68\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

4.6.3.1 废气处理系统（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且含有氢气，存在辐照危害、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《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）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《核电厂防火设计规范》（GB/T22158-2021）的要求；

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

— ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成安全等级 SC-3 级、抗震类别 1I，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；

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

— ZGT 系统为单机组设置。主要设备位于 NH 厂房内。

（3）系统组成

ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

1) 含氢废气子系统

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

这类废气有如下两个来源：

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

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

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

2) 含氧废气子系统

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

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

（4）系统运行

1) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RVD 系统收集至缓冲罐。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，含氢废气压缩机可以根据缓冲罐上的压力测量装置的设定值，进行自动操作（启动或停运）：

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

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

③在含氢废气压缩机运行时，当缓冲罐内压力回落到 0.007MPa （表压）时，正在运行的压缩机停运。

压缩后的气体经由压缩气体冷却器冷却后，送至衰变箱。

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，核辅助厂房的烟囱放射性超过阈值，或者假如正在排放的衰变箱内的压力下降到 0.02MPa（表压）时，则自动停止排放。衰变箱内压力低于 0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在 4.5~97.5 个小时内以预定的流量排放到核辅助厂房 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，废气停止排放。

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

2) 含氧废气子系统

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

含氧废气干管内的负压由止回式调节阀门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

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

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

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）
- 安全壳环形空间通风系统（CAV）
- 安全厂房
- 安全厂房控制区通风系统（VMO）
- 燃料厂房
- 核燃料厂房通风系统（VFL）
- 核辅助厂房
- 核辅助厂房通风系统（VNA）
- 核废物厂房
- 核废物厂房通风系统（VRW）
- 附属厂房
- 卫生出入口通风系统（WCV）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

- 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；
- 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；
- 没有沾污的房间每小时换气次数为 0.5 次。
- 蓄电池房间在事故工况下每小时换气次数为 12 次。

（2）设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风口。

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）均备有安全级的电源。

有抗震要求的设备部件采取特殊措施，如抗震支吊架、基座等。设备安装空间符合可达性、运行和维修要求。

（3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

- 进风预过滤器

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

·排风预过滤器

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

·高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为 95%。

·高效空气粒子过滤器（HEPA）

高效空气粒子过滤器用来捕集气流中超细小的颗粒灰尘。这些过滤器效率至少为 99.9%。

过滤器由标准尺寸的单元构成，其滤芯是一次性的。除非另有说明，过滤器滤芯采用玻璃纤维纸材料。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

碘吸附器用于吸附气流中的气态放射性碘，其净化系数至少为 100（甲基碘）。

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 系统保持安全壳内适当的温度状态。

CCV 系统所考虑的冷负荷主要来自安全壳内的相关设备及管道等。在安全壳内部，CCV 系统按闭式循环方式运行，与安全壳外部环境无直接关系。

b) 安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳空气净化系统的功能是在安全壳内部发生放射性污染时，降低壳内空气中放射性水平，以便工作人员在一定时间范围内有可能进入。

CUP 系统吸入安全壳内的部分空气，经预过滤器、高效空气粒子过滤器（HEPA）和碘吸附器进行净化来确保其功能。为了防止 CUP 高效空气粒子过滤器（HEPA）过早阻塞，CUP 系统设置有预过滤器。只有在安全壳内部发生放射性污染的情况下、工作人员需要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 系统按闭式循环方式运行，与安全壳外部环境无直接关系。

CUP 系统由主控室远距离手动控制。

c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 处理带放射性空气的是小扫气子系统，该系统为直流式。在反应堆正常运行期间，排风经过高效空气粒子过滤器（HEPA）和碘吸附器的净化后排放至烟囱。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（表压）时，进行安全壳排气。

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) 安全壳环形空间通风系统（CAV）

CAV 系统是连续运行的，保证内外壳之间空间（环形空间）的负压，保证来自内层安全壳内部的空气在排放前经过过滤，避免被污染的空气直接流向环境。

在事故后为减少释放到周围环境中的放射性，设置了两个系列的事事故排风子系统，满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

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

CAV 包括以下三个子系统：

1) 正常排风子系统由一台预过滤器、一台高效空气粒子过滤器和配有止回阀的排风机组成。

2) 每个事故排风子系统包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器；
- 一台高效空气粒子过滤器；
- 一台碘吸附器；
- 一台 100%容量的排风机，并配有止回阀。

f) 安全厂房控制区通风系统（VMO）

VMO 系统为直流式通风系统。在正常运行期间，VMO 系统的正常通风子系统运行，对安全厂房控制区进行通风。在事故工况下，VMO 系统的低流量排风子系统运行，对污染区域进行碘排风。

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能是：

— 正常运行工况下，保证安全厂房控制区房间内的设备正常工作和运行人员进入所需的环境温度；

— 在设备维修和定期试验时维持适当的环境条件，允许人员进入电机房进行维修；

— 在应急硼注泵运行时，启动循环冷却机组保持应急硼注泵间正常温度条件；

— 在堆腔注水冷却泵运行时，启动循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，失电时，一列由接 WSC 系统的循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，另一列由直接蒸发式冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件；

— 接到安注指令时，正常送排风系统停运，低流量排风子系统启动，保证相应区域负压，防止放射性物质外泄。排风经碘过滤机组排至烟囱。

VMO 系统由主控制室远距离控制。

VMO 系统的正常通风子系统组成如下：

— 两台并联连接的 100%容量的空气处理机组（过滤器、冷却盘管、加热器、送风机），配有止回阀；

— 一台排风过滤机组包括：预过滤器、高效空气粒子过滤器；

— 五台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；

— 一台直接蒸发式循环冷却机组；

— 两台并联的 100%容量的排风机，配有止回阀；

— 送、排风管道；

— 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

— 两台串联的 100%容量的加热器；

— 排风过滤机组包括：高效空气粒子过滤器、碘吸附器；

— 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）

VFL 系统为直流式通风系统。在正常运行期间，VFL 系统以全新风模式运行，对燃料厂房进行通风。在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤模式运行：

— 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 事故时，低流量排风与 RHR 泵房间及 CAM 贯穿件房间的通风相连接。

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统均都能保持其设计功能。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 系统由主控室远距离控制。

VFL 系统由以下部件组成：

— 两台 100%容量并联的送风机组，每台机组包括：

预过滤器；

送风机；

冷却器。

— 高效空气粒子过滤器；

— 两台 100%容量并联的排风机，出口带止回阀；

— 配平衡阀、隔离阀和防火阀的通风管网。

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；

— 按辐射防护分区，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；

— 降低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体泄漏，排风通过烟囱排放；

— 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统（CSV）所需要的风量及过滤要求。

房间风量是根据冷热负荷或最小换气次数计算而得。

VNA 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统和排风烟囱组成。

1) 正常送风子系统

正常送风子系统由 4 台 50%容量的空调机组（两用两备）以及配有电加热器、平衡阀、止回阀、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；
- 一台高效过滤器；
- 一台冷却器；
- 一台风机。

2) 正常排风子系统

正常排风子系统组成如下：

— 四台 50%冗余设置的过滤器箱体，每台过滤器箱体包括一台预过滤器和一台高效空气粒子过滤器；

- 四台 50%冗余设置的风机；
- 配有止回阀、平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

3) 碘排风子系统

设置两套容量为 100%的冗余系列，并联连接，每个系列的组成如下：

- 两台电加热器；
- 一台过滤器箱体，每台过滤器箱体包括一台预过滤器和一台高效空气粒子过滤器；
- 一台碘吸附器；
- 一台风机；
- 带有止回阀、平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

4) 排风烟囱

排风烟囱垂直段固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 84.4m，高出核辅助厂房屋面 58.40m。烟囱中设有连续监测放射性气体排放水平的仪表。

5) 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电加热设备，以防止硼酸结晶。

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；

- 按辐射防护分区，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；

— 当正常运行期间，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体泄漏，排风通过烟囱排放；

房间风量是根据冷热负荷或最小换气次数计算而得。

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

1) 正常送风子系统

正常送风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、止回阀、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；
- 一台高效过滤器；
- 一台冷却器；
- 一台配有止回阀的风机。

2) 正常排风子系统

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

- 一台预过滤器；
- 一台高效空气粒子过滤器；
- 一台配有止回阀的风机。

3) 碘排风子系统

碘排风子系统设置有两套容量为 100%的冗余系列，每个系列的组成如下：

- 一台预过滤器；
- 一台高效空气粒子过滤器；
- 一台电加热器；
- 一台碘吸附器；
- 一台配有止回阀的风机；
- 设置有平衡阀、止回阀、隔离阀、防火阀以及排风口的碘排风管网。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

4) 特殊措施

在输送硼酸房间安装了电加热设备，用以防止硼酸结晶。

j) 卫生出入口通风系统（WCV）

本系统为卫生出入口采暖通风与空调，为运行人员及维修人员提供进出通道的环境条件。系统分为三个独立的子系统：冷区通风子系统、热区通风子系统和制冷机房通风子系统。

本系统的主要功能如下：

— 保证附属厂房运行服务人员及维修人员进入所需的环境温度和房间内的设备正常工作；

— 为房间提供适当的换气次数；

— 发生制冷剂泄漏事故时，保证 WNC 制冷机房的排风。

1) 冷区通风子系统采用一次回风的方式连续运行，包括主通风管路、回风管路和排风管路。

— 主通风管路由一台送风空调机组、风阀和管网组成，空调机组部件包括预过滤器、高效过滤器、加热器、冷却器和送风机；

— 回风管路由一台回风机、风阀和管网组成；

— 排风管路由一台排风机、风阀和管网组成。

2) 热区通风子系统采用直流式全新风系统，由一台送风空调机组、一台过滤器箱体、一台排风机、风阀和管网组成。

— 空调机组包括预过滤器、高效过滤器、加热器、冷却器和送风机；

— 过滤器箱体包括预过滤器和高效空气粒子过滤器。

热区通风子系统将卫生出入口热区房间排出的空气过滤后，通过烟囱排至大气。

3) 制冷机房通风子系统为循环冷却系统，设置两台循环冷却机组，维持房间所需环境温度。

4.6.3.3 放射性废气排放源项

气态放射性流出物主要来源于主冷却剂脱气和各厂房的通风排放，具体为：

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；
- 辅助厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放。

现实工况下单台机组的惰性气体排放量为 $9.97\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，气态碘的排放量为

1.69E-02GBq/a, 气态粒子的排放量为 4.68E-02GBq/a, 气态氚的排放量为 4.29E+03GBq/a, 气态 C-14 的排放量为 220GBq/a; 保守工况下单台机组的惰性气体排放量为 5.95E+04GBq/a, 气态碘的排放量为 7.67E-01GBq/a, 气态粒子的排放量为 9.36E-02GBq/a, 气态氚的排放量为 4.84E+03GBq/a, 气态 C-14 的排放量为 3.65E+02GBq/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和核废物厂房内 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

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，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

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

4.6.4.1.3 系统描述

（1）ZST 系统组成

本工程的 ZST 系统由核辅助厂房内部分、核废物厂房内部分、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。福建漳州核电厂 5、6 号机组中，核辅助厂房内部分以及核废物厂房内部分为新建，废物处理中心及放射性固体废物暂存库为已建厂址机组的共用设施（随福建漳州核电厂 1、2 号机组建设）。

（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核废物厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

废树脂和废活性炭收集在核辅助厂房和核废物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 系统的废树脂不受放射性污染或仅受轻微放射性污染，在核辅助厂房直接装入容器桶，然后送到指定区域贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在核辅助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 钢桶。

将核废物厂房和核辅助厂房产生的废过滤器芯装入 200L 钢桶并封盖，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。

通风系统的废过滤器芯、大尺寸轻微污染设备一般仅受轻微放射性污染，收集后送到固体废物暂存库进行贮存衰变，满足清洁解控要求时，进行清洁解控；不满足解控要求时，送到废物处理中心进行处理。

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。其中，可燃部分可暂存后外运焚烧处理。

（3）固体废物暂存库

放射性固体废物暂存库为已建厂址机组的共用设施，用于暂存六台机组五年产生的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯的临时贮存场所。

固体废物暂存库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

废物暂存库贮存区域包括 HIC 废物包贮存室、HIC 废物包贮存区、200L 废物桶贮存室、200L 废物桶贮存区、轻微污染设备贮存区。

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

贮存的放射性废物贮存一定年限后，转运到放射性固体废物处置场进行处置。

4.6.4.1.4 系统运行

(1) 浓缩液的处理

浓缩液收集于核废物厂房的浓缩液贮槽内，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

产生在核辅助厂房的废树脂用水力输送至核辅助厂房的废树脂贮槽，产生在核废物厂房的废树脂和废活性炭用水力输送至核废物厂房的废树脂贮槽，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

废过滤器芯用过滤器芯更换转运容器（衬铅容器）拆卸，拆卸后通过下降通道装入事先放置在运输车屏蔽容器内的 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，再通过屏蔽运输车送到废物处理中心内的水泥固定装置进行水泥固定。处理后产生的钢桶废物包送到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进行收集，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。其中，可燃部分可暂存后外运焚烧处理。

(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。

4.6.4.2 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

- 控制含银垫圈材料的使用范围。
- 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

(2) 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入容器桶中进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，进行清洁解控。

— 将干废物根据不同的性质进行分类处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶水泥固定。

— 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，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

- 浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块，减容效果更为明显。
- 废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，减容效果更为明显。

— RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用长度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

根据废物包厂内暂存时间和废物库库容情况，向放射性废物处置场运输废物包。放射性固体废物的运输起点为福建漳州核电厂的固体废物暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场。放射性废物运输必须遵守国标《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）和《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）中的有关要求。

放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处置前进行论证，放射性废物的处置将遵守国家的区域处置政策。

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、设备。

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

4.6.5.1 系统描述

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

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道是隔离的，只有换料时才打开。

乏燃料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辐照燃料组件和紧急卸料时全堆芯的燃料组件。II

区用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料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》（2021 年 12 月 17 日）相关章节的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

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

（2）乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受燃料组件和工具掉落的冲击；

（3）防止不属于起升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

（4）贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；

（5）贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

（6）必须提供贮存破损燃料组件的设施；

（7）贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；

（8）应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

（9）乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造

成几何尺寸变化，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

（10）乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；

（11）乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；

（12）乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；

（13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部危险的防护措施；

（14）乏燃料贮存水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件；

（15）在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全；

（16）在乏燃料贮存水池中设有水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

4.6.5.3 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，且余热排出和能动注入系统完全失效时，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和能动注入系统的备用。这种备用同样允许对余热排出和能动注入系统进行维修，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功能等级F-SC3，屏障等级B-SC3；与非能动安全注入系统连接的管路以及带隔离阀的安全壳贯穿件为功能等级F-SC1，屏障等级B-SC2。

该系统设有两台冷却泵，由柴油发电机组作为它们的应急电源。泵之间的切换或电源之间的切换均采用手动方式。

乏燃料贮存水池冷却系统的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之

相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

为满足本工程的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理。

化学处理的主要方法是在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证水质并实现以下目的：避免设备的腐蚀和结垢、去除水中的氧、调整水的 pH 值水处理用树脂的再生、达到水处理工艺效果、防止海生物的附着和繁殖、化学清洗等，这些化学物质的最终产物也将随着排水排入到环境中去。

4.7.1.1 化学处理系统设计

本工程使用化学药剂的主要环节有循环水处理系统、除盐水生产系统、循环水补水预处理系统、凝结水精处理系统、放射性废液处理系统等。

（1）除盐水生产系统

除盐水生产工艺设备布置于除盐水生产厂房，除盐水生产厂房为 6 台机组共用，1、2 号机组已完成厂房建设，位于漳州核电厂 1、2 机组厂区。在 1、2 号机组及 3、4 号机组建设期间分别安装 2 个及 1 个系列除盐水生产设备，5、6 号机组安装最后 1 个系列除盐水生产设备。

除盐水生产系统从生产水系统获取原水，原水经过细砂过滤器、反渗透装置、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和后会排放少量化学物质。再生废液中含有 NaCl 以及少量的 HCl 和 NaOH，酸碱废液经中和达标后排入漳州核电厂 1、2 号机组雨水和生产废水系统。

此外在除盐水的制取过程中还需加入其它一些化学物质，如聚合氯化铝，用于去除原水中的悬浮物；还原剂 NaHSO_3 ，用于除去进入反渗透系统的水中的余氯；阻垢剂，用于防止反渗透膜浓水侧结垢；氨水，用于调节混合离子交换器产水 pH。

（2）循环水处理系统

本工程循环水处理系统包括电解海水制氯和次氯酸钠投加、阻垢缓蚀剂和非氧化性杀生剂投加等工艺环节，其功能是通过电解海水制取次氯酸钠溶液，投加至循环水系统和重

要厂用水系统，以抑制海生物等繁殖，防止水质恶化，避免海生物等附着管道、设备等；通过外购方式获取阻垢缓蚀剂，投加至循环水系统的冷却回路，以防止或减少管道、设备等发生腐蚀、垢类析出沉积；通过外购方式获取非氧化杀生剂，定期投加至循环水系统的冷却回路。电解海水制氯的主要原理是通过电极反应使海水中的 NaCl 转换成 NaClO 。

循环水系统次氯酸钠加药量暂根据火电厂海水二次循环冷却方案的运行经验确定，加药点拟设置在循环水泵房进水流道和补水池进水管。循环水泵房进水流道的加药浓度为 8 mg/L ，每次投加时间为 1 h ，间断投加，每日投加 2 次；补水池进水管的加药浓度为 1 mg/L ，连续投加。

阻垢缓蚀剂的投加暂按 8 mg/L 考虑，根据补水量连续投加；非氧化性杀生剂暂按 30 mg/L 考虑，一个月投加 1 次。各类药剂的具体加药方式需要通过外委专题研究确定，并在实际运行当中根据运行情况调整。为方便每台机组药剂投加，加药间每台机组建设一座，与循环水泵房贴建，设置阻垢缓蚀剂加药装置、非氧化性杀生剂加药装置。

重要厂用水系统的冷却方式为海水直流供水冷却，次氯酸钠加药方式为取水头部连续和冲击加药，连续加药量暂按有效氯含量 1 mg/L 投加；冲击加药量暂按有效氯含量 3 mg/L 投加，每次投加时间为 1 h ，每日投加 2 次。重要厂用水及预处理海水提升泵房采用连续加药配合冲击加药，加药量与取水头部一致，为取水头部备用加药点。

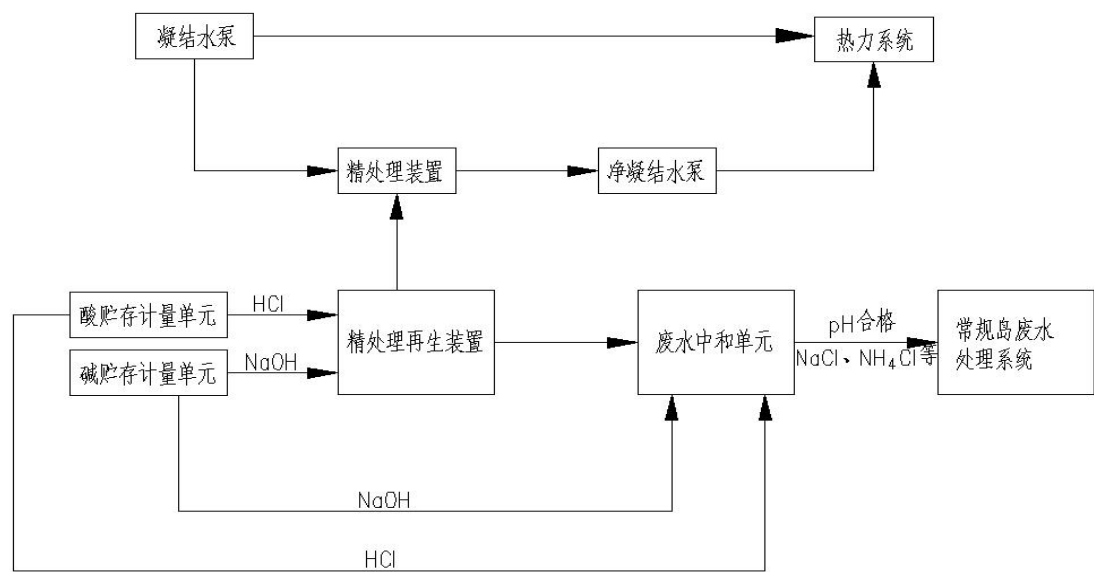
上述投加的化学物质最终与循环水系统排水一起排放至大海。

（3）循环水补水预处理系统

循环水补水预处理过程加入的化学物质主要为聚合氯化铁、聚丙烯酰胺。循环水补水预处理过程中所用的化学药品用量均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，并在处理环节中消耗殆尽。净化剂反应生成物绝大部分存在于循环水补水预处理厂房的生产废水泥浆中。泥浆水经浓缩后进行脱水，形成固体物质不排入水体，污泥脱水后的滤出液排至循环水补水预处理厂房的排泥池再次参与污泥处理。因此，循环水补水预处理系统添加的化学药剂不会对周围环境造成影响。

（4）凝结水精处理系统

凝结水精处理系统采用“前置阳床+高速混床”工艺，系统设计流程为：凝结水泵来水→前置阳床→高速混床→净凝结水泵→返回热力系统，离子交换树脂的再生需要使用盐酸和氢氧化钠。凝结水精处理产生的酸碱废水排至废水中和池，通过加碱或加酸进行中和处理，使 pH 值达到 $6\sim 9$ 后排放。凝结水精处理系统酸碱废水处理简易流程图如下：



4.7.1.2 废水来源及排放

本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；

除盐水生产系统；

循环水补水预处理系统；

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

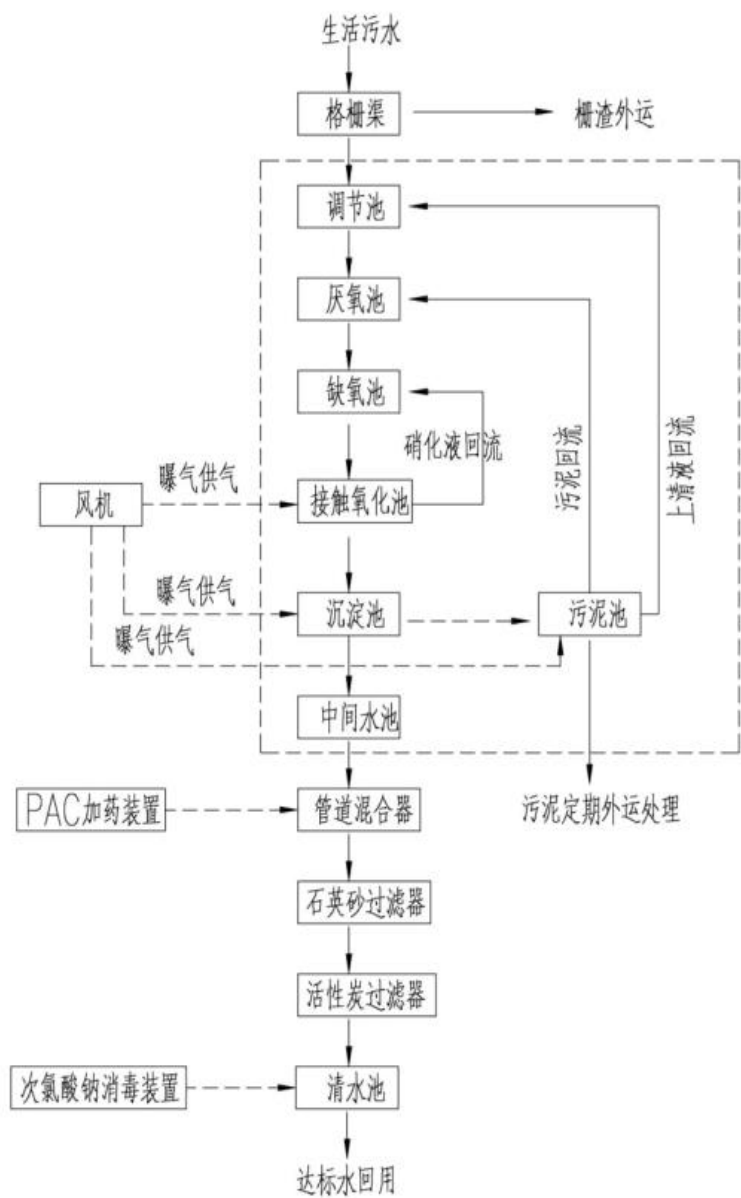
本工程产生的生活废物包括非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

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 1.1 吨/天。

生活污水来自本工程主厂区各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备的非放射性生活污水和食堂、淋浴设施的生活污水排水。主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至污水处理构筑物 2，经生化处理和深度处理同时达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准后，回用于绿化及道路浇洒等，回用剩余水回用于循环水系统补水，特殊工况下，无法回用部分排入大海。处理过程中产生的生活污水定期外运处理。本工程与福建漳州核电厂 3、4 号机组共用污水处理构筑物 2，污水处理构筑

物 2 处理能力为 450m³/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 140m³/d，大修和启动工况增加至 351m³/d。污水处理构筑物 2 主要工艺流程图如下：



4.7.3 其它废物

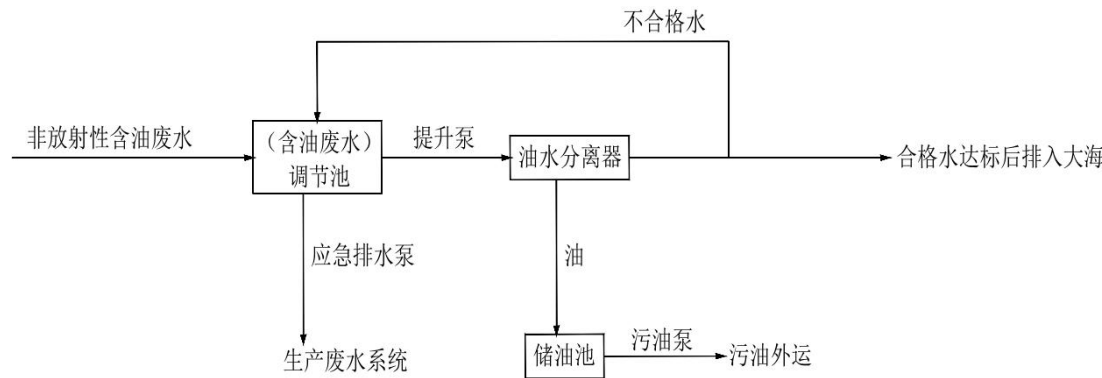
本工程运行期产生的其它废物主要为非放射性生产废水、固体废物等。

4.7.3.1 非放射性生产废水

本工程非放射性生产废水主要包括非放射性含油废水、无需处理可直接排放的部分非放生产废水、经处理后达标的非放生产废水等。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经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准（石油类<5mg/L）后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海；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，由有资质的厂家处置。

非放射性含油废水处理流程图如下：



无需处理可直接排放的部分非放生产废水，其主要包括某些设备（如辅助给水箱、除盐水贮存箱）的排空水和泄漏水、工艺管廊集水坑、排水、空调设备冷却水等；经处理后达标的非放生产废水主要为除盐水厂房、制氯站等子项的酸碱废水，以及运行期部分非放射性生产废水经酸碱中和处理达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准后，经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房。本工程部分无法回用的非放生产废水经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入东山湾海域。

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和危险废物。

一般工业废物主要为循环水补水预处理水处理过程中产生的污泥、污水系统油水分离器调节池前格栅拦截的污物、膜组件及废弃的离子交换树脂等。循环水补水预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。循环水补水预处理设置污泥池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。污水系统油水分离器格栅拦截的污物定期外运处理。

除盐水生产工艺设计采用反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经除盐水生产工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，且根据《国家危险废物名录》（2025 年版），除盐水生产工艺用过的废弃膜元件不属于危险化学品，故一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

除盐水生产过程中废弃的离子交换树脂等，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。经除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，根据《国家危险

废物名录》（2025 年版），除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不属于危险化学品，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

本工程运行期间可能产生的危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，核应急准备过期失效药品，废弃铅蓄电池，废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。

参考类似核电项目运行机组数据估算，本项目两台机组正常运行期间产生一般工业固体废物约 170t/年。两台机组正常运行期间产生危险废物约 180t/年。

本工程运行期产生的各类危险物集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

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

本项目的燃料组件由中国原子能工业有限公司（CNEIC）供应。新燃料运输容器采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至本项目的燃料厂房。

4.8.1.2 新燃料运输容器

新燃料组件特性：

·物理状态	固体
·主要成份	UO ₂

首循环 177 组燃料组件，平衡循环每次换料 72 组。

新燃料运输容器特性：

·货包类型	A（F）
-------	------

新燃料运输容器由上、下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上、下壳体的连接用螺栓锁紧。上壳体设有吊装环、下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装载新燃料组件。支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量装置，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两组组件，两组组件间设有中子吸收板，容器内充以保护性气体，以避免污染。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

燃料组件供货数量，以及备用组件的数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足平衡换料循环的要求。每台新燃料容器可装载 2 组新燃料组件，每台机组采用 36 台容器运输，每一年半运输一次，可满足要求。

4.8.2 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，由于需要更新的几率很小，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，如使用可装载 21 组组件的乏燃料运输容器，2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。乏燃料运输容器为不锈钢铅屏结构，已取得国家核安全局颁发的设计批准书和制造许可证，2022 年已完成 3 台容器产品供货，具备本工程使用的条件。

乏燃料运输的运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。本工程乏燃料运输可采用公铁海联运的运输方式，本工程燃料厂房至核电站自备码头间考虑采用公路运输方式进行短途接驳，再由核电站自备码头公海换装后，由专用运输船实施海运。专用运输船到达中转码头，进行海公换装；通过公路短驳方式运输至铁路专用线完成公铁换装、专用线运输，最终运至规划的乏燃料后处理厂。具体运输容器类型、运输方案及路线，需要在国家相关主管部门批准，且乏燃料运输中的海运、铁路及公路运输积累成熟经验后，由承运部门确定。

4.8.3 放射性固体废物运输

本工程运行期间产生的废树脂来自 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；废过滤器芯来自核辅助厂房和核废物厂房内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。本工程中，核辅助厂房内部分以及核废物厂房内部分为新建，废物处理中心及放射性固体废物暂存库为已建厂址机组的共用设施（随福建漳州核电厂 1、2 号机组建设）。

废树脂和废活性炭收集在核辅助厂房和核废物厂房的废树脂贮槽中，核辅助厂房废树

脂，以及核废物厂房的废树脂和废活性炭通过屏蔽运输车转运至废物处理中心废树脂接收槽中，废树脂和废活性炭在废物处理中心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，在核辅助厂房直接装入容器桶，然后送到指定区域贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在核辅助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 钢桶。废树脂运输槽车与厂房内树脂输送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。在装载时，废树脂运输槽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。废树脂运输槽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，双层容器配有混合措施、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警示标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽运输容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，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。

浓缩液收集在核废物厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，装有浓缩液烘干盐的 200L 钢桶通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。

废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心处理后产生的 200L 钢桶废物包通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。运输废物的屏蔽运输车装载废物后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，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，保证运输过程中的安全。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后产生的 200L 钢桶废物包转运至固体废物暂存库暂存。其中，可燃部分可暂存后外运焚烧处理。

放射性废物运输车司机室后设有必要的屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

本工程产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有干燥废树脂、废活性炭以及浓缩液烘干盐的 200L 钢桶废物包，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 钢桶废物包。其中，废滤芯和杂项干废物产生的 200L 钢桶废物包送至固体废物暂存库暂存，废树脂、废活性炭和浓缩液处理后产生的 200L 钢桶废物包

送至固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。厂外运输的是混凝土 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包。其中，表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废物桶，则外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

根据废物包厂内暂存时间和废物库库容情况，向放射性废物处置场运输废物包。放射性固体废物的运输起点为福建漳州核电厂的固体废物暂存库，运输终点为放射性废物处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处置前进行论证，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《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的有关要求。废物桶的设计和制造满足《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》（EJ 1042-2014）的要求。HIC 的设计和制造满足《低、中水平放射性废物高完整性容器-混凝土容器》（GB 36900.2-2018）的要求。水泥固定废物体性能满足《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）和《低水平放射性废物包特性鉴定-水泥固化体》（GB 41930-2022）的要求。废物包性能满足《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）和《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB 9132-2018）的要求。

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.2 施工期的节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

5.3.6 施工期监测方案

表：

表 5.3-1 环境大气中各污染物的评价标准

表 5.3-2 无组织排放源中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 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

施工建设对土地利用的影响主要包括厂区土石方的负挖与回填、建构筑物的建造等陆域施工活动所产生的影响。

5.1.2 施工建设占用土地情况

本工程用地面积为 63.17hm²，均为预留建设用地。本工程无陆域新增用地。

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.3.1 对地形地貌的影响

本期工程使用的大部分场地已在 1、2 号机组工程建设中进行过场地平整，少量场地平整施工过程中进行必要的工程及植物措施的防护，优化施工工序，可以有效防止水土流失，同时结合厂区绿化美化，施工场地使用完毕后的还绿等措施使得对地形地貌的改造影响范围仅限于局部，并且这种影响相对较小。

5.1.3.2 水土流失

本期工程建设造成的水土流失主要发生在施工期，工程建设伴随着机组负挖、材料堆放和土石方中转等，将改变原地貌、占压土地和损坏水土保持设施，导致土地保水保土能力下降。厂区基础开挖后，自身抗侵蚀能力较弱，堆场、生产及辅助生产建筑物等施工会加剧扰动破坏，更容易产生水土流失。本工程施工中产生的松散土方容易在降雨因子作用下，随地表径流进入附近海域，如不进行围护，可能增加临近海域局部水体浊度，增大含沙量，将对临近海域水质产生负面影响。但该项目位于南方多雨区，林草植被恢复较快，自然恢复期较短，结合有效的工程措施（防洪排导工程、土地整治工程等）、植被种植、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

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态条件，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

根据中国核电工程有限公司 2020 年 7 月~2023 年 11 月期间开展的 13 次施工期大气环境监测结果。

13 次施工监测期间调查的结果得到以下数据分析：

（1）2020-2023 年 13 次监测无组织排放监测点 SO_2 小时浓度范围在 $19\sim 33\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中“表 2 新污染源大气污染物排放限值” $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（2）2020-2023 年 13 次监测无组织排放监测点 NO_x 小时浓度范围在 $48\sim 76\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中“表 2 新污染源大气污染物排放限值” $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（3）2020-2023 年 13 次监测无组织排放监测点 TSP 小时浓度范围在 $157\sim 308\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中“表 2 新污染源大气污染物排放限值” $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（4）2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 SO_2 小时浓度范围在未检出~ $24\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间；日均浓度范围在未检出~ $14\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（5）2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 NO_2 小时浓度范围在 $12\sim 65\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间；日均浓度范围在 $12\sim 58\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（6）2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 NO_x 小时浓度范围在 $15\sim 76\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间；日均浓度范围在 $17\sim 64\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（7）2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 CO 小时浓度范围在未检出~ $1\text{mg}/\text{m}^3$ 之间；日均浓度范围在 $0.3\sim 0.6\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级浓度 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $4\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值。

（8）2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 PM_{10} 日均浓度范围在 $18\sim 75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级标准 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（9）2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 TSP 日均浓度范围在 $34\sim 131\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级标准 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

（10）2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度范围在未检出~ $66\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级标准 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

根据近四年调查的结果及数据分析可以看出：无组织排放源监测点的 SO_2 、 NO_x 和颗粒物浓度均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”要求。环境空气监测点的 SO_2 、 NO_2 、 NO_x 、 CO 、 TSP 、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值要求。

其中 2022 年 9 月根据工作需求在 1、2 号机组增加了兼顾 3、4 号机组的点位，重新编制了《福建漳州核电厂 1、2 号机组施工期大气环境监测分析及评价工作大纲》，并按照新的工作大纲开展后续监测及分析评价工作。

综上所述，近四年 1-4 号机组施工期间，厂址附近大气环境质量符合相关法规标准。由于本工程厂区平整已在 1、2 号机组施工阶段完成，施工量相对较小，预计本工程施工期间对大气环境的影响在可接受的范围内。

5.1.3.5 对声环境的影响

本小节依据中国核电工程有限公司2020年7月～2023年11月期间开展的13次施工期噪声监测结果编制。

2020-2023年13次监测期间，施工场界、厂区内噪声点及厂区外敏感区噪声监测结果如下：

漳州核电厂场界及厂区内噪声监测结果昼间等效声级范围在46.4～69.9dB（A），均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的昼间限值70.0dB（A）；夜间等效声级范围在36～53.7dB（A），均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的夜间限值55.0dB（A）。

厂区外敏感区噪声监测点位噪声监测结果昼间等效声级范围在43.3～59.7dB（A），均低于《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准的昼间限值60.0dB（A）；夜间等效声级范围在30.8～49.8dB（A），均低于《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准的夜间限值50.0dB（A）。

公路噪声监测点位噪声监测结果昼间等效声级范围在55.1～68.3dB（A），低于《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a类标准的昼间限值70.0dB（A）；夜间等效声级范围在38.7～53.9dB（A），低于《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a类标准的夜间限值55.0dB（A）。

其中2022年9月根据工作需求在1、2号机组增加了兼顾3、4号机组的点位，重新编制了《福建漳州核电厂1、2号机组施工期噪声监测分析及评价工作大纲》，并按照新的工作大纲开展后续监测及分析评价工作。

综上所述，近四年1-4号机组施工期间，厂址附近声环境质量符合相关法规标准。由于本工程厂区平整已在1、2号机组施工阶段完成，施工量相对较小，预计本工程施工期间对声环境的影响在可接受的范围内。

5.1.3.6 对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水和施工生产废水。

施工期临建区的生活污水由施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理外运处理；或设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

施工生产用水主要用于消耗和重复利用。施工期的部分生产废水经澄清后回用于混凝土养护等，酸洗废水等无法回用的生产废水外运处理；部分生产废水经处理达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准后排放至东山湾海域。

满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准的生产废水允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，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。

施工期间产生的危险废物主要包括：废油漆桶；使用酸进行清洗产生的废酸液；废弃机油、润滑油；失效油漆；丁醇、丙酮；废弃柴油、汽油；废显（定）影剂、胶片及废像纸；废腐蚀液、废洗涤液；废弃的铅蓄电池；废电路板；废油漆等。施工期产生的各类危险废物分类临时存放，委托具有危废处理资质的单位统一外运处理。

因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

距离厂址最近的自然村为南山村，位于厂址 WNW~NW 方位 0.61km，施工不会对其造成影响。

厂址半径 10km 范围内仅涉及 1 处省级以上文物保护单位，为“石矾塔”，位于厂址 N 方位距离为 7.1km。厂址半径 15km 范围内 3A 级以上的风景游览区有 4 个，其中距离最近的是云霄县金汤湾旅游区，距离厂址 9.81km。

厂址距离附近的旅游景区和文物古迹较远，施工不会对其造成影响。

核电厂工程建设期间需要大量的工程施工人员，大量的外来施工人员进驻施工现场，可能对附近居民的日常生活造成轻微的影响，但同时也可以增加当地居民的就业机会和商机，而大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

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。施工生产用水主要包括生产、浇筑、养护、系统冲洗、打压试验和系统充水和砌砖等施工用水。施工生活用水主要为施工人员生活用水。

本工程土建用水高峰期，施工期间施工生产用水最大日用水量为 $2215\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1125\text{m}^3/\text{d}$ 。施工现场降尘和洗车用水量为 $230\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 $3936\text{m}^3/\text{d}$ 。

本工程安装调试用水高峰期，施工期间安装调试用水最大日用水量为 $3400\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $450\text{m}^3/\text{d}$ 。施工现场降尘和洗车用水量为 $230\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 $4498\text{m}^3/\text{d}$ 。

（2）供水水源

本工程施工期间淡水用水由淡水厂提供。淡水厂的出水水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）的要求。淡水厂的原水取自峰头水库。峰头水库为漳江流域的龙头水库，多年平均径流量 3.63 亿 m^3 ，97%可供水量达 2.13 亿 m^3 ，在满足灌溉用水、生活生产用水及补充东山县用水外，尚有较富余水量，可保证核电厂的淡水用水量。

（3）施工期用水对周围水用户的影响

本工程施工期淡水用水由淡水厂提供，淡水厂的供水规模满足漳州核电厂六台机组用水需要。本工程不增加淡水厂取水量，本工程取水不影响峰头水库现有用水户（农业灌溉和云霄县自来水厂等）的取水条件。

综上所述，本工程施工期用水是合理的，对水资源利用无影响。

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.2.2.1 海域施工的影响

根据取排水工程方案规划，本工程取水工程拟采用取水头部+取水隧洞的方案，取水头部布置在已建取水明渠根部；排水工程拟与 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水构

筑物。取水头部拟采用施工围堰干法施工，施工围堰建设和拆除过程中会产生入海悬浮泥沙。

悬浮泥沙使海水中悬浮颗粒过多，导致海水的混浊度增大，透光度降低，不利于鱼类的天然饵料的繁殖生长；另外，悬浮颗粒会随鱼类的呼吸而进入鳃部，沉积在鳃瓣、鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，而且会隔断鱼类气体交换的进行，使鱼类呼吸困难，甚至窒息而死。但由于成鱼具有相对较强的避害能力，在挖泥、清渣作业施工期间海水混浊时，成鱼一般会自动避开。

取水头部位于已建取水明渠根部，该处水动力环境较弱，施工悬沙扩散范围较小，不会超出取水明渠范围；排水拟与 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水构筑物。综上，本工程海域施工不会对东山湾内的水质环境造成不利影响。

5.2.2.2 减轻施工过程对海域环境影响的措施

（1）减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

- ①避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
- ②将施工期环保要求列入招投标内容。

（2）减轻疏浚过程对海域环境影响的环保措施

①疏浚清淤时，尽量采用抓斗式挖泥船并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《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求后到港外排放，禁止在港内排放。

⑤重件码头到港船舶未配备油水分离处理设施，或因故障未能正常运行的，应直接交

予有资质的含油污水接收处理船接收处理。

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

5、6 号机组工程水土流失防治区划分为厂区和施工生产区。防治分区的具体措施布设情况如下：

（1）厂区防治区

施工过程中，5、6 号机组工程主厂房区北侧和东侧沿道路一侧设置临时浆砌石排水沟，与厂区已有排水沟连接。施工后期，在 5、6 号机组工程厂区沿四周设置雨水管和雨水口；在厂区保护区围栏内铺设碎石。施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆和全面整地，采取乔灌木相结合的方式景观绿化。

（2）施工生产区防治区

施工过程中，在混凝土搅拌站及砂石料加工厂四周设置临时浆砌石排水沟；在临时堆土（石）料场周围设置临时干砌块石挡墙、土质排水沟、堆顶及堆面采取彩条布苫盖防护，出口设简易沉砂池。施工结束后，对施工生产区可恢复植被区域进行表土回覆和全面整地，采取栽植灌木和撒播草籽的方式进行植被恢复。

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、施工生产区作为重点，监测的主要内容包括水土流失自然影响因素、扰动土地情况、水土流失状况、水土流失防治成效、水土流失危害等。主要采用地面观测、实地调查测量、遥感监测、资料分析和巡查调查监测相结合的方法进行监测。

5.3.2 施工期的节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

- 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。施工期的生产废水部分经澄清后回用于混凝土养护等，部分无法回用的生产废水委托第三方外运处理。

施工期间施工临建区的生活污水最大日产生量为 1125m³/d，施工期临建区的生活污水由施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理外运处理，或设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。本工程施工期产生的危险废物集中分类暂存后，委托有资质单位外运处理。本工程施工期间生活垃圾最大日产生量约为 7.5t/d。

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》（GB6722-2014）的相关规定。施工期间将采取以下措施，确保将施工噪声控制在相关规定的限度内：

- 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- 控制土石方爆破范围；
- 尽可能使用低噪声的施工设备；
- 合理安排施工进度，加强在施工期间对高噪声设备的管理，避免高噪声设备的同步使用；
- 对于可能造成声环境敏感点影响的工程，在夜间尽量不施工，或夜间施工禁止使用重型机械；
- 复杂环境条件下，噪声控制由安全评估确定。

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

照标准进行建筑施工场地边界线处的等效声级测量。

5.3.6 施工期监测方案

5.3.6.1 施工期大气环境监测

根据中国核电工程有限公司 2022 年 2 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组施工期大气环境监测及分析评价方案》。

5.3.6.1.1 监测点位

a) 土石方开挖阶段点位布设

1#剑石岩风景区为《云霄县列屿镇总体规划（2013-2030）》中大力发展旅游业区域。2#人家村为春季、秋季和冬季的厂址上风向最近居民点，夏季的厂址下风向最近居民点。3#城内村为春季、秋季和冬季的厂址下风向最近居民点，夏季的厂址上风向最近居民点；同时沿海大道、疏港公路及县道云四线的交汇点也位于此。4#南山村为 6 号核岛距离最近的居民点。5A#施工场界为春季、秋季和冬季 5、6 号机组施工区域无组织排放源上风向参照点，夏季下风向监控点，5B#施工场界为春季、秋季和冬季 5、6 号机组施工区域无组织排放源下风向监控点，夏季上风向参照点。6A#碎石厂为厂址附近无组织排放源春季、秋季和冬季上风向参照点，夏季下风向监控点，6B#碎石厂为厂址附近无组织排放源春季、秋季和冬季下风向监控点，夏季上风向参照点。

若 3、4 号机组土建施工与 5、6 号机组交叉施工，在 3、4 号机组施工场地同步增设无组织排放源监测点。

b) 土建阶段点位布设

本阶段监测点位布设同土石方开挖阶段点位布设。

c) 安装、调试阶段点位布设

安装、调试阶段时厂区内施工活动对大气环境造成的污染较小，尤其是颗粒物的浓度大幅减少。此阶段可仅考虑年度主导风向，不对各季节主导风向单独考虑。调整 5A#施工场界和 5B#施工场界的监测点位性质，由无组织排放源监测点变更为环境空气质量监测点：即取消 5A#施工场界，修改 5B#施工场界的监测因子和频率。另外，取消 2#人家村点位。

5.3.6.1.2 监测因子及频率

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，SO₂、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（08:00 时、11:00 时、14:00 时、17:00 时），每次连续采样 1h。环境空气质量监测点根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的规定，TSP 日均值每天采样一次，每次连续采样 24 小时，PM₁₀、

PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、NO_x 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h；SO₂、NO₂、CO、NO_x 小时均值每天采样 4 次（02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时），每次连续采样 1h。

每期监测取得 7 天有效数据。

5.3.6.1.3 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定期检定，检定合格且在有效期内。

5.3.6.1.4 监测数据统计分析与评价

本项目大气环境评价标准如下：

一、环境质量标准：

区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

二、污染物排放标准：

大气污染物执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中无组织排放监控浓度限值。

若后续当地政府对本项目所在区域的环境空气质量及大气污染物排放做出其他规定，以当地政府的最新规定为准。评价标准如表 5.3-1 和表 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/m³ 或 μg/m³；

S_i —— i 种污染物的评价标准，mg/m³ 或 μg/m³。

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。

5.3.6.1.5 监测计划

结合施工进度计划，从本项目土地平整阶段施工开始，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。

5.3.6.2 施工期声环境监测

根据中国核电工程有限公司 2022 年 2 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组施工期噪声监测及分析评价方案》。

5.3.6.2.1 监测点位

a) 土石方开挖阶段、土建阶段点位布设

在土石方开挖阶段、土建阶段，现场施工会产生较强的环境噪声，故考虑在 5、6 号机组施工场界附近多布设监测点，以判断施工活动对环境背景值的影响，布点方案如下：

（1）施工场界监测点布设

在 5、6 号机组施工场地东南西北四个场界处分别布设监测点，以监测本项目施工活动的声排放情况，其中场界西点位与现状调查中 C2 点位重合，通过数据对比计算施工活动贡献值。

（2）固定声源监测点布设

厂区内：搅拌站（一期工程 C6 点）、一期工程场界西（一期工程 C2 点）、一期工程场界北（一期工程 C1 点）、大件码头（一期工程 C8 点）。

厂区外：碎石厂（一期工程 C7 点）。

交通干线：进厂道路 1（一期工程 C17 点）、进厂道路 2（一期工程 C18 点）

（3）声环境敏感目标监测点布设

人家村（一期工程 C9 点）、梅山小学（一期工程 C10 点）、列屿卫生院（一期工程 C13 点）、中江小学（一期工程 C14 点）。

b) 安装、调试阶段点位布设

在安装、调试阶段，5、6 号机组产生的环境噪声相对土石方开挖阶段、土建阶段弱，故重点考虑整个厂区对外界环境产生的影响，布点方案如下：

（1）厂界监测点布设

在厂界东、南、西、北分别布设监测点，其中厂界东与一期工程 C4 点重合、厂界南与一期工程 C3 点重合。

（2）固定声源监测点布设

厂区内：搅拌站（一期工程 C6 点）、一期工程场界西（一期工程 C2 点）、大件码头（一期工程 C8 点）以及 5、6 号机组场界南。

厂区外：碎石厂（一期工程 C7 点）。

交通干线：进厂道路 1（一期工程 C17 点）、进厂道路 2（一期工程 C18 点）。

（3）声环境敏感目标监测点布设

人家村（一期工程 C9 点）、梅山小学（一期工程 C10 点）、列屿卫生院（一期工程 C13 点）、中江小学（一期工程 C14 点）。

5.3.6.2.2 噪声监测因子及频率

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)要求，所有监测点在昼间和夜间分别进行测量，昼间监测时段为 6:00~22:00，夜间监测时段为 22:00~次日 6:00，连续监测两天（每个测点昼夜各两组有效数据）。

对于厂界和厂区内监测点：每次监测均连续测量 20min，监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD。

对于厂区外环境噪声监测点，每次监测均连续测量 10min，监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD。

对于交通噪声监测点，每次监测均连续测量 30min，监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD，同时记录车流量。

5.3.6.2.3 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》（GB3096-2008），监测点距离任何反射物（地面除外）至少 3.5m。监测时噪声分析仪置于三脚架上，传声器距地面的垂直距离 1.5m，并加风罩，周围无反射体。时间计权置于“快”响应，采样时间间隔不大于 1s。

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

5.3.6.2.4 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。

本项目噪声评价标准如下：

居民区环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准；厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准；交通噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 4a 类标准。

具体见表 5.3-3 至表 5.3-4。

5.3.6.2.5 监测计划

结合施工进度计划，从本项目土地平整阶段施工开始，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。

表 5.3-1 环境大气中各污染物的评价标准

污染物名称	日均浓度值	小时浓度值	单位
SO ₂	150	500	μg/m ³
NO ₂	80	200	
PM ₁₀	150	/	
PM _{2.5}	75	/	
TSP	300	/	
CO	4	10	mg/m ³
NO _x	100	250	μg/m ³

表 5.3-2 无组织排放源中各污染物的评价标准

污染物名称	周界外浓度最高点标准值	单位
NO _x	0.12	mg/m ³
SO ₂	0.40	
颗粒物	1.0	

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 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 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

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

6.2 正常运行的辐射影响

- 6.2.1 流出物排放源项
- 6.2.2 照射途径
- 6.2.3 计算模式与参数
- 6.2.4 大气弥散和水体弥散
- 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度
- 6.2.6 公众的最大个人剂量
- 6.2.7 非人类生物的辐射剂量
- 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径
- 6.2.9 辐射影响评价

6.3 其他环境影响

- 6.3.1 化学污染物的环境影响
- 6.3.2 其它污染物的环境影响

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 福建漳州核电厂与田湾核电站电磁辐射环境情况对比

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

东山湾内环境敏感点较多，本工程若采用直流冷却方式具有对海域的温升影响较大、距离生态保护红线近等缺点。海域与陆域隧洞总长预计将达到约 6400m，其中海域隧洞预计长度约 4500m，排水隧洞及排水口的总体造价较高。从静态投资看，综合考虑取排水相关设施、重要厂用水系统及循环水系统，直流冷却方案造价高，二次循环冷却方案造价低。综合考虑环境影响、建设成本等因素后，本工程循环水系统拟采用二次循环冷却方式。

本工程重要厂用水系统拟采用海水直流冷却方式，循环水系统拟采用二次循环冷却方式，取水工程采用取水头部+取水隧洞的方式，取水头部布置在已建的取水明渠根部，排水工程拟与 3、4 号机组共用排水隧洞。

（1）取水工程

本工程取水工程拟采用取水头部+取水隧洞的方案，取水头部布置在已建取水明渠根部。取水头部构筑物平面尺度为 18m×14.5m，采用现浇钢筋混凝土结构。取水头部通过取水隧洞连接至重要厂用水及预处理海水提升泵房。每台机组各设置 1 根取水隧洞，每根取水隧洞均长约 246.4m，内径 2.2m，两端与重要厂用水及预处理海水提升泵房和取水头部构筑物相接。

（2）排水工程

本工程排水拟排至 3、4 号机组虹吸井，并与 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水构筑物。排水口位于厂址东南侧海域-6.0m 等深线处。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

为了掌握整个东山湾和漳州核电厂取排水口附近海域潮流、泥沙运动特点，本工程开展了泥沙冲淤数值模拟研究工作，研究核电厂取排水工程方案的泥沙运动规律和冲淤情况。根据泥沙冲淤数值模拟计算结果：

（1）本工程运行后，与 4 台机组运行工况比较，6 台机组运行后工程区海域平均流速分布几乎没有变化，仅落潮期间口门处略有增加。经水流条件分析，本工程运行后，对工程区海域流态及水动力影响甚微。

（2）由于本工程取排水流量较小，6 台机组共同运行工况冲淤平衡时，工程区海域最终冲淤变化与 4 台机组运行工况基本一致。取水明渠南北侧滩面及排水明渠西侧滩面均有所淤积，取水明渠北侧滩面淤积 0.2m~1.5m，南侧滩面淤积 0.2m~2.5m，排水明渠西侧

滩面淤积 0.2m~0.8m 左右，取水明渠外深槽冲刷 0.2m~2m 左右，北堤头外冲刷 0.5m~2.5m 左右，南堤头冲刷 0.5m~1.0m。排水口南侧有小范围条形淤积，淤积 0.2m~1.0m，其中淤积 0.5m 范围约 2km。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

6.1.2.2.1 三维数模计算

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排水对取水口温升及厂址附近海域的影响，委托中国水利水电科学研究院开展温排水三维数模研究。

根据温排水三维数模结果，1~6 号机组共同运行工况下：

a) 温度场形态总体呈现楔形分布。1、2 号机组和 3~6 号机组采用分散排水方案，1、2 号机组采用明渠排水方案，3~6 号机组采用隧洞排水方案。夏季半月潮条件下，1、2 号机组和 3~6 号机组排水口附近 1℃（不含 1℃）以上温升影响区呈现分离状态。

b) 1~6 号机组共同运行工况下，夏季半月潮条件下 3~6 号机组排水口附近 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 0.84km²，1℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 47.45km²；冬季半月潮条件下 3~6 号机组排水口附近 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 1.46km²，3~6 号机组排水口附近 2℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 9.00km²。

6.1.2.2.2 温排水与海洋生态保护红线相符性

根据 2024 年 4 月福建省人民政府批复的《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（闽政文〔2024〕116 号），本工程温排水冬季 2℃、夏季 1℃温升线均未进入生态保护红线区内，符合《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》生态保护红线管理要求。

6.1.2.2.3 温排水与“三线一单”相符性

根据最新“三线一单”划定成果，本工程夏季 1℃温升区有极小区域进入东山湾特殊用海区，进入的小范围 1℃温升不会改变海域自然属性，与该区域空间布局约束相符。该区域污染物排放管控要求“严格执行核电厂温排水排放要求，强化管控，加强区域海洋环境跟踪监测”。该区域兼容核电厂温排水排放。经分析可知，本工程符合《漳州市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

6.1.2.2.4 温排水与国土空间规划相符性

根据 2024 年 4 月福建省人民政府批复的《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（闽政文〔2024〕116 号），本工程温排水 4℃温升范围全部位于特殊用海区内。冬季 2℃、夏季 1℃大部分位于“特殊用海区”，北侧小部分区域位于“交通运输用海区”。本工程温排水符合“特殊用海区”与“交通运输用海区”中“取排水”空间用途准入要求。因此，

本工程温排水符合《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

6.1.2.2.5 温排水与近岸海域环境功能区划相符性

根据 2024 年 10 月《漳州市近岸海域环境功能区划（2023-2035 年）》征求意见稿，本工程温排水影响范围主要分布在“东山湾漳州核电三类区”（ZZ33-C-III）和“东山湾列屿四类区”（ZZ34-D-III），上述两个功能区水质保护目标为执行第三类海水水质标准。本工程温排水影响范围符合《漳州市近岸海域环境功能区划（2023-2035 年）》征求意见稿。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

（1）机械卷载效应的影响

本工程每台机组冷却水取水量为 $3.7\text{m}^3/\text{s}$ ，取水量较小，取水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的海洋生物产生伤害，但不会对整个东山湾的海洋生态环境造成大的影响。

（2）减小机械卷载效应措施

本工程取水头部位于已建取水明渠根部。针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。控制取水流速是指通过对取水明渠的宽度、深度的设置，控制过水断面，从而获得合理的取水流速，以保证取水口处的取水流速低于或接近海域的天然流速，维护水生生物的自然环境现状，达到减少对水生生物影响的目的。

已建取水明渠保证取水流速与海域的天然潮流流速一致或低于海域的潮流流速，以减少由于电厂取水引起的变化，成鱼等较大生物不至于由于电厂取水被吸入渠道。另外，在取水明渠内设置的拦网，也可以起到一定的拦截水生生物的作用，减少对海域生物的影响。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

在表层水中，温度是影响鱼类分布重要的环境因子。热排放进入受纳水体后，会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布，引起群落结构的变化。不同增温区对鱼类的影响也不同，特别是夏季增温对某些鱼类分布的影响比较明显。而在其他季节，特别是冬季，增温对某些暖水性鱼类可能会表现出有利的影响，一定范围内种群数量随水温升高而提高，并且鱼类种类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。

研究表明，通常情况下热排放对邻近水域鱼类的产卵活动会产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。鱼类一般避开温升 1.0°C 以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0°C ）产卵。

在夏季，工程引起排放口附近温升 4°C 范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，但仅限于排放口附近，排放口以外海域由于温升均小于 4°C ，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

6.1.4 冷却塔的影响

本工程计划建设两台华龙一号机组，每台机组配一座淋水面积为 18000m^2 的自然通风高位收水海水冷却塔（共 2 座），通过 CTI 软件计算在全年正常工况下冷却塔飘滴和沉降对局地气候带来的影响，结果如下：

（1）飘滴与沉降

由飘滴引起地面水汽沉积造成的最大年降水增加量未超过 0.1mm 。福建漳州核电厂厂址区域年平均降水量约为 1197.4mm ，由冷却塔飘滴引起的水汽沉降量远小于该地区的年平均降水量。因此，本工程两座冷却塔引起的降水不会对该范围内的农田等产生影响。

（2）盐沉积

由两座冷却塔飘滴引起盐沉积最大沉积值约 $306\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 。根据 NB/T 20307《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》提供了盐沉积量对植物影响的评价指标：当飘滴中盐沉积量在 $1\sim 2\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ ，即 $100\sim 200\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 的情况下，一般不会对植物造成损坏；在植物生长期的任意一个月盐沉积量达到或超过 $10\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ ，即 $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 的情况下，可能导致很多种类植物叶片损坏；当盐沉积量超过 $200\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ ，即 $20000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，认为会对植物造成严重损坏，宜采取防范措施。福建漳州核电厂 5、6 号机组 2 座冷却塔由飘滴引起的月均盐沉积量未超过 $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，初步判断，由本工程两座冷却塔飘滴引起的盐沉积基本不会对周围的植物产生危害。

（3）雾羽

雾羽造成的全年累计阴影时间约为 1090 小时，相应减少的太阳辐射能量约为 $1047\text{MJ}/\text{m}^2$ ，约占总太阳辐射损失的 18.37%。

太阳能自然年际波动大致范围在 1%到 10%之间，雾羽带来的太阳能损失超过太阳能自然年际波动（10%太阳能损失）的区域位于冷却塔半径 1km 内，基本处于厂区的内部，因此，预计本工程两座冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响。

（4）下雾与结冰

本工程采用“一机一塔”冷却塔方案。自然通风冷却塔高度达到 200m 左右，具有较高的排放高度。雾羽在排出冷却塔后，由于动量和浮力作用还要向上抬升一段高度。在国

外的实测和相关研究中，自然通风冷却塔的雾羽到达地面可能性较小，不会导致地面结雾现象。

（5）冷却塔噪声的影响预测

噪声评价的范围不应小于厂区边界或非居住区边界，并宜扩展至厂址周围敏感区或敏感目标附近。根据福建省生态环境厅 2022 年发布的 19 号闽环辐射函《福建省生态厅关于漳州二期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的函》规定，福建漳州核电厂厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类声环境功能区标准，噪声限值为昼间 65dB（A），夜间 55dB（A）；居民区环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境功能区标准，噪声限值为昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。因冷却塔 24 小时运行，所以噪声限值应遵循夜间限值。

在未设置任何隔音手段情况下，冷却塔噪声影响超过了《声环境质量标准》要求的限值，在冷却塔附近增加隔音屏后，经 Cadna A 软件计算厂界及居民区的噪声可以降至《声环境质量标准》所要求的限值。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

（1）气态途径

本工程运行状态下，单台机组气态流出物年排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的单台机组气态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	单堆排放量设计值（Bq/a）	单堆排放量控制值（Bq/a）	占比
惰性气体	5.95E+13	1.00E+14	59.50%
碘	7.65E+08	3.00E+09	25.50%
粒子（T1/2≥8d）	9.35E+07	9.00E+09	1.04%
氚	4.84E+12	1.50E+13	32.27%
C-14	3.65E+11	7.00E+11	52.14%

气态途径各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值的要求。

（2）液态途径

本工程运行状态下，单台机组液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的单台机组液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	单堆排放量设计值（Bq/a）	单堆排放量控制值（Bq/a）	占比
氚	4.36E+13	7.50E+13	58.13%
C-14	2.68E+10	1.50E+11	17.87%
其余核素	7.60E+09	9.00E+09	84.44%

本工程运行状态下，液态流出物槽式排放口氚浓度为 2.71E+06Bq/L，C-14 的浓度为

1.66E+03Bq/L,除氙和 C-14 外的其余核素浓度为 472.05Bq/L,均满足 GB6249-2025 的要求。

(3) 厂址容量

本厂址共规划建设 6 台机组。厂址 6 台机组运行状态下，气、液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的厂址气、液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别		1、2 号机 组排放量 设计值 (Bq/a)	3、4 号机 组排放量 设计值 (Bq/a)	本工程排 放量设计 值 (Bq/a)	厂址排放 总量设计 值 (Bq/a)	厂址排放 总量控制 值 (Bq/a)	占比
气态流 出物	惰性气体	1.15E+14	1.15E+14	1.19E+14	3.50E+14	6.00E+14	58.33%
	碘	1.52E+09	1.15E+09	1.53E+09	4.20E+09	2.00E+10	21.00%
	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	1.87E+08	1.87E+08	1.87E+08	5.62E+08	5.00E+10	1.12%
	氙	9.68E+12	9.68E+12	9.68E+12	2.90E+13	6.00E+13	48.33%
	C-14	7.30E+11	7.30E+11	7.30E+11	2.19E+12	2.80E+12	78.21%
液态流 出物	氙	8.72E+13	8.72E+13	8.72E+13	2.62E+14	3.00E+14	87.33%
	C-14	5.36E+10	5.36E+10	5.36E+10	1.61E+11	6.00E+11	26.83%
	其余核素	1.52E+10	1.43E+10	1.52E+10	4.47E+10	5.00E+10	89.40%

厂址 6 台机组运行状态下气、液态途径的放射性物质年排放总量均满足 GB 6249-2025 规定的厂址年排放总量控制值的要求。

6.2.2 照射途径

(1) 气态途径

本工程运行状态下，气态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。

空气浸没外照射：气态流出物在空气中发生迁移扩散，分布在空气中的放射性核素通过空气浸没外照射途径对公众造成辐射剂量。

地面沉积外照射：气态流出物发生迁移扩散并沉积到地面，地面沉积的放射性核素通过外照射对公众造成辐射剂量。

吸入空气内照射：气态流出物在空气中发生迁移扩散，空气中的放射性核素由公众吸入后在人体内通过内照射途径造成辐射剂量。

食入农牧产品内照射：气态流出物发生迁移扩散后，放射性核素通过沉积和转移进入生物圈，由公众食入农牧产品通过内照射对公众造成辐射剂量。

(2) 液态途径

本工程运行状态下，液态流出物与循环冷却水混合后排入临近海域，在其稀释和扩散

的过程中，对公众的照射途径可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

食入海产品内照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，放射性核素转移到海产品中，公众通过食入海产品造成内照射剂量。

岸边沉积的外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，部分核素会吸附沉积在岸边，对岸边活动的公众造成外照射剂量。

在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，公众在游泳、划船和从事水上作业时直接或间接接触海水，海水中的放射性核素对公众造成外照射影响。

本工程所在厂址为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌溉的照射途径不予考虑。

6.2.3 计算模式与参数

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态流出物在大气中迁移和扩散及其对公众的辐射剂量的计算采用的是核环境影响评价程序包的正常气态流出物评价模块。该程序的正常气态流出物评价模块已于 2007 年通过国家环保总局的验收，可以用来计算核设施运行状态下排放的气态流出物对环境的影响。

在大气弥散计算中：该模式对于影响大气弥散的因素进行了较为全面的考虑，进行了风摆效应、静风的分配、大气稳定度、混合层高度、建筑物尾流以及不同地形特征的修正；同时还根据排放口的特征对排放源类型进行了分类考虑，包括高架排放、地面排放和混合排放；该程序可以计算出评价区内各子区的大气弥散因子和核素浓度。

在剂量估算中，对放射性核素衰变及地面沉积、清除和转移进行了考虑，并根据食谱、生活习性以及剂量转换因子的不同对各年龄组进行分别考虑，计算了空气浸没外照射、地面沉积外照射、烟云吸入内照射和农产品与动物产品食入内照射四种途径的辐射剂量。空气浸没外照射的计算考虑了建筑物的屏蔽效应，地面沉积外照射的计算根据联合频率考虑了干、湿沉积的共同影响，农产品和动物产品食入内照射的计算中考虑了核素通过灌溉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。人口分布见本报告第二章 2.2 节和 2.3 节。在剂量评价中，使用厂址半径 5km 范围内居民最大食谱计算厂址半径 5km 范围内公众所受到的最大个人剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受到的最大个人剂量。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

（2）液态途径

剂量估算计算中食入有效剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），地表沉积和水中浸没剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993），核素 Ag、Co、Cs、Mn、Ru、Sr 沉积吸附分配系数 K_d 取自《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址临近海域泥沙对放射性核素吸附特性研究》，其他核素 K_d 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。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

（1）大气弥散

厂址半径 80km 范围内年均大气弥散因子范围为 $2.20E-10 \text{ s/m}^3 \sim 5.89E-07 \text{ s/m}^3$ ，I-131 和气溶胶粒子的相对干沉积因子范围分别为 $2.20E-12 \text{ m}^{-2} \sim 5.98E-09 \text{ m}^{-2}$ 和 $3.30E-13 \text{ m}^{-2} \sim 8.83E-10 \text{ m}^{-2}$ ，相对湿沉积因子范围为 $3.13E-12 \text{ s/m}^3 \sim 3.48E-09 \text{ s/m}^3$ 。

年均大气弥散因子及相对干、湿沉积因子最大值均出现在 SW 方位 0~1km 处。

（2）水体弥散

本工程液态流出物稀释因子取自中国水利水电科学研究院于 2024 年 6 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组温排水和液态流出物数值模拟研究成果报告》。选取最不利潮型一夏季典型小潮下计算得到的排水口不同距离下的稀释因子作为液态途径剂量计算的输入。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程正常运行状态下，气态流出物年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 SW 方位半径 0~1km 处，几种代表性核素的年均放射性活度浓度最大值分别为 $2.51E-07 \text{ Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $1.36E-05 \text{ Bq/m}^3$ （I-131）、 $3.20E-02 \text{ Bq/m}^3$ （Kr-85）。液态流出物排口处各类放射性核素浓度也都符合《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

在计算公众的最大个人有效剂量时，源项采用设计排放源项。

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $3.05\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $3.47\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $2.97\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $2.34\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为 $2.77\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $3.34\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.68\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.95\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

（3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气态和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为 $3.08\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $3.69\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.98\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $5.29\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为 $3.69\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占本工程个人剂量约束值（ 0.08mSv/a ）的 4.61%。

厂址 6 台机组运行状态下，气态和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.58\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $1.89\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $1.52\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $2.07\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为 $1.89\text{E-}05\text{Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 7.56%。其中气态途径剂量为 $7.62\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $1.81\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算漳州核电厂 5、6 两台机组正常运行时，由于气、液态放射性流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平，同时还计算了漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时对生物的辐射影响。

6.2.7.1 生物的辐射效应

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

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

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类生物”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

6.2.7.4 参数选取

由生物的剂量率限值（ERICA 推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ ）反推出各核素在环境介质中对不同生物的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、介质、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

本工程 2 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，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

厂址 6 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；0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

本工程 2 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^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

厂址 6 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，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下采用现实排放源项计算关键人群组、关键核素和关键照射途径。本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 $4.62\text{E-}02$ 人 $\cdot\text{Sv/a}$ 。

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

组各子区公众个人所受气液态流出物辐射的有效剂量见表 6.2-1，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为 $1.06\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.21\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $9.97\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $2.06\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 NNE 方位 0~1km 处，此处居住的是云霄县列屿镇的人家村和宅后村，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $1.21\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，其中气态途径所致的剂量为 $1.38\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $1.07\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。

气态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 90.04%；其次为吸入内照射，约占气态途径总剂量的 5.26%；地表沉积外照射和空气浸没外照射途径分别占气态途径的 3.16%和 1.54%。气态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占气态剂量的 75.91%；其它贡献较大的核素为 H-3、Sr-90 和 Co-60，分别占气态途径总剂量的 15.66%、2.94%和 2.67%

液态的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，占液态途径总剂量的 99.97%。液态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 61.10%；其它贡献较大的核素为 Fe-55 和 Co-60，分别占液态途径总剂量的 19.50%和 7.74%。

气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.07\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 88.50%；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 10.33%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $7.57\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 62.80%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 17.26%和 7.16%。

厂址 6 台机组运行状态下，气液态综合途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.35\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $5.98\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $4.98\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $8.80\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 0~1km 处，此处居住的是云霄县列屿镇人家村和宅后村的村民，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $5.98\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $5.68\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 94.86%；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 4.62%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $3.83\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 64.01%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 15.70%和 7.80%。

6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程运行状态下，气态和液态排放源项、液态途径排放的放射

性核素的浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

本工程运行状态下，厂址附近水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均远小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

本工程工艺系统中化学污染物对环境的其它影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

本工程排放的化学物质主要来自下列工艺过程产生的废水：

- 除盐水生产系统；
- 循环水处理系统；
- 循环水补水预处理系统；
- 凝结水精处理系统。

6.3.1.1 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 2.5g/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。

6.3.1.2 循环水处理系统

循环水处理系统包括电解海水制氯和次氯酸钠、阻垢缓蚀剂、非氧化性杀生剂投加等工艺环节，其功能是通过电解海水制取次氯酸钠溶液，投加至循环水系统和重要厂用水系统，以抑制海生物等繁殖，防止水质恶化，避免海生物等附着管道、设备等；通过外购方式获取阻垢缓蚀剂，投加至循环水系统的冷却回路，以防止或减少管道、设备等发生腐蚀、垢类析出沉积；通过外购方式获取非氧化杀生剂，定期投加至循环水系统的冷却回路。

循环水系统加药点拟设置在循环水泵房进水流道和循环水补水池进水管，循环水泵房进水流道的冲击加药浓度为 8 mg/L ；循环水补水池进水管的连续加药浓度为 1 mg/L ；次氯酸钠、阻垢缓蚀剂、非氧化性杀生剂等药剂的具体加药方式需要通过外委专题研究确定，并在实际运行当中根据运行情况调整。为方便每台机组药剂投加，加药间每台机组建设一座，与循环水泵房贴建，设置阻垢缓蚀剂加药装置、非氧化性杀生剂加药装置。重要厂用水系统加药点拟设置在取水头部或重要厂用水及预处理海水提升泵房，重要厂用水及预处理海水提升泵房为取水头部备用加药点，连续加药量暂按有效氯含量 1 mg/L 投加；冲击

加药量暂按有效氯含量 3 mg/L 投加，每次投加时间为 1 h，每日投加 2 次。

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。循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度很低。

核电厂运行过程中余氯随温排水排入海水中，余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（ HOCl 和 OCl^- ），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（ NH_2Cl 和 NHCl_2 ）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减。水体的化学性质、pH 值、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值、 NH_3 含量和较高的温度，有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。根据国内目前运行核电厂的运行情况，在随温排水排入海水前，水体中余氯的浓度已经降解（半降解时间 1.5h），同时，排入海水后，受海洋潮汐的稀释作用以及余氯本身的降解作用，水体中余氯的浓度迅速降低。海水中生物的余氯浓度安全阈值为 0.02mg/L，超过此浓度，便会造成海洋生物死亡。

根据余氯扩散数值模拟计算结果，6 台机组共同运行工况下，余氯浓度场主要分布在排水口附近，不会对海洋环境产生明显影响。

在循环水系统投加的阻垢缓蚀剂、非氧化性杀生剂采用环保产品，并且在循环水系统中消耗殆尽，循环水系统的排污水中阻垢缓蚀剂、非氧化性杀生剂含量极低。排海区域水量丰富，扩散稀释能力较好，初步判断阻垢缓蚀剂、非氧化性杀生剂不会对受纳水体产生明显影响。

6.3.1.3 循环水补水预处理系统

循环水补水预处理过程加入的化学物质主要为聚合氯化铁、聚丙烯酰胺。循环水补水预处理过程中所用的化学药品用量均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，并在处理环节中消耗殆尽。净化剂反应生成物绝大部分存在于循环水补水预处理厂房的生产废水泥浆中。泥浆水经浓缩后进行脱水，形成固体物质不排入水体，污泥脱水后的滤出液排至循环水补水预处理厂房的排泥池再次参与污泥处理。因此，循环水补水预处理系统添加的化学药剂不会对周围环境造成影响。

6.3.1.4 凝结水精处理系统

本工程凝结水精处理系统用于净化二回路凝结水系统中离子态、悬浮物等杂质，包括

去除凝结水中添加的氨和 ETA。凝结水精处理设备失效后，再生过程中投加 HCl 和 NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用将 pH 调至 6~9，然后通过废水泵送到常规岛废水处理系统（WQE）处理达标后通过常规岛液态流出物排放系统（WQB）排放。再生废水中的主要物质是 NH_4Cl 、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{NOCl}$ 和 NaCl ，最终满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中的一级标准。

6.3.2 其它污染物的环境影响

6.3.2.1 污废水的环境影响

本工程非放射性生产废水主要包括非放射性含油废水、无需处理可直接排放的部分非放生产废水、经处理后达标的非放生产废水等。非放射性含油废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项所产生的非放射性含油废水。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准（石油类 $<5\text{mg/L}$ ）后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海；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，由有资质的厂家处置。无需处理可直接排放的部分非放生产废水，其主要包括某些设备（如辅助给水箱、除盐水贮存箱）的排空水和泄漏水，工艺管廊集水坑、空调设备冷却水以及运行期部分非放射性生产废水经酸碱中和处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准后，经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房。部分无法回用的非放生产废水经漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入东山湾海域。

本工程来自主厂区各子项的生活污水通过相应的污水管网汇集至污水处理构筑物 2，经生化处理和深度处理同时达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》中的一级 A 标准后，回用于绿化及道路浇洒等，回用剩余水回用于循环水系统补水，特殊工况下，无法回用部分排入大海。处理过程中产生的生活污水定期外运处理。施工临建区的生活污水由施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理外运处理，或设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准的生活污水和满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的非放射性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。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。同时，生活污水处理站处理后水回用于绿化、道路浇洒等，回用剩余水回

用于循环水系统补水，仅特殊工况下，无法回用部分排入大海；非放射性生产废水尽可能回用，仅部分无法回用的非放射性生产废水经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入东山湾海域。因此，非放射性生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

本工程与漳州核电厂 1-4 号均为华龙机组，本工程的噪声影响类比叠加漳州核电厂 1-4 号机组进行评价。

根据采用 Cadna/A 程序进行噪声的预测计算，福建漳州核电厂 1、2 号机组运行后，南厂界所受影响较大，声源对南厂界的贡献值为 54.6dB(A)，其次是北厂界，声源对北厂界的贡献值为 46.8 dB(A)。此外，声源对东厂界的噪声贡献值为 36.3 dB(A)，西厂界所受影响最小，声源对西厂界的噪声贡献值为 25.5dB(A)。

漳州核电厂 3、4 号机组运行后，南厂界所受影响较大，声源对南厂界的贡献值为 40.8dB(A)，其次是北厂界，声源对北厂界的贡献值为 34.7dB(A)。此外，声源对东厂界的噪声贡献值为 24.1dB(A)，对西厂界的噪声贡献值为 22.0dB(A)。

根据声叠加公式，漳州核电厂 1-4 号机组正常运行对南厂界的贡献值为 54.8dB(A)，对北厂界的贡献值为 47.0 dB(A)，对东厂界的噪声贡献值为 36.3 dB(A)，对西厂界的噪声贡献值为 27.1dB(A)。

本工程与漳州核电厂 1-4 号均为华龙机组，预计对厂界的噪声贡献为同一水平，且漳州 1-4 号机组正常运行距标准限值还有余量。类比分析，本工程正常运行对厂界的噪声贡献值预计可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定的 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

福建漳州核电厂已建的500kV开关站，根据HJ 24-2020标准要求，可采用类比法和已运行的田湾1-4号机组共用的500kV开关站、5-8号机组共用的500kV开关站以及500kV开关站出线至厂内门型架（第一跨）处输电线路的电磁辐射强度的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

本工程现有电磁辐射源与田湾核电站现有电磁辐射源比较内容见表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：

田湾核电厂厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在0.03V/m~6.83V/m之间，工频磁场强度监测值在0.0029μT~0.1280μT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500kV开关站及500kV出线第一跨最近的居民区为位于厂址WNW方位约0.6km处的自然村东崖屋组，此处工频电场监测值为0.75V/m，工频磁场监测值为0.0059 μ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

福建漳州核电厂厂址周围的居民点距离厂址及500kV开关站出线第一跨最近的自然村为位于厂址NW方位1.15km处的南山村，此处工频电场强度监测值为2.46V/m，工频磁场监测值为0.0070 μ T。由于受居民自用电线路的影响，此处工频电场监测值略高于距离田湾核电站厂址最近的居民点的监测值，工频磁场监测值小于距离田湾核电站厂址最近的居民点的监测值。工频电场强度及工频磁场强度监测值分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

由表 6.3-1 及以上分析可见，福建漳州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，福建漳州核电厂 5、6 号机组建成投运后，厂区已建 500kV 开关站及 500kV 出线至第一跨处输电线路对周围环境的电磁辐射影响也能够满足国家相关标准的要求。

6.3.2.4 固体废物的影响

本工程在正常运行过程产生的一般工业固废水处理过程中产生的污泥、污水系统油水分离器调节池前格栅拦截的污物、膜组件及废弃的离子交换树脂等，危险固废主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，核应急准备过期失效药品，废弃铅蓄电池，废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。本工程运行期产生的各类危险物集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。因此在落实固废收集和处置工作后，运行期间产生的固体废物不会对附近区域的环境质量造成明显影响，是可以接受的。

表 6.2-1（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	0	1.01E-06	8.50E-07	0	5.46E-08	1.74E-08	1.65E-09	1.27E-09	1.06E-09	9.27E-10	8.52E-10	8.01E-10
NNE	0	0	0	8.46E-07	0	1.81E-08	2.02E-09	1.52E-09	1.25E-09	1.07E-09	9.65E-10	8.94E-10
NE	0	0	0	0	0	1.91E-08	2.58E-09	1.89E-09	1.51E-09	1.27E-09	1.13E-09	1.03E-09
ENE	0	0	0	0	0	1.90E-08	2.42E-09	1.77E-09	1.42E-09	0	0	0
E	0	0	0	0	0	1.91E-08	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	1.94E-08	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	1.81E-08	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	1.73E-08	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	1.86E-08	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	2.42E-08	5.29E-09	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	9.54E-07	7.64E-08	2.46E-08	5.56E-09	3.91E-09	3.02E-09	2.45E-09	2.09E-09	1.84E-09
WSW	0	0	9.39E-07	8.81E-07	6.25E-08	2.00E-08	3.11E-09	2.26E-09	1.80E-09	1.50E-09	1.32E-09	1.19E-09
W	0	0	0	0	5.44E-08	1.74E-08	1.66E-09	1.28E-09	1.08E-09	9.43E-10	8.61E-10	8.05E-10
WNW	0	9.96E-07	0	8.26E-07	5.27E-08	1.67E-08	1.27E-09	1.03E-09	8.91E-10	8.05E-10	7.52E-10	7.15E-10
NW	0	1.00E-06	0	0	0	1.67E-08	1.30E-09	1.04E-09	9.00E-10	8.11E-10	7.56E-10	7.17E-10
NNW	0	1.02E-06	0	0	5.41E-08	1.72E-08	1.53E-09	1.20E-09	1.01E-09	8.99E-10	8.27E-10	7.79E-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	0	1.24E-06	1.04E-06	0	5.09E-08	1.63E-08	1.59E-09	1.22E-09	1.02E-09	8.83E-10	8.08E-10	7.58E-10
NNE	0	0	0	1.04E-06	0	1.69E-08	1.96E-09	1.47E-09	1.20E-09	1.02E-09	9.21E-10	8.51E-10
NE	0	0	0	0	0	1.79E-08	2.51E-09	1.83E-09	1.46E-09	1.22E-09	1.08E-09	9.84E-10
ENE	0	0	0	0	0	1.78E-08	2.35E-09	1.71E-09	1.36E-09	0	0	0
E	0	0	0	0	0	1.79E-08	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	1.82E-08	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	1.70E-08	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	1.62E-08	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	1.74E-08	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	2.29E-08	5.17E-09	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	1.14E-06	7.23E-08	2.33E-08	5.44E-09	3.82E-09	2.94E-09	2.38E-09	2.03E-09	1.79E-09
WSW	0	0	1.13E-06	1.07E-06	5.86E-08	1.88E-08	3.03E-09	2.19E-09	1.74E-09	1.45E-09	1.27E-09	1.14E-09
W	0	0	0	0	5.07E-08	1.62E-08	1.61E-09	1.23E-09	1.03E-09	8.97E-10	8.17E-10	7.61E-10
WNW	0	1.23E-06	0	1.02E-06	4.90E-08	1.55E-08	1.23E-09	9.82E-10	8.48E-10	7.63E-10	7.10E-10	6.74E-10
NW	0	1.23E-06	0	0	0	1.56E-08	1.25E-09	9.94E-10	8.55E-10	7.68E-10	7.13E-10	6.76E-10
NNW	0	1.25E-06	0	0	5.04E-08	1.60E-08	1.48E-09	1.15E-09	9.69E-10	8.55E-10	7.84E-10	7.37E-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	0	7.82E-07	6.58E-07	0	2.90E-08	9.29E-09	9.58E-10	7.29E-10	6.03E-10	5.22E-10	4.76E-10	4.45E-10
NNE	0	0	0	6.56E-07	0	9.69E-09	1.19E-09	8.82E-10	7.16E-10	6.10E-10	5.46E-10	5.03E-10
NE	0	0	0	0	0	1.03E-08	1.52E-09	1.10E-09	8.77E-10	7.31E-10	6.43E-10	5.84E-10
ENE	0	0	0	0	0	1.02E-08	1.41E-09	1.02E-09	8.12E-10	0	0	0
E	0	0	0	0	0	1.02E-08	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	1.05E-08	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	9.70E-09	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	9.20E-09	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	9.96E-09	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	1.33E-08	3.13E-09	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	7.20E-07	4.19E-08	1.36E-08	3.32E-09	2.33E-09	1.79E-09	1.44E-09	1.23E-09	1.08E-09
WSW	0	0	7.11E-07	6.76E-07	3.36E-08	1.08E-08	1.83E-09	1.32E-09	1.04E-09	8.66E-10	7.53E-10	6.77E-10
W	0	0	0	0	2.88E-08	9.26E-09	9.58E-10	7.29E-10	6.06E-10	5.26E-10	4.78E-10	4.44E-10
WNW	0	7.72E-07	0	6.44E-07	2.78E-08	8.85E-09	7.36E-10	5.85E-10	5.02E-10	4.49E-10	4.16E-10	3.93E-10
NW	0	7.75E-07	0	0	0	8.86E-09	7.40E-10	5.86E-10	5.01E-10	4.48E-10	4.15E-10	3.91E-10
NNW	0	7.85E-07	0	0	2.87E-08	9.13E-09	8.83E-10	6.82E-10	5.72E-10	5.02E-10	4.59E-10	4.30E-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	0	1.36E-07	1.13E-07	0	1.23E-08	3.93E-09	3.94E-10	3.04E-10	2.54E-10	2.22E-10	2.03E-10	1.91E-10
NNE	0	0	0	1.12E-07	0	4.10E-09	4.88E-10	3.67E-10	3.02E-10	2.60E-10	2.34E-10	2.16E-10
NE	0	0	0	0	0	4.32E-09	6.12E-10	4.51E-10	3.63E-10	3.06E-10	2.71E-10	2.48E-10
ENE	0	0	0	0	0	4.25E-09	5.52E-10	4.07E-10	3.28E-10	0	0	0
E	0	0	0	0	0	4.25E-09	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	4.36E-09	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	4.08E-09	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	3.88E-09	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	4.14E-09	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	5.41E-09	1.20E-09	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	1.35E-07	1.70E-08	5.59E-09	1.32E-09	9.34E-10	7.25E-10	5.92E-10	5.07E-10	4.48E-10
WSW	0	0	1.31E-07	1.19E-07	1.39E-08	4.49E-09	7.13E-10	5.22E-10	4.18E-10	3.50E-10	3.07E-10	2.78E-10
W	0	0	0	0	1.22E-08	3.90E-09	3.77E-10	2.92E-10	2.46E-10	2.16E-10	1.98E-10	1.85E-10
WNW	0	1.33E-07	0	1.08E-07	1.19E-08	3.78E-09	3.14E-10	2.52E-10	2.17E-10	1.96E-10	1.82E-10	1.72E-10
NW	0	1.34E-07	0	0	0	3.75E-09	2.98E-10	2.39E-10	2.07E-10	1.87E-10	1.74E-10	1.65E-10
NNW	0	1.37E-07	0	0	1.21E-08	3.86E-09	3.57E-10	2.79E-10	2.37E-10	2.10E-10	1.93E-10	1.82E-10

表 6.3-1 福建漳州核电厂与田湾核电站电磁辐射环境情况对比

	福建漳州核电厂	田湾核电站
建设规模	漳州核电1、2号机组2*1200 MW 漳州核电3、4号机组2*1200 MW 漳州核电5、6号机组2*1200 MW	田湾1、2号机组2*1060 MW 田湾扩建工程3、4号机组2*1060 MW 田湾5、6号机组2*1000 MW 田湾7、8号机组2*1200MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内电磁辐射源	1个35kV施工进线开关站、1个500kV开关站、1个220kV开关站、1台施工35kV主变压器 已建1、2号机组主变压器、拟建3-6号机组主变压器	2个500kV开关站，1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、35kV施工进线输电线 1条500kV出线输电线路，1条220kV输电线路	8条500kV输电线，2条220 kV输电线，2条110 kV输电线

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

7.4.1 厂址周围的人口分布

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

7.4.3 厂址周围交通条件

7.4.4 小结

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）相关要求，在厂址选择阶段，应对选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。在此对本工程选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

7.1.1.1 事故描述

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。DBALOCA 事故源项适用于厂址选择、环境影响、应急设施可居留性等方面放射性后果的评价。

7.1.1.2 事故源项

“华龙一号”设计采用双层安全壳，环形空间通风系统（安全相关系统）设置 1×100% 正常通风系列及 2×100% 安全（过滤）系列。正常及安全系列均加载应急柴油机电源及 SBO 电源。发生事故时，设置在正常通风系列的两台串联的隔离阀关闭（关闭时间 5s），系统切换到安全通风系列。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，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。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

事故工况下，短期大气弥散因子采用《核电厂潜在事故后果评价的大气弥散模式》（RG1.145）推荐的模式进行计算。依据厂址三维联合频率以及厂址实测扩散参数，计算各方位 99.5% 概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95% 概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

7.1.2.2.1 事故剂量估算模式

在事故释放期间，考虑公众受到烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射三种途径的影响。

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》（以下简称为

GB18871-2002）和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002，甲状腺吸入内照射剂量转换因子取自 *Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients*（以下简称 ICRP71 号报告）；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺吸入内照射剂量转换因子，则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。采用厂址 2031 年的预期人口数据计算集体剂量。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025），在评价选址假想事故后果时，应考虑保守大气弥散条件和烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射途径。非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过上述途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv；规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述照射途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv。在事故的整个持续期间内，环境影响评价范围内公众群体集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，拟定非居住区边界（600m）处的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 6.74×10^{-3} Sv，拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内接受的有效剂量为 1.65×10^{-3} Sv，分别为 GB 6249-2025 中剂量控制值的 2.70%和 0.66%；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 208 人·Sv，为 GB 6249-2025 中的剂量控制值的 1.04%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的相关规定以及本工程选址假想事故源项，在采用保守计算假设的条件下，距反应堆中心 600m 处公众受到的剂量后果满足标准规定的非居住区剂量控制值要求；距反应堆中心 5000m 处公众受到的剂量后果满足标准规定的规划限制区剂量控制值要求；厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量满足标准规定的集体剂量控制值要求。从事故剂量后果的角度来看，厂址是适宜的。

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

本项目新燃料组件的运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生

变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳仍能保证芯块不漏失，不会发生燃料芯块散落的情况。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

7.2.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国进行了多次大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

本工程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；废过滤器芯来自核辅助厂房和核废物厂房内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。核辅助厂房内部分以及核废物厂房内部分为新建，废物处理中心及放射性固体废物暂存库为已建厂址机组的共用设施（随福建漳州核电厂 1、2 号机组建设）。

废树脂和废活性炭收集在核辅助厂房和核废物厂房的废树脂贮槽中，核辅助厂房废树脂通过屏蔽运输车转运至废物处理中心废树脂接收槽中，废树脂和废活性炭在废物处理中心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，在核辅助厂房直接装入容器桶，然后送到指定区域贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在核辅助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 钢桶。废树脂运输槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。在装载时，废树脂运输槽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。废树脂运输槽车的屏

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，双层容器配有混合措施、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警示标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽运输容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，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。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液收集在核废物厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，装有浓缩液烘干盐的 200L 钢桶通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HI C 后暂存。

废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心水泥固定处理后产生的 200L 钢桶桶装废物通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。运输废物的屏蔽运输车装载废物后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，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，保证运输过程中的安全。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后产生的 200L 钢桶桶装废物转运至固体废物暂存库暂存。其中，可燃部分可暂存后外运焚烧处理。

放射性废物运输车司机室后设有必要的屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

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，并设置警示标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

7.3 其它事故

在本电厂中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它一些影响环境的后果（例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

7.4 事故应急

我国《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-1993）要求，在核电厂选址阶段应考虑在核事故时执行应急预案的可能性。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 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人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内有幼儿园 6 所，学校 3 所，1 家卫生院，1 家敬老院，上述人员在制定应急预案时应当加以特殊考虑，除此之外，半径 5km 范围内无监狱、拘留所、看守所等其他难以撤离的特殊人群。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

厂址所在地的 5km 范围内有 1 个气象站，10km 范围内有 2 个气象站。列屿镇有电信支局一座和多处电信模块点及移动基站，均匀分布在周边各村，实现镇域电信信号全覆盖。

云霄县公安局统一协调指挥全县各派出所，负责实施全县范围内治安、应急抢险工作。

厂址半径 10km 范围内有漳州核电消防站，位于漳州核电厂区内南门，消防站按照一次建设，分批投用原则，配备 8 辆消防车，3、4 号机组阶段配备 6 辆消防车。

应急情况下，厂址周围的公安、消防可以为场外应急、公众隐蔽和撤离等行动提供支持和帮助。

7.4.3 厂址周围交通条件

厂址附近交通条件便利，厂址所在云霄县公路通车里程约 1221.8km，其中，沈海高速（G15）24.8km，丹东线（国道 G228）33.0km，福昆线（国道 G324）39.2km，东沪线（国道 G357）41.6km，沿海大通道（S508）19.4km，县道八条 157.6km，乡道 435.2km。

厂址半径 5km 范围内涉及的交通道路主要为乌列线（X524）、沿海大通道（S508）和岱宅线（Y260）及其他乡村道路。

厂址周围交通方便，对于确定不同方向的两条应急撤离路线有利。

7.4.4 小结

从目前厂址环境条件看，厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区，厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围内应急条件下难以撤离的特殊人群包括幼儿园、学校、医院、敬老院等，在实施应急预案时需要加以特殊考虑。厂址的气象观测条件有利于应急预案的实施，厂址周围交通方便，对于确定不同方向的两条应急撤离路线有利。厂址不存在实施应急预案难以克服的困难。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

- 8.1.1 流出物监测
- 8.1.2 辐射环境监测
- 8.1.3 应急监测

8.2 其他监测

- 8.2.1 热影响监测
- 8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 监测设施

- 8.3.1 流出物实验室
- 8.3.2 环境监测设施
- 8.3.3 监督性监测系统

8.4 质量保证

- 8.4.1 组织机构
- 8.4.2 人员资格和培训
- 8.4.3 文件控制
- 8.4.4 监测大纲及布点
- 8.4.5 计量器具
- 8.4.6 样品的质量控制
- 8.4.7 分析测量中的质量控制
- 8.4.8 数据管理的质量控制
- 8.4.9 质量控制核查与检查

表:

- 表 8.1-1(1/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲
- 表 8.1-1(2/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲
- 表 8.1-1(3/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲
- 表 8.1-1(4/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲
- 表 8.1-1(5/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

本工程气态和液态放射性流出物是造成环境污染和居民受照剂量的主要来源，因此需对气态和液态放射性流出物进行监测。

本工程将设置电厂辐射监测系统，在气态和液态流出物的排放管道上设置监测设备，对气态和液态流出物进行连续监测和取样。放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规和工程的实际情况制定。制定流出物监测方案依据和参考了下列标准：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 6249-2025	《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 8999-2021	《电离辐射监测质量保证通用要求》
环发[2012]16 号	《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》
国核安函[2014]49 号	《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体技术要求（试行）》
国核安发[2020]44 号	《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》
ISO 2889-2023	《Sampling airborne radioactive materials from the stacks and ducts of nuclear facilities》
HJ 1128-2020	《核动力厂核事故环境应急监测技术规范》

8.1.1.1 监测目的

运行期间流出物监测目的：

（1）监测释放到环境中的气态和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放量控制值和营运单位规定的排放管理目标值；

（2）为判断本工程的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效提供数据和资料；

（3）为评价环境质量、估算公众受照剂量提供放射性测量数据和资料；

（4）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；

（5）给出报警和必要的执行动作，以控制不合理的排放，可为本工程在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.2 监测原则

制定本工程运行期间流出物监测方案和监测系统设计遵循的主要原则包括：

- （1）满足国家标准法规提出的流出物监测管理要求；
- （2）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；
- （3）对于约定排放，排放前进行取样分析；
- （4）对于具有事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- （5）根据国家标准规定的年排放控制值，制定合理的排放量控制值和仪表的报警阈值；
- （6）流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.3 气态放射性流出物监测

气态放射性流出物是核电厂对周围环境造成污染的主要途径之一，对核电站气态放射性流出物的排放监测和控制是防治环境污染措施的重要组成部分。本工程为单堆布置，每台机组核岛厂房设置一个排风烟囱，核岛反应堆厂房、安全厂房、核燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房、附属厂房等厂房的放射性排风经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放，气态放射性流出物监测方式为连续监测和取样测量。

（1）气态放射性流出物连续监测

1）放射性惰性气体连续监测

在烟囱设置放射性惰性气体监测通道，对放射性惰性气体进行连续监测，该监测通道分为正常工况监测和事故工况监测，监测仪的量程满足核电厂正常排放和事故排放监测要求，高低量程互相重叠一个量级，并设有显示、记录打印和报警功能。

2）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。

3）放射性碘连续监测

在烟囱设置放射性碘连续监测通道，对放射性碘水平进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。

（2）气态放射性流出物取样测量

在烟囱气态流出物连续监测管路并行设置了取样装置，用于对气态流出物进行取样，所取样品送至流出物实验室进行测量和分析，拟取样和监测内容包括惰性气体、气溶胶、

碘、 ^3H 及 ^{14}C 。惰性气体为定期取样，气溶胶、碘、 ^3H 及 ^{14}C 均为连续取样。

（3）取样代表性

烟囱气态流出物监测和取样通道的取样点设置在气体速度和浓度均匀分布的位置，采用单嘴取样头，以获得烟囱气态放射性流出物具有代表性的样品进行测量。

8.1.1.4 液态放射性流出物监测

来自核岛和常规岛各厂房和系统的放射性废液经处理后，分别汇总到核岛液态流出物排放系统及常规岛液态流出物排放系统的贮罐中，作为液态放射性流出物集中排放。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，将样品在流出物实验室分析合格后才实施排放。

（1）液态放射性流出物取样测量

本工程拟设置核岛液态流出物排放厂房（QA）和常规岛液态流出物排放厂房（QB）。QA 厂房主要收集、贮存核岛液态流出物排放系统废液；QB 厂房主要收集、贮存常规岛液态流出物排放系统废液。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。液态放射性流出物样品在流出物实验室中采用高纯锗 γ 谱仪，低本底 α 、 β 计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。液态放射性流出物样品的分析项目包括 γ 谱分析、氚等核素活度浓度测量及必要时的 ^{90}Sr 分析。

（2）液态放射性流出物连续监测

在 QA、QB 厂房各设置一套监测仪表，其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液活度浓度，当排放废液活度浓度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。

（3）取样代表性

液态放射性流出物在就地取样前，需要在贮槽内使所取的样品充分混合均匀后，进行取样分析。

8.1.1.5 配合地方环保部门监督性监测

为满足地方环保部门进行监督性监测，本工程建成后将采取一系列措施，这些措施主要包括：

- 经常保持与地方环保部门联系，接受地方环保部门的监督与指导。
- 积极配合地方环保部门进行流出物监督性监测工作，并为地方环保部门定期取样提供方便，包括：根据需要向地方环保部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；根据

需要提供烟囱中 ^{14}C 和 ^3H 样品给地方环保部门进行测量；从废液罐中提取废液样品时，可根据需要同时为地方环保部门提取平行样品。

- 向地方环保部门及时提供流出物监测报表。
- 核电厂流出物监测及样品测量分析数据在需要时可供地方环保部门查询。
- 不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

根据我国的有关标准及规定的要求，在核电厂需建设环境监测设施以满足核电厂运行后环境监测的要求。在本节中描述了核电厂环境监测设施的设计原则以及主要系统及设施，目前漳州核电厂环境监测大纲详见表 8.1-1。此外，根据本厂址周围环境的变化情况、国内外监测法规技术的变动及更新，以及监管部门的要求等，本工程运行期间环境监测大纲将根据实际情况进行调整和升版。

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 6249-2025	《核动力厂环境辐射防护规定》
GB 8999-2021	《电离辐射监测质量保证通用要求》
HJ 61-2021	《辐射环境监测技术规范》
HJ 1157-2021	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
环发[2012]16 号	《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》
国核安函[2014]49 号	《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体技术要求（试行）》
国核安发[2012]98 号	《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》

8.1.2.1 监测目的

运行期间环境监测的主要目的是：

- 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；
- 评估厂址周围环境辐射水平变化趋势，以便采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准。
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.2 监测范围

根据国家有关法规和核电厂所在厂址的具体情况，监测范围如下：

- 环境 γ 辐射水平监测范围为以核电厂为中心半径约 20km 范围内，其余陆地环境介质放射性监测项目的监测范围为以核电厂为中心半径 5~10km 范围内。
- 海洋环境放射性监测以核电厂排水口为中心半径 10km 范围内，重点监测核电厂排放口 2km 以内的海域。

8.1.2.3 布点原则

本工程运行期间环境监测布点将结合漳州核电厂的环境监测大纲以及本工程运行前的辐射环境调查布点和测量结果制定，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：

- 依据相关法规标准及技术规范，并充分结合厂址区域附近地区的地形等条件。
- 环境 γ 辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向区域。
- 与运行前辐射环境调查保持适当比例的同位置点位。
- 在关键居民组、居民密集区、主导风下风向及环境敏感点布设监测点。
- 陆地监测点以核电厂为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏。
- 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。
- 相关监测点及介质品种尽可能与运行前辐射环境调查一致，以便进行运行前后的对照分析；同时根据环境监测的经验反馈、监测技术进步及厂址周围可能的环境变化进行调整。
- 气象塔的位置应适当地远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况。
- 电厂环境监测站的设置与地方监督性监测子站设置位置互补，并考虑人口分布、风向、供电通信条件。

8.1.2.4 监测项目

（1）气象要素的监测

漳州核电厂设置有自动气象站，包括气象塔和地面气象站，主要观测的气象要素包括风速、风向、温度、湿度、大气压、降雨量、天空总辐射及净辐射。

（2）环境 γ 辐射水平监测

A. 环境 γ 辐射固定点连续测量

漳州核电厂共设置 14 个环境监测站，每个监测站内设置有固定式环境 γ 辐射剂量率

测量仪，对 γ 辐射剂量率进行连续监测，其中，厂内 6 个点位，厂外 8 个点位，此外设置对照点 1 个。

B. 即时 γ 辐射测量

即时 γ 辐射测量的对象为开阔的路面与田野，按 16 个方位角，近密远疏原则布点，同时兼顾地理、地形、居民分布、交通、土地利用等因素。监测点位数设置 48 个，含 1 个对照点，对照点设置在距厂区 NE 方位 57km 处的佛昙镇；即时 γ 辐射测量监测频次为 1 次/季。

C. 累积 γ 辐射测量

累积 γ 辐射测量采用热释光剂量计，放置在有代表性的不受附近建筑物影响的空旷地区。累积 γ 辐射测量点位尽量与即时 γ 辐射测量点位重合。累积 γ 辐射测量监测点位数共 37 个，含 1 个对照点，对照点设置在距厂区 NE 方位 57km 处的佛昙镇；监测频次为 1 次/季。

（3）空气介质中放射性核素浓度监测

空气介质监测包括：空气中 ^{131}I 、 ^3H 、 ^{14}C 的测量；气溶胶中 γ 谱、年度混合样品 ^{90}Sr 的测量；沉降物中 γ 谱、年度混合样品分析 ^{90}Sr 的测量；降水中 ^3H 的测量。布点考虑厂区边界，最大浓度落点及 10km 范围居民区。

空气中 ^3H 、 ^{14}C 取样点共有 5 个，分别为：EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-12 前江村或 EC4-8 青径风电场、对照点；取样频次为 1 次/月；此外选择 EC4-4 厂内站作为 ^3H 连续采样点位，每周分析 1 次 ^3H 。

沉降物、降水的取样点共有 5 个，分别为：EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-12 前江村或 EC4-8 青径风电场、对照点；沉降物取样频度为 1 次/季，开展 γ 谱分析、年度混合样品分析 ^{90}Sr ；降水取样频度为 1 次/月，开展 ^3H 分析。

气溶胶取样点位有 5 个，分别为：EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-12 前江村或 EC4-8 青径风电场、对照点；取样频次为 1 次/月，开展 γ 谱分析、年度混合样品分析 ^{90}Sr ；此外选择 EC4-11 城内村子站作为气溶胶连续采样点位，每周分析 1 次 γ 谱。

^{131}I 的取样点位有 5 个，分别为：EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-12 前江村或 EC4-8 青径风电场、对照点；取样频次为 1 次/月。

（4）土壤中放射性核素浓度监测

土壤样品采样点的设置主要考虑在无水土流失的稻田、菜地、果园、山地、丘陵等。

监测项目为 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 及 γ 核素分析。土壤取样点位共 10 个，分别为：顶城村、城内村、前江村、南山村、核电厂气象站、下径、礁美、梅山、美山、佛昙镇（对照点），采样频次为 1 次/年。

（5）陆生生物放射性核素浓度监测

陆生生物样品包括粮食类、蔬菜水果类、禽畜类、羊奶、水生植物、淡水鱼、指示生物木麻黄。

粮食类作物：大米、红薯，主要进行 ^3H 、 ^{14}C 、 γ 谱分析，选取红薯进行 ^{90}Sr 分析。共设置 3 个取样点，包含 1 个对照点，其中大米的采样点为城外村，红薯的采样点为北坂村，对照样品选择红薯，采样点为漳浦县石榴镇，采样频次为 1 次/年。

羊奶：分析的项目为 ^{131}I ，在厂址 20km 范围内设置 2 个取样点，包含 1 个对照点，为阳下村和东罗村，采样频度为 1 次/季。

蔬菜水果类：叶菜（空心菜）、蔬菜（白菜）、香蕉，分析项目主要为 ^3H 、 ^{14}C 、 γ 谱分析，对白菜、香蕉进行 ^{90}Sr 分析。在厂址 20km 范围内共设置 4 个取样点，包含 1 个对照点，其中空心菜的采样点为林坪村、白菜的采样点为城外村、香蕉的采样点为岙东村，对照样品选择白菜，采样点为漳浦县石榴镇，采样频次为 1 次/年。

淡水鱼：罗非鱼、鲢鱼，分析项目为鱼肉中 ^{14}C 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr 。设置 3 个采样点，包含 1 个对照点，罗非鱼的采样点为碗窑水库，鲢鱼的采样点为杜塘水库，对照样品选择鲢鱼，采样点为峰头水库，采样频次为 1 次/年。

肉类：猪肉、鸡肉，分析项目为 ^{14}C 、 ^3H 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析。设置 3 个采样点，包含 1 个对照点，其中鸡肉的采样点为人家村，猪肉的采样点为下径村，对照样品选择鸡肉，采样点为漳浦县石榴镇，采样频度为 1 次/年。

水生植物类：水草，分析项目为 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析，采样点设置在碗窑水库，对照点设置在峰头水库；采样频度为 1 次/年。

指示生物：木麻黄，分析项目为 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析，采样点设置于人家村；采样频次 1 次/年。

（6）陆地水体放射性核素浓度监测

陆地水分为地表水、饮用水和地下水（厂区内地下水和厂区外地下水）。地表水测量项目为 ^3H 、 γ 谱分析、总 β （对照点加测 ^{14}C ），饮用水测量项目为 ^3H 、 γ 能谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{14}C ，厂区内地下水测量项目为 ^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 谱分析、 ^{14}C ，厂区外地下水测量项目为 ^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 谱分析，地表水沉积物（底泥）测量项目为 ^{90}Sr 与 γ 核素（选择五谷王水库、

碗窑水库、山前溪加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ）。点位数量及监测频次分别为：

- 地表水：设置 6 个点位，分别位于五谷王水库、碗窑水库、杜塘水库、山前溪、红旗水库、峰头水库（对照点），分析项目 ^3H 、 γ 谱分析、总 β ；其中杜塘水库、峰头水库（对照点）加测 ^{14}C ；采样频次为 2 次/年（考虑平水期和枯水期）。
- 饮用水：设置 2 个点位，分别位于气象站、城外村。采样频次为 2 次/年。
- 厂区内地下水：分析项目为 ^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 谱分析、 ^{14}C ，采样频度为 1 次/月，抽测。分析项目为 pH、总 α 、总 β ，采样频度为 2 次/年，平水期和枯水期各一次。
- 厂区外地下水：设置 3 个点位，为气象站、城外村、云霄县第五中学（对照点），分析的主要项目为 γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H ，其中选择城外村、云霄县第五中学（对照点），加测 ^{14}C ，采样频次为 2 次/年，平水期和枯水期各一次。
- 地表水沉积物（底泥）：设置 6 个点位，为杜塘水库、五谷王水库、碗窑水库、山前溪、红旗水库、峰头水库（对照点），监测项目为 ^{90}Sr 与 γ 核素，其中选择五谷王水库、碗窑水库、山前溪加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ；采样频次为 1 次/年。

（7）海域放射性核素浓度监测

A. 海水与海洋沉积物

海水监测重点为以总排水口为中心的附近海域。海水分析的项目主要为 ^3H 、总 β 、 ^{40}K ，同时选取排水口附近及对照点的样品进行 γ 谱分析、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 分析；海洋沉积物分析的项目有 ^{90}Sr 和 γ 核素，选取 5km 范围内点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。海水与海洋沉积物取样点重合，共设置 9 个采样点（其中 HS07 海洋沉积物（包括潮间带点和潮下带点）），其中对照点 1 个；海水采样频度为 1 次/半年；海洋沉积物采样频度为 1 次/年。

B. 海洋生物样品

海洋生物样分别采集 3 个藻类样品、3 个甲壳类样品、3 个鱼类样品、3 个软体类样品（包括指示生物牡蛎）。分析项目为 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）。采样地点选在总排放口 10km 半径范围内的养殖场或附近海域，分别为：东山岛附近海域（海带、紫菜、白虾、鲳鱼）、青径村附近海域（紫菜）、礁美村附近海域（白虾）、大霜岛附近海域（白虾、鳎鱼）、长洋村附近海域（蛏）、郊洋村附近海域（眼斑拟石首鱼）、小霜岛附近海域（墨鱼），前江村附近养殖场（牡蛎）；采样频次为 1 次/年。

8.1.2.5 测量方法

漳州核电厂根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法。

- 实验室分析测量（对环境介质样品）

物理测量和分析：使用低本底 α/β 测量仪、高纯锗 γ 谱仪、低本底液体闪烁测量仪等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 γ 能谱核素分析、 ^3H 和 ^{14}C 放射性活度测量。

放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的 ^{90}Sr 等核素进行测量分析。

- 固定式环境 γ 辐射监测和流动的辐射监测

设置环境监测站，对 γ 辐射剂量率进行连续监测；

在环境中定点布设 TLD 元件，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；

设置环境监测车/应急监测车进行本工程周边环境 γ 辐射监测，车上设有便携式 γ 剂量率监测仪等设备。

- 气象观测

在气象铁塔及地面气象站设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测厂区的局部气象状况。

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 监测目的

漳州核电厂环境辐射应急监测目的是，在核电厂事故应急状态下，为了了解和掌握环境辐射水平和放射性污染情况。在核电厂发生事故时，环境/应急监测车将携带便携式仪表对厂址区域的环境 γ 辐射水平进行快速测量。如有必要，环境监测车辆将对空气、土壤、地表水、陆地生物以及电厂排放口及周围海域海水等环境介质取样，并根据事故发展情况调整取样频次，送至环境实验室中进行测量分析，以确定污染区域和污染水平，为评价事故性质、源项大小以及应采取的防护措施提供依据。

8.1.3.2 监测范围

在应急待命状态下，关注 14 个环境监测站和气象站的实时监测数据。在厂房应急状态下，主要关注位于核电厂周围的 8 个环境监测站的实时数据，重点关注厂内 6 个环境监测站的剂量率变化。在场区应急和场外应急状态下的事故早期，应急环境监测的范围以核电厂场区以及厂址周围半径 5km 之内的区域为重点；可根据烟羽弥散情况或支援场外应急监测的需要，适当扩大监测范围，但监测半径一般不超过 10km。在场区应急和场外应急状态下的事故晚期，重点监测范围为场区周界及其厂址周围 20km 范围内的环境介质， γ 空气吸收剂量率测量和热释光剂量计（TLD）的布放范围为 30km。

8.1.3.3 监测内容

（1）厂区应急监测可选项目为：

- 巡测路线上的 γ 剂量率（1 分钟平均值）；
- 地表 β 污染水平（1 分钟平均值）；
- 空气中放射性污染浓度（主要测放射性气溶胶和碘，取样体积不小于 0.8 立方米）。

（2）厂区外监测可选项目为：

- 巡测线路上的 γ 剂量率（1 分钟平均值）；
- 地表 β 污染水平（1 分钟平均值）；
- 空气（巡测路线及固定监测点）放射性污染浓度（主要测放射性气溶胶和碘，取样体积不小于 0.8 立方米）；
- 热释光剂量计（TLD）的取放与测量；
- 车载移动 γ 谱仪分析测量核素组成；
- 必要时加测风向、风速。

（3）海域应急监测的可选项目为：

- 海域表面 γ 剂量率水平（1 分钟平均值）；
- 海水浅表层取样分析（ γ 谱分析）；
- 必要时加测风向、风速。

根据国内外最新法律法规、监管单位的要求、场外应急组织的要求等，监测内容可能会进行调整，具体应以电厂实际执行的应急辐射环境监测相关程序为准。

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

本工程非放射性生产废水排放监测执行《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）和《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）。为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物对水环境的影响，计划在除盐水厂房、制氯站等子项的中和池对酸碱废水的 pH 值进行在线监测；在污水系统油水分离器的工艺末端对石油类指标进行在线监测；在非放射性生产废水排入福建漳州核电厂 3、4 号虹吸井前对流量、pH、水温、化学需氧量（ COD_{Cr} ）、氨氮、总磷（以 P 计）进行在线监测，对化学需氧量（ COD_{Cr} ）、氨氮、总氮（以 N 计）、总磷（以 P 计）、悬浮物（SS）、五日生化需氧量（ BOD_5 ）、石油类、阴离子表面活性剂、色度、pH、水温共计 11 个监测指标，每季度取样外送监测。

本工程与福建漳州核电厂 3、4 号机组共用污水处理构筑物 2，其生活污水监测与福建漳州核电厂 3、4 号机组的生活污水同步开展。在污水处理构筑物 2 末端设置流量、水温、pH、化学需氧量（ COD_{Cr} ）、氨氮、总磷（以 P 计）、在线监测仪表，自动监测以上指标；在污水处理构筑物 2 末端设置取样口，定期监测 pH、水温、化学需氧量（ COD_{Cr} ）、五日生化需氧量（ BOD_5 ）、氨氮、总磷（以 P 计）、总氮（以 N 计）、色度、阴离子表面活性剂、悬浮物（SS）、动植物油、石油类、粪大肠菌群数共计 13 个指标，每季度取样外送监测一次所有指标。

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态和液态流出物的样品，以确定被排放气态和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境辐射与气象监测系统

本工程依托一期工程已建设的环境辐射与气象监测系统（IEM 系统），用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续监测厂址区域的气象要素，为环境评价和应急决策提供气象数据，为评价本工程对环境的影响和事故应急期间应急方案制定提供监测数据支持。

环境辐射与气象监测系统主要包括 6 个部分：

（1）气象站

气象站对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录，主要的设施包括气象观测塔和地面气象站，所配置的主要设备有气象传感器、数据采集器、数据处理传输装置等；

测量参数包括：风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、天空净辐射。

（2）环境监测站

本工程已在厂区内设置了 6 个环境 γ 辐射监测站，在厂区外设置了 8 个环境 γ 辐射监测站。在监测站位置选择时，主要与监督性监测子站互补，基本覆盖核电厂周围陆域各方位，在主导风下风向、关键居民组布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。环境监测站用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。环境监测站测量参数包括：大气中环境 γ 辐射水平的连续监测，气溶胶、 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 采样、雨水/沉降灰采样，厂外的环境监测站还设置

有风速、风向、雨量测量传感器。

（3）环境监测车/应急监测车

本工程依托一期工程已设置 1 辆环境监测车及 1 辆应急监测车。车辆放置在环境实验室的专用车库中。定期对厂区周围环境 γ 辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。设备配备包括：在环境监测车/应急监测车配置有车载 γ 辐射监测仪、便携式 α/β 表面污染测量仪等若干便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备等。测量项目包括：正常运行情况下电厂周围环境 γ 辐射水平进行巡测（瞬时测量）。事故应急期间的环境 γ 辐射水平巡测、表面污染测量及气溶胶/碘取样。

（4）环境介质采样车：本工程依托一期工程已设置 1 辆环境介质采样车，按照程序定期从厂址周围环境进行各类环境介质的采集、运输。采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

（5）移动式 γ 辐射监测系统：设置 5 套移动式 γ 辐射监测设备，可连续测量环境 γ 辐射水平。在事故期间且环境监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段。

（6）中央数据处理站：中央数据处理站设在应急指挥中心内，主要进行环境 γ 辐射和气象数据的接收、处理、存储，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、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

环境实验室位于东山县白垵村，与监督性监测前沿站同址建设，距离漳州核电厂直线距离约 19.3km。环境实验室位于漳州核电厂烟羽应急计划区以外，避开了主导风向 NE 的下风向。

环境实验室用于对从厂区周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。实验室测量的项目包括 γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、累积剂量测量分析等。

环境实验室主楼建筑面积约 2130 平方米。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和其他辅助房间。

8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测本工程运行对地下水的影响情况，将设置地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。

8.3.3 监督性监测系统

除各类环境监测设施外，同时依托一期工程已建设的辐射环境现场监督性监测系统供地方环保部门使用，辐射环境现场监督性监测系统中环境监测设施包括监督性监测前沿站和监督性监测子站。

监督性监测前沿站位于东山县白垵村，处于漳州核电厂的 SSW 方位，距离漳州核电厂约 19.3km。前沿站建筑面积约 1900m²，共三层。配置低本底物理测量设备、通用化学分析仪表及实验室家具，可完成环境样品的采样、制样、低本底测量（ γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C ）等功能。

监督性监测子站共设置 12 个，基本覆盖核电厂周围陆域各方位。监督性监测子站的功能主要包括大气中环境 γ 辐射水平的连续监测，气溶胶采样、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 、雨水/沉降灰采样，以及风速、风向、雨量等气象参数的测量。

8.4 质量保证

8.4.1 组织机构

1)漳州核电厂依托前序机组已有配置，针对 5、6 号机组增补人员、设备等，进一步健全环境及流出物监测组织机构，对漳州核电厂的环境及流出物监测进行统一管理。

2)根据 5、6 号机组堆型特点完善组织管理程序，进一步明确环境和流出物监测、质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责等。

8.4.2 人员资格和培训

监测结果的精密度和准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，制定了下列措施：

- 1)从事环境及流出物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。
- 2)从事环境及流出物监测的人员必须接受上岗前培训，熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备运维以及数据处理和评价，经考核并取得相应的授权后方能独立上岗。
- 3)从事环境及流出物监测的人员，其培训、复训及考试（核）成绩应有详细记录。
- 4)为了保持从事环境及流出物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。

8.4.3 文件控制

1)环境及流出物监测的各类技术程序应在初版程序生效后进行验证，确保程序正确、完整、有效，以保证其能正确指导各项工作开展。

2)当法律法规、监测方法、设备等变化时，及时对技术程序进行升版。

3)应结合实际工作情况，及时对技术程序中存在的不足、错误等进行修订升版。若升版程序不能满足工作要求，应及时新增相应的技术程序。

8.4.4 监测大纲及布点

1)编制环境监测大纲、流出物监测大纲，对漳州核电厂环境及流出物放射性情况实施自行监测，并根据历史监测结果变化情况，每 5 年修订一次监测大纲，不断优化，使之契合电厂现状。

2)在选择流出物取样点时，要结合系统设计选择合适的采样地点和位置，避开一些有干扰的、代表性差的地点。

8.4.5 计量器具

8.4.5.1 通用要求

- 1)测量仪器与设备必须与被测量项目相适应。
- 2)测量仪器与设备需进行定期检定或校准。
- 3)标准物质（放射源）应均匀、稳定，其基体应与样品相同或相近，放射性活度也应与待测样品相近。
- 4)各计量器具需进行定期维护、期间核查和（或）稳定性控制。
- 5)检验仪器工作状态的检验源应具有良好的长期稳定性。
- 6)定期对各类低本底计数装置进行泊松分布检验，该类装置的计数须满足泊松分布。泊松分布检验可与期间核查相结合。
- 7)用低本底测量装置的本底计数率和（或）标准物质的计数效率绘制质量控制图，检验分析测量装置性能的长期稳定性。有证标准物质分析结果与证书标准值相对偏差应小于 10%。

8.4.5.2 分析测量装置的性能控制

- 1)对分析测量装置的检定、校准。
 - ①新的分析测量装置或经过维修的分析测量装置，在常规使用以前必须进行性能的调试、检定和校准，以后的定期校准频率取决于仪器的类型和稳定性。更换旧的测量仪器时，新旧两种仪器应进行比对测量，确认新仪器数据可用（仪器比对测量可采用业内通用的判定方法）。
 - ②实验室固定测量仪器采用国家计量传递系统发放的标准源或经有关计量单位核定的标准源标定，以保证有足够的准确度。
 - ③所有需检定的仪器使用时需保证在检定有效期内。

2)对常规使用的分析测量装置应进行常规检验。

①对低本底 α/β 测量仪、液闪谱仪、 γ 能谱测量装置，应在使用期间至少每月进行一次本底测量，将测量结果录入控制图进行仪器长期可靠性检验；每年进行一次测量计数的泊松分布检验。

②对实验室主要分析测量仪器的最小可探测限应每年核实一次。

3)如果用检验源检验测量装置的性能时，发现其性能有了变化或者在测量装置发生了影响工作参数的变化以后应该对测量装置进行重新校准或检定。如果仪器是运到外单位进行校准、检定或维修，那么该仪器在运回实验室后应检查其性能。新购入的液闪、 γ 谱仪及低本底测量仪应在使用前做泊松分布检验。

4)主要测量仪器都要做好仪器工作日志和异常登记工作。

5)主要监测设备都必须建立设备档案。

8.4.6 样品的质量控制

1)制定年度采样计划（质量控制样品在质量控制计划中体现），并按计划实施。采样计划要根据监测大纲规定的监测点位、监测项目和监测频率，结合样品特性选择合理的采样时间。

2)根据采样计划执行采样活动，采样至少应有两名人员。

3)要保证采集到具有代表性的样品并保持样品稳定。

4)必须制定和严格遵守各类样品的采样、包装、运输和贮存详细操作程序。程序除了规定技术方法、要求以外，还应包括具体的操作步骤、记录内容、格式、标签设置。采样程序要保证采集到具有代表性样品并保持放射性核素在分析之前的原始浓度，明确采样容器、设备、方法（方式）和采样量。

5)样品采集和运输过程中，应防止样品被污染或样品对环境造成污染。运输中应采取必要的防震、防漏、防雨、防尘、防爆等措施，以保证人员和样品的安全。参考国家或国际标准，采取预防措施，避免样品中放射性物质通过化学、物理或生物作用产生损失或沾污等，必要时在各技术规程中予以详细规定。

6)样品运输前，应清点样品，并附上样品标签，并检查样品包装是否完整，避免在运送过程中出现破损和撒漏的现象。

7)涉及收集效率的采样装置，应根据相关标准在技术文件中明确收集效率的实验方法或计算方法，如使用条件与采样装置的生产厂家的测定条件相同或相近，也可采用厂家给出的数据。

8)采集的样品量应满足测量的需求，包括质量控制样品和留样。

9)当样品可获得时，平行样品的采集数量不少于每批次样品总数的 10%，当样品总数少于 10 个时，至少取 1 个平行双样。

10)应有一定比例的留样备查，实验室应明确规定不同类型留样的保存期。

11)样品应及时编号，每个样品的编号应具有唯一性。

12)须规范地填写采样记录、样品交接记录和样品标签，样品标签应粘贴牢固。

8.4.7 分析测量中的质量控制

1)样品的前处理、制备及分析应严格按照各相应的操作规程执行，并填写相应的记录表格。应采用标准方法或经过验证的其他方法。

2)在分析测量的过程中，尤其是放射性样品分析测量中，应注意防止样品间的交叉污染。样品分析测量过程中，应避免实验室器皿对检测样品或溶液的污染，应按要求清洗实验室器皿。

3)分析测量实验室和仪器设备，应按样品中放射性核素种类及浓度大小分级使用。

4)质量控制样品一般包括平行样、加标样、空白样。分析测量的每种质量控制样品数不低于分析测量总样品数的 5%，且应均匀地分布在每批样品中（空白样至少每年一次）。质量控制方式可采用实验室控制样品（制作质量控制图）、留样复测、密码样（盲样）分析等。

5)为了发现和确定样品在预处理、分析过程中的沾污和提供适当扣除本底的资料，应进行空白样品的测量，样品的检测结果应消除空白造成的影响。空白样品应与待测样品在同样的条件下进行预处理和化学分析。

6)为了确定分析测量的精密度，应分析测量平行样品，平行样品由尽可能均匀的样品来制备。平行样品测量的相对平均偏差一般应控制在 40%以内。

7)为了确定分析测量的准确度，应该用与待测样品相同的操作程序分析测量相应的标准参考物质或加标样品，并且被分析测量的加标样品不被分析者所知道。对分析测量中的已确定系统误差必须进行修正。监测分析方法无规定或规定的指标不适合时，流出物样品加标回收率一般控制在 80%~120%；已知参考值质量控制样品测量值归一化偏差 E_n 的绝对值应不大于 1。

8)为了确定分析测量的重复性，采用合适的方法保存足够稳定的、测定过的样品，每年抽取样品进行复测，将两次测量结果进行比较，评价该样品测定结果的可靠性。

9)实验室控制样品的选择：采用长期稳定的待测样品开展。

10)在领用和使用试剂时要注意试剂是否处于有效期内，试剂瓶是否有破损，标签有无污损，使用过程中，若发现试剂已变质立即停止使用。准确地配制载体和标准溶液，并根据其稳定性确定出使用期限或重新标定的期限。所有使用的化学试剂、标准物质均应保证在有效期内，且标识清晰，标识上应明确试剂名称、化学浓度、配制人、配制时间、有效期等内容；如需要延长有效期，须经过鉴定或检验合格；过期试剂、标准物质必须及时撤离使用现场。

11)应积极参加能力验证或实验室之间分析测量比对活动，对存疑和不满意的结果应该分析、查明原因并采取纠正措施。

12)各分析及测量过程应按各操作规程规定的记录表格进行数据记录。

8.4.8 数据管理的质量控制

8.4.8.1 原始记录

1)记录要求

①原始记录应满足记录控制程序的要求。应确保所有质量活动和监测过程的技术活动记录信息的完整性、充分性和可追溯性。纸质记录和电子记录应安全储存。

②每个样品（包括质量控制样品）从采样、预处理、制样、分析测量到结果计算全过程中的每一步都要有清晰、详细、准确的记录。对每个操作步骤的记录内容和格式都应有明确、具体的规定，并且在每个样品上都应贴上相应的不易脱落和损坏的标签或标记。为了追踪和控制这个样品的流动情况，还应该有随样品一起转移的样品记录单，记录每个操作步骤的有关情况，有关工作人员也应在记录单上签名。

③采用计算机或自动设备对监测数据进行采集、处理时，对于手抄数据，应加以核查。

④对仪器设备的检定/校准、刻度、巡检/检查、运行、维护、维修等都应进行记录；实验室间分析测量的比对情况，标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和加标样品、载体及标准溶液的配制情况等均应有详细、准确的记录。

⑤记录需由记录人和复核人签字确认，签名以本人身份证上的全名为准，签名不应潦草，应容易辨认。

⑥日期书写如无明确的格式规定，应采用“年.月.日”的格式，年份应为四位阿拉伯数字。

⑦所采用的计量单位、符号和有效位数等按分析方法或有关规定填写。

⑧总放测量、多道 γ 谱测量、液闪测量、放化测量、非放测量等实验数据记录需作为原始记录保存。

2)记录的保存

①应分类建立监测资料档案和保管、使用等制度。对不同类型监测的原始记录以及监测结果，应规定保存期限。常规监测和应急监测的原始记录应永久保存，核查报告等质量保证记录应至少保存 6 年。重要纸质数据和资料应复制分地保存，重要数字信息应当采用双机备份技术保存。

②仪器长期稳定性质量控制图每年至少打印存档一次；平均每月获得控制值的数量大于等于 2 次的，每半年打印存档一次。质量控制样品的质量控制图每年打印存档一次。如有实验室信息系统，可直接保存电子稿。

③对于光敏、热敏纸打印的数据，应复印后作为原始记录保存和管理；对于保存在仪器中的数据记录，需定期备份至另外的数据储存设备中安全保存，对备份的完整性应当进行检查。

8.4.8.2 数据处理和监测报告

1)监测人员应正确理解监测方法中的计算公式，保证监测数据的计算和转换不出差错。计算结果应进行校核。如果监测结果用回收率进行校准，应在原始记录的结果中明确说明并记录校准公式。

2)数据处理应尽量用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对偏离正常值的异常结果，应及时向实验室负责人报告并核查原因。监测数据应给出结果的不确定度。

3)对数据处理、计算结果中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须进行审核。对计算结果的审核，可以由两人独立地进行计算或者由未参加计算的人员进行核算。审核人必须在审核报告上签字。

4)环境及流出物监测报告中所采用的量、单位和符号等应符合国家颁布的标准。

5)环境及流出物监测报告中的各项监测数据必须与实验室分析原始数据保持一致。

6)环境及流出物监测报告需要报送给不同单位时，报告中的各项数据应保持一致，格式内容根据需求方要求执行。

7)各类环境及流出物监测报告必须经过有关人员的校核和批准。

8)数值修约应遵守 GB/T 8170 的规定。监测结果的有效位数应与监测方法中的规定相符，计算中间所得数据的有效位数应多保留一位。小于探测下限数值的处理方法应编制文件进行规定。

9)当分析数据出现以下几种情况时，分析人员需要作出响应：

①某一种样品，检测结果一般低于检出限（或探测下限）的样品，突然出现高于检出

限（或探测下限）的情况。

- ②检测结果明显高于或低于历史或本底测量结果（3 倍标准偏差）时。
- ③质控样品超出其控制指标。
- ④能谱中可以观察到有明显能量峰，但数据报告中未检出相关核素（天然核素除外）。
- ⑤其它数据明显不合理的情况。

10)分析人员响应行动：

- ①发现异常数据，保留样品及测量记录，立即向上报告。
- ②确认样品外观完好，再次测量，核实是否为误测。
- ③进行仪器性能测试，排除仪器问题。
- ④如果是有时效性要求的样品，应立即前往取样地点，再次重新取样（使用新的取样容器）。
- ⑤如果重新取样测量后的结果仍然与上一样品一致，立即向上报告。

8.4.9 质量控制核查与检查

1)实验室建立质量控制计划，质量控制计划应包括空白分析、加标、复测、平行样等控制样品的分析。

2)应检查质量控制计划的执行情况，确定是否可有效执行。

3)对严重有损于质量的情况，必须查明原因，并采取纠正措施，以防再次发生不满足质量保证要求监测结果的情况，必须进行审查、评价，并确定是否使用或废弃或采取补救办法。

表 8.1-1(1/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

监测对象		监测分析项目	监测频次	监测范围+对照点	布点数+对照点数	
陆地环境γ辐射		连续γ辐射	空气吸收剂量率	连续	厂内 6 个、厂外 8 个、对照点	14+1
		即时γ辐射剂量率	空气吸收剂量率	1 次/季	接近密远疏 22.5°方位角布点+佛昙镇（对照点）	47+1
		累积γ辐射剂量	累积剂量	1 次/季	接近密远疏 22.5°方位角布点+佛昙镇（对照点）	36+1
大气和沉降物	空气	氡	³ H	1 次/月	EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-8 青径风电场或 EC4-12 前江村、对照点	4+1
		氡	³ H	连续采样、每周分析 1 次	EC4-4 厂内站	1
		碳-14	¹⁴ C	1 次/月	EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-8 青径风电场或 EC4-12 前江村、对照点	4+1
		碘	¹³¹ I	1 次/月	EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-8 青径风电场或 EC4-12 前江村、对照点	4+1
	气溶胶	γ谱	连续采样, 1 次/周	EC4-11 城内村	1	
		γ谱分析、年度混合样品分析 ⁹⁰ Sr	1 次/月	EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-8 青径风电场或 EC4-12 前江村、对照点	4+1	

表 8.1-1(2/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

监测对象			监测分析项目	监测频次	监测范围+对照点	布点数+对照点数
大气和沉降物	沉降物		γ 谱分析、年度混合样品分析 ^{90}Sr	1 次/季	EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-8 青径风电场或 EC4-12 前江村、对照点	4+1
	降水		^3H	1 次/月	EC4-4 厂内站、EC4-11 城内村、EC4-7 核电厂气象站、EC4-8 青径风电场或 EC4-12 前江村、对照点	4+1
陆地介质	水	地表水	^3H 、 γ 谱分析、总 β	1 次/半年（平水期和枯水期各一次）	五谷王水库、碗窑水库、杜塘水库、山前溪、红旗水库、峰头水库（对照点）	5+1
			^{14}C	1 次/半年（平水期和枯水期各一次）	杜塘水库、峰头水库（对照点）	1+1
		厂区外地下水	^{14}C	1 次/半年（平水期和枯水期各一次）	城外村、云霄县第五中学（对照点）	1+1
			^3H 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr	1 次/半年（平水期和枯水期各一次）	气象站、城外村、云霄县第五中学（对照点）	2+1
		厂区内地下水	^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 谱分析、 ^{14}C	1 次/月，抽测	厂区地下水监测井	待定
			pH、总 α 、总 β	1 次/半年（平水期和枯水期各一次）	厂区地下水监测井	待定
		饮用水	^3H 、 γ 能谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{14}C	1 次/半年（平水期和枯水期各一次）	气象站、城外村	2

表 8.1-1(3/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

监测对象		监测分析项目	监测频次	监测范围+对照点	布点数+对照点数	
陆地 介质	地表水沉积物（底泥）	^{90}Sr 、 γ 谱分析	1 次/年	杜塘水库、五谷王水库、碗窑水库、山前溪、红旗水库、峰头水库（对照点）	5+1	
		$^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	五谷王水库、碗窑水库、山前溪	3	
	土壤	^{90}Sr 、 γ 谱分析、 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	顶城村、城内村、前江村、南山村、核电厂气象站、下径、礁美、梅山、美山、佛昙镇（对照点）	9+1	
	陆生生物	粮食类（大米）	^3H （OBT 和 TFWT）、 ^{14}C 、 γ 谱分析	1 次/年	城外村	1
		粮食类（红薯）	^3H （OBT 和 TFWT）、 ^{14}C 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr	1 次/年	北坂村、石榴镇（对照点）	1+1
		蔬菜水果类（空心菜）	^3H （OBT 和 TFWT）、 ^{14}C 、 γ 谱分析	1 次/年	林坪村	1
		蔬菜水果类（白菜）	^3H （OBT 和 TFWT）、 ^{14}C 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr	1 次/年	城外村、石榴镇（对照点）	1+1
		蔬菜水果类（香蕉）	^3H （OBT 和 TFWT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析	1 次/年	岙东村	1
		禽畜类（猪肉）	^{14}C 、 ^3H （OBT 和 TFWT）、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析	1 次/年	下径村	1
		禽畜类（鸡肉）	^{14}C 、 ^3H （OBT 和 TFWT）、 γ 谱分析、 ^{90}Sr	1 次/年	人家村、石榴镇（对照点）	1+1
		羊奶	^{131}I	1 次/季	阳下村、东罗村（对照点）	1+1
		水生植物（水草）	^{90}Sr 、 ^{14}C 、 γ 能谱	1 次/年	碗窑水库、峰头水库（对照点）	1+1
淡水鱼（罗非鱼）		^{14}C 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr	1 次/年	碗窑水库	1	

表 8.1-1(4/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

监测对象			监测分析项目	监测频次	监测范围+对照点	布点数+对照点数
陆地介质	陆生生物	淡水鱼（鲢鱼）	^{14}C 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr	1 次/年	杜塘水库、峰头水库（对照点）	1+1
		指示生物（木麻黄）	^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析	1 次/年	人家村	1
海洋介质	海水		γ 谱分析、 ^{90}Sr 、 ^{14}C	1 次/半年	核电排水口、HS01、HS02、HS04、HS05、对照点	5+1
			^3H 、总 β 、 ^{40}K	1 次/半年	核电排水口附近、对照点	8+1
	海洋沉积物		^{90}Sr 、 γ 谱分析	1 次/年	排水口附近及对照点，其中城外村（HS07）包括潮间带点和潮下带点	9+1
			$^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	HS02、HS03	2
	海洋生物	藻类（海带）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	东山岛近海域	1
		藻类（紫菜）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	东山岛附近海域	1
		藻类（紫菜）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	青径村附近海域	1
		甲壳类（白虾）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	东山岛附近海域	1
		甲壳类（白虾）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	礁美村附近海域	1

表 8.1-1(5/5) 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

监测对象			监测分析项目	监测频次	监测范围+对照点	布点数+对照点数
海洋介质	海洋生物	甲壳类（白虾）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	大霜岛附近海域	1
		鱼类（鮟鱼）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	大霜岛附近海域	1
		鱼类（鲳鱼）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	东山岛附近海域	1
		鱼类（眼斑拟石首鱼）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	郊洋村附近海域	1
		软体类（蛏子）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	长洋村附近海域	1
		软体类（墨鱼）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	大霜岛附近海域	1
		指示生物软体类（牡蛎）	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）	1 次/年	前江村附近养殖场	1

注：气溶胶、沉降物 γ 谱分析项目一般包括但不限于： ^7Be 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{95}Zr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 及其他能够识别出特征峰的人工核素；水中 γ 谱分析项目一般包括但不限于： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{95}Zr 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{124}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 及其他能够识别出特征峰的人工核素；生物、土壤、岸边沉积物、海洋沉积物 γ 谱分析项目一般包括但不限于： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{95}Zr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 及其他能够识别出特征峰的人工核素。

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

福建漳州核电厂 5、6 号机组是由中国核能电力股份有限公司和国家能源投资集团有限责任公司共同出资建设，建设规模为 2 台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。工程投产后，每年可向电网送电约 155.6 亿度，每年向国家和地方上缴上亿的税金。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

（1）社会效益

福建省地处我国华东地区，是我国经济比较发达、综合经济实力较强的省份之一。由于受一次能源的制约，电力增长速度远远不能满足经济增长和人民的需要，本工程的建设可以更好地缓解福建省电力不足的困难局面，促进该地区的工业发展。华东电网电源主要是燃煤的火电机组，燃煤供应、铁路运输和港口装卸很难满足要求。本工程的投产将进一步有效地解决能源供求矛盾，减轻燃煤运输和环境影响的压力。

本工程的建设，不仅将有效地解决福建省的能源供求矛盾，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。核电厂项目投资大，建设周期长，建设期间和运行期间，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题，促进当地金融等服务产业发展。

同时还起到优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。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。

本工程的建设将进一步有利于当地的交通、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快华东地区的经济发展具有重要意义。

（2）行业效益

本工程的建设将充分利用现有资源，采用国内外成熟的核电设计、制造技术，自主创新，大力推进我国核电品牌自主化的进程，从而全面推动我国核电事业的发展，促进民族工业的振兴。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、标准化发展，并培养出一批核电站建设组织管理人才，为其后续机组和国内其它核电厂的建设培养人才。从而全面推动我国核电事业的发展。

（3）环境效益

核电厂两台百万千瓦级核电机组的环境效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应，核电机组每年可使电网减少燃煤约 600 万吨，有效减少了 CO₂、SO₂、NO_x、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染，缓解酸雨的发生。

火电厂释放的 CO₂ 是全球 CO₂ 重要来源，CO₂ 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

本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。其中施工期间环保费用的建设投资占项目计划总资金约 2.10% 左右。

环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、环境整治以及施工期环保投入等费用。其中废物处理处置系统包括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；流出物监测和环境监测系统包括厂房辐射监测系统费用；环境整治包括厂区绿化、边坡、地坪等费用；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。

运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费、退役基金等。

乏燃料后处理费从投产后第六年开始提取。

中低放废物处理处置费从投产后第一年开始提取。

退役基金从计算期第一年开始提取，总额以发电工程固定资产原值为基数，提取比例

为 10%。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

本工程厂区、生活区需要长期征用大量的土地。除了厂区、生活区用地外，还规定了限制区，在核电站外边界半径 5km 范围内为规划限制区，在该地区内要限制人口机械增长、集中居民点建设和工矿企业及其它事业的发展。

本工程的运输包括施工期间设备、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。但是由于在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定了满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取了相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是很有限的。

此外，本机组对于华东地区的公众舆论、舆情及社会稳定有一定的影响。核电作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性对涉及切身利益的公众进行充分的宣贯，消除公众担忧甚至恐惧的心理，增强公众对核电项目建设与发展的接受与理解，有利于核电项目的顺利进行和营造更为和谐的核电发展环境。

9.2.2.2 环境代价

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。为了达到保护环境 and 保护公众的目的，本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本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：本工程是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于电力需求紧张，资源相对匮乏，经济发展迅速的地区，发展核电是解决能源问题的有效手段，是调整能源结构、实现区域经济可持续发展的重要保证。本工程的建设不仅将给各

股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.2.1 放射性废物处理系统

10.2.2 非放射性废物处理系统

10.2.3 辐射环境监测

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

10.5.2 运行期间的环境影响

10.6 公众意见采纳情况总结

10.7 承诺

10.1 核电厂建设项目

本工程厂址位于福建省漳州市云霄县列屿镇东北侧的刺仔尾，地处东山湾西岸。厂址规划建设六台百万千瓦级机组，统一规划、分期建设。目前 1 号机组已投入商业运行，2-4 号机组正在建设。本期工程建设 5、6 号机组堆型为“华龙一号”。

本期工程 5 号机组预计 2026 年 12 月 31 日 FCD，2031 年 10 月 31 日投入商业运行；6 号机组预计 2027 年 10 月 31 日 FCD，2032 年 8 月 31 日投入商业运行。

10.2 环境保护设施

10.2.1 放射性废物处理系统

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）、常规岛液态流出物排放系统（WQB）、放射性废水回收系统（WSR）、核岛疏水排气系统（RVD）。

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。

放射性固体废物处理系统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。

采用以上先进的放射性废物处理工艺，使处理后的液态、气态放射性流出物排放满足 GB6249-2025《核动力厂环境辐射防护规定》的规定，使每台机组预期的放射性固体废物产生量低于 50m³/年。

10.2.2 非放射性废物处理系统

本工程施工期设置旱厕或移动式环保厕所；运行期生活污水排至污水处理构筑物 2 处理，再生水满足相关标准后回用于绿化及道路浇洒等，回用剩余水回用于循环水系统补水，特殊工况下无法回用部分排入大海。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，经油水分离设施处理后，排水水质满足相关标准要求后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海。无需处理可直接排放的部分非放生产废水和经酸碱中和处理后达标排放的非放生产废水经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房；部分无法回用的非放生产废水经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入东山湾海域。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。各类危险废物集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

10.2.3 辐射环境监测

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，漳州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。

10.3 放射性排放

福建漳州核电厂 5、6 号机组运行状态下，气态放射性流出物和液态放射性流出物设计年排放量均能满足 GB6249-2025 中排放量控制值要求，液态流出物槽式排放出口处的放射性流出物中氚、C-14 以及除氚和 C-14 外其他放射性核素的排放浓度满足 GB 6249-2025 中对于滨海厂址所规定的液态流出物排放浓度的要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）对公众的辐射影响

本工程运行状态下，气态和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为 $3.08\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.69\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.98\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $5.29\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为 $3.69\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占本工程个人剂量约束值（ 0.08mSv/a ）的 4.61%。

厂址 6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.58\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $1.89\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $1.52\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $2.07\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为 $1.89\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 7.56%。

本工程运行状态下采用现实排放源项计算可能的关键人群组、关键核素和关键照射途径。可能的关键居民组为厂址 NNE 方位 0~1km 处的云霄县列屿镇的人家村和宅后村的青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $1.21\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气态途径所致的剂量为 $1.38\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $1.07\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.07\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 88.50%；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 10.33%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $7.57\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 62.80%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 17.26%和 7.16%。

厂址 6 台机组运行状态下，可能的关键居民组是厂址 NE 方位 0~1km 处的云霄县列屿镇人家村和宅后村的村民，关键居民组是青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $5.98\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为

5.68E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 94.86%；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 4.62%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 3.83E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 64.01%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 15.70%和 7.80%。

（2）对非人类生物的辐射影响

1) 水生生物

本工程 2 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，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

厂址 6 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；0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，福建漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

2) 陆生生物

本工程 2 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^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

厂址 6 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，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，福建漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（3）事故工况的辐射影响

本工程选址假想事故发生后，拟定非居住区边界（600m）处的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 $6.74\text{E-}03\text{Sv}$ ，拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内接受的有效剂量为 $1.65\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别为 GB 6249-2025 中剂量控制值的 2.70 %和 0.66%；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 $208\text{人}\cdot\text{Sv}$ ，为 GB 6249-2025 中的剂量控制值的 1.04%。

本工程选址假想事故对公众造成的剂量后果满足 GB 6249-2025 的要求。

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

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

（2）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。

根据类比福建漳州核电厂 1-4 号机组 2020 年 7 月~2023 年 11 月期间开展的施工期噪声监测结果，预计本工程施工场界、厂外环境敏感点及公路噪声可以满足相应标准要求。

（3）大气环境的影响

施工过程中，由于负挖的爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

根据类比福建漳州核电厂 1-4 号机组 2020 年 7 月~2023 年 11 月期间开展的施工期大气环境监测结果，预计本工程无组织排放源监测点和环境空气监测点的各监测因子浓度均可以满足相应标准要求。

（4）海域施工的影响

取水头部位于已建取水明渠根部，该处水动力环境较弱，施工悬沙扩散范围不会超出取水明渠范围；排水拟与福建漳州核电厂 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水构筑物。本工程海域施工不会对东山湾内的水质环境造成不利影响。

（5）对水环境的影响

施工期生活污水、生产废水尽可能回用，无法回用部分外运处理，不排入环境。陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

10.5.2 运行期间的环境影响

（1）温排水的影响

本工程循环水系统拟采用二次循环冷却方式，排水量很小，根据温排水模拟计算结果，

本工程温排水影响范围较小，符合工程海域相关规划要求，不会对海洋造成影响。

（2）机械损伤和卷吸效应

本工程取水量较小，取水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的海洋生物产生伤害，但不会对整个东山湾的海洋生态环境造成大的影响。

（3）海水冷却塔的环境影响

本工程两座海水冷却塔正常运行所产生的雾羽荫屏引起的超过太阳能自然年际波动范围的区域基本处于厂区的内部，因此，预计两座冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响。

由两座冷却塔飘滴引起的地面水汽沉降量远小于该地区的年平均降水量，因此两座冷却塔引起的降水不会对该范围内的农田等产生影响。

由飘滴引起盐沉积的最大沉积值约 $306\text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，而当盐沉积量不超过 $1000\text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，可以认为基本不会对周围的植物产生危害。因此两座冷却塔正常运行所产生的盐沉积不会对周围植物产生危害。

自然通风高位收水冷却塔的雾羽到达地面可能性较小，不会导致地面下雾和结冰现象。

（4）化学污染物的环境影响

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 2.5g/L ，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的，不会影响附近海域的海水质量。

循环水处理系统余氯浓度场主要在排水口附近，根据余氯扩散数值模拟计算结果，6 台机组共同运行工况下，不会对海洋环境产生明显影响。

凝结水精处理系统再生过程中产生的酸碱废水经中和后，通过废水泵送到常规岛废水处理系统（WQE）处理达标后通过常规岛液态流出物排放系统（WQB）排放，满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准。

循环水补水预处理过程加入的化学物质主要为聚合氯化铁、聚丙烯酰胺。循环水补水预处理过程中所用的化学药品用量均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，并在处理环节中消耗殆尽。净化剂反应生成物绝大部分存在于循环水预处理厂房的生产废水泥浆中。含有悬浮物和净化剂反应生成物的泥浆水经浓缩后进行脱水，形成固体物质不排入水体，污泥脱水后的滤出液排至循环水补水预处理主厂房的排泥池再次参与污泥处理。因此，循环水补水预处理系统添加的化学药剂不会对周围环境造成影响。

常规岛废水处理系统对氨氮等常规污染物超标的凝结水精处理系统再生水和二回路检修排水等排水进行处理，处理至氨氮、总氮和 COD 等污染物指标达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的标准后送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放，以避免对环境造成影响。

（5）生产废水和生活污水的影响

福建漳州核电厂 5、6 号机组产生的生活污水尽可能回用，无法回用部分排放，排放的生活污水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准。福建漳州核电厂 5、6 号机组产生的非放射性生产废水尽可能回用，部分无法回用的非放射性生产废水经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入东山湾海域，排放的生产废水满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准。二者均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

（6）噪声的影响

福建漳州核电厂 5、6 号机组正常运行对厂址周围声环境的影响经类比叠加分析，机组正常运行，预计厂界的噪声排放及附近最近居民点声环境影响可以满足相应标准要求。

（7）电磁辐射影响

福建漳州核电厂已建的 500kV 开关站，根据 HJ 24-2020 标准要求，可采用类比法和已运行的田湾 1-4 号机组共用的 500kV 开关站、5-8 号机组共用的 500kV 开关站以及 500kV 开关站出线至厂内门型架（第一跨）处输电线路的电磁辐射强度的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。类比可知，福建漳州核电厂 5、6 号机组建成投运后，厂区已建 500kV 开关站及 500kV 出线至第一跨处输电线路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。

（8）固体废物的影响

运行期间产生的固体废物不会对附近区域的环境质量造成明显影响，是可以接受的。

综上所述，从自然条件和社会条件分析，本工程厂址能满足 2 台“华龙一号”压水堆机组的建设和运行要求。施工建设对环境的影响以及工程正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。因此，从核电厂建设和运行对环境的影响角度看，本工程建设 2 台“华龙一号”压水堆机组是可行的。

10.6 公众意见采纳情况总结

本次公众参与活动包括环境影响评价信息公开、征求意见稿公示、公众问卷调查、公

众意见处理、报批前信息公开等内容，有 2024 年 5 月 25 日—7 月 5 日和 2024 年 7 月 3 日—7 月 16 日开展的信息公示、2024 年 7 月-9 月开展的问卷调查。其中公众问卷调查活动按照发放科普宣传资料、介绍基本情况、告知信息公告内容及收发调查表、询问、解答、回访等系列活动进行。本次共发放调查问卷 570 份，收回有效问卷 540 份。调查结果表明：近年来，在省、市、县有关单位和中核国电漳州能源有限公司的共同努力下，通过邀请公众参观在运核电站、核电科普讲座、开放核电科普展厅、开展公益活动、发放科普读物、创作科普文化作品、科普电影下乡等“走出去”、“请进来”的形式多样的科普宣传方式，使得更多公众对核电厂有了进一步的认识，绝大多数被调查者表示支持核电厂建设，并提出了不少宝贵意见和建议，期间共收到 6 条公众意见并全部采纳，每条采纳的意见都有说明采纳的具体情况和依据条款。在问卷调查活动结束后，中核国电漳州能源有限公司根据问卷调查的回答情况进行实地回访或电话回访，进一步征求被调查人员对核电厂建设的想法，回应了公众提出的意见和建议。

10.7 承诺

本报告书给出的对本工程建设和运营管理单位在环境保护方面的承诺如下：

——严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度；

——本工程建设期间，将严格进行施工期大气、噪声、海域环境监测，及时了解施工对环境的影响情况，积极与施工方沟通，尽量采取对环境影响小的施工方式。