

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  
二〇二四年九月



密级：

|               |        |
|---------------|--------|
| 图册（文件）编号      |        |
| 2011-J00HYK01 |        |
| 共 1 册         | 第 1 册  |
| 版次：A          | 状态：CFC |

## 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<br>(选址阶段) |
| 图册（文件）序号 | -                 |
| 批 准      |                   |

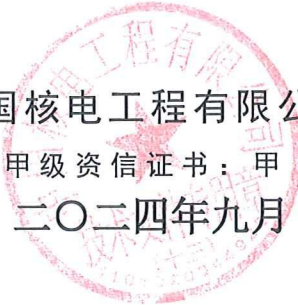
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | X | Z | 0 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | B | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | M | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

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

二〇二四年九月



## 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  |  |   |
| <b>一、建设单位情况</b>  |  |  |   |
| 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  |  |   |
| <b>二、编制单位情况</b>  |  |  |   |
| 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   |  |   |
| <b>三、编制人员情况</b>  |  |  |   |
| <b>1. 编制主持人</b>  |  |  |   |
| 姓名               | 职业资格证书管理号  | 信用编号   | 签字  |
| 薛娜               | 2016035110350000003512110317   | BH026661   |  |
| <b>2. 主要编制人员</b> |  |  |   |
| 姓名               | 主要编写内容   | 信用编号   | 签字  |
| 魏刚               | 第九章  | BH026932   |  |
| 薛娜               | 第六章、第七章  | BH026661   |  |
| 王欣               | 第三章、第八章  | BH026929   |  |
| 高桂玲              | 第一章、第十章  | BH026937   |  |

|     |     |          |     |
|-----|-----|----------|-----|
| 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)<br>ZNPPE43-2309(登记编号) | BH026661 | 薛娜 |



## 文件修改记录

| 版本 | 日期     | 章节 | 页码 | 修改范围及依据 |
|----|--------|----|----|---------|
| A  | 2024.9 | -  | -  | 首次出版    |

## 总 目 录

### 第一章 概述

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

### 第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 人口分布与饮食习惯
- 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 其它环境影响

## 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 场内运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

## 第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

## 第九章 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、2 号机组正在建设，3、4 号机组已核准两台华龙一号机组及其配套辅助设施。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。预计“十四五”期间，我国将保持每年 6~8 台机组的建设进度，将核电装机规模进一步加快扩大，预计到 2025 年，我国核电在运装机规模将达到 7000 万千瓦。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《2022 年福建省生态环境状况公报》，由空气污染导致的酸雨发生频率为 28%，较 2021 年和 2020 年分别上升了 2 个百分点、5 个百分点，省内已有多个城市被国家划定为酸雨和二氧化硫污染双控区。

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。

在高负荷方案下，福建省预计 2025 年、2030 年和 2035 年全社会最大负荷分别为 58150MW、73500MW 和 85000MW，全社会用电量分别为 3500 亿 kWh、4350 亿 kWh 和 4960 亿 kWh；在基本负荷方案下，福建省预计 2025 年、2030 年、2035 年全省最大负荷分别为 56000MW、69000MW、80000MW，全社会用电量分别为 3370 亿 kWh、4100 亿 kWh、4675 亿 kWh。考虑现有和已核准的电源装机规模，预计 2030~2035 年福建省电力系统仍存在较大电力缺额；计及规划电源后，电力略有盈余。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号机组计划于2026年6月30号FCD。

### 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) 《中华人民共和国水土保持法实施条例》（2011 年 1 月 8 日）；
- (13) 《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；
- (14) 《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；
- (15) 《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；
- (16) 《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 第 612 号；
- (17) 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010 年 12 月 22 日）；
- (18) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011）；
- (19) 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）；
- (20) 《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) 《滨河核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/08, 1989）；
- (14) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09, 1990）；
- (15) 《核电厂厂址选择的极端气象事件》（HAD101/10, 1991）；
- (16) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11, 1991）；
- (17) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01, 2019）；
- (18) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (19) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (20) 《海洋调查规范》（GB12763.1~2, 4~11-2007）；
- (21) 《海洋调查规范》（GB12763.3-2020）；
- (22) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局, 2002）；
- (23) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (24) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (25) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (26) 《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）
- (27) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (28) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (29) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- (30) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (31) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (32) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- (33) 《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；
- (34) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (35) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (36) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (37) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；

- (38) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (39) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (40) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- (41) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2023）
- (42) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ1186-2005）；
- (43) 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ681-2013）；
- (44) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- (45) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）；
- (46) 《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

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 6249-2011）中的有关规定。

(1) 运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中 6.1 条款的规定：任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。本工程的剂量约束值拟定为 0.08mSv/a。

GB6249-2011 中 6.2 条规定：核动力厂必须按每堆实施放射性流出物年排放总量的控制，对于 3000MW 热功率的反应堆，其控制值如下：

气载放射性流出物：

- 惰性气体： $6 \times 10^{14}$ Bq/a；
- 碘： $2 \times 10^{10}$ Bq/a；
- 粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）： $5 \times 10^{10}$ Bq/a；
- 碳 14： $7 \times 10^{11}$ Bq/a；
- 氚： $1.5 \times 10^{13}$ Bq/a。

液态放射性流出物：

- 氚： $7.5 \times 10^{13}$ Bq/a；
- 碳 14： $1.5 \times 10^{11}$ Bq/a；
- 其余核素： $5.0 \times 10^{10}$ Bq/a。

GB6249-2011 中 6.4 条规定：对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年排放量应控制

在 6.2 条款规定值的 4 倍以内。

GB6249-2011 中 6.8 条规定：对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。

### （2）事故工况下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于  $2 \times 10^4$  人 · Sv。

### （3）海水中的放射性核素浓度标准

海水中的核素浓度需满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中所规定的放射性核素浓度要求。

## 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 的标准。

### （2）近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

除环评报告书中确定的 4℃ 以上温排水影响范围水温指标外，其余海水水质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（FJ-152-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”，水质保护目标除水温执行三类海水水质标准外，近期为二类海水水质标准、远期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）中车辆冲洗水质标准，排放水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）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》（GB8978-1996）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（100 $\mu$ T）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制为等效平面波功率密度 0.4W/m<sup>2</sup>（电场强度 12V/m）；对于 3000MHz~15000MHz 的频率范围，该标准的公众照射限制为等效平面波功率密度  $f/7500$ W/m<sup>2</sup>（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、核岛辐射监测系统等，以及进行厂区绿化等。

### 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、监测和排放核能供

热项目正常运行期间（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）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。

## （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。漳州 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 450m<sup>3</sup>/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后，回用于绿化及道路浇洒等。处理过程中产生的生活污水定期外运处理。

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。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》（GB8978-1996）中的一级标准（含油类<5mg/L），经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，由有资质的厂家处置。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m<sup>3</sup>/h，每套设备设计处理能力为 5m<sup>3</sup>/h。

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。

## （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

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

### b. 危险固体废物

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

### c. 生活垃圾及污泥

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。

## 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）、《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

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 的圆形区域以及电力出线送电走廊两侧 50m 带状区域。

射频综合场强的评价范围为：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。

厂址北距漳州市约 82km（直线距离，下同），东北距厦门市约 100km，西北距云霄县城约 21km，西南距东山县城约 15km、距列屿镇约 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

5、6 号机组工程用地面积为 59.40 公顷（未含厂外租地面积），其中厂区用地 41.75 公顷，施工场地 17.65 公顷，均为预留建设用地。5、6 号机组无陆域新增用地。

#### 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。经计算，推荐本工程非居住区半径为 600m，规划限制区半径为 5km。

5、6 号机组不存在移民搬迁。

## 2.2 人口分布与饮食习惯

厂址半径 80km 范围内涉及福建省漳州市的龙文区、芗城区（驻南昌路）、龙海市（驻公园西路）、南靖县、平和县、漳浦县、云霄县、东山县、诏安县，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浦县。

厂址半径 20~80km 范围内人口分布调查和统计通过从漳州市统计局、潮州市统计局、汕头市统计局和梅州市局等部门收集统计年鉴获得人口统计资料，数据统计时间为 2019 年；厂址半径 5~20km 范围内人口分布调查和统计通过走访漳州市公安局获得了 2019 年人口统计资料；厂址半径 5km 围内人口分布调查和统计通过走访云霄县公安局获取了 2019 年人口统计资料。

### 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 范围内主要包括列屿镇除半山村的白衣村与高山楼村以外的全部村庄和陈岱镇部分村庄，共计 18 个自然村，2019 年人口总数为 2.7 万人。其中，距离厂址最近的自然村为人家村，位于厂址 N 方位 1.3km，2019 年人口数为 1.5 千人；厂址半径 5km 范围内最大的居民点为山前村，位于厂址 SW 方位 3.6km，2019 年人口数约 4 千余人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。

厂址半径 5km 范围内仅有福建省燕宁顺通科技发展有限公司，主要业务为非金属矿物制品，位于厂址 SW 方位 3.5km。

厂址半径 5km 范围内有幼儿园 5 所，学校 5 所。距离厂址最近的幼儿园为位于厂址 WSW 方位约 2.6km 的向日葵幼儿园，教职员工 12 人。距离厂址最近的学校为油车村的梅山小学，位于厂址 NW 方位约 1.7km。

厂址半径 5km 范围内有一家卫生院（列屿卫生院），位于 WSW 方位约 3km。厂址半径 5km 范围内有 1 家敬老院，为位于厂址 WSW 方位约 2.7km 处的列屿镇敬老院。

厂址半径 5km 范围内没有监狱等，没有旅游景区。

### 2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围主要涉及云霄县、漳浦县、东山县和诏安县所辖的 13 个镇、2 个工业开发区，共计涉及 114 个社区和行政村，2019 年人口总数为 30.6 万人。其中，距离厂址最近的行政村是南山村，位于厂址 NW 方位 1.2km 处，2019 年末户籍总人口数约 1.6 千人；厂址半径 15km 范围内人口最多的行政村是竹塔村，位于厂址 NW 方位 12.5km 处，2019 年末户籍总人口数约 7.5 千人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

厂址半径 10km 范围内共有学校 15 所，幼儿园 14 所。距离厂址最近的学校是云霄县列屿梅山小学，位于厂址 NW 方位约 1.7km；人数最多的是云霄第二中学，该学校初中部和高中部均位于厂址 WSW 方位约 9.6km 处。

厂址半径 10km 范围内有 2 所医院和 2 所敬老院，距离厂址最近的是城内村的列屿养老院，位于厂址 WSW 方位约 2.7km。

厂址半径 10km 范围内没有监狱和看守所。

厂址半径 10km 范围内有风景名胜区 1 处，为国家 4A 级旅游景区金汤湾海水温泉度假区，年接待游客约 30 万人，旅游旺季为每年的 6 月~9 月，日最大接待人数约 3000 人，位于厂址 WSW~SW 方位约 9.9km。

厂址半径 10km 范围内有规模以上工业企业 74 家，职工总人数约 1.3 万人。距离厂址最近的是福建省燕宁顺通科技发展有限责任公司，位于厂址 SW 方位 3.5km。

### 2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围内主要以农业、海水养殖业和工业为主，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，以流入为主。厂址半径 15km 范围内流动人口（流入）总数约 5.1 万人，其中半年以下约 2.2 万人，半年至五年约 2.8 万人，五年以上约 1.5 千人。

厂址半径 15km 范围内涉及 3 处风景游览区，分别是厂址 SW 方位 9.9km 处的金汤湾海水温泉度假区（国家级 4A 级）；厂址 NE 方位 12.8km 处的仙峰岩自然风景区（未定级）；厂址 SSE 方位 14km 处的风动石—塔屿风景名胜區。

国家 4A 级旅游景区金汤湾海水温泉度假区位于云霄县陈岱镇岱南，年接待游客约 30 万人，旅游旺季为每年的 6 月~9 月，日最大接待人数约 3 千人。

国家 4A 级景区风动石—塔屿风景名胜區位于东山县，2023 年共接待游客约 6.1 万人，景区的高峰期为夏季，日高峰游客量为 1.4 万人。

仙峰岩自然风景区为非营业景区，无统计数据。

厂址半径 5km 范围内流入人口总数约 7.6 千人，主要集中在漳州核电厂址附近的人家村、南山村以及顶城村，主要为进行核电建设以及当地企业工作的务工人员。

## 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

### 2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围内 2019 年底户籍人口总数约为 557 万人，厂址半径 80km 范围内陆域平均人口密度约为 312 人/km<sup>2</sup>，福建省同期陆域平均人口密度为 321 人/km<sup>2</sup>。

### 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 范围共涉及福建省漳州市和广东省潮州市、汕头市与梅州市共 4 个地级市的 14 个区县和 122 个镇（乡、街道）。厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市，有 3 个十万人以上的城镇，分别为：1）福建省漳州市所辖的芗城区，位于厂址 N、NNE 方位约 79.6km，总人口数约 32 万人；2）漳州市漳浦县绥安镇，位于厂址 NNE 方位约 34.4km，总人数约 11.8 万人；3）广东省汕头市饶平县黄冈镇，位于厂址 WSW 方位约 53.2km，总人数为 19.7 万人。

## 2.3 土地利用及资源概况

### 2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 10km 范围内有林地 89.35km<sup>2</sup>，草地 6.2km<sup>2</sup>，耕地 17.83km<sup>2</sup>，水域湿地 11.14km<sup>2</sup>，建设用地 13.57km<sup>2</sup>，未利用地 1.74km<sup>2</sup>，合计共 139.85km<sup>2</sup>，厂址所在地当前用地类型为建设用地。

根据东山县和云霄县的土地利用规划统计得到了厂址半径 10km 范围内的土地利用规划，厂址所在地已规划为本项目的建设区域。

厂址半径 5km 范围内有一处矿区，为云霄县升达建筑用花岗岩矿区，位于厂址 WSW~SW 方位 4.8km，为小型矿区，主要开采建筑用花岗岩，查明资源储量为 805.4 千

立方米。

厂址半径 15km 范围内省级及以上风景游览区有三家，距离厂址最近的是金汤湾海水温泉度假区，是国家级风景游览区，位于厂址 WSW~SW 方位 9.9km。

厂址半径 10km 范围内涉及陆域生态保护红线，最近处位于厂址 W 方位，西侧厂界最近约 0.1km，厂址区域不占用生态红线。

厂址半径 15km 范围内有两处自然保护区，分别为国家级的漳江口红树林自然保护区和省级的东山珊瑚礁海洋自然保护区。漳江口红树林自然保护区核心区最近距厂址约 8.9km，位于 NNW 方位；缓冲区最近距厂址约 8.7km，位于 NNW 方位；实验区最近距厂址约 7.4km，位于 N 方位。东山珊瑚礁海洋自然保护区（头屿片区）的缓冲区边界位于厂址 NNW 方位 11.6km 处，核心区边界位于厂址 NNW 方位约 12.2km 处。

厂址半径 15km 范围内有一处国家级森林公园，为东山国家森林公园，位于厂址 SSE 方位 13.5km。

厂址半径 15km 范围内有两处国家级文物保护单位，分别为东山关帝庙和福建戍守台湾将士墓群（东山），分别位于厂址 SSE 方位 11.8km 和 SSE 方位 10.8km；有 8 处省级文物保护单位，距离厂址最近的是石矾塔，位于厂址 N 方位 7.7km 处。

云霄县范围内以漳江和官洋溪为主要河流。漳浦县以佛昙溪、赤湖溪、浯江溪、鹿溪、杜浔溪、南溪为主要河流。平和县以芦溪流域、九龙江东溪流域为主要河流。诏安县以九龙江东溪为主要流域。

厂址半径 15km 范围内有 57 处小型水库，距离厂址最近的是厂址 WNW 方位 2km 处的梅川水库。厂址半径 15km 范围内有 3 条河流。

厂址半径 15km 范围内距离最近的是列屿镇西山湖水库水源保护区，位于厂址 W 方位 5.0 km 处。

厂址所在漳州市供水量总量为 21.01 亿  $m^3$ ，引水工程供水量约占全部供水量的一半（11.22 亿  $m^3$ ），95%以上供水量来自地表水，地下水供水量（1.2 亿  $m^3$ ）占全部供水量不到 5%。漳州市县级以上集中式饮用水源地共 20 个，无地下水型水源地。

根据《云霄县城市总体规划（2014~2030）》（2016 年 4 月），云霄城区 2030 年用水量预测：生活用水量 13.5 万  $m^3/d$ ，工业用水量 4.5 万  $m^3/d$ 。中心城区规划水厂 2 座，分别为县城第一给水厂和县城第二给水厂，供水规模 15 万  $m^3/d$ ，水源地为峰头水库。云陵工业园区规划水厂 1 座，供水规模 5 万  $m^3/d$ ，水源地亦为峰头水库。峰头水库首先应满足云霄县城镇居民生活用水及工农业用水，还要承担古雷港经济开发区和东山县的部分供

水任务。

厂址附近范围没有大型厂矿和城市的供水水源，有民井 89 口，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。

### 2.3.2 陆生资源及生态概况

#### 2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围漳州市主要农作物分类有粮食作物（稻谷、大小麦、甘薯、马铃薯、杂粮、大豆、杂豆）、油料作物（花生、油菜籽、芝麻）、饲料作物（青饲料）、蔬菜（叶菜类、白菜类、瓜类、根类、茄果类、葱蒜类、菜用豆类、水生菜类）、水果（柑桔、龙眼、荔枝、香蕉、李、菠萝）。

#### 2.3.2.2 畜牧业情况

根据漳州市农业农村局提供的统计数据，厂址半径 50km 范围内仅有一家奶牛养殖场，养殖地点位于梅州乡梅溪村农村，2019 年末存栏量为 1861 头，牛奶产量为 4350.34 吨。漳州核电 6 号机组半径 15km 范围内有生猪养殖场 149 个，肉牛养殖 2 个，肉鸭养殖场 6 个，羊养殖场 1 个，蛋鸡养殖场 1 个。

#### 2.3.2.3 距厂址最近的种植区、养殖场

漳州核电 6 号机组半径 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 NW 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

漳州市林业发展现状具体指标为：森林覆盖率为 63.58%，森林积蓄量为 3987 万 m<sup>3</sup>，林地保有量为 1223.87 万亩，森林保有量为 1201 万亩，生态公益林面积为 448.7 万亩，湿地保有量为 171 万亩，林业产业总产值为 607 亿元。

##### 2.3.2.4.2 古迹

6 号机组半径 15km 范围内有 10 个古迹，最近的古迹为石矾塔，位于 N 方向 7.5km。

#### 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。

### （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。

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整体鸟类有 13 目 32 科 82 种，其中现场观察到的鸟类有 64 种。

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、大杓鹬、白腰杓鹬、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，分别为小鸺鹠、普通鸬鹚、白鹭、大白鹭、苍鹭、黄斑苇鳉、大杓鹬、白腰杓鹬、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。

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

#### （3）两栖动物

调查区域共记录有调查区域的两栖动物种类 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。调查区域未发现国家重点保护野生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。

### （6）环节动物

本次在调查区共记录有 2 个目 3 个科 6 种，其中近孔寡毛目包括颤蚓科，后孔寡毛目包括巨蚓科和正蚓科。

### （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，计有 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

根据福建省“三区三线”划定成果，厂址半径 10km 范围内陆域生态保护红线为漳江口北岸生态保护红线区、滨海防风固沙生态保护红线和闽东南沿海水土保持与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

目前漳州市的国土空间规划已经完成并上报福建省申请批复，据反馈近期将正式批复发布。漳州市“三线一单”成果已基于上报的国土空间规划，完成“三线一单”成果的编制和衔接，近期将正式发布；同时国土空间规划批复后，漳州市也将据此核实“三线一单”成果与国土空间规划的一致性，后续将持续跟踪。根据目前资料，厂址目前在云霄县重点管控单元内。

#### 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》，调查时间为 2022 年 4 月（春季）、2022 年 8 月（夏季大潮）、2022 年 9 月（夏季小潮）、2022 年 11 月（秋季）和 2023 年 2 月（冬季）。

##### 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》第一类，表明监测期间调查海域沉积物环境总体质量较好，能满足海洋渔业水域及海水养殖区等功能区划对海洋沉积物质量标准的要求。

### 2.3.3.2 厂址邻近海域中的海洋生物

#### （1）微生物

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

夏季大潮仅有一站超过 2000 个/升，其余站位的粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/升，符合《国家海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

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

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

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

#### （2）叶绿素 a 和初级生产力

春季排水口 15 公里范围内叶绿素 a 平均值为 4.39 mg/m<sup>3</sup>，范围为 1.45-12.84 mg/m<sup>3</sup>；初级生产力平均值为 232.09 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)，范围为 85.51-570.63 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)。

夏季大潮期排水口 15 公里范围内叶绿素 a 平均值为 8.62 mg/m<sup>3</sup>，范围为 4.84-14.35 mg/m<sup>3</sup>；初级生产力平均值为 484.01 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)，范围为 75.66-742.19 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)。

夏季小潮期排水口 15 公里范围内叶绿素 a 平均值为 7.95 mg/m<sup>3</sup>，范围为 1.95-19.67 mg/m<sup>3</sup>；初级生产力平均值为 407.80 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)，范围为 81.25-920.10 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)。

2022 年秋季排水口 15 公里范围内表层叶绿素 a 平均值为 3.29 mg/m<sup>3</sup>，范围为 1.06- 7.23 mg/m<sup>3</sup>；秋季初级生产力平均值为 407.80 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)，范围为 81.25-920.10 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)。

2023 年冬季排水口 15 公里范围内表层叶绿素 a 平均值为 1.84 mg/m<sup>3</sup>，范围为 1.12- 3.71 mg/m<sup>3</sup>；冬季初级生产力平均值为 114.02 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)，范围为 37.56- 304.94 mg C/(m<sup>2</sup>\*d)。

#### （3）浮游植物和赤潮生物

##### 1) 浮游植物

春季排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 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。

夏季大潮排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 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。

夏季小潮排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 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。

秋季排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 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。

冬季排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 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

春季航次排水口 15 公里范围内共出现赤潮生物 2 门 19 属 35 种，包括硅藻 16 属 28 种，甲藻 3 属 7 种。

夏季大潮期航次排水口 15 公里范围内共出现赤潮生物 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。

夏季小潮期航次排水口 15 公里范围内共出现赤潮生物 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。

秋季航次排水口 15 公里范围内共出现赤潮生物 2 门 15 属 28 种，包括硅藻 11 属 23 种，甲藻 4 属 5 种。

冬季航次排水口 15 公里范围内共出现赤潮生物 2 门 12 属 21 种，包括硅藻 10 属 18 种，甲藻 2 属 3 种。

## (4) 浮游动物

春季排水口 15 公里范围内共鉴定浮游动物 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，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，刺胞动物 7 种次之。

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，占总种类数的 47.73%，刺胞动物 9 种次之。

秋季排水口 15 公里范围内共鉴定浮游动物 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

春季排水口 15 公里范围内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。

夏季排水口 15 公里范围内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。

秋季排水口 15 公里范围内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。

冬季排水口 15 公里范围内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，头索动物和昆虫动物各 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，鱈科、金线鱼科和鳀科各 1 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。

秋季只在一个站位采集鱼卵 1 粒。

冬季采集鱼卵 4 科 4 种，仔稚鱼 2 科 2 种。

#### （8）游泳动物

春季 15km 范围内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

#### （1）福建云霄漳江口红树林国家级自然保护区

漳江口红树林国家级自然保护区的主要保护目标为红树林湿地生态系统及其栖息的珍稀野生动物资源、东南沿海重要的水产优良种质资源等。保护区的管理要求为执行《中华人民共和国自然保护区条例》、《海洋自然保护区管理办法》等相关规定；环境保护要求为按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，已建集中排污口适时退出，禁止倾废，改善海洋环境质量。

#### （2）东山珊瑚省级自然保护区

福建东山珊瑚省级自然保护区的主要保护目标为造礁石群落为主的珊瑚生态系统及其生物多样性、珊瑚及其栖息地。保护区的管理要求为执行《中华人民共和国自然保护区条例》、《海洋自然保护区管理办法》等相关规定；环境保护要求为按照海洋环境保护法律法规及相关规划要求进行管理，禁止排放有害有毒的污水、油类、油性混合物、热污染物及其他污染物和废弃物，禁止新设污染物集中排放口，禁止倾废，改善海洋环境质量。

#### （3）鱼类的“三场一通”

根据中国海洋渔业水域图（第一批）中东海区渔业水域图中描述，将东海区主要种类

三场一通道进行描述。

#### 1) 东海近海中上层鱼类

鲈鱼、鳓鱼、马鲛鱼产卵场、索饵场和越冬场主要位于本项目以北海域；蓝圆鲹为本区主要中上层鱼类，其产卵场南起台湾海峡中南部，北至长江口，呈带状分布，其中以福建中部至浙江中部近海为主。

#### 2) 东海近海底层鱼类

本区大黄鱼属闽-粤东族群，产卵场分布于从南道北 30 米以浅的河口、港湾和岛屿之间的近岸水域，主要在厦门近海、浙江岱山和吕泗近海，产卵期 4-6 月。

#### 3) 头足类

该种类产卵场位于浙闽沿岸，水深 20-30 米水域，产卵期 4-6 月；索饵场位于产卵场周围，索饵期 6-10 月；越冬场位于索饵场以东，水深 40-80 米水域，越冬期 11-2 月。

#### (4) 调查海域主要珍稀濒危物种

主要有中华白海豚和海龟。

### 2.3.3.4 生物质量

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》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》中第二类标准要求。贝类中锌符合《海洋生物质量》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》中一类生物质量标准要求。

### 2.3.3.5 渔业资源和海洋捕捞

2021 年漳州市水产品总产量为 2083813 吨，其中海洋捕捞 317858 吨，远洋渔业 9366 吨。海洋捕捞中，东山县产量最高，为 117855 吨，占总捕捞量的 37.08%，漳浦县为 43980 吨，占总捕捞量的 13.84%，云霄县为 6473 吨，占总捕捞量的 2.04%。

2020 年漳州市水产品总产量为 2044716 吨，其中海洋捕捞 317925 吨，远洋渔业 36016 吨。海洋捕捞中，东山县产量最高，为 117864 吨，占总捕捞量的 37.07%，漳浦县为 43983 吨，占总捕捞量的 13.83%，云霄县为 6473 吨，占总捕捞量的 2.03%。

2019 年漳州市水产品总产量为 2029642 吨，其中海洋捕捞 333510 吨，远洋渔业 68036 吨。海洋捕捞中，东山县产量最高，为 124070 吨，占总捕捞量的 37.20%，漳浦县为 46112 吨，占总捕捞量的 13.83%，云霄县为 6808 吨，占总捕捞量的 2.04%。

#### 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。

#### 2.3.3.7 海域生态保护红线

根据福建省“三区三线”划定成果，排水口半径 15km 范围内海域生态保护红线有福建漳江口红树林国家级自然保护区、东山湾重要滩涂及浅海水域生态保护红线区、福建漳州东山珊瑚省级自然保护区、东山珊瑚礁生态保护红线区、铜陵海岸防护生态保护红线区、漳江口北岸零星分布红树林生态保护红线区。

#### 2.3.3.8 海域生态环境分区管控单元

目前漳州市的国土空间规划已经完成并上报福建省申请批复，据反馈近期将正式批复发布。漳州市“三线一单”成果已基于上报的国土空间规划，完成“三线一单”成果的编制和衔接，近期将正式发布；同时国土空间规划批复后，漳州市也将据此核实“三线一单”成果与国土空间规划的一致性，后续将持续跟踪。根据目前资料，排水口目前在东山湾特殊用海区、东山大澳特殊用海区内。

### 2.3.4 工业、交通及其它相关设施

#### 2.3.4.1 工业设施

厂址半径 10km 范围内共有规模以上工业企业 74 家，职工人数共 12865 人。距离厂址最近的是福建省燕宁顺通科技发展有限公司，位于厂址 SW 方位 3.5km，从业人员 18 名。

厂址半径 15km 范围内包括四个工业开发区：云霄县临港工业集中区、古雷石化基地、云霄经济开发区、常山华侨经济开发区。

云霄县临港工业集中区位于厂址 NW 方位约 6km，根据《云霄县城乡总体规划（2015-2030）》，工业区内现有的企业为福建十八重工股份有限公司和华威科技，主要为钢结构配件和电源配件生产加工。另有从事环保橡胶沥青和化纤产品生产制造的企业。

云霄临港工业集中区主要承接古雷石化基地的辐射，以古雷石化基地的产品为原料，重点发展节水、轻污染和高附加值的石化下游加工产业；规划利用十年时间初步建成轻工、纺织、装备制造、精细化工、战略性新兴产业五大产业板块。

古雷石化基地位于厂址 E~ESE 方位约 12km，根据《古雷石化基地总体发展规划（2020-2030）年》，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 方位约 9km，根据《云霄经济开发区总体规划环境影响报告书》云霄县经济开发区规划的发展定位为：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 方位约 9.5km，已建成南片综合工业园、北片电子信息产业园，已入驻企业 165 家，其中台侨资企业 55 家，初步形成了电子信息、机械制造、健康食品、新型建材、精细化工等五大产业。园区规划：“一城四园”，一城即规划建设具有浓郁东南亚特色的海西旅游华侨城。“四园”即在华侨城北片依托高铁出口站，规划建设物流商贸园、综合产业园。南片规划建设以精密机械、食品加工为主导产业的综合工业园；西北片利用良好的生态环境，规划发展观光、休闲、度假、运动综合旅游产业园，以此确立中心拉动，四园联动，整体起步的发展格局。

厂址半径 5km 范围内没有工业园区，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 范围内加油站 17 家。储量最大的为中化（福建）石油销售有限公司东山疏港路加油站，位于厂址 SSW 方位 13.2km，最大存储汽油 150 m<sup>3</sup>。距离厂址最近的加油站为中石化森美（福建）石油有限公司漳州云霄列屿加油站，位于厂址 WSW 方位 3.33km 处。

厂址半径 15km 范围内现有液化气储用企业 3 家，均为灌装液化气储用单位。其中规模最大的是位于东山县铜陵镇大沃田尾的福建省大东石油化工有限公司，距离厂址 SSE 方位大约 9.8km，该公司现有 4 个液化石油气储罐，均为 1000m<sup>3</sup> 的球形储罐。

厂址半径 15km 范围内有一家涉爆企业，为云霄云常工程服务有限公司民爆物品库区。位于厂址 W 方位 7.8km，炸药库容是 9900kg，雷管库容 20000 发。运输方式为厢式车运，单次最大运输量为 9.9t，运输路线经 324 国道，进入陈岱方向，约 3km 往呈安村入库区。

厂址半径 15km 范围内危险化学品储用企业 6 家（其中拟建 1 家）。其中规模较大的主要集中在漳浦县古雷镇，主要包括海顺德（漳州）特种油品有限公司、腾龙芳烃（漳州）有限公司、漳州古雷海腾码头投资管理有限公司海腾液体化工罐区。

厂址周围公路上通过的运送汽柴油和液化石油气的运输车辆。运油车距厂址最近的距离为 10.3km，运输车辆单车最大容量为 13.8t；运输液化气的车辆距厂址最近距离是 10.2km，运输车辆单车最大容量为 25t。

厂址半径 15km 范围内航道为东山湾内的古雷航道和城垵航道，城垵航道最近处位于厂址 S 方位约 9.8km，古雷航道最近处位于厂址 SE 方位约 14.3km，古雷航道和城垵航道主要运输的危险是汽柴油、燃料油等。未来随着古雷港区开发建设，古雷航线将继续沿古雷半岛北上，最近处位于厂址 E 方位约 9km。

厂址 15km 范围内无危险品管道运输。规划建设天然气管网：海西天然气管网二期工程（漳浦至绍安段）。输气管径 813mm，输气压力 7.5MPa。该管线最近距离位于厂址 W 方位约 9.85km 处。

经过计算分析，厂址周围外部危险源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，厂址所在云霄县公路通车里程 1061.4km，其中沈海高速公路 24.8km，国道 324 线 39.2km（二级），省道漳东线 21.4km（二级），县道六条 165km（三级），乡道 215km（四级），通村及其他 596km。

- 沈海高速（漳诏高速）相对厂址最近距离约 10km，位于厂址西侧；
- 国道 324 位于厂址西侧，相对厂址最近距离约 11km；
- 省道 201 距厂址最近处位于 WSW 方位，最近距离约 8.2km；
- 疏港公路最近距离位于厂址 WSW 方位 2.8km，在云霄县境内与 G324 国道相接。

厂址半径 15km 范围内涉及新建、改建道路的规划，距离厂址最近的是沿海大通道云霄段二期（S508），最近处位于厂址 SW 方位 2.7km。

厂址半径 15km 内有一段铁路，为厦深铁路，距离厂址最近处为 15km。

厂址半径 15km 范围内仅有一处已明确的铁路规划，为漳汕高铁云霄县境内路段，规划路段的最近处位于厂址 W 方位约 2.8km，该路段为客运铁路，且未在厂址半径 5km 范围内规划停靠站，不会对厂址安全造成影响。

##### （2）海运

厂址半径 15km 范围内涉及东山湾海域内中的古雷港区和东山港区。

古雷港区共有 7 家码头。其中有 2 家危货码头，分别为一德码头和海腾码头。根据 2020 年 8 月厦门港口管理局漳州分局提供资料，一德码头仅保留经营冰醋酸一种化学品，其余种类因安全原因取消。海腾码头主要经营抽余油、石脑油、重芳烃、常压柴油、减压柴油、重整液、二甲苯、醋酸异丁酯、煤油、混合芳烃、烷基苯、乙烷、庚烷、液化石油气、异戊烷、液体硫磺、常压渣油、凝析油、轻石脑油、减压渣油、燃料油、对二甲苯、重石脑油、混合二甲苯、间二甲苯、苯、邻二甲苯。古雷港区目前正在大规模建设，将建设古雷港油品化工码头区和化工品公用罐区。现有石油化工码头及规划中的油品化工码头区和化工品公用罐区位于厂址 SE 方位约 13.5~15km 范围。

东山港区有 4 家码头。其中 2 家危货企业，分别为铜陵油库和大东石化。铜陵油库，是中石化下属企业，码头为 3000t 级，经营柴油、汽油；大东石化，属地方民营企业，码头为 3000t 级，主要经营甲苯、柴油、汽油、液化石油气。城垵-铜陵作业区涉及危险品的铜陵化工码头及大东液体化工码头位于厂址 SSE 方位约 9~10km 范围。

厂址半径 15km 范围内航道为东山湾内的古雷航道和城垵航道，城垵航道最近处位于厂址 S 方位约 9.5km，古雷航道最近处位于厂址 SE 方位约 13.9km，古雷航道和城垵航道主要运输的危险是汽柴油、燃料油等。未来随着古雷港区开发建设，古雷航线将继续沿古雷半岛北上，最近处位于厂址 E 方位约 9km。

经计算分析，上述危险源均不会对厂址安全造成影响。

### （3）渔港

厂址半径 15km 范围内现有渔港 8 个，分别为白衣渔港、礁美渔港、山前渔港、下寨渔港、下崎渔港、人家渔港、大澳渔港和古港渔港。距离厂址最近的是山前渔港，位于厂址 WSW 方位 3.71km。规划建设云霄县列屿镇人家二级渔港，位于厂址 NNW 方位约 1.53km，该渔港规划码头 1165m、150 马力渔船泊位 5 个，栈桥 13m，福建省闽科工程顾问有限公司已编制《福建省云霄县列屿人家二级渔港工程厂址安全分析报告》，该报告结论是该渔港的建设不会对核电厂安全构成影响。

### （4）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；民用航线 A470 其中心线的地面投影位置距厂址最近距离约为 23.7km，位于厂址 NW 方位。

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。冬半年，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。夏半年，高空主要为东风所控制，低空受西南季风和东南季风影响。从大气环流角度看，冬半年与夏半年的过渡月份大致是 4 月和 10 月。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，极端最大风速为 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 S~SSW~SW，频率为 42%；其他季节主导风向与年主导风向相同，频率为 50~66%，年静风频率为 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，致因系统为晋江登陆的 0903 号强热带风暴。

#### 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 号台风造成。

#### 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，得到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 67995km<sup>2</sup>。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<sup>-7</sup>/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，得到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，并考虑各参证站的实测风速极值，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，并考虑各参证站的实测风速极值，最终确定厂址区域百年一遇极端最高气温为 40.9℃，百年一遇极端最低气温为-3.2℃。

## 2.4.3 当地气象条件

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

### 1) 风向和风速

观测期间气象铁塔 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；月平均风速最小值均出现在 8 或 9 月份，分别为 2.1m/s、3.5m/s、3.6m/s、3.7m/s 和 3.9m/s。观测期间，铁塔各高度（10m、30m、50m、70m、100m）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，月平均风速最小出现在 8 月份，为 2.5m/s。观测期间厂址地面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。

观测期间气象铁塔 100m、70m、50m、30m 和 10m 高度的年最多风向分别为 NE、NE、NE、NE 和 NNE，风频依次为 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%。各高度最多与次多风向均集中在 NNE~ENE 风向上，总频率约为 40.0%。塔层 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 为观测期间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%，次多风向为 NNE，频率为 17.8%。各风向频率多集中于偏东北风向上，夏季偏西南风向频率较高，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

观测期间气象铁塔 10m、30m、50m、70m、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℃。观测期间，塔层各高度（10m、30m、50m、70m、100m）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℃。观测期间地面站的最高气温为 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。

观测期间铁塔 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

观测期间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%，出现在 2023 年 9 月 8 日，最大相对湿度为 100.0%。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%，出现在 2024 年 3 月 13 日，最大相对湿度为 100.0%。

## 4) 降水

观测期间地面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 为观测期间厂址各季和年不同风向降水量。

#### 5) 气压

观测期间地面站年平均气压为 1011.7hPa，其中 1 月平均气压最高，为 1019.1hPa，7 月最低，为 1004.5hPa；观测期间气压最高值为 1030.8hPa，出现在 2023 年 12 月 10 日；气压最低值为 985.4hPa，出现在 2021 年 8 月 5 日。

#### 6) 辐射

观测期间地面站年平均总辐射为 181.3W/m<sup>2</sup>，月平均总辐射量以 7 月最大，为 253.3 W/m<sup>2</sup>，以 12 月份最小，为 124.1W/m<sup>2</sup>。年平均净辐射为 99.0W/m<sup>2</sup>，月平均净辐射量以 7 月份最大，为 152.0W/m<sup>2</sup>，以 12 月份最小，为 55.5W/m<sup>2</sup>。

#### 7) 露点温度

观测期间地面站年平均露点温度为 18.0°C，最高月平均值出现在 7 月，为 25.5°C，最低月平均值出现在 1 月，为 9.5°C。观测期间出现的露点温度最高值为 29.8°C，出现在 2023 年 8 月 23 日，最低值为-10.5°C，出现在 2021 年 1 月 12 日。

#### 8) 蒸发量

观测期间地面站年平均蒸发量为 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

观测期间地面站年平均水汽压为 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 2020 年 5 月~2024 年 4 月四整年的实测气象资料，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 类稳定度为 50.9%，不稳定类（A、B、C）之和为 38.0%，稳定类（E、F）为 11.1%。

### 2.4.5 联合频率

根据 2020 年 5 月~2024 年 4 月厂址地面站 10m 高度和气象铁塔 70m 高度的风向、风速和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结果，统计计算得到 10m 高度的风向-风速-稳定度三维联合频率和 70m 高度的风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率。用于计算三、四维联合频率所用到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#）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，位于刺仔尾角附近；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。

利用观测期间得到的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，考虑到不稳定性强混合能力也强，达到的高度就会较高的直观理解，确定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，开展了示踪物试验、湍流观测和数值模拟。综合三种方法的结果对不稳定条件仍主要参考示踪实验的结果，对中性和稳定条件则更多综合参考数值模拟和湍流观测的结果，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

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

厂址气象站于 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。

地面气象观测的观测要素包括：风向、风速、气温、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量、蒸发等。塔层气象观测高度为 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。

气象铁塔和地面站观测的所有气象数据的联合获取率为 98.45%，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岭屿镇刺仔尾，处于东山湾西岸。近岸海域内泥面标高一般在 -5.00~-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—沙滩—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，取水构筑物区东端泥面标高低于 -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 247.89km<sup>2</sup>。其中 0~5m 等深线海域面积为 117.2km<sup>2</sup>，约占整个海湾面积的一半，10~20m 等深线海域面积仅 11km<sup>2</sup>，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，观测站址为东经 117 度 31 分、北纬 23 度 47 分，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，06 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，潮汐不等比较明显，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 05 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#测站运动方式表现为旋转流。

##### 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留部分。

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#、3#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电站的相关分析，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  $0.042 \text{ kg/m}^3$  和  $0.043 \text{ kg/m}^3$ 。夏季大、中、小潮平均含沙量分别为  $0.067 \text{ kg/m}^3$ 、 $0.038 \text{ kg/m}^3$ 、 $0.023 \text{ kg/m}^3$ 。夏季大潮实测最大含沙量为  $0.707 \text{ kg/m}^3$ ，中潮实测最大含沙量为  $0.300 \text{ kg/m}^3$ ，小潮实测最大含沙量为  $0.174 \text{ kg/m}^3$ 。夏季大潮悬沙中值粒径在  $0.0045 \sim 0.0108 \text{ mm}$  之间变化，平均为  $0.0084 \text{ mm}$ ；中潮悬沙中值粒径在  $0.0063 \sim 0.0123 \text{ mm}$  之间变化，平均为  $0.0083 \text{ mm}$ ；小潮悬沙中值粒径在  $0.0073 \sim 0.0137 \text{ mm}$  之间变化，平均为  $0.0088 \text{ mm}$ 。

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  $0.041 \text{ kg/m}^3$  和  $0.039 \text{ kg/m}^3$ 。冬季大、中、小潮平均含沙量分别为  $0.050 \text{ kg/m}^3$ 、 $0.036 \text{ kg/m}^3$ 、 $0.034 \text{ kg/m}^3$ 。冬季大潮实测最大含沙量为  $0.155 \text{ kg/m}^3$ ，中潮实测最大含沙量为  $0.157 \text{ kg/m}^3$ ，小潮实测最大含沙量为  $0.135 \text{ kg/m}^3$ 。冬季大潮悬沙中值粒径在  $0.0057 \sim 0.0095 \text{ mm}$  之间变化，平均为  $0.0075 \text{ mm}$ ；中潮悬沙中值粒径在  $0.0068 \sim 0.0087 \text{ mm}$  之间变化，平均为  $0.0077 \text{ mm}$ ；小潮悬沙中值粒径在  $0.0062 \sim 0.0090 \text{ mm}$  之间变化，平均为  $0.0075 \text{ mm}$ 。

#### （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 underwater 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 0~ -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  $1038 \text{ km}^2$ ，降雨量充沛，全流域多年平均降雨量  $1768 \text{ mm}$ ，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  $1080 \text{ mm}$ ，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  $1038 \text{ km}^2$ ，主河道全长  $67.8 \text{ km}$ 。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  $846 \text{ km}^2$ ，占漳江流域面积的 81.5%；在平和县境内  $176 \text{ km}^2$ ，占 17.0%；其余  $16 \text{ km}^2$  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以上汇入。山美溪为漳江的一级支流，流域位于漳浦县，河流长度 18km，集水面积 126km<sup>2</sup>。

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<sup>3</sup>，控制集水面积 333km<sup>2</sup>；中型杜塘水库总库容 1621 万 m<sup>3</sup>，位于漳江下游山美溪支流，坝址以上集水面积 25km<sup>2</sup>，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；另外还有小（一）型水库 12 座，小（二）型水库 80 座。大型水闸 2 座，中型水闸 4 座。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（含东山县及诏安部份乡镇）。主要水利工程大型水库峰头水库、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尖山脉，自北向东流经沙西镇庄前十口闸入海。杜浔溪流城面积 126km<sup>2</sup>，河长 18km，河道平均坡降 6.5‰。流域形状系数 0.39。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

中生代早白垩系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系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，随地形、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，在崙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，总体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 以下多属微透水~极微透水岩石，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，丰水期基岩裂隙地下水补给水库，枯水期水库中的地表水又补给基岩裂隙地下水。总体来说，整个基岩裂隙水，因含水层随地形地貌、风化程度、渗透性差异、补给条件等多种因素控制，使含水层富水性极不均一，总体水量很少，为弱富水区。由观测孔水位变化曲线反映与大气降水密切相关，水位变化一般与降水基本同步，证明裂隙发育深度浅，地下水渗流途径短。常年的枯、早期水位变化幅度在 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、残坡积物的岩性以黏性土为主，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、冲洪积层和下伏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，且下伏的强风化基岩与海积层接触的范围有限，故其补给量极少。在雨季河水水位上涨时，地表水补给地下水；枯旱季河水水位降低，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，在沟谷处侧向补给到第四系孔隙水中或直接排出地表，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、排泄方向为基岩裂隙含水层→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、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。厂坪开挖后，不会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#机组西侧，3#~6#机组南侧，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，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

厂址整平后，厂坪标高以上的岩石和风化裂隙含水层将全部被清除掉，厂坪以下岩层为中等风化、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含水通道。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 90% 超越概率天文低潮位分别为 249cm 和-183cm。

#### （2）增、减水

##### 1) 随机法：

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（0808“凤凰”，0813“森拉克”，0814“黑格比”，0815“蔷薇”，0903“莲花”，0906“莫拉菲”，0908“莫拉克”，1010“莫兰蒂”，1011“凡亚比”，1013“鲶鱼”），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：

- $P_{\infty}$  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 70~145mm，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台风暴潮，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 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远程地震海啸的破坏。

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

海浪数值计算采用 LAGFD-NWM 模式，该模式是一种第三代海浪数值模式，是建立在精确求解波数空间中谱能平衡方程的基础上的，其先进性已获得国际海洋界的肯定。在计算格式上模式采用特征线嵌入方法处理波能的传播，半隐格式处理波能的局地增长，与国际著名的 WAM 模式相比具有自己的特色。

本计算使用 LAGFD-NWM 第三代海浪模式对各选取台风发生、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：大网格计算区域为：18°~26°N、116°~126°E，小网格计算区域为：23.4°~24.2°N、116.9°~118.2°E。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（PMTC）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 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）进行校核，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，没有河流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<br>类型 | 区站号   | 站点变动信息   |          |              |
|----|---------|--------|-------|-----------|-------|----------|----------|--------------|
|    | 经度      | 纬度     |       |           |       | 建站<br>时间 | 迁站<br>次数 | 现址开始<br>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 | $\pm 0.3\text{m/s}$ ( $\leq 10\text{m/s}$ )<br>$\pm(0.03V)$ ( $>10\text{m/s}$ ) | 0.05m/s | 启动风速为 0.3m/s |
| 风向      | 0°~360°   | $\pm 5^\circ$   | 3°      | 启动风速为 0.3m/s |
| 气温      | -50℃~+50℃ | $\pm 0.1^\circ\text{C}$   | 0.1℃    |              |
| 100m 湿度 | 0~100%    | $\pm 1.5\%\text{RH}$  | 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                                    | $\pm 0.3\text{m/s}$ ( $\leq 10\text{m/s}$ )<br>$\pm(0.03\text{V})(>10\text{m/s})$       | 0.05m/s             | 启动风速为 0.3m/s           |
| 风向  | $0^\circ\sim 360^\circ$                         | $\pm 5^\circ$   | $3^\circ$           | 启动风速为 0.3m/s           |
| 气温  | $-40^\circ\text{C}\sim +85^\circ\text{C}$       | $\pm 0.1^\circ\text{C}$   | $0.1^\circ\text{C}$ |                        |
| 降水量 | 0~4mm/min                                       | $\pm 1\%$ ( $\leq 10\text{mm/hr}$ )<br>$\pm 3\%$ (10~20mm/hr)<br>$\pm 5\%$ (20~30mm/hr) | 0.1mm               |                        |
| 总辐射 | 0~2000 W/m <sup>2</sup>                         | $< 0.1\%/^\circ\text{C}$ (温度依赖性)WMO 二级  | 1 W/m <sup>2</sup>  | 15 $\mu\text{v/W/m}^2$ |
| 净辐射 | -2000W/m <sup>2</sup> ~<br>2000W/m <sup>2</sup> | $< -0.1\%/^\circ\text{C}$ (温度依赖性)<br>WMO 二级   | 1 W/m <sup>2</sup>  | 10 $\mu\text{v/W/m}^2$ |
| 蒸发  | 0~100mm   | $\pm 0.3\text{mm}$ , 累积蒸发 3000mm<br>条件下   | 0.1mm               |                        |
| 气压  | 600~1100hPa                                     | 0.119hPa,<br>900hPa~1100hPa   | 0.1hPa              |                        |
| 湿度  | 0~100%  | $\pm 1.5\%\text{RH}$  | 1%                  |                        |

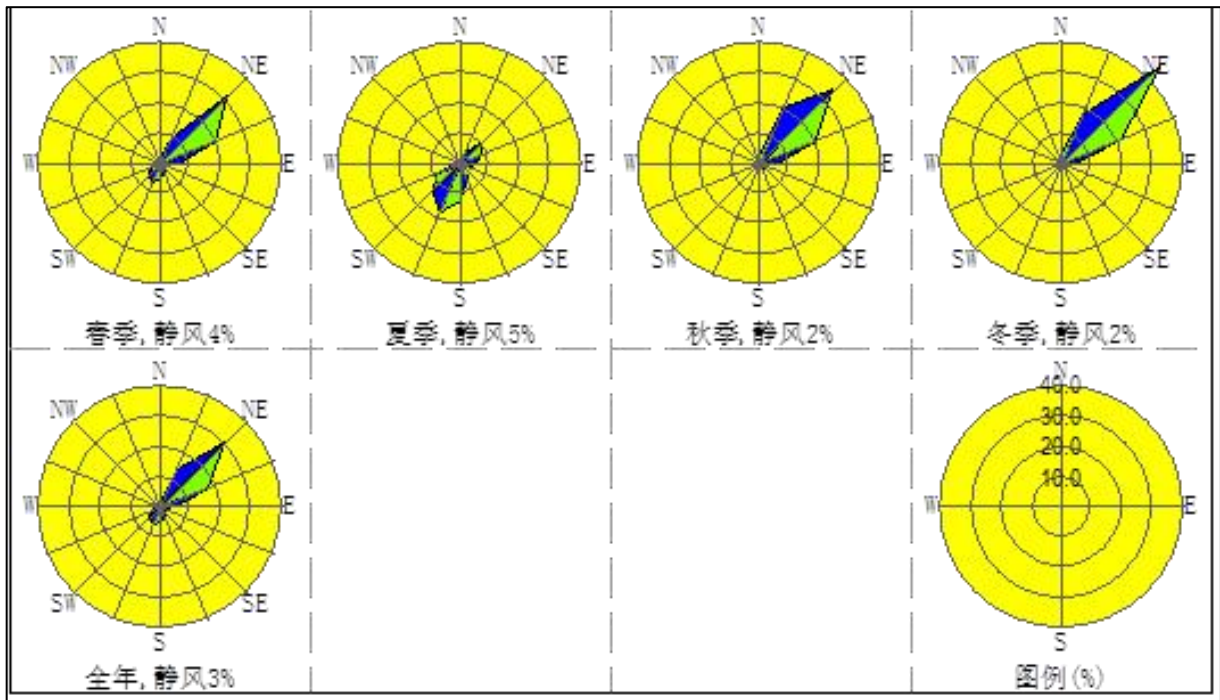
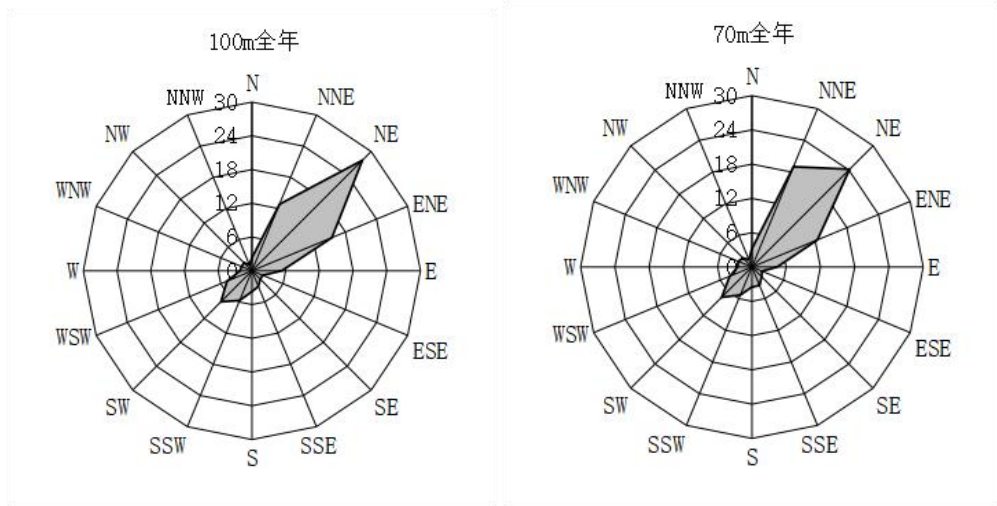
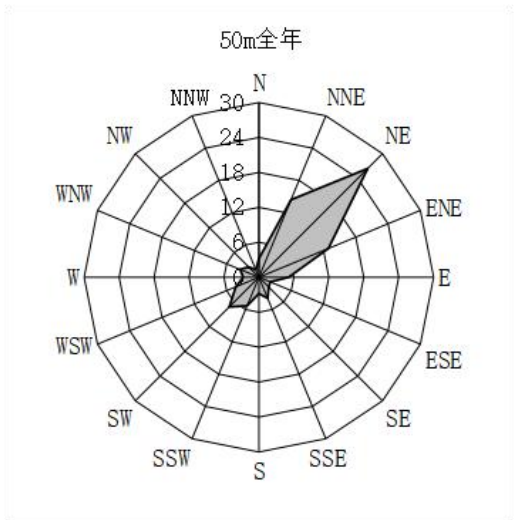


图 2.4-1 东山站四季与全年风玫瑰图

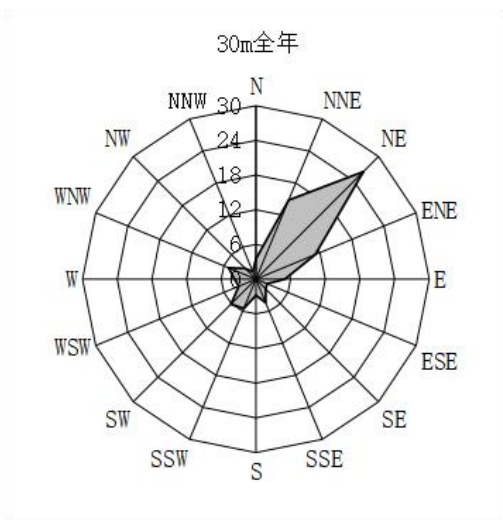


100m，静风频率 0.3%

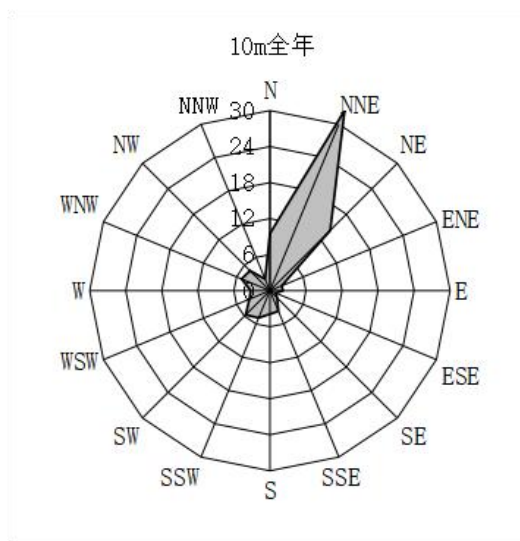
70m，静风频率 0.3%



50m，静风频率 0.3%



30m，静风频率 0.1%



10m，静风频率 0.6%

单位：%

图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰（2020.5~2024.4）

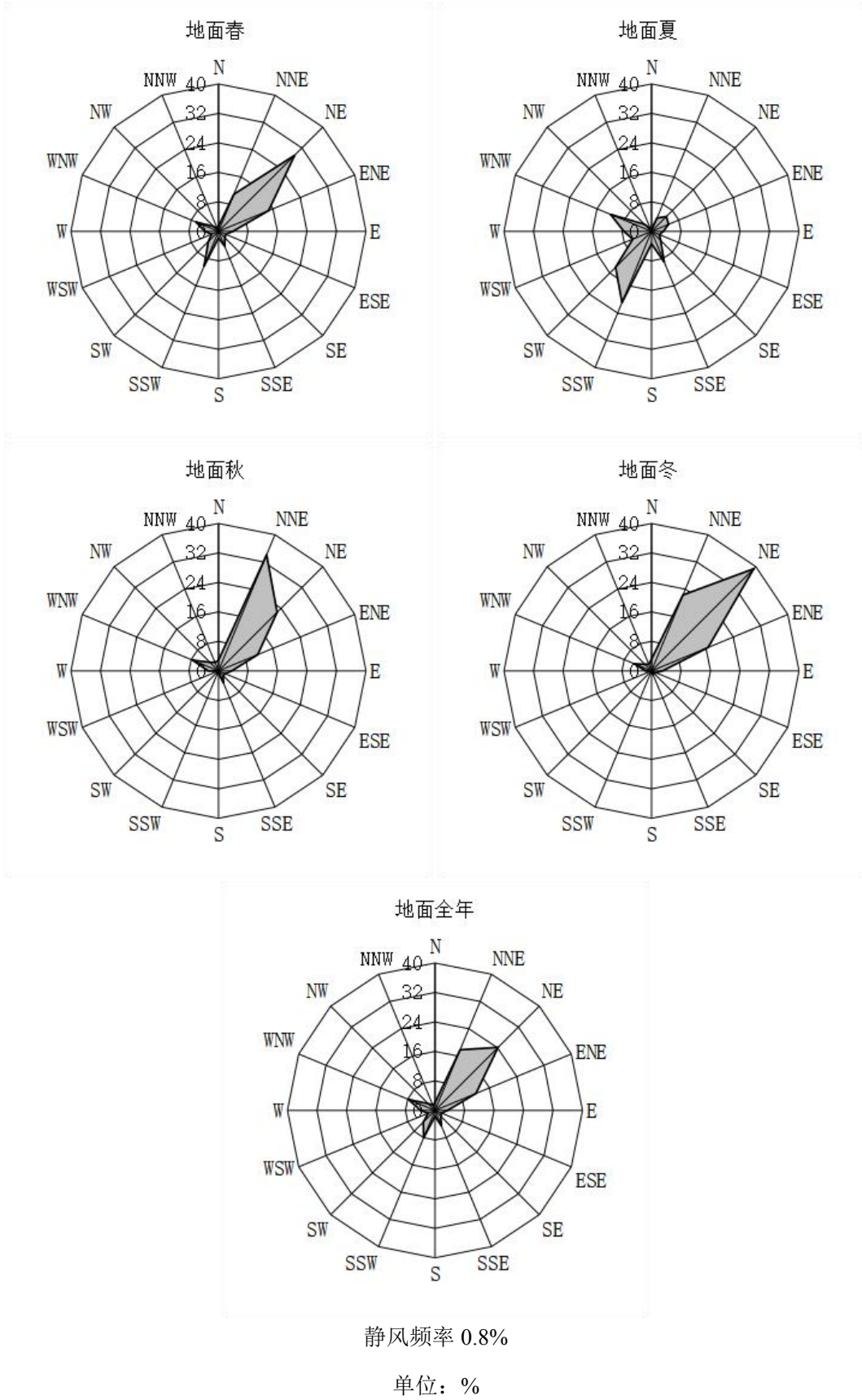
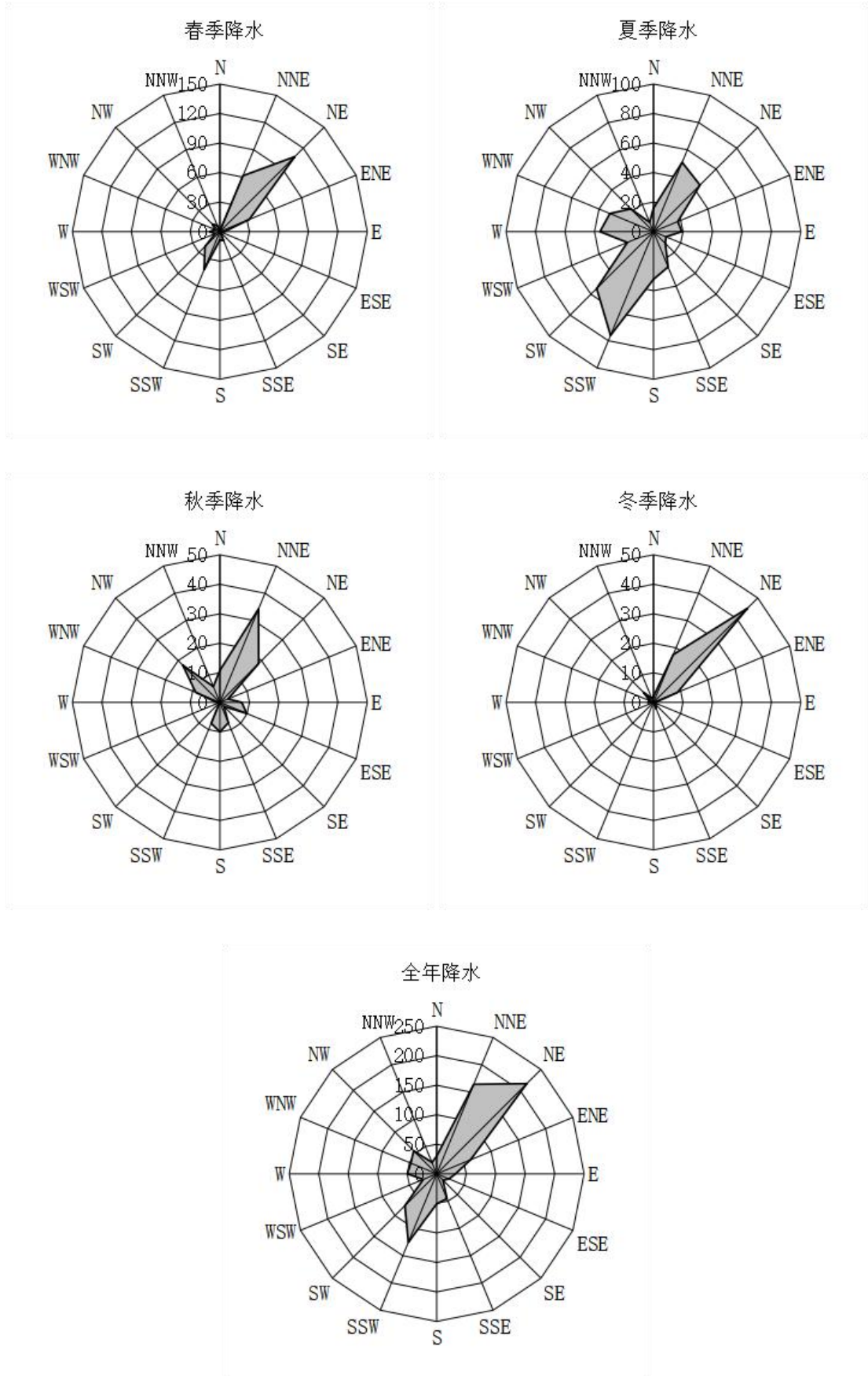


图 2.4-3 地面气象站各季及年风玫瑰图（2020.5~2024.4）



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 3.1-4 项目主要仪器和设备检定情况表

表 3.1-5 平行样品测量结果统计

表 3.1-6 标准要求的平行样品测量结果相对偏差要求

表 3.1-7 掺标样品测量项目表

表 3.1-8 空白样品测量结果

表 3.1-9 IAEA 比对测量项目表

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 3.1-2 GR3019 $\gamma$ 谱仪效率质控图

图 3.1-3 GCDX60200 $\gamma$ 谱仪效率质控图

图 3.1-4 BE3830 $\gamma$ 谱仪效率质控图

图 3.1-5 GEM40P4-76 $\gamma$ 谱仪效率质控图

图 3.1-6 GC4019 $\gamma$ 谱仪效率质控图

图 3.1-7 LB770（6199） $\alpha/\beta$ 测量仪效率质控图

图 3.1-8 LB770（6438） $\alpha/\beta$ 测量仪效率质控图

图 3.1-9 7200-8 $\alpha$ 谱仪效率质控图（A1A 探头）

图 3.1-10 7200-8 $\alpha$ 谱仪效率质控图（A1B 探头）

图 3.1-11 液闪  $^3\text{H}$  效率质控图

图 3.1-12 液闪  $^{14}\text{C}$  效率质控图

图 3.1-13 IAEA 国际比对测量结果

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

为编制本节内容，中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院于 2021 年 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，获得 1、2 号机组运行前环境中辐射水平和周围介质放射性现状水平，为评价 1、2 号机组在正常运行期间、事故及事故后对周围环境的影响提供基础数据，最终编制完成了《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。因 1、2 号机组未运行，认为本厂址仍为本底水平，故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 号机组的辐射环境本底情况进行描述。

##### 3.1.1.1 标准规范

调查工作参照的主要标准有：

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| GB 8999-2021    | 《电离辐射监测质量保证通用要求》            |
| GB/T 10264-2014 | 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》         |
| GB/T 11743-2013 | 《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》 |
| HJ 1126-2020    | 《水中氡的分析方法》                  |
| HJ 1157-2021    | 《环境 $\gamma$ 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 815-2016     | 《水和生物样品灰中铯-90 的放射化学分析方法》    |
| HJ 969-2018     | 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》       |
| EJ/T 1035-2011  | 《土壤中铯-90的分析方法》              |
| EJ/T 1008-1996  | 《空气中碳-14的取样与测定方法》           |
| EJ 527-1990     | 《环境辐射监测中生物采样的基本规定》          |

##### 3.1.1.2 调查内容

辐射环境初步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 $\gamma$ 辐射水平：陆地环境 $\gamma$ 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、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）、陆地水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物、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

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。

#### 3.1.1.4 调查范围及布点方案

##### (1) 陆地 $\gamma$ 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，其中 2km 范围内有 6 个点位，2~5km 范围内有 12 个点位，5~10km 范围内有 12 个点位，10~20km 范围内有 26 个点位，20~50km 范围内有 23 个点位。

##### (2) 陆地环境 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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，半径 2km 范围内布设 7 个点位，半径 2km~5km 范围内布设 9 个点位，半径 5km~10km 范围内布设 7 个点位，半径 10km~20km 范围内布设 17 个点位，20km~50km 共布设了 10 个点位。

(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。部分点位与前次本底调查点位重合。

(5) 空气

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。

(6) 点位布设：每类介质分别设置 5 个采样点，陆地水体（饮用水、地下水、地表水及其沉积物和水生生物）

A. 饮用水

- 点位布设：共布设 4 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：本次调查共布设 5 个点位

C. 地表水

- 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。

(7) 点位布设：共布设 2 个点位，陆生生物（植物、动物、牛（羊）奶）

- 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内。

- 点位布设：

**谷类：**谷类选取大米和红薯，监测频次为 1 次/收获期，监测周期为 2 年。大米设置 1 个采样点；红薯设置 1 个采样点。

**蔬菜：**蔬菜作物选取空心菜、竹笋、白菜和包菜，监测频次为 1 次/收获期，监测周期为 2 年。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：**水果类选取杨梅、杨桃、柚子和沃柑，监测频次为 1 次/收获期，监测周期为 2 年。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，监测频次为 1 次/收获期，监测周期为 2 年。木麻黄设置 1 个采样点。

**花生：**监测频次为 1 次/收获期，监测周期为 2 年。花生设置 1 个采样点。

**家禽：**家禽选取鸡肉、鹅肉和鸭肉，监测频次为 1 次年，监测周期为 2 年。鸡肉设置 1 个采样点；鹅肉和鸭肉设置 1 个采样点。

**家畜：**家畜选取猪肉和牛肉，监测频次为 1 次年，监测周期为 2 年。猪肉设置 1 个采样点；牛肉设置 1 个采样点。

**奶：**奶类选取羊奶，监测频次为 1 次/半年，监测周期为 2 年。羊奶设置 1 个采样点。

#### (8) 受纳水体（海水、沉积物、海洋生物）

##### 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、溪流入海处、海湾出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. 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、溪流入海处、海湾出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：**鱼类采集鮟鱼（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。

### 3.1.1.5 测量仪器及方法

测量项目所采用的仪器及测量方法依据见表 3.1-2。各分析测量项目在选定分析测量方法时，有国家标准的，一律采用国家标准，没有国家标准的选用行业标准或经权威专家认可的方法。

### 3.1.1.6 探测下限

本次调查中测量方法的探测下限见表 3.1-3。

### 3.1.1.7 调查结果

#### (1) 环境 $\gamma$ 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。测量点接近水库中心，测量点距岸边  $>800\text{m}$ ，水深  $3.9\text{m}$ ，测量船只为玻璃钢船。

##### B. 地表 $\gamma$ 辐射剂量率

地表 $\gamma$ 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，包括 35 个水泥地面、4 个沥青地面、7 个地砖地面和 2 个碎石地面；32 个测量点位是原野，包括 7 个土地、14 个草地、8 个田地和 3 个沙地。测量点距附近高大建筑物的距离大于  $30\text{m}$ ，使用高气压电离室测量，测量时仪器的有效中心离地面 1 米高。

48 个道路测量点位结果均值为  $102 \pm 17.4\text{nGy/h}$ 。

32 个原野测量点位结果均值为  $87.3 \pm 23.4\text{nGy/h}$ 。

##### 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。

##### 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 型高气压电离室。仪器每 1 分钟给出一个结果，连续监测，对每小时内的平均结果进行统计。

#### (2) 空气

##### A. 气溶胶

空气中气溶胶样品的采集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 10000m<sup>3</sup>，气溶胶样品的分析项目包括总α、总β、<sup>90</sup>Sr 和γ核素（<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 和 <sup>7</sup>Be、<sup>40</sup>K、<sup>95</sup>Zr、<sup>144</sup>Ce、<sup>131</sup>I）。监测频次为 1 次/季。

γ谱分析测量结果中，<sup>7</sup>Be 给出了全部样品的测量结果，部分点位 <sup>137</sup>Cs 测量结果略高于探测限，其余核素（<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>134</sup>Cs、<sup>40</sup>K、<sup>95</sup>Zr、<sup>144</sup>Ce 和 <sup>131</sup>I）测量结果均低于探测限。<sup>7</sup>Be 的测量结果范围为 0.92~9.83mBq/m<sup>3</sup>，均值为 4.18±2.81mBq/m<sup>3</sup>。

放化分析项目为总α、总β和 <sup>90</sup>Sr，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/m<sup>3</sup>；

总β活度浓度范围为 0.12~1.41mBq/m<sup>3</sup>；

<sup>90</sup>Sr 活度浓度范围为 0.72~4.85μBq/m<sup>3</sup>。

#### B. 沉降灰

沉降灰样品的分析项目包括总α、总β、<sup>90</sup>Sr 和γ谱分析，γ谱分析分析项目包括：<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>7</sup>Be、<sup>131</sup>I、<sup>144</sup>Ce。监测频次为 1 次/季。γ谱分析测量结果中，<sup>7</sup>Be 给出了全部样品的测量结果，活度浓度范围为 0.031~1.35Bq/m<sup>2</sup>·d。<sup>137</sup>Cs 部分结果给出了测量结果，活度浓度范围为<LLD~3.24 mBq/m<sup>2</sup>·d，其余小于探测限。其余核素（<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>134</sup>Cs 和 <sup>144</sup>Ce）均低于探测限。

放化分析项目为总α、总β和 <sup>90</sup>Sr，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/m<sup>2</sup>·d，总β活度浓度范围为 0.079~0.57Bq/m<sup>2</sup>·d，<sup>90</sup>Sr 活度浓度范围为 0.41~7.92mBq/m<sup>2</sup>·d。

#### C. 空气 <sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C 和 <sup>131</sup>I

空气中 <sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C、<sup>131</sup>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。

<sup>3</sup>H 的活度浓度范围为 2.96~14.1mBq/m<sup>3</sup>（0.22~0.69Bq/L 水），<sup>14</sup>C 的活度浓度范围为 30.0~53.8mBq/m<sup>3</sup>（0.16~0.29Bq/gC）。

所有点位 <sup>131</sup>I 测量结果均低于探测限。

#### D. 降水

降水监测项目为 <sup>3</sup>H、<sup>90</sup>Sr 和γ谱分析，γ谱分析分析项目包括：<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs、<sup>110m</sup>Ag、<sup>144</sup>Ce、<sup>124</sup>Sb、<sup>65</sup>Zn、<sup>95</sup>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 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 给出了全部测量结果，其中：

$^{90}\text{Sr}$  第一季度测量结果活度浓度范围 3.32~41.8mBq/L， $^3\text{H}$  第一季度测量结果活度浓度范围<LLD~0.45Bq/L。

### （3）陆地水体

#### A. 饮用水

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

$\gamma$ 谱测量所有测量结果均低于探测限。

放化分析中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 给出了全部测量结果。其中：

总 $\alpha$ 活度浓度范围为 0.0090~0.12Bq/L，总 $\beta$ 活度浓度范围 0.092~0.31Bq/L， $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度范围为 1.07~19.2mBq/L， $^3\text{H}$ 活度浓度范围<LLD~0.48Bq/L， $^{14}\text{C}$ 活度浓度范围为 0.34~5.63mBq/L（0.15~0.21Bq/gC）。

#### B. 地下水

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

$\gamma$ 谱测量所有结果均低于探测限。

放化分析中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$ 给出了全部测量结果。其中：

总 $\alpha$ 活度浓度范围 0.013~0.16Bq/L，总 $\beta$ 活度浓度范围 0.078~0.91Bq/L， $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度范围 0.17~45.1mBq/L， $^3\text{H}$ 活度浓度范围<LLD~0.33Bq/L， $^{14}\text{C}$ 活度浓度范围为 2.14~14.40mBq/L（0.17~0.24Bq/gC）。

#### C. 地表水

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

$\gamma$ 谱测量所有测量结果均低于探测限。

放化分析总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 给出了全部测量结果。其中：

总 $\alpha$ 活度浓度范围 0.0090~0.30Bq/L，总 $\beta$ 活度浓度范围 0.084~0.96Bq/L， $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度

范围 1.25~15.7mBq/L，<sup>3</sup>H 活度浓度范围<LLD~0.43Bq/L，<sup>14</sup>C 活度浓度范围 0.71~7.84mBq/L（0.16~0.22Bq/gC）。

#### D. 底泥

底泥样品的分析项目包括<sup>239+240</sup>Pu、<sup>90</sup>Sr和γ谱分析，γ谱分析分析项目包括：<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs和<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag、<sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>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<sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>K均给出了测量结果，人工核素<sup>137</sup>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：

<sup>238</sup>U 活度浓度范围为 36.4~217Bq/kg，<sup>226</sup>Ra 活度浓度范围为 29.9~221Bq/kg，<sup>232</sup>Th 活度浓度范围为 52.4~368Bq/kg，<sup>40</sup>K 活度浓度范围为 582~1960Bq/kg，放化分析测量结果中，<sup>90</sup>Sr 均给出了测量结果，<sup>239+240</sup>Pu 部分结果给出了测量结果，其余小于探测限。

<sup>90</sup>Sr活度浓度范围为0.30~3.47Bq/kg，<sup>239+240</sup>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 <sup>90</sup>Sr 和γ谱分析，γ谱分析项目包括：<sup>54</sup>Mn、<sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 和 <sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>K、<sup>95</sup>Zr、<sup>110m</sup>Ag。每个子区最近采样点和对照点补充进行 <sup>239+240</sup>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<sup>238</sup>U、<sup>226</sup>Ra、<sup>232</sup>Th、<sup>40</sup>K均给出了测量结果，人工核素<sup>137</sup>Cs在部分样品中高于探测限，其中：

<sup>238</sup>U 的活度浓度范围为 9.19~158Bq/kg，<sup>226</sup>Ra 的活度浓度范围为 6.69~136Bq/kg，<sup>232</sup>Th 的活度浓度范围为 9.09~228Bq/kg，<sup>40</sup>K 的活度浓度范围为 141~1720Bq/kg，<sup>137</sup>Cs 的活度浓度范围为<LLD~1.39Bq/kg。

放化分析结果中，<sup>90</sup>Sr 和 <sup>239+240</sup>Pu 的样品均给出了测量结果，其中：

<sup>90</sup>Sr的活度浓度范围为0.28~2.86Bq/kg，

<sup>239+240</sup>Pu的活度浓度范围为 $4.73 \times 10^{-3}$ ~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。其中，谷类采集 9 个样品；蔬菜类采集 9 个样品；水果类采集 9 个样品；奶类采集了 4 个羊奶样品，家禽采集 7 个样品；家畜采集 7 个样品；指示生物采集了 2 个样品；另外采集了 2 个花生样品。

陆生生物监测项目包括 <sup>3</sup>H（有机氚、组织自由水氚）、<sup>14</sup>C、<sup>90</sup>Sr 和γ谱分析，γ谱分析

分析项目包括： $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{124}\text{Sb}$  和  $^{144}\text{Ce}$ 。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  $^{131}\text{I}$ ，监测频次为 1 次/半年。所有给出结果均为可食鲜重（干重）的结果。

**$\gamma$ 谱分析**测量结果中， $^{137}\text{Cs}$  部分样品的测量结果高于探测限，其余核素测量结果均低于探测限。大米、花生和木麻黄给出的测量结果为干重的结果。花生的测量结果最高，红薯、空心菜、木麻黄等测量结果低于探测限。

**放化分析**中， $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$  给出了全部测量结果，其中：

$^{90}\text{Sr}$  的测量结果的范围值为 1.15~642mBq/kg（鲜重），木麻黄样品最高，家禽类和家畜类的测量结果较低；

自由水氚的测量结果的范围值为 <LLD~1.40Bq/kg（鲜重），杨梅样品的测量结果最高，竹笋的测量结果低于探测限；

有机氚的测量结果的范围值为 <LLD~1.48Bq/kg（鲜重），大米样品的测量结果最高，油菜、花生等样品的测量结果均低于探测限；

$^{14}\text{C}$  的测量结果的范围值为 4.15~101.45Bq/kg（鲜重），花生、木麻黄和大米的测量结果相对较高，蔬菜类的测量结果较低。

#### （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  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{124}\text{Sb}$  和  $^{144}\text{Ce}$ ，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。

#### （7）海水

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

**$\gamma$ 谱分析**结果中，天然放射性核素  $^{40}\text{K}$  均给出了测量结果，人工核素  $^{137}\text{Cs}$  给出了部分样品的测量结果，其它核素（包括  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）测量结果均低于探测限。

$^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围 <LLD~1.78mBq/L； $^{40}\text{K}$  活度浓度范围 7.90~14.2Bq/L。

**放化分析**项目中，总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$  均给出了测量结果， $^3\text{H}$  给出了部分样品的测量结果，总  $\alpha$  测量结果均低于探测限，其中：

总  $\beta$  活度浓度范围 8.00~14.7Bq/L；

$^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围 0.27~1.67mBq/L;

$^3\text{H}$  活度浓度范围<LLD~0.29Bq/L;

$^{14}\text{C}$  活度浓度范围 2.93~5.63mBq/L (0.17~0.23Bq/gC)。

### (3) 海水沉积物

海洋沉积物共布设 12 个采样点，监测项目包括  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱分析， $\gamma$  谱分析分析项目包括： $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 。监测频次为 1 次/年。海洋沉积物 5km 范围和对照点共 8 个监测点位，其分析项目还包括  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

$\gamma$  谱分析测量结果中，天然放射性核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  均给出了测量结果，人工核素  $^{137}\text{Cs}$  给出了部分样品的测量结果，其中：

$^{238}\text{U}$  的活度浓度范围为 16.4~52.6Bq/kg;

$^{226}\text{Ra}$  的活度浓度范围为 17.3~46.0Bq/kg;

$^{232}\text{Th}$  的活度浓度范围为 28.7~70.7Bq/kg;

$^{40}\text{K}$  的活度浓度范围为 528~802Bq/kg;

$^{137}\text{Cs}$  的活度浓度范围为 <LLD~1.15Bq/kg。

放化分析结果中， $^{90}\text{Sr}$  和  $^{239+240}\text{Pu}$  的样品均给出了测量结果，其中：

$^{90}\text{Sr}$  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。

### (4) 海水生物

海洋生物样品共 5 类 17 种 27 个样品，包括海洋鱼类、贝类、甲壳类、软体类和藻类。其中，海洋鱼类采集了米鱼、石斑鱼、红古鱼、赤棕鱼、黑鲷鱼、鲳鱼和鲈鱼样品；贝类采集了蛏子、牡蛎、扇贝和花蛤样品；甲壳类采集了虾和白虾样品；软体类采集了墨鱼样品；藻类采集了海菜、海带和紫菜样品。

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

$\gamma$  谱分析测量结果中， $^{137}\text{Cs}$  部分样品的测量结果高于探测限，其余核素测量结果均低于探测限。 $^{137}\text{Cs}$  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， $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$  给出了全部测量结果，自由水氚和有机氚部分测量结果高于探测限。

### 3.1.1.8 质量保证措施

为保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，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，从事环境辐射本底调查相关工作 5 年以上，项目参加人员具有大专以上学历，具有环境辐射本底调查相关工作 1 年以上，并进行质保培训与考核。

#### （2）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，主要包括：

- 1) 《气溶胶样品采集操作规范》，编号：QTD/CY01/E-0/2019；
- 2) 《沉降灰采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY02/E-0/2019；
- 3) 《降水的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY03/E-0/2019；
- 4) 《饮用水、地下水、地表水的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY04/E-0/2019；
- 5) 《土壤的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY05/E-0/2019；
- 6) 《植物的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY06/E-0/2019；
- 7) 《动物的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY07/E-0/2019；
- 8) 《海水的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY08/E-0/2019；
- 9) 《海洋沉积物的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY09/E-0/2019；
- 10) 《海洋生物样品的采集和预处理操作规范》，编号：QTD/CY10/E-0/2019。

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。表 3.1-4 列出使用的主要仪器和设备的检定情况。

#### 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 $\gamma$ 谱仪、 $\alpha/\beta$ 测量仪、液闪谱仪、 $\alpha$ 谱仪等，部分仪器设备质控图见图 3.1-2~12。

#### 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，平行样品的采样个数见表 3.1-5。相对偏差要求见表 3.1-6，计算公式如下：

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

（1）饮用水平行样品有 2 组，给出了 5 种核素的测量结果，共有 11 组测量结果；

（2）地表水平行样品有 4 组，给出了 5 种核素的测量结果，共有 24 组测量结果；

- (3) 底泥平行样品有 4 组，给出了 6 种核素的测量结果，共有 22 组测量结果；
  - (4) 水生生物平行样品有 1 组，给出了 2 种核素的测量结果，共有 3 组测量结果；
  - (5) 土壤平行样品有 12 组，给出了 6 种核素的测量结果，共有 70 组测量结果；
  - (6) 陆生生物平行样品有 5 组，给出了 5 种核素的测量结果，共有 36 组测量结果；
  - (7) 海水平行样品有 8 组，给出了 6 种核素的测量结果，共有 54 组测量结果；
  - (8) 海洋沉积物平行样品有 4 组，给出了 7 种核素的测量结果，共有 25 组测量结果；
  - (9) 海洋生物平行样品有 5 组，给出了 5 种核素的测量结果，共有 28 组测量结果；
- 总的平行样品为 45 组，给出 273 组测量结果，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  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总铀、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$  进行了掺标样品的测量，2022 年度对沉降灰、土壤、水、生物的  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总铀、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  进行了掺标样品的测量，同时对 $\gamma$ 辐射吸收剂量率进行了环境标准场的测量，具体项目见表 3.1-7。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  $^{90}\text{Sr}$ 、总铀、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 测量过程中的空白样品进行了测量，测量结果见表 3.1-8。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。

#### (4) 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  $^{90}\text{Sr}$ 、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、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、铀同位素、 $\gamma$ 谱分析、 $\gamma$ 辐射场、表面污染、氦、 $\beta$ 核素（ $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、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。

#### (5) 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，分析

项目具体见表 3.1-9 和图 3.1-13，比对结果合格。

### 3.1.2 辐射环境质量评价

2010 年浙江省辐射环境监测站完成的《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》（简称“以往调查”），其中对陆域和海域环境介质放射性本底进行了初步测量，积累了本底数据。本次两年调查的数据主要与以往调查的数据进行对比，同时结合了《2021 年全国辐射环境质量报告》（简称“2021 全国年报”）和上世纪 80 年代全国天然放射性水平普查的结果。

#### 3.1.2.1 核设施或矿产开发设施情况

根据已获得的资料，厂址半径 30km 范围内无核设施及铀、钍矿设施。

#### 3.1.2.2 密封和非密封放射性同位素源情况

厂址半径 15km 范围内无 NORM 设施和同位素生产企业以及非密封放射性同位素使用企业。厂址半径 30km 共有 8 家放射源使用单位，其中 2 家使用 II 类源，其余均为 IV 类和 V 类源。厂址半径 30km 共有 34 家射线装置使用单位，主要集中在医院、卫生院等用于医疗诊断，少量用于工业探伤，使用的都是 II 类和 III 类射线装置。

#### 3.1.2.3 环境 $\gamma$ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度

通过对比分析可知，漳州核电厂周围环境  $\gamma$  辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度处于环境本底水平，未发现明显异常。

## 3.2 非辐射环境质量现状

### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

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

SO<sub>2</sub> 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，

SO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 各测点的小时浓度范围在 8~25μg/m<sup>3</sup> 之间，日均浓度范围在 11~18μg/m<sup>3</sup> 之间。

NO<sub>2</sub> 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<sub>x</sub> 各测点的小时浓度范围在 11~31μg/m<sup>3</sup> 之间，日均浓度范围在 15~24μg/m<sup>3</sup> 之间。

NO<sub>x</sub> 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 0.3~0.8mg/m<sup>3</sup> 之间，日均浓度范围在 0.4~0.7mg/m<sup>3</sup> 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。

O<sub>3</sub> 各测点的小时浓度范围在 13~97μg/m<sup>3</sup> 之间，8 小时平均浓度范围在 15~80μg/m<sup>3</sup> 之间。O<sub>3</sub> 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 50~130μg/m<sup>3</sup> 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。

PM<sub>10</sub> 各测点的日均浓度值在 34~83μg/m<sup>3</sup> 之间，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

PM<sub>2.5</sub> 各测点的日均浓度值在 17~47μg/m<sup>3</sup> 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

#### 3.2.3.1 海水水质现状调查

为了解厂址附近海域的海洋环境状况，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《海洋监测规范：海水化学要素观测》（GB12763.4-2007）《海洋监测规范：第四部分海水分析》（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》等有关标准执行。

#### 3.2.3.2 海水质量评价

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%，冬季大潮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%，冬季大潮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%，冬季大潮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%，冬季大潮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潮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。超标站位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）
- 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2011）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2005）
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）
- 《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，每个点基本测量时间区间，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

在厂址半径 5km 范围内 2 条在建输电线路分别为：500kV 出线输电线路（P1）、220kV 输电线路（P2）和 1 条已建 35kV 施工进线输电线路（P3）。因此共设 3 处监测断面（编号 P1~P3），且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讯基站监测点设置

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制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/m<sup>2</sup>（电场强度 12V/m）；对于 3000MHz~15000MHz 的频率范围，该标准的公众照射限制为等效平面波功率密度  $f/7500$  W/m<sup>2</sup>（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/cm<sup>2</sup>。

#### 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 $\mu$ 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 $\mu$ T，各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

##### b) 射频综合场强监测数据分析

由表 3.2-26 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  $\mu\text{T}$  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  $\mu\text{T}$ 。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 $\mu\text{T}$ ），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，频磁场强度监测值在 0.0059~0.0401  $\mu\text{T}$  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  $\mu\text{T}$ 。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 $\mu\text{T}$ ），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 $\mu\text{T}$  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 $\mu\text{T}$ 。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。

#### 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 0.0112~0.0979 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 4.29~21.47V/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 0.0269~0.3987 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 0.59~4.70V/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 0.0049~0.0626 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 17.37~23.72V/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 0.0048~0.0074 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ 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，所以监测值略高。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 $\mu$ 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 $\mu$ T。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 0.1mT（100 $\mu$ 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。点监测值差异不大。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，监测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 $\mu$ W/cm<sup>2</sup> 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 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>。所有监测值均小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 f/7500 W/m<sup>2</sup>（此次监测所有 5G 基站均为 2515~2675Mhz 频段，功率密度限值为 40 $\mu$ W/cm<sup>2</sup>）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        | $\gamma$ 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       | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$   | 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       | $\gamma$ 谱、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$                                  | 1 次/季          | 10km | 5    | 40   | 0     | 40  |
|    |        | 沉降物       | $\gamma$ 谱、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$                                  | 1 次/季          | 10km | 5    | 40   | 0     | 40  |
|    |        | 降水        | $\gamma$ 谱、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  | 1 次/季          | 10km | 5    | 40   | 0     | 40  |
|    |        | 气体        | $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{131}\text{I}$                                    | 1 次/季          | 10km | 5    | 40   | 0     | 40  |
| 4  | 陆地水体   | 饮用水+水源水   | $\gamma$ 谱、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ | 每年丰水期、枯水期各 1 次 | 5km  | 5    | 20   | 3     | 23  |
|    |        | 地下水       | $\gamma$ 谱、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ | 每年丰水期、枯水期各 1 次 | 5km  | 5    | 20   | 0     | 20  |
|    |        | 地表水       | $\gamma$ 谱、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ | 每年丰水期、枯水期各 1 次 | 10km | 4    | 16   | 3     | 19  |
|    |        | 地表水沉积物    | $\gamma$ 谱、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 $^{90}\text{Sr}$                                 | 1 次/半年         | 10km | 4    | 16   | 3     | 19  |
|    |        | 水生植物      | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$                                       | 1 次/收获期        | 10km | 2    | 4    | 1     | 5   |
|    |        | 水生动物      | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$                                       | 1 次/年          | 10km | 2    | 4    | 0     | 4   |
| 5  | 陆生生物   | 谷类 2 种    | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙+自由水氙                             | 1 次/收获期        | 20km | 4    | 8    | 1     | 9   |
|    |        | 蔬菜类 4 种   | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙+自由水氙                             | 1 次/收获期        | 20km | 4    | 8    | 1     | 9   |
|    |        | 水果类 2 种   | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙+自由水氙                             | 1 次/收获期        | 20km | 3    | 6    | 1     | 7   |
|    |        | 指示生物 1 种  | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙+自由水氙                             | 1 次/收获期        | 20km | 1    | 2    | 0     | 2   |
|    |        | 花生        | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙+自由水氙                             | 1 次/收获期        | 20km | 1    | 2    | 0     | 2   |
|    |        | 家禽 2 种    | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙+自由水氙                             | 1 次/年          | 20km | 3    | 6    | 1     | 7   |
|    |        | 家畜 2 种    | $\gamma$ 谱、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、有机氙+自由水氙                             | 1 次/年          | 20km | 3    | 6    | 1     | 7   |
|    |        | 牛（羊）奶 1 种 | $^{131}\text{I}$   | 1 次/半年         | 10km | 1    | 4    | 0     | 4   |

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

| 3.1 序号 | 3.2 监测项目                      | 3.3 仪器设备               | 3.4 测量方法依据  |
|--------|-------------------------------|------------------------|---|
| 1      | 环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率           | 高气压电离室                 | HJ1157-2021《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》                        |
| 2      | 总 $\alpha$                    | 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪 | EJ/T1075-1998《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》                    |
| 3      | 总 $\beta$                     | 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪 | EJ/T 900-1994《水中总 $\beta$ 放射性测定 蒸发法》                        |
| 4      | $^3\text{H}$                  | 低水平液闪谱仪                | HJ1126-2020《水中氚的分析方法》；<br>GB21883.2-2016 食品中放射性物质检验 氢-3 的测定 |
| 5      | 空气 $^{14}\text{C}$            | 低水平液闪谱仪                | EJ/T1008-1996《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》                 |
| 6      | 水 $^{14}\text{C}$             | 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 $^{14}\text{C}$            | 低水平液闪谱仪                | GB/T 37865-2019《生物样品中 $^{14}\text{C}$ 的分析方法 氧弹燃烧法》          |
| 8      | 水、生物灰 $^{90}\text{Sr}$        | 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪 | HJ815-2016《水和生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法》                           |
| 9      | 土壤、沉积物 $^{90}\text{Sr}$       | 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪 | EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》                               |
| 10     | 空气 $^{131}\text{I}$           | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GB/T 14584-1993《空气中碘-131 的取样与测定》                            |
| 11     | 水中 $\gamma$ 核素                | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GB/T 16140-2018《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》                   |
| 12     | 土壤、沉积物 $\gamma$ 核素            | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GB/T 11743-2013《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》                  |
| 13     | 气溶胶 $\gamma$ 核素               | HPGe $\gamma$ 谱仪       | HJ1149-2020《环境空气 气溶胶中 $\gamma$ 放射性核素的测定 滤膜压片/ $\gamma$ 能谱法》 |
| 14     | 沉降灰 $\gamma$ 核素               | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GB/T11713-2015《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》                       |
| 15     | 生物灰 $\gamma$ 核素               | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GB/T 16145-2020《生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》                |
| 16     | 土壤、沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$ | 低本底 $\alpha$ 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 <sup>3</sup>       | 总 α                   | 100min  | 8.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>  | HJ61: 1.5×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup>  |
|    |             | 1000m <sup>3</sup>       | 总 β                   | 100min  | 6.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>  | HJ61: 1.0×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup>  |
|    |             | 10000m <sup>3</sup>      | <sup>90</sup> Sr      | 500min  | 2.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>  | HJ61: 2.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>  |
|    |             | 10000 m <sup>3</sup>     | γ 谱分析                 | 80000s  | <sup>134</sup> Cs: 5.8×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup><br><sup>137</sup> Cs: 5.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup><br><sup>60</sup> Co: 9.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup><br><sup>54</sup> Mn: 5.8×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup><br><sup>7</sup> Be: 6.5×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup><br><sup>131</sup> I: 5.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup> | HJ969: <sup>137</sup> Cs: 5.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup> ;<br><sup>131</sup> I: 1.0×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup> 。<br>HJ61: <sup>137</sup> Cs: 1.0×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup> ;<br><sup>131</sup> I: 0.5×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>3</sup> 。 |
| 2  | 沉降物         | 2g                       | 总 α                   | 100min  | 3.3×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>2</sup> ·d   | HJ61: 3.0×10 <sup>-2</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)   |
|    |             | 2g                       | 总 β                   | 100min  | 5.0×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>2</sup> ·d   | HJ61: 2.0×10 <sup>-2</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)   |
|    |             | 5g                       | <sup>90</sup> Sr      | 500min  | 1.0×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>2</sup> ·d   | HJ969: 2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)<br>HJ61: 1.0×10 <sup>-3</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)   |
|    |             | 0.25m <sup>2</sup> 灰×90天 | γ 谱分析                 | 80000s  | <sup>137</sup> Cs: 2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)<br><sup>232</sup> Th: 1.3×10 <sup>-2</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)<br><sup>226</sup> Ra: 1.0×10 <sup>-2</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)<br><sup>40</sup> K: 0.07Bq/(m <sup>2</sup> ·d)   | HJ969: <sup>137</sup> Cs: 3.0×10 <sup>-3</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)<br>HJ61: <sup>137</sup> Cs: 3.0×10 <sup>-3</sup> Bq/(m <sup>2</sup> ·d)   |
| 3  | 空气          | 10m <sup>3</sup>         | HTO                   | 1000min | 8.0×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>3</sup>  | HJ969: 0.5Bq/L;HJ61: 2.5×10 <sup>-2</sup> Bq/m <sup>3</sup>   |
|    |             | 3 m <sup>3</sup>         | <sup>14</sup> C       | 1000min | 0.05Bq/g·碳  | HJ969: 5.0×10 <sup>-2</sup> Bq/g;HJ61:0.1Bq/g(碳)  |
| 4  | 土壤、底泥、海洋沉积物 | 50g                      | <sup>90</sup> Sr      | 900min  | 0.15 Bq/kg  | HJ969: 2.0×10 <sup>-1</sup> Bq/kg;HJ61:0.5Bq/kg   |
|    |             | 30g                      | <sup>239+240</sup> Pu | 24h     | 1.5×10 <sup>-2</sup> Bq/kg  | HJ969: 1.5×10 <sup>-2</sup> Bq/kg;HJ61:1.5×10 <sup>-2</sup> 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  | <sup>137</sup> Cs: 0.26Bq/kg<br><sup>134</sup> Cs: 0.24Bq/kg<br><sup>58</sup> Co: 0.22Bq/kg<br><sup>60</sup> Co: 0.24Bq/kg<br><sup>110m</sup> Ag: 0.40Bq/kg<br><sup>54</sup> Mn: 0.26Bq/kg<br><sup>238</sup> U: 10Bq/kg<br><sup>232</sup> Th: 1.1Bq/kg<br><sup>226</sup> Ra: 0.69Bq/kg<br><sup>40</sup> K: 4.5Bq/kg | HJ969: <sup>137</sup> Cs: $5.0 \times 10^{-1}$ Bq/kg<br>HJ61: <sup>137</sup> Cs: 1.0Bq/kg                 |
| 5  | 地表水、地下水、饮用水、降水 | 3L    | 总 α              | 600min  | $2.0 \times 10^{-3}$ Bq/L   | HJ969: $2.0 \times 10^{-2}$ Bq/L; HJ61: $5.0 \times 10^{-2}$ Bq/L   |
|    |                | 3L    | 总 β              | 600min  | $5.0 \times 10^{-3}$ Bq/L   | HJ969: $5.0 \times 10^{-2}$ Bq/L; HJ61: $3.0 \times 10^{-2}$ Bq/L   |
|    |                | 250mL | <sup>3</sup> H   | 1000min | 0.13Bq/L  | HJ969: 0.5Bq/L; HJ61: 2.0Bq/L   |
|    |                | 50L   | <sup>14</sup> C  | 1000min | $2.0 \times 10^{-4}$ Bq/L   | HJ969: $5.0 \times 10^{-2}$ Bq/g  |
|    |                | 50L   | <sup>90</sup> Sr | 500min  | $1.5 \times 10^{-4}$ Bq/L   | HJ969: $3.0 \times 10^{-4}$ Bq/L; HJ61: $1.0 \times 10^{-3}$ Bq/L   |
|    |                | 50L   | γ 谱分析            | 80000s  | <sup>137</sup> Cs: $1.6 \times 10^{-3}$ Bq/L<br><sup>134</sup> Cs: $1.4 \times 10^{-3}$ Bq/L<br><sup>54</sup> Mn: $1.5 \times 10^{-3}$ Bq/L<br><sup>58</sup> Co: $1.3 \times 10^{-3}$ Bq/L<br><sup>60</sup> Co: $1.7 \times 10^{-3}$ Bq/L   | HJ969: <sup>137</sup> Cs: $2.0 \times 10^{-3}$ Bq/L<br>HJ61: <sup>137</sup> Cs: $3.0 \times 10^{-3}$ Bq/L |
| 6  | 海水             | 250mL | <sup>3</sup> H   | 1000min | 0.18Bq/L  | HJ969: 0.5Bq/L;<br>HJ61: 2.0Bq/L  |
|    |                | 50L   | <sup>14</sup> C  | 1000min | $2.0 \times 10^{-4}$ Bq/L   | HJ969: $5.0 \times 10^{-2}$ Bq/g  |
|    |                | 50L   | <sup>90</sup> Sr | 500min  | $1.5 \times 10^{-4}$ Bq/L   | HJ969: $3.0 \times 10^{-4}$ Bq/L;<br>HJ61: $1.0 \times 10^{-3}$ 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    | $\gamma$ 谱分析     | 80000s  | $^{137}\text{Cs}$ : $1.5 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$<br>$^{134}\text{Cs}$ : $1.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$<br>$^{58}\text{Co}$ : $9.0 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$<br>$^{60}\text{Co}$ : $1.1 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$<br>$^{110\text{m}}\text{Ag}$ : $1.3 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$<br>$^{54}\text{Mn}$ : $1.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$<br>$^{106}\text{Ru}$ : $8.5 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$<br>$^{131}\text{I}$ : $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ | HJ969: $^{137}\text{Cs}$ : $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$<br>HJ61: $^{137}\text{Cs}$ : $3.0 \times 10^{-3}\text{Bq/L}$ |
| 7  | 生物灰  | 20g    | $^{90}\text{Sr}$ | 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 | 有机氚              | 1000min | $6.8 \times 10^{-2}\text{Bq/kg}$ 鲜   | HJ969: $0.5\text{Bq/L}$ ; HJ61: $5.0 \times 10^{-1}\text{Bq/kg}$ 鲜  |
|    |      | 280g 鲜 | 水氚               | 1000min | $6.8 \times 10^{-2}\text{Bq/kg}$ 鲜   | HJ969: $0.5\text{Bq/L}$ ; HJ61: $1.0\text{Bq/kg}$ 鲜   |
|    |      | 4g 干   | $^{14}\text{C}$  | 1000min | $5.0\text{Bq/kg}$ 干  | HJ969: $0.05\text{Bq/g}$ 碳; HJ61: $0.1\text{Bq/g}$ (碳)  |
|    |      | 60g    | $\gamma$ 谱分析     | 80000s  | $^{137}\text{Cs}$ : $1.4 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰<br>$^{134}\text{Cs}$ : $1.1 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰<br>$^{58}\text{Co}$ : $1.2 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰<br>$^{60}\text{Co}$ : $1.8 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰<br>$^{110\text{m}}\text{Ag}$ : $1.6 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰<br>$^{54}\text{Mn}$ : $1.2 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$ 灰<br>$^{106}\text{Ru}$ : $2.0 \times 10^{-2}\text{Bq/g}$ 灰   | HJ969: $^{137}\text{Cs}$ : $2.0 \times 10^{-3}\text{Bq/g}$<br>HJ61: $^{137}\text{Cs}$ : $1.0 \times 10^{-2}\text{Bq/g}$ |
| 8  | 牛奶   | 20L    | $\gamma$ 谱分析     | 80000s  | $^{131}\text{I}$ : $0.005\text{Bq/kg}$ 鲜   | HJ969: $1.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$  |

表 3.1-4 项目主要仪器和设备检定情况表

| 序号 | 仪器设备名称                 | 型号规格          | 最近检定日期     | 检定证书号             | 检定周期 |
|----|------------------------|---------------|------------|-------------------|------|
| 1  | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GR3019        | 2021.7.6   | 校字第[2021]-P1036   | 2 年  |
| 2  | HPGe $\gamma$ 谱仪       | BE3830        | 2021.7.6   | 校字第[2021]-P1035   | 2 年  |
| 3  | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GEM40P4-76    | 2022.10.9  | 校字第[2022]-PA1025  | 2 年  |
| 4  | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GCDX60200     | 2021.8.8   | 校字第[2021]-P016    | 2 年  |
| 5  | HPGe $\gamma$ 谱仪       | GC4019        | 2021.7.7   | 校字第[2021]-P1038   | 2 年  |
| 6  | 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪 | LB770         | 2022.10.18 | 检字第[2022]-DD005   | 2 年  |
| 7  | 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪 | LB770         | 2022.3.5   | 检字第[2022]-DD006   | 2 年  |
| 8  | 低本底 $\alpha$ 谱仪        | 7200-8        | 2021.8.20  | 校字第[2021]-SQD1056 | 2 年  |
| 9  | 低水平液闪谱仪                | Quantulus1220 | 2022.6.15  | 校字第[2022]-SB004   | 2 年  |
| 10 | 热释光剂量仪                 | RGD-3D        | 2022.2.18  | 检字第[2022]-R0306   | 1 年  |
| 11 | 高气压电离室                 | NC-HPIC8000   | 2022.1.6   | 检字第[2022]-L1001   | 1 年  |
| 12 | 高气压电离室                 | NC-HPIC8000   | 2022.1.6   | 校字第[2022]-L1001   | 1 年  |
| 13 | 高气压电离室                 | RP3000B       | 2021.11.16 | 检字第[2021]-L1299   | 1 年  |

表 3.1-5 平行样品测量结果统计

| 样品名称  | 平行样品组数 | 测量结果组数 |
|-------|--------|--------|
| 饮用水   | 2      | 11     |
| 地表水   | 4      | 24     |
| 底泥    | 4      | 22     |
| 水生生物  | 1      | 3      |
| 土壤    | 12     | 70     |
| 陆生生物  | 5      | 36     |
| 海水    | 8      | 54     |
| 海洋沉积物 | 4      | 25     |
| 海洋生物  | 5      | 28     |
| 合计    | 45     | 273    |

表 3.1-6 标准要求的平行样品测量结果相对偏差要求

| 核素名称              | 介质种类        | 活度浓度                     | 相对偏差控制值<br>(%) |
|-------------------|-------------|--------------------------|----------------|
| 总 $\beta$         | 水           | $\leq 0.15\text{Bq/L}$   | 30             |
|                   |             | $> 0.15\text{Bq/L}$      | 20             |
|                   | 气溶胶         | /                        | 20             |
|                   | 沉降物         | /                        | 20             |
| $^{90}\text{Sr}$  | 水           | $\leq 2.0\text{mBq/L}$   | 40             |
|                   |             | $> 2.0\text{mBq/L}$      | 30             |
|                   | 土壤          | $\leq 0.5\text{Bq/kg}$   | 40             |
|                   |             | $> 0.5\text{Bq/kg}$      | 30             |
|                   | 气溶胶         | $\leq 1\mu\text{Bq/m}^3$ | 40             |
|                   |             | $> 1\mu\text{Bq/m}^3$    | 30             |
| 沉降物               | /           | 30                       |                |
| $^3\text{H}$      | 水、水蒸气、生物自由水 | /                        | 30             |
| $^{14}\text{C}$   | 空气、生物       | /                        | 30             |
| $^{238}\text{U}$  | 土壤          | $\leq 50\text{Bq/kg}$    | 40             |
|                   |             | $> 50\text{Bq/kg}$       | 30             |
| $^{137}\text{Cs}$ | 土壤          | $\leq 2\text{Bq/kg}$     | 40             |
|                   |             | $> 2\text{Bq/kg}$        | 30             |
| $^{226}\text{Ra}$ | 土壤          | /                        | 20             |
| $^{40}\text{K}$   | 土壤          | /                        | 20             |

表 3.1-7 掺标样品测量项目表

| 年份     | 介质  | 测量项目  |
|--------|-----|---|
| 2021 年 | 气溶胶 | $^{137}\text{Cs}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$  |
|        | 土壤  | $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$                                   |
|        | 水   | $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$                    |
|        | 生物灰 | $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$                                   |
| 2022 年 | 土壤  | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$                                  |
|        | 水   | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ |
|        | 沉降灰 | $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  |
|        | 生物  | 总 $\beta$ 、 $^{14}\text{C}$   |

表 3.1-8 空白样品测量结果

| 项目               | 测量结果                 |
|------------------|----------------------|
| $^{90}\text{Sr}$ | 0.22mBq/L            |
|                  | 0.26mBq/L            |
| 总 $\alpha$       | <0.031Bq/L           |
|                  | <0.028Bq/L           |
| 总 $\beta$        | 0.014Bq/L            |
|                  | 0.006Bq/L            |
| 总铀               | 0.03 $\mu\text{g/L}$ |

表 3.1-9 IAEA 比对测量项目表

| 年份     | 样品种类 | 分析项目  |
|--------|------|---|
| 2021 年 | 水    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素   |
|        | 水    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$  |
|        | 水    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{239}\text{Pu}$  |
|        | 竹子   | $\gamma$ 核素   |
|        | 气溶胶  | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{239}\text{Pu}$  |
| 2022 年 | 水    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ |
|        | 水    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$     |
|        | 水    | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$   |
|        | 水    | $^{239}\text{Pu}$   |
|        | 滤膜   | $^{241}\text{Am}$ 、 $^{133}\text{Ba}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{210}\text{Pb}$      |

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

单位：mg/m<sup>3</sup>（标准状态）

| 污染物名称             | 平均时间 | 标准值   |       |
|-------------------|------|-------|-------|
|                   |      | 一级    | 二级    |
| NO <sub>2</sub>   | 日平均  | 0.080 | 0.080 |
|                   | 小时平均 | 0.200 | 0.200 |
| NO <sub>x</sub>   | 日平均  | 0.100 | 0.100 |
|                   | 小时平均 | 0.250 | 0.250 |
| SO <sub>2</sub>   | 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 <sub>2.5</sub> | 日平均  | 0.035 | 0.075 |
| PM <sub>10</sub>  | 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； | P1-1~P1-28 |
| 220kV 辅助输电线路 | 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   | 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<br>(km) | 编号  | 名称                            | 方位  | 距离<br>(km) |
|----|--------------------|-----|------------|-----|-------------------------------|-----|------------|
| T1 | 列屿卫生院移动基站          | WSW | 2.8        | T10 | HX 移动专网基站<br>(5G)             | WSW | 0.4        |
| T2 | 列屿镇镇区移动基站<br>(5G)  | WSW | 2.9        | T11 | YA 移动专网基站<br>(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<br>(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<br>(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<br>(5G)             | SSE | 1.0        |
| T6 | 漳州云霄南山移动基站<br>(5G) | NW  | 1.1        | T15 | 厂区北门口移动基站<br>(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<br>核电之家移动基站<br>(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<br>站 (5G)           | NNE | 1.4        |
| T9 | 核电站西侧移动基站<br>(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 ( $\mu\text{T}$ ) | 射频综合场强 (V/m) | 温度( $^{\circ}\text{C}$ ) | 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 ( $\mu$ T) | 温度( $^{\circ}$ C) | 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<br>架空线中间 | 2024.7.7<br>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<br>架空线中间 | 2024.7.7<br>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 ( $\mu\text{T}$ ) | 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 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 ( $\mu\text{T}$ ) | 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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 ( $\mu\text{T}$ ) | 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>① | 2024.7.6<br>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<br>② | 2024.7.6<br>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<br>③ | 2024.7.6<br>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<br>① | 2024.7.6<br>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<br>② | 2024.7.6<br>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<br>③ | 2024.7.6<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>① | 2024.7.6<br>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<br>③ | 2024.7.6<br>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<br>① | 2024.7.6<br>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<br>② | 2024.7.6<br>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<br>③ | 2024.7.6<br>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/工频磁场强度核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 ( $\mu$ T) | 射频综合场强 (V/m) | 温度 ( $^{\circ}$ C) | 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<br>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<br>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<br>PM | 1.40 | 0.0091 | 0.15 | 32.1 | 73.8 | 100.8 | 2.2 | 东南 |
| 21 | 灵鹭寺                  | 2024.7.8<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) | 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 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<br>PM | 1.91 | 0.144 | 33.1 | 76.4 | 100.9 | 1.8 | 南 |
|-----|----------------|----------------|------|-------|------|------|-------|-----|---|

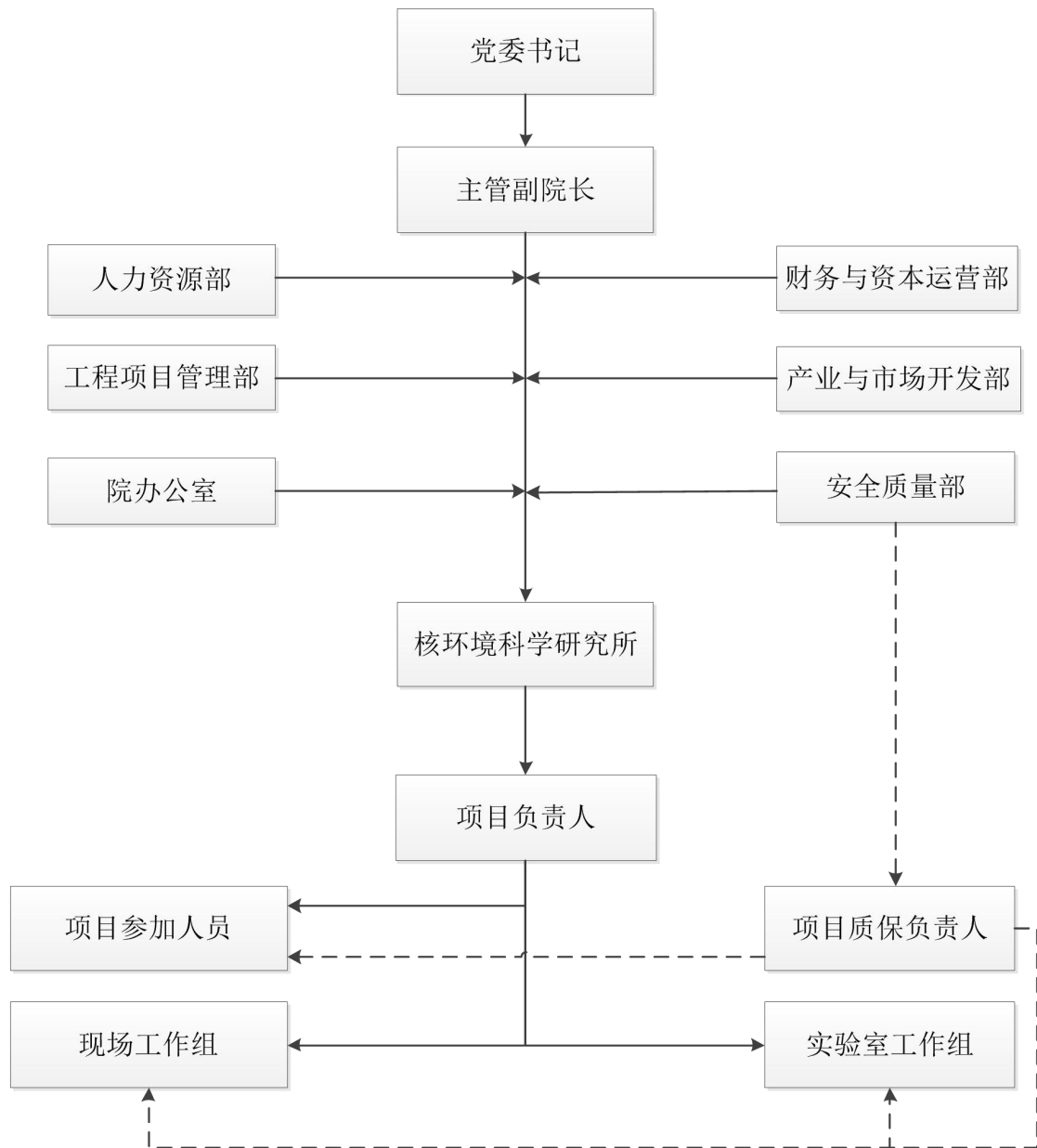


图 3.1-1 质量控制组织机构图

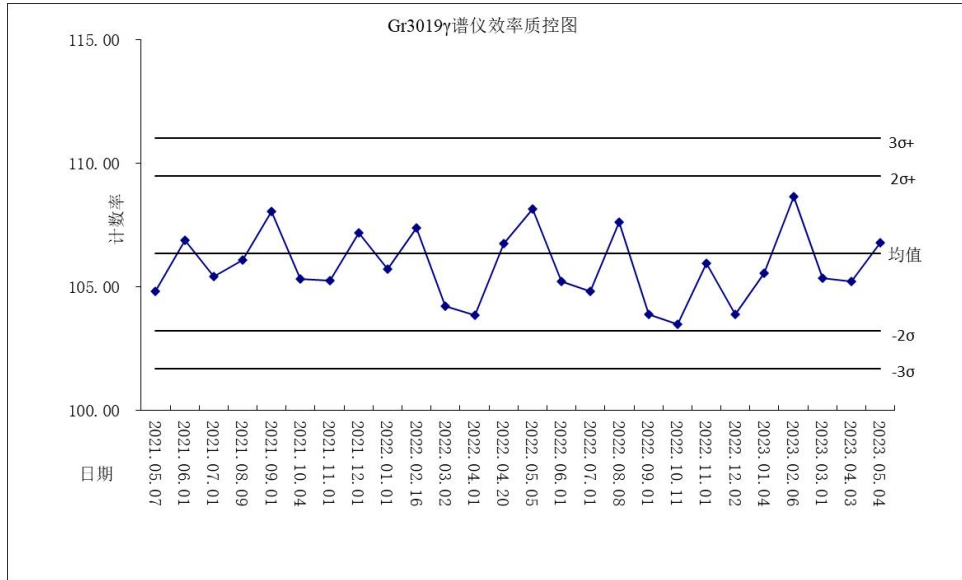


图 3.1-2 GR3019γ谱仪效率质控图

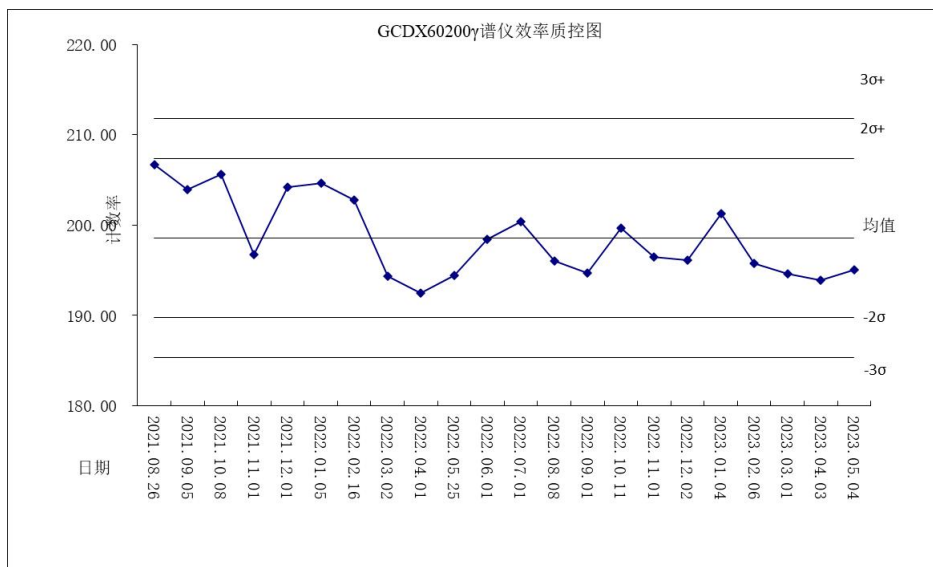


图 3.1-3 GCDX60200γ谱仪效率质控图

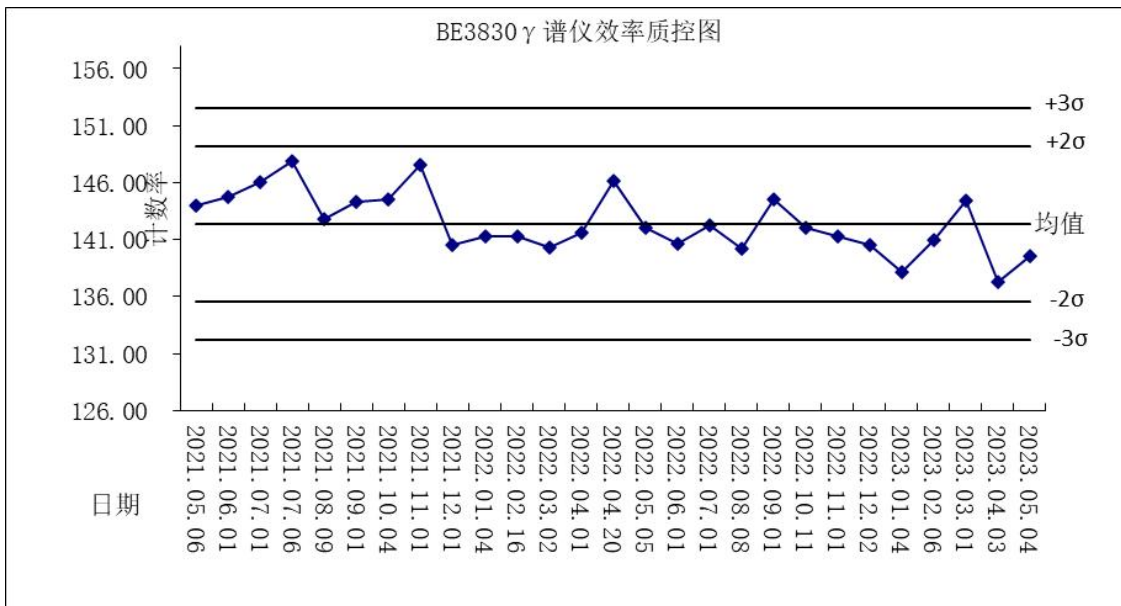


图 3.1-4 BE3830 $\gamma$ 谱仪效率质控图

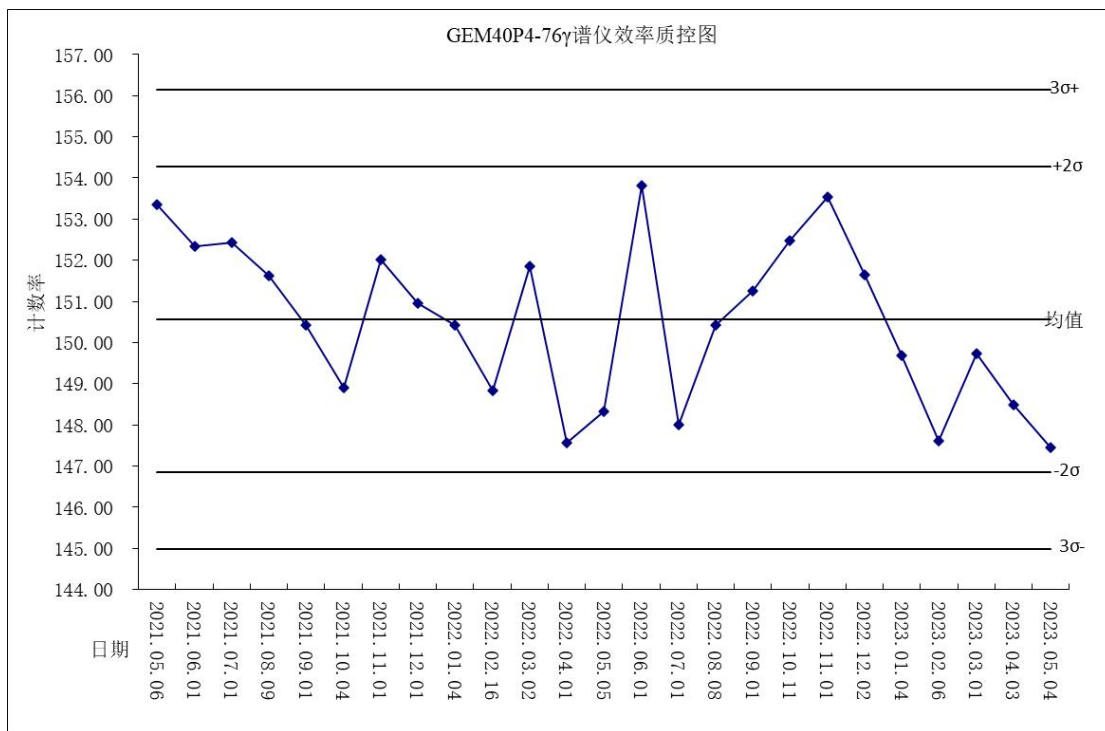


图 3.1-5 GEM40P4-76 $\gamma$ 谱仪效率质控图

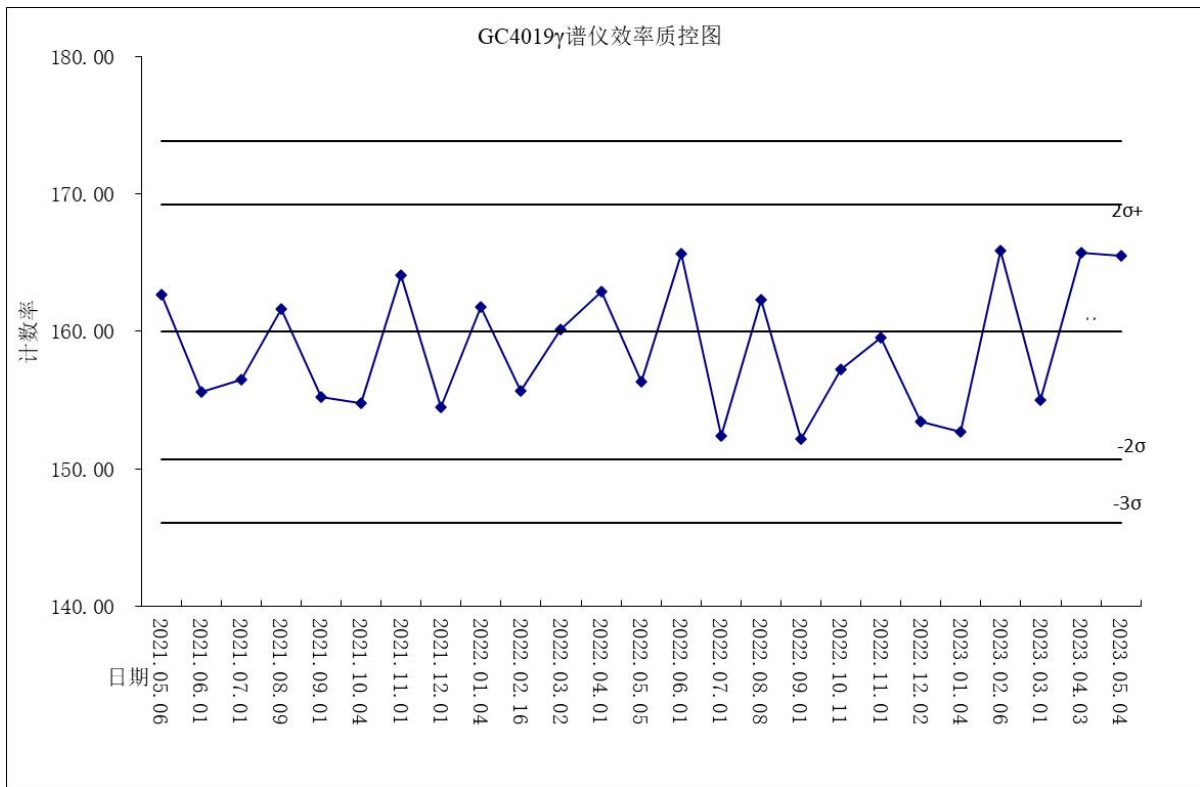


图 3.1-6 GC4019 $\gamma$ 谱仪效率质控图

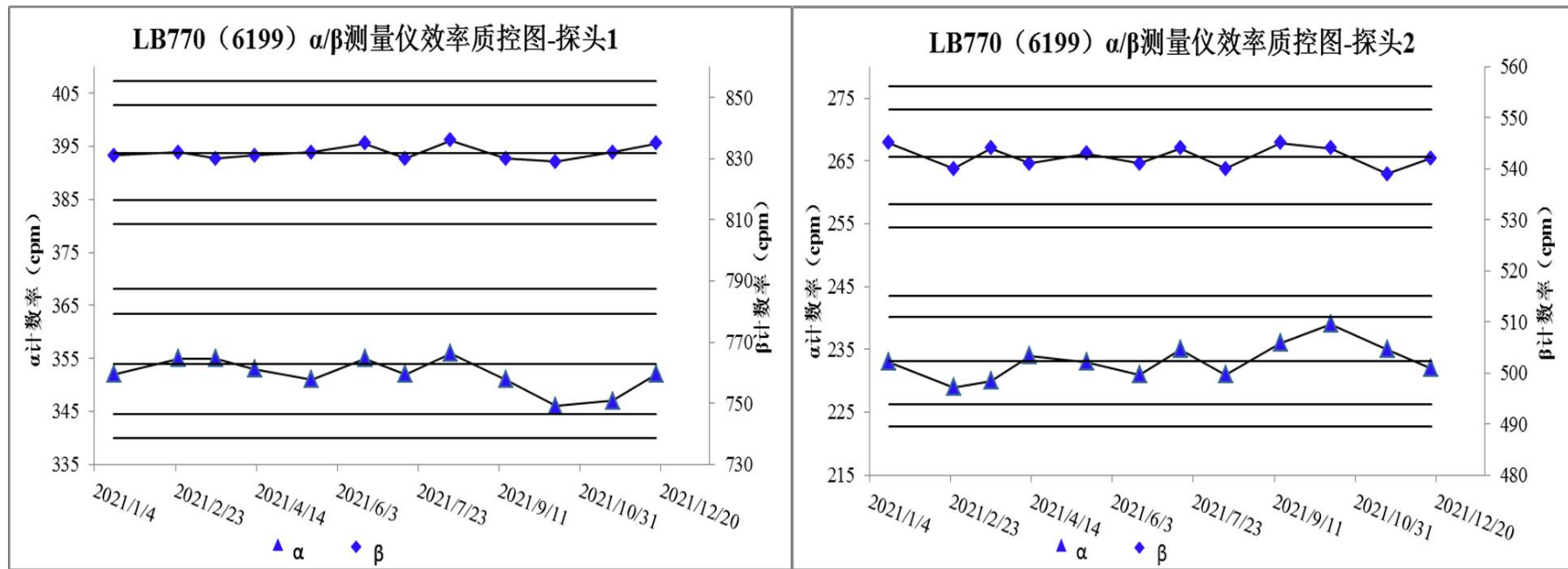


图 3.1-7 LB770 (6199)  $\alpha/\beta$ 测量仪效率质控图

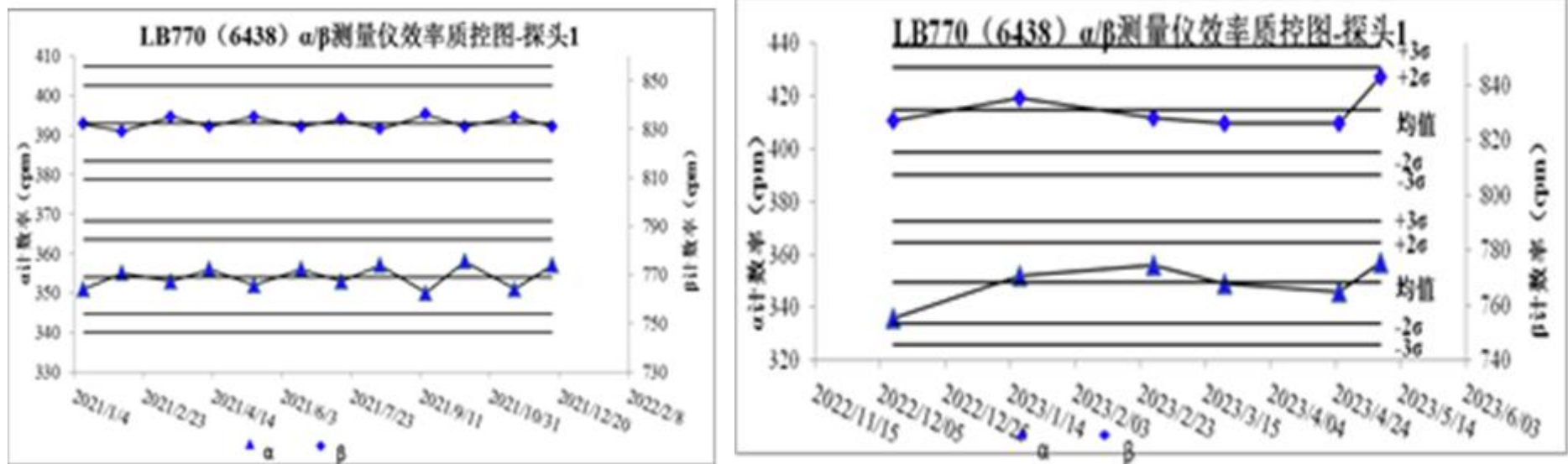


图 3.1-8 LB770 (6438) α/β测量仪效率质控图

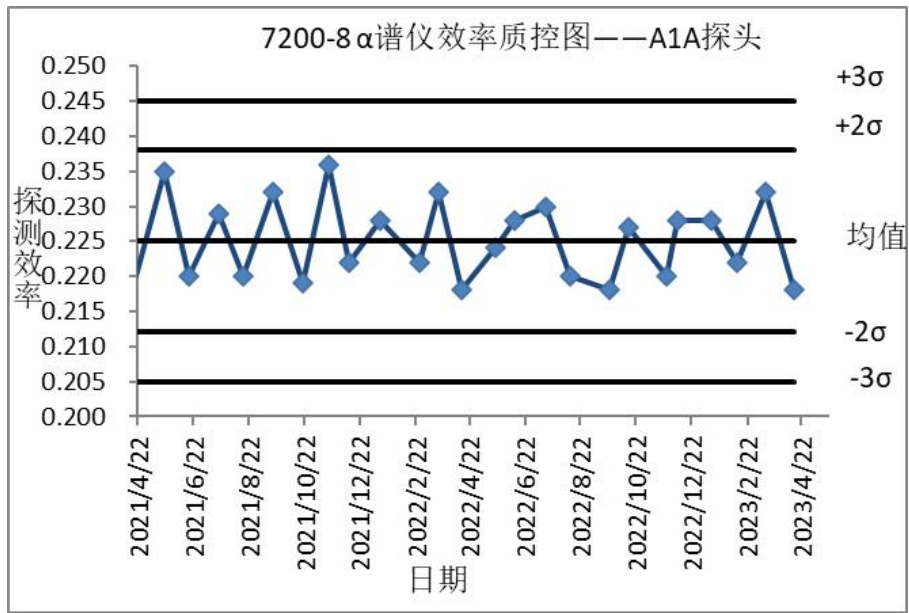


图 3.1-9 7200-8α谱仪效率质控图（A1A 探头）

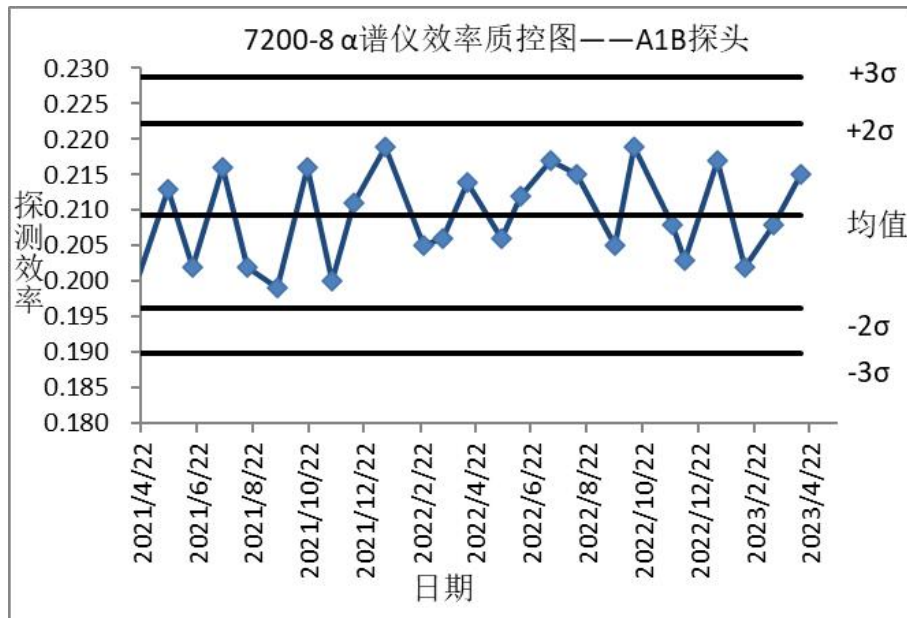


图 3.1-10 7200-8α谱仪效率质控图（A1B 探头）

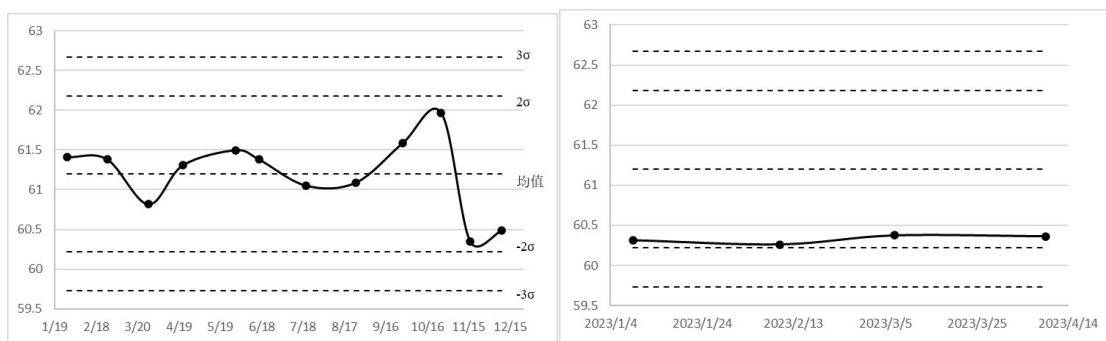


图 3.1-11 液闪 <sup>3</sup>H 效率质控图

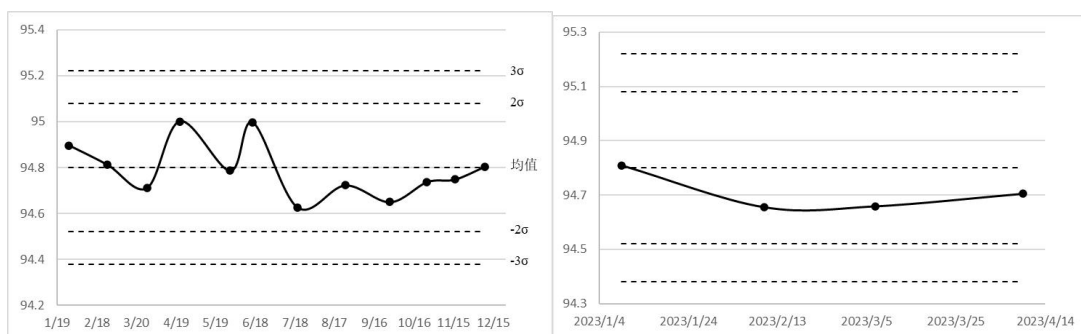


图 3.1-12 液闪 <sup>14</sup>C 效率质控图

Proficiency Test IAEA-TEL-2021-04 Evaluation Report Part II

Created on 2021-12-22

Values and uncertainties for Sample 4 (Japanese bamboo) in Bq/kg , for Sample 5 (water) in Bq/kg, for Sample 7 (Simulated Swipes) in Bq/sample

Evaluation Result Table for Sample 4

| Sample Code | Analyte | Target Value | Target Unc. | MARB | Rep. Value | Rep. Unc. | Rel. Bias | Robust SD | Z-Score | Accuracy | P    | Precision | Final Score |
|-------------|---------|--------------|-------------|------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|------|-----------|-------------|
| 4           | Cs-134  | 86.6         | 4           | 25 % | 62.9       | 4.4       | -7.37 %   | 10        | 2.37    | A        | 8.38 | A         | A           |
| 4           | Cs-137  | 2063         | 93          | 20 % | 2035       | 87        | -1.36 %   | 180.39    | 0.16    | A        | 6.21 | A         | A           |

Evaluation Result Table for Sample 5

| Sample Code | Analyte | Target Value | Target Unc. | MARB | Rep. Value | Rep. Unc. | Rel. Bias | Robust SD | Z-Score | Accuracy | P    | Precision | Final Score |
|-------------|---------|--------------|-------------|------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|------|-----------|-------------|
| 5           | Cs-134  | 19.05        | 0.86        | 30 % | 16.9       | 1.2       | -11.29 %  | 1.18      | 1.82    | A        | 8.41 | A         | A           |
| 5           | Cs-137  | 26.02        | 1.17        | 25 % | 31.4       | 2.0       | 20.68 %   | 1.29      | 4.17    | A        | 7.80 | A         | A           |

Evaluation Result Table for Sample 7

| Sample Code | Analyte | Target Value | Target Unc. | MARB | Rep. Value | Rep. Unc. | Rel. Bias | Robust SD | Z-Score | Accuracy | P    | Precision | Final Score |
|-------------|---------|--------------|-------------|------|------------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|------|-----------|-------------|
| 7           | Cs-137  | 11.2         | 0.6         | 20 % | 11.7       | 0.6       | 4.46 %    | 0.79      | 0.63    | A        | 7.42 | A         | A           |
| 7           | Pu-239  | 8.47         | 0.5         | 40 % | 8.41       | 0.38      | -0.71 %   | 1.39      | 0.04    | A        | 7.43 | A         | A           |

DISCLAIMER: This report has been generated automatically and is for your personal information only. The official results of the proficiency test will be published in the final report. If you find, that any information provided on this form might be incorrect please contact us as soon as possible. This report is only complete in combination with Part I.

Proficiency Test IAEA-TEL-2021-04 Evaluation Report Part II

Created on 2021-12-22

Intercomparison Parameter Evaluation: (Values for Sample 1,2,4,5 in Bq/kg, sample 7 in Bq/sample)

| Sample Code | Analyte     | Robust Mean | Robust SD | Rep. Value | Rep. Unc. | Z-Score | Z-Score Evaluation |
|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|---------|--------------------|
| 1           | gross_alpha | 105         | 26        | 106        | 11        | 0.04    | A                  |
| 1           | gross_beta  | 159         | 45        | 112        | 11        | 1.04    | A                  |
| 2           | gross_alpha | 97          | 28        | 89.5       | 9.0       | 0.27    | A                  |
| 2           | gross_beta  | 457         | 112       | 345        | 35        | 1.00    | A                  |
| 2           | H-3         | 1653.6      | 88.2      | 1563       | 65        | 0.92    | A                  |
| 5           | gross_alpha | 16.4        | 5.4       | 20.2       | 2.0       | 0.70    | A                  |
| 5           | gross_beta  | 33          | 9         | 23.8       | 2.4       | 1.02    | A                  |
| 5           | Pu-239      | 5.93        | 2.27      | 5.06       | 0.23      | 0.38    | A                  |
| 7           | gross_alpha | 7.64        | 1.34      | 6.77       | 0.68      | 0.65    | A                  |
| 7           | gross_beta  | 10.18       | 2.69      | 7.65       | 0.77      | 0.94    | A                  |

DISCLAIMER: This report has been generated automatically and is for your personal information only. The official results of the proficiency test will be published in the final report. If you find, that any information provided on this form might be incorrect please contact us as soon as possible. This report is only complete in combination with Part I.

图 3.1-13 IAEA 国际比对测量结果



图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况示意图

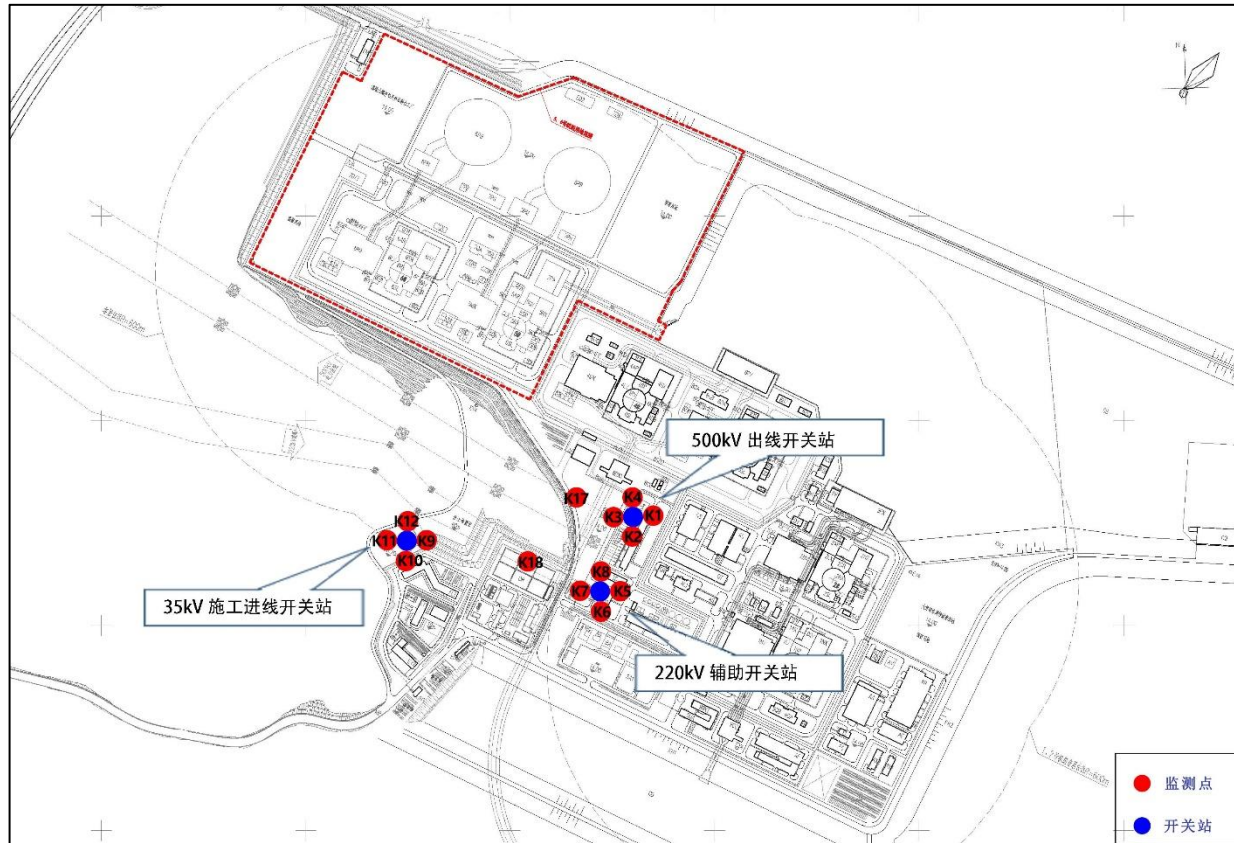


图 3.2-2 核电厂开关站及第一跨监测点设置示意图

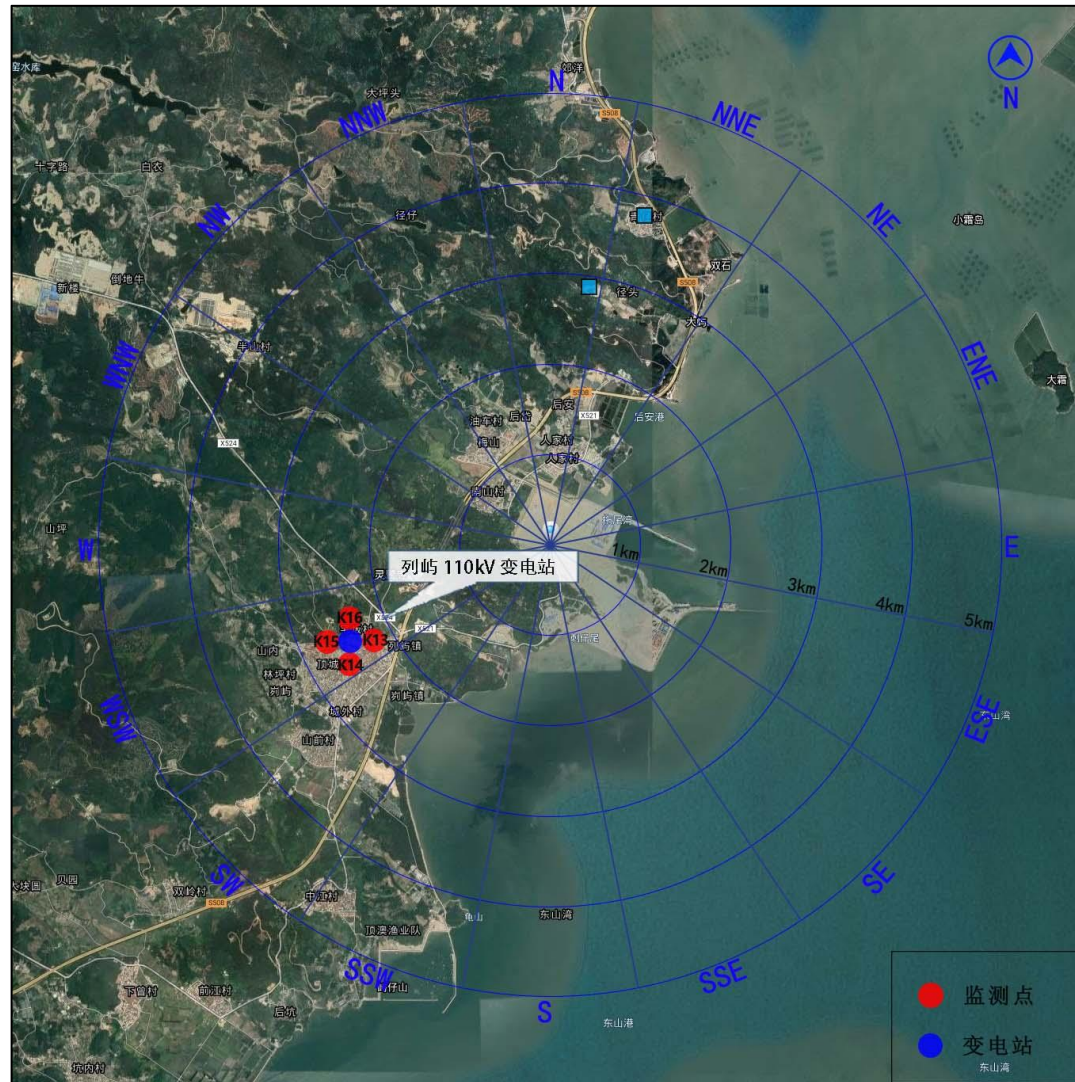


图 3.2-3 变电站监测点设置示意图

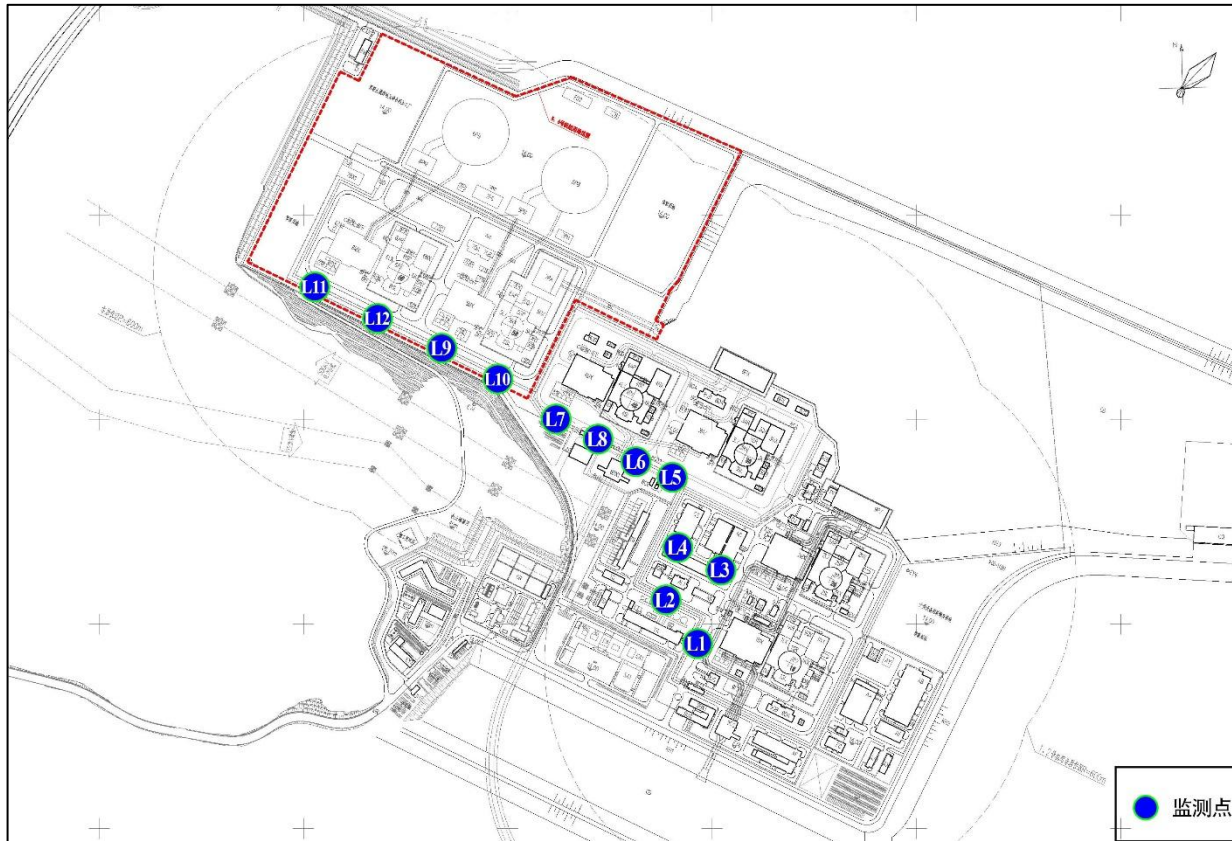


图 3.2-4 核电厂地下廊道监测点设置示意图

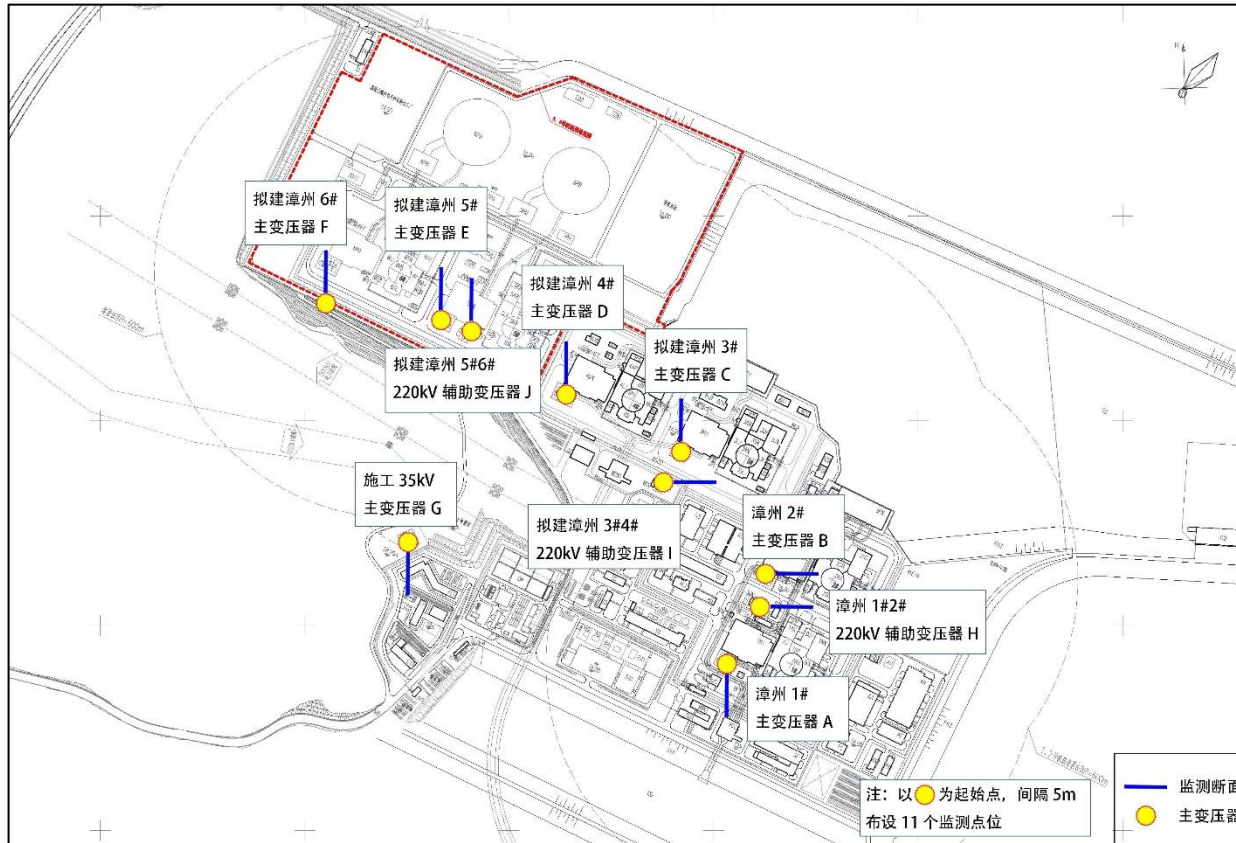


图 3.2-5 核电厂主辅变压器监测断面设置示意图

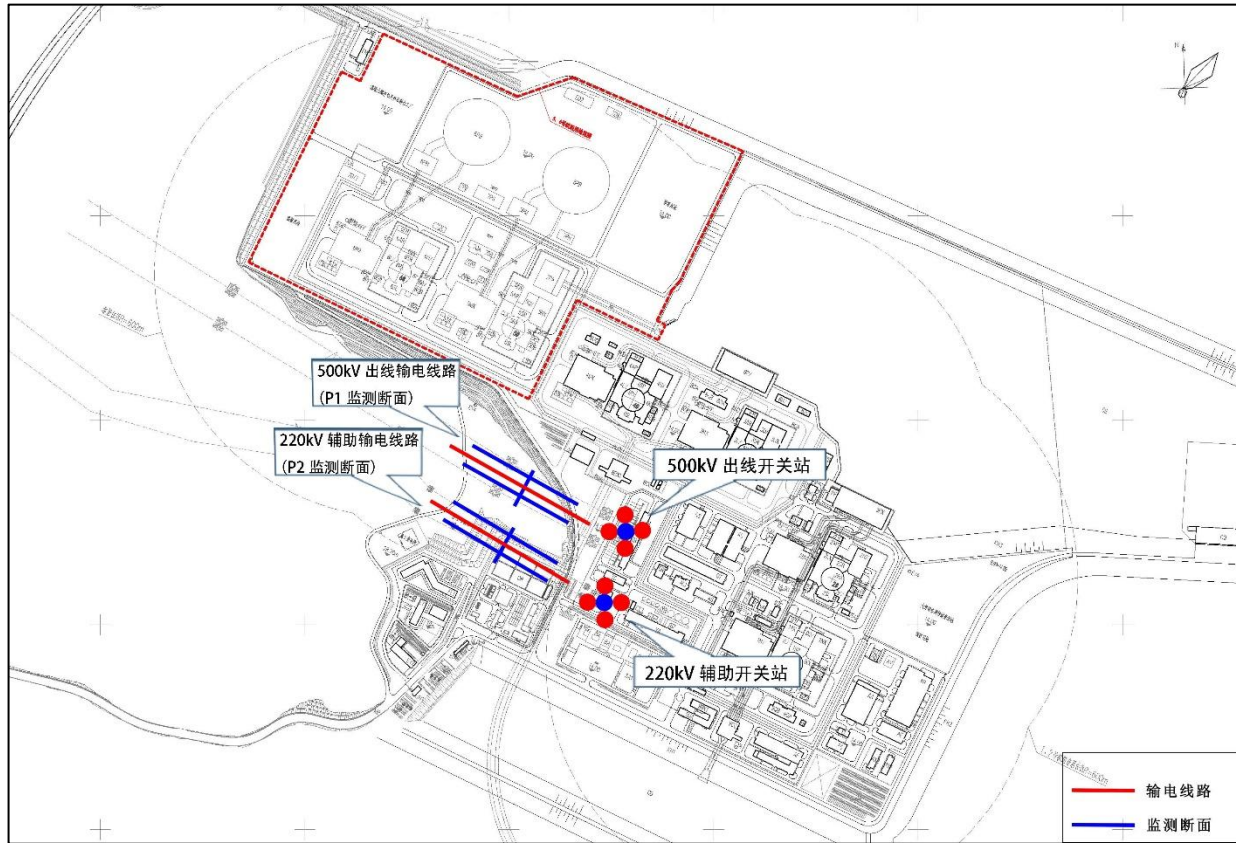


图 3.2-6 核电厂输电线路监测点设置示意图

## 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 输电系统

#### 4.4.2 差异分析

### 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 安全壳隔离系统

### 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

5、6号机组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。

5、6号机组主厂房布置在预留用地西部，主厂房受地基条件和东侧3、4号机组用地边界的限制，采用顺列式布置。

- 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和制氯站。

- 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、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、空气压缩机房、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。

#### 一 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

5、6号机组新建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。
- 利用本工程建设的时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，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

5、6号机组流出物排放口包括气载流出物排放口、液态流出物排放口和非放射性物质排放口。

##### （1）气载流出物排放口

气载流出物排放点：设置有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：液态流出物排放点为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。

厂区内的雨水及生产废水收集后排至3、4号机组虹吸井，最终经虹吸井排放至大海。

非放射性含油废水收集后排至非放射性含油废水集水池，经油水分离器处理后，达标的水排至虹吸井，最终经虹吸井排放至大海。污油通过污油泵输送至油污车运走。

## 4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

### 4.2.1 概述

福建漳州核电厂5、6号机组采用华龙一号（改进型）。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钎，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。福建漳州核电厂5、6号机组的设计在贯彻纵深防御概念时采用了

一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

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

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

——第三层次防御是必须提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如安全壳喷淋系统、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 CF3 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

CF3 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

CF3 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。其中控制棒组件为可动式相关组件，其余为固定式相关组件。相关组件用于反应堆的启停堆、变更功率、改善功率分布等。

#### 4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

##### 1) 系统功能

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

– 压力控制：在反应堆正常运行期间，通过稳压器控制冷却剂系统的压力，使其保持稳定。瞬态时，限制压力的变化范围，使其保持在允许的范围内。一旦反应堆冷却剂系统的压力达到安全阀的整定值时，则通过稳压器的安全阀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

泵的出口）经总管接到稳压器的汽相空间。

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

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

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

反应堆冷却剂系统的主要参数如下：

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

（稳压器设计温度 360 °C）

### 3) 主要设备

#### (1) 蒸汽发生器

蒸汽发生器用于生产饱和蒸汽。每台蒸汽发生器按满负荷运行时传递三分之一的反应堆热功率设计。蒸汽发生器的设计应能够在设计污垢系数及设计堵管量的条件下使电厂以

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（含反应堆厂房、核辅助厂房、核废物厂房和核燃料厂房）、安全厂房消防系统（含安全厂房和运行服务厂房）、柴油发电机厂房消防系统及移动式 and 便携式消防设备。BOP 各厂房包括泵站、除盐水处理站、办公楼、制氯站、辅助锅炉房、车间和食堂等，不存在较大的火灾危险，在厂房内均设置消火栓和手提式灭火器。常规岛消防系统，能通过自动水喷雾灭火系统、水喷水灭火系统、气体灭火系统以及消火栓和手提式灭火器，对常规岛内的一切火灾危险提供防护。

### 4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及厂房内的系统和设备。

#### 4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

蒸汽-电力转换系统接收来自核蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换为电能。本工程拟采用单轴、半转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个双流高压缸和两个双流低压缸组成。

蒸汽电力转换系统即二回路热力系统。主要包括：主蒸汽系统、汽水分离再热系统、凝结水系统、主给水系统、汽机旁路系统、汽机回热抽汽系统等。除蒸汽-电力转换系统

外还有抽真空系统，循环水系统，辅机冷却系统，闭式水系统等。

常规岛主蒸汽及疏水系统的主要功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽送到汽轮机主汽门发电，同时根据需要将主蒸汽送至汽机旁路系统，汽水分离再热器二级再热用汽，汽轮机轴封蒸汽系统，低负荷运行时除氧器加热蒸汽，辅助蒸汽系统。

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

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

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

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

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

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

#### 4.2.3.2 凝汽器

本项目采用海水冷却塔二次循环的冷却方式，凝汽器为双壳体、单流程、双背压、表面冷却式热交换器。凝汽器的壳体布置在汽轮机厂房运转层的下方，每台凝汽器壳体喉部均安装有复合低压加热器。凝汽器装有用于热井水位控制和取样的管道。凝汽器冷却管采用钛管。每个壳体均设置凝结水出口，通过支管汇集到凝结水母管，然后进入凝结水泵。

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

之外，还能够接收 85%满负荷主蒸汽流量的旁路蒸汽。

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

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

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

#### 4.2.3.3 废水处理

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水、海水。

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

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

海水为循环水管道检修、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

海水取自东山湾，作为核电厂循环水、重要厂用水等系统的水源，取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水、重要厂用水等系统的用水需求。

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<br>编号 | 循环水补水量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 预处理自用水量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 重要厂用水量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 海水制氯水量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 总水量(含每台机组<br>250m <sup>3</sup> /h 裕量) |                     |
|----------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------|
|          |                               |                                |                               |                               | (m <sup>3</sup> /h)                   | (m <sup>3</sup> /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 8800m<sup>3</sup>/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的电厂运行中断或启动应急系统的情况。

#### 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、生产等淡水用水由淡水厂提供；绿化、浇洒、降尘、洗车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、浇注、养护、系统冲洗、打压试验和系统充水和砌砖等施工用水。

本工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 2215m<sup>3</sup>/d，施工人员生活用水最大日用水量为 750m<sup>3</sup>/d。施工现场降尘和洗车用水量为 232m<sup>3</sup>/d。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 3525m<sup>3</sup>/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 5796m<sup>3</sup>/d，最大日用水量为 9282m<sup>3</sup>/d。本工程运行期正常运行设计耗水指标为 0.027m<sup>3</sup>/s·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。

漳州核电厂淡水厂的设计规模24000m<sup>3</sup>/d，能满足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140m<sup>3</sup>/d，再生水产生量约为126m<sup>3</sup>/d，可以满足绿化、浇洒、洗车等用水需求。

### 4.3.2 核电厂散热系统

漳州核电厂5、6号机组工程规划两台百万千瓦级压水堆核电机组，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，每台机组总的取水量约为3.7m<sup>3</sup>/s，总的排水量约为2.7m<sup>3</sup>/s，取水工程采用取水头部+取水暗管的方式，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。现阶段取排水工程方案为暂定方案，后续将根据用海、环评等相关评审意见进行比选论证，待取得最终成果后更新完善。

#### 4.3.2.1 取水系统

5、6号机组取水工程拟采用取水头部+取水暗管的方案，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15m×14.5m，采用现浇钢筋混凝土结构。取水头部通过取水暗管连接至取水泵房。每台机组各设置1根取水暗管，长度分别为246.45m和274.19m，内径2.2m，两端与取水泵房和取水头部构筑物相接。

#### 4.3.2.2 排水系统

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。

## 4.4 输电系统

### 4.4.1 输电系统

#### 4.4.1.1 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，各建设两台百万千瓦级压水堆核电机组。本期工程为扩建工程，拟建设两台机组，堆型为“华龙一号”，每台汽轮发电机组的额定容量为1230MW（暂定）、发电机额定电压为27kV（暂定），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。

本工程 500kV 配电装置选用 SF6 气体绝缘的全封闭组合电器（GIS），采用一个半断路器接线。漳州核电 1、2 号机组已一次建成 500kV 开关站土建部分，500kV GIS 设备已建成 2 回进线，4 回出线，共 2 个完整串及 2 个不完整串，主接线采用“3/2 接线”。3、4 号机组接入已建成的 500kV 开关站，3 号机组接入第 3 串，4 号机组接入第 4 串，将五峰出线从南侧改接到中间的终端塔。本期工程建设两台机组接入厂区已有 500kV 开关站，扩建 2 回发电机-变压器组进线，共 2 个不完整串，最终规模为 5 回架空线出线，6 回进线。

本工程辅助电源按 220kV 考虑，接入厂区已有 220kV 开关站，220kV 系统采用双母线接线方式。220kV 开关站土建部分于 1、2 号机组工程一次建成，电气留有扩建场地。220kV 开关站采用双母线接线，建设 2 回进线 2 回出线。漳州核电厂 3、4 号机组工程建设 2 回辅助变压器出线直接接入全厂 220kV 系统，形成 2 回进线 4 回出线。本期工程建设两台机组，共用两台辅助变，建设 2 回辅助变压器出线直接接入已有 220kV 系统，最终形成 2 回进线 6 回出线。

最终方案应以接入系统审查意见为准。

220kV 厂外辅助电源，在机组正常启动和停机过程中作为优先电源（500kV 主电源）的后备电源。

当机组失去优先电源时，常备厂用设备切换到厂外辅助电源（220kV 辅助电源）。在机组正常运行时，如中压母线失去厂用进线电源，则由厂外辅助电源（220kV 辅助电源）通过辅助变向厂用负荷供电。

在机组检修时，220kV 辅助电源可作为检修电源。

#### 4.4.1.2 开关站的选型和布置

500kV 主开关站与 220kV 开关站布置在厂区东南侧的开关站区域，其中 500kV 开关站以 500kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）与主变连接。为避免盐雾影响，主、辅开关站均选用室内型，配电装置采用 SF6 气体绝缘的全封闭组合电器（GIS）。

主变压器、高压厂用变压器、辅助变压器及其公用配电间布置在汽轮机厂房附近。

#### 4.4.1.3 与电力系统的连接

本工程以 500kV 主开关站作为发电和配电的连接枢纽，建设 5 回架空线，与外电网相连。

由于接入系统方案尚未确定，最终主接线方案应以接入系统审查意见为准。

#### 4.4.1.4 辅助电源

本期工程辅助电源直接接入漳州1、2号机组一期工程建成的220kV辅助开关站，扩建2回辅助变压器出线，接入全厂220kV系统。最终远景形成2回进线、6回出线。最终方案应以接入系统审查意见为准。

#### 4.4.2 差异性分析

本期工程新建2回发电机-变压器线路通过GIL直接接入500kV主开关站。500kV主电源系统与漳州核电一期工程接线方式相同，为“3/2接线”。本期工程利用原有厂外线路送出，不再新建出线线路。

本期工程新建2回辅助变出线，接入辅助开关站220kV系统，不再新建辅助开关站。

### 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、安全壳隔离系统。

#### 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，这取决安全壳完整性对它的要求。
- 喷嘴的设计能使液滴的直径符合最大限度地排热和尽可能高效除碘的要求。
- 安全壳喷淋系统作为能长期冷却安全壳的手段，它的热交换能力应足以排出余热，通过降低安全壳内压力和温度来防止安全壳超过设计条件。
- 按热阱温度等于历史记录的最高温度计算系统的热交换能力。
- 支撑喷嘴的喷淋环尽可能布置在穹顶下最高处，使水滴落差尽可能大。
- 喷淋管或喷淋环上的喷嘴的间距、位置、方位的选择使喷淋覆盖的面积尽可能大，在安全壳内尽可能均匀分布，重叠喷淋尽可能少，使喷淋能覆盖安全壳的横截面积。

##### 2) 对化学考虑

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

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

### 3) 单一故障准则的应用

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

喷淋子系统由两个容量为 100%且相互独立的系列组成。

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

供电由两列独立电源保证，并由应急柴油发电机组作备用。

两列电源和两列冷却水各自之间都有实体分隔和布置上的分离。

## (2) 系统描述

安喷系统由两个子系统组成：喷淋子系统和化学添加剂子系统。

### 1) 喷淋子系统

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

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

### 2) 化学添加剂子系统

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

### 3) 系统运行方式

当发生安全壳高压力信号时，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 8 小时，辅助贮水池的正常贮水量不能满足要求。此时，可由除氧装置向辅助贮水池补水，以保证有足够的水带走一回路热量。

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

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

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

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

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

#### 4.5.5 安全壳隔离系统

安全壳是阻挡核电厂放射性裂变产物释放到环境中去的最后一道实体屏蔽，在正常运行时以及在发生放射性物质释放到安全壳内的事故以后保证具有规定的密封性，为工作人员和公众提供辐射防护，并可保护核岛免受外部人为事件的危害。

考虑专设安全设施投入运行，安全壳结构设计成能承受设计基准事故引起的机械应力和热应力。设计基准事故是指反应堆冷却剂系统的管道瞬时双端环向断裂（LOCA），或者安全壳内二回路蒸汽管道断裂等事故。

本工程采用双层安全壳，内层安全壳是包容核蒸汽供应系统(NSSS)的主要物项，在所有可以想象的情况下提供对环境、工作人员和公众有效的辐射防护，这些情况包括导致安全壳内压力和温度急剧升高以及气态裂变产物释放的一回路冷却剂管道完全断裂的事故（LOCA 事故）。外层安全壳主要抵抗飞机撞击和龙卷风飞射物及外部爆炸等外部事件。

安全壳还应能承受由于安喷系统误投入运行造成的内部负压。

内层壳为带密封钢衬里的预应力钢筋混凝土结构，外层壳为钢筋混凝土结构。

为在事故工况下保持安全壳的密封性，防止放射性物质向环境释放超过可接受限值，贯穿内外壳的管线（专设安全设施运行所需要的管线除外），以及仅贯穿外层壳并与环形空间大气联通的管线在事故工况下必须能可靠地隔离，为此设置了安全壳隔离系统。

安全壳隔离系统的安全功能为：

（1）在反应堆失水事故时，隔离与专设安全设施无关的安全壳贯穿件，以减少放射性物质向大气的释放。

（2）在安全壳内出现各种高活度放射性物质情况下，隔离安全壳大气，防止和控制放射性物质向环境的释放。

（3）在主蒸汽管道破裂时，隔离蒸汽发生器，防止反应堆冷却剂系统过快降温或安全壳超压。

安全壳隔离系统的设计，每条管线上串联设置的安全壳电动隔离阀由不同的电源序列供电，所有气动隔离阀在失去非安全相关的仪表压缩空气系统后，处于关闭状态。因此任何单一故障都不会妨碍系统执行隔离功能。

内层安全壳设计，在失水事故时泄漏率不超过下面规定的最大泄漏率：在包容性失水事故下，规定总的最大泄漏率为 24 小时内不超过安全壳内气体质量的 0.3%。

外层安全壳的设计必须是密闭的，以便安全壳环形空间通风系统可以维持环形空间内的负压状态。

安全壳环形空间通风系统确保环形空间保持持续的负压状态，该负压状态能有效引导内、外部的泄漏都向该环形空间汇集，从而可以避免来自内层安全壳的泄漏（比如在发生失水事故时）直接进入环境。

在排放之前，内层安全壳和外层安全壳的泄漏要经过过滤。

安全壳设计要求能保护地下水，不使放射性核素或化学物质在事故工况下渗漏到地下水中。

## 4.6 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，系统的其他部分均为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

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

— 各种瞬态。

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

#### （1）设计基准

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

RVD系统采用的设计基准如下：

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

— 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；

— 非放射性疏水管道的的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；

— 地坑泵有足够的的能力，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；

— 采取预防措施在反应堆发生事故后使高放废液再注入反应堆厂房。

#### （2）系统描述

##### a) 反应堆冷却剂疏水子系统

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

##### b) 工艺疏水子系统

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

— 送至核辅助厂房工艺疏水坑，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的较高水平放废液再注入反应堆厂房。

##### c) 地面疏水子系统

该系统收集反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、安全厂房、核废物厂房的地面疏水；

该系统还收集人员通行厂房产生的淋浴废水，淋浴废水是放射性含量极低的放射性废水。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。

#### 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。
- 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。
- 收集在燃料厂房工艺疏水坑，再用泵输送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）。
- 收集在安全厂房工艺疏水坑中，再用泵输送至 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低液位整定值来分别控制泵的启动和关闭（逻辑）。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑。RVD 系统安全壳疏水坑可用于主管道及主蒸汽管道破前泄漏探测，泄漏监测仪表为抗震 1 类。

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

量计位于安全壳外，周期性地显示从安全壳内排出的水量。

位于反应堆堆腔和安全壳疏水坑之间的阀门，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。

在正常运行时，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 系统为单机组布置，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（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）。

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

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

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

本系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为  $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。冷凝液含硼量低于 5ppm，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。不合格的 ZBR 冷凝液可以送往 ZLT 处理或者 ZLD 系统监测排放；浓缩液含硼量约为 7000ppm，质量合格时可作为 4%硼酸溶液复用。

## （2）系统描述

ZBR 系统由三部分组成：

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

反应堆排出的含氢反应堆冷却剂由两个前贮槽接收。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。经取样分析监测合格后，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（ $> 5\text{ppm}$ ）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  $0.1\text{ppm}$  ( $100\mu\text{g/L}$ ) 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  $0.32\text{MPa}$ （绝压）之间变化。前贮槽除了有压力与液位检测报警外，槽顶气相与槽底液相管路上均设有安全阀可以保护贮槽。

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

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

蒸发操作前，要先用输送和混合泵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  $50^\circ\text{C}$ ，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；

— 如果冷凝液不合格，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氘浓度，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：

如果浓缩液合格，则用浓缩液泵送到 RBM 系统作为补给硼酸用；

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

如果浓缩液不合格（硼含量略高于 7700ppm），则可以用冷凝液稀释；

— 不合格的浓缩液也可以送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理（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

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  $10\text{m}^3/\text{h}$ ，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  $3.5\text{t/h}$ ，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。

— 蒸发净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

— 除盐净化单元是手动启动的，运行稳定后，即进入自动控制状态。

#### 4.6.2.4 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）。

— 核岛疏水排气系统（RVD）排水。

— 核岛液态流出物排放系统（ZLD）地坑疏排水。

— 固体废物处理系统（ZST）的疏水。

##### ② 常规废水

— 蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

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

c) 将超过排放限值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

##### （2）系统描述

ZLD 系统设置三个 1000m<sup>3</sup> 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涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线厂房内的部分材料为不锈钢，TR 沟内的部分均为不锈钢。该管线上的其它

设备的材料采用不锈钢。

### （3）系统运行

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

排放管上的 IRM 监测系统对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

当排放槽液态流出物放射性浓度超过排放限值时，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，下泄流流过上泄孔板进行降压，再流过上泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄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，可以再流过上床除盐装置。

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、燃耗和氙毒变化所引起的反应性的慢变化。

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

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：60m<sup>3</sup>/h；

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

c) 反应堆换料水池过滤回路

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

(2) 系统描述

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 450m<sup>3</sup>/h，由流量计监测。

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

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

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

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

— 反应堆换料水池和附属回路。

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

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

余热排出系统保持反应堆换料水池的冷却剂最高温度为 60℃。

#### 4.6.2.8 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 26t/h）。

b) 经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

##### （2）系统描述

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

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

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热交换器，或非再生热交换器。一般来说，在电厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热交换器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热交换器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热交换器进行冷却。再生热交换器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热交换器的冷却水则为设备冷却水。

排污水由热交换器冷却至与离子交换树脂相适应的温度（即45~56°C左右）之后，通过一个减压和流量控制阀，将热交换器下游的压力限制到1.4MPa（表压）。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为5 $\mu$ 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 $\mu$ 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，排污水经过再生热交换器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在10~76.5t/h之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

#### b) 特殊稳态运行

##### ① 使用非再生热交换器

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

##### ② 向常规岛液态流出物排放系统的排放

当向凝汽器的排污循环不可用时，排污将引向常规岛液态流出物排放系统的排放槽，

进行分析后向环境排放，或者输送到废液处理系统待处理。

### ③ 特殊瞬态运行

#### — 蒸汽发生器的疏水

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

#### — 蒸汽发生器传热管断裂

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

### 4.6.2.9 常规岛液态流出物排放系统（WQB）

#### （1）设计基准

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

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

— TTB 系统排放的液态流出物。

— 其它：如 WQB 泵房地坑内的废液。

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

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

将超过允许排放限值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理。

#### （2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽，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，也用于废液排放或将废液送回废液处理系统（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 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。

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

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

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废液。

#### 4.6.2.10 放射性废液排放源项

在反应堆正常运行期间放射性废液的排放量取决于：

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

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。

现实工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 1.06E+00GBq/a，液态氙为 38.6TBq/a，液态 C-14 为 10GBq/a；保守工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 7.59E+00GBq/a，液态氙为 43.6TBq/a，液态 C-14 为 26.8GBq/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活性炭滞留衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

##### （2）设计基准

废气处理系统（ZGT）的设计基准如下：

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

— ZGT 系统是按照中华人民共和国核安全法规中的有关规定进行设计，并且满足了国家标准 GB/T22158-2021《核电厂防火设计规范》的要求；

— ZGT 系统要能在主要设备停运检修（单一故障）期间和产生过多废气量期间提供足够的处理能力，所以主要能动设备都考虑冗余：含氢废气子系统的含氢废气压缩机的容量为 $2\times 100\%$ ；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功能等级 NC，屏障等级 B-SC3 级和抗震类别 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 NH 厂房的通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

#### 2) 含氧废气子系统

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

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

#### （4）系统运行

##### 1) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

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

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在4.5~97.5个小时内以预定的流量排放到NH厂房VNA系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

在衰变箱排放总管上还设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放阈值时，发出报警信号，并连锁关闭排放阀，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 NH 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）

#### — 核燃料厂房

- 核燃料厂房通风系统（VFL）

#### — 核辅助厂房

- 核辅助厂房通风系统（VNA）

#### — 核废物厂房

- 核废物厂房通风系统（VRW）

- 附属厂房

- 卫生出入口通风系统（WCV）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

- 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；
- 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；
- 没有沾污的房间每小时换气次数为 0.5 次。

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

- 蓄电池房间在事故工况下每小时换气次数为 12 次。

### （2）设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风进风口。

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环。

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中。

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

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

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

### （3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

- 进风预过滤器

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

- 排风预过滤器

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

- 高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为 95%。

- 高效空气粒子过滤器（HEPA）

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

过滤器由标准尺寸的单元构成，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

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

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

##### a) 安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统冷却安全壳内的设备。

CCV 系统所考虑热负荷主要来自反应堆厂房内的设备（包括堆坑和控制棒驱动机构区域）。为使混凝土内应力低于容许极限，混凝土的内外温差不得超过 40℃。在反应堆厂房内，CCV 系统作为一个再循环系统运行。

##### b) 安全壳空气净化系统（CUP）

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

CUP 系统吸入安全壳内的部分空气，经预过滤器、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。只有在污染情况下，工作人员进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统。为维修人员提供保证安全工作的条件。

CUP 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由安装在混凝土小室内的净化机组和环形区的两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100% 的净化回路组成，包括：

- 电动隔离阀；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 碘吸附器（净化系数（对甲基碘） $> 1000$ ）；
- 手动平衡阀。

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

### c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统包含以下三个子系统：

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

- 降低安全壳内空气放射性水平；
- 在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差。

- 安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa 时，进行安全壳排气。

— 泄漏试验子系统，使用压缩空气生产系统（WAS）或外接空压机给安全壳加压。

— 安全壳大气监测子系统。本系统能够完成下述功能：

- 监测安全壳大气的温度和压力。
- 用 IRM（电厂辐射监测系统）辐射监测设备监测安全壳的空气放射性污染水平。

### d) 安全壳换气通风系统（CSV）

每个机组的反应堆厂房中，CSV 系统设计成：

— 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度。

— 减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便在冷停堆期间尽可能快地允许工作人员持续进入。

— 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐处在轻微负压状态下。

CSV 系统是直流式通风系统，从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统（VNA）排至烟囱后向大气排放。

### e) 环形空间通风系统 CAV

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

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

CAV 系统组成如下：

— 带有隔离阀和防火阀的排风管；

— 一个正常排风子系统；

— 两个事故排风子系统。

CAV 包括以下三个子系统：

1) 正常排风子系统由一台预过滤器（过滤效率：85%）、一台高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））和配有止回阀的排风机组成。

2) 两个事故排风子系统的组成均包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 一台碘吸附器（净化系数（对甲基碘） $> 1000$ ）；
- 一台100%容量并联的排风机，并配有止回阀。

f) 安全厂房控制区通风系统（VMO）

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

VMO系统最小换气次数大于1次/时。

VMO系统的功能是：

- 正常运行工况下，保证安全厂房控制区房间内的设备正常工作和运行人员进入所需的环境温度；
- 在设备维修和定期试验时维持适当的环境条件，允许人员进入电机房进行维修；
- 在应急硼注泵运行时，启动循环冷却机组保持应急硼注泵间正常温度条件；
- 在堆腔注水冷却泵运行时，启动循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，失电时，一列由接WSC系统的循环冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件，另一列由直接蒸发式冷却机组保持堆腔注水冷却泵的电机房正常温度条件；
- 接到安注指令时，正常送排风系统停运，低流量排风子系统启动，保证相应区域负压，防止放射性物质外泄。排风经碘过滤机组排至烟囱。

VMO系统由主控制室远距离控制。

VMO系统的正常通风子系统组成如下：

- 两台并联连接的100%容量的空气处理机组（过滤器、冷却盘管、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（过滤效率：85%）、高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 三台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；
- 两台并联连接的100%容量的排风机，配有止回阀；

- 送、排风管道；
- 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

- 两台串联的 100%容量的加热器；
- 排风过滤机组包括：高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法）、碘过滤器（净化系数（对甲基碘） $> 1000$ ）；
- 两台并联连接的 100%容量的排风机，配有止回阀；
- 排风管道；
- 防火阀。

#### g) 核燃料厂房通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

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

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统的设计都能保持其功能。同时，事故工况下使用的低流量排风子系统设有应急电源。

VFL 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

- 预过滤器（过滤效率：85%）；
- 高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 平衡阀；
- 两台 100%容量并联的排风机，装有逆止阀；
- 一支通向烟囱的排气管，配有两个冗余设置的快速关闭阀门，在事故时把系统与室外隔离。

#### h) 核辅助厂房通风系统（VNA）

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行或工作人员的健康要求；
- 按辐射防护分级，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；
- 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

- 减少释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；
- 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

- 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统（CSV）所需要的风量及过滤要求。

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

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

### ① 正常送风机组

正常送风机组由以下部件组成：

- 四台 50%冗余配置的空调机组，每台空调机组包括：

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）

- 一台高效过滤器（其效率至少为 95%）

- 一台冷却盘管

- 一台风机

- 止回阀；

- 一台加热盘管，服务于 CSV 系统，由 WHD 系统提供热水；

- 加配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管道；

### ② 电气柜房间循环冷却机组

循环冷却空调机组，包括：

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）

- 一台风机

- 一台冷却盘管，由 WSC 系统提供冷水

- 带有平衡阀和防火阀的通风管道。

### ③ 碘排风机组

两个容量为 100%的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

- 两台电加热器；

- 一台过滤器箱体，每台过滤器箱体包括：

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

- 一台高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；

- 一台碘吸附器（净化系数（对甲基碘） $>1000$ ）；
- 一台配有止回阀的风机；
- 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

#### ④ 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

- 四台并联的过滤器箱体，每台过滤器箱体包括：
  - 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
  - 一台高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 四台 50%冗余设置的风机，并联连接，并配置止回阀（两用两备）；
- 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

#### ⑤ 排风烟囱

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

#### ⑥ 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电散热器和电加热器，以防止发生任何结晶的可能。

##### i) 核废物厂房通风系统（VRW）

VRW 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核废物厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行和工作人员的健康要求；
  - 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；
  - 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；
- 房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

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

##### ① 正常送风子系统

正常送风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、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（过滤效率：85%）；

- 一台高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 一台风机。

### 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（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 一台风机。

### ③ 碘排风子系统

碘排风子系统由2台100%容量的机组（一用一备）以及配有平衡阀、止回阀、隔离阀和防火阀的碘排风管路组成，每台机组包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化效率 $\geq 99.99$ （钠焰法））；
- 一台碘吸附器（净化系数（对甲基碘） $> 1000$ ）；
- 一台风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

### j) 卫生出入口通风系统（WCV）

本系统为卫生出入口采暖通风与空调，为运行人员及维修人员提供进出通道。该系统三个独立的子系统：

- 冷区通风子系统
- 热区通风子系统
- 制冷机房通风子系统

本系统的主要功能如下：

——保证附属厂房运行服务人员及维修人员进入所需的环境温度和房间内的设备正常工作；

——为房间提供适当的换气次数；

——发生制冷剂泄漏事故时，保证WNC制冷机房的排风。

冷区通风子系统采用一次回风的方式连续运行，包括主通风管路、回风管路和排风管路。

主通风管路包括下列主要设备和阀门，包括：

一台 100%风量的空调机组，包括：

一台预过滤器；

一台高效过滤器；

一台加热器；

一台冷却盘管；

一台送风机及相应阀门；

回风管路包括：

·一台回风机及相应阀门；

排风管路包括：

·一台直排风机及相应阀门；

热区通风子系统采用直流式全新风系统，该子系统包括：

·一台 100%风量的送风空调机组，包括：

一台预过滤器；

一台高效过滤器；

一台加热器；

一台冷却盘管；

一台送风机及相应阀门；

·一台过滤器箱体包括：

一台预过滤器；

一台高效空气粒子过滤器；

·一台排风机及相应阀门；

热区通风子系统是直流式通风系统，从附属厂房排出的空气排至烟囱后向大气排放。

制冷机房通风子系统为循环冷却系统，设置一台循环冷却机组，循环冷却机组的主要作用为：当 WNC 制冷机组工作时，维持房间一定温度。

#### 4.6.3.3 放射性废气排放源项

气载放射性流出物主要来源于主冷却剂脱气（含氢废气）和各厂房的通风排放（含氧废气），具体为：

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；

- 辅助厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放。

现实工况下一台机组的惰性气体排放量为  $9.76\text{E}+02\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $1.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为  $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为  $4.29\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为  $220\text{GBq/a}$ ；保守工况下一台机组的惰性气体排放量为  $5.85\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $7.67\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为  $9.36\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为  $4.84\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为  $3.65\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

#### 4.6.4 放射性固体废物管理

放射性固体废物管理主要包括固体废物处理系统（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（NH）和核废物厂房（QF）内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可压实废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和不可压实的金属部件组成，收集在塑料袋内。

###### 4.6.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物达到适宜运输、贮存和处置的要求。

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

本系统设计所采用的主要标准规范：

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| — 《核动力厂环境辐射防护规定》              | GB 6249-2011    |
| — 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》     | GB 9132-2018    |
| — 《放射性物质安品运输规程》               | GB 11806-2019   |
| — 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》         | GB 12711-2018   |
| — 《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》         | EJ 1042-2014    |
| — 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》   | GB14589-93      |
| — 《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》 | GB 36900.2-2018 |
| — 《低水平放射性废物包特性鉴定——水泥固化体》      | GB 41930—2022   |

#### 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（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。漳州 5、6 号机组中，NH 厂房内部分以及 QF 厂房内部分为漳州 5、6 号机组新建工程，QS 及 QT 为已建厂址机组的共用设施。

##### （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 QF 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至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 NH 厂房和 QF 厂房的废树脂贮槽中，用屏蔽运输车送到废物处理中心的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在废物处理中心厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NH 厂房直接装入容器桶。然后贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NH 厂房的废树脂贮槽中，然后送到废物处理中心进行烘干后装入 200L 金属桶。

将核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一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可压实干废物、需要烘干的潮湿干废物和不可压实废物进行处理：杂项干废物→分拣→烘干（必要时）→剪切（必要时）→初级压实→超级压实→水泥固定→200L 钢桶封盖→表面剂量率和表面污染检测→送固体废物暂存库暂存。

#### （4）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（随漳州 1、2 号机组建设），用于暂存六台机组五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯的临时贮存场所。

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。轻微污染废物贮存部分贮存轻微污染的大尺寸废物和通风废过滤器芯。

贮存的放射性废物贮存一定年限后，转运到放射性固体废物处置场进行处置。

#### 4.6.4.1.4 系统运行

##### （1）浓缩液的处理

浓缩液收集于 QF 厂房的浓缩液贮槽内，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 NH 厂房的废树脂用水力输送至 NH 厂房的废树脂贮槽，产生在 QF 厂房的废树脂和废活性炭用水力输送至 QF 厂房的废树脂贮槽，再用废树脂运输车运送到废物处理中心废树脂接收槽。最后将废树脂和废活性炭用锥形干燥器干燥后装入 200L 钢桶，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废过滤器芯运输车上的屏蔽容器，再通过屏蔽运输车和辊道送到废物处理中心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收集在不同颜色的塑料袋内，送到废物处理中心进行分拣、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的废物包送到固体废物暂存库暂存。

### (5) 废物包暂存

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

#### 4.6.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

##### 1) 浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯的源项

浓缩液、废树脂和废活性炭源项计算依据的主冷却剂裂变产物源项分为现实工况和设计工况两类；对于活化腐蚀产物，也考虑现实工况和设计工况两类，现实工况基于运行经验反馈数据的平均值，设计工况基于经验反馈数据的最大值。

经分析，在分析固体废物源项的过程中，现实工况对应的主冷却剂源项能够在一定的保守范围内，反映机组正常运行过程中的现实状态，因此，在分析固体废物源项的过程中，可以考虑用于固体废物现实源项的分析。

设计工况对应的主冷却剂源项能够在一定的范围内，包络机组运行过程中可能出现的各种预期运行事件，因此，在分析固体废物设计源项的过程中，可以考虑用于固体废物设计源项的分析，该设计源项可用于固体废物总量估算以及废物管理的辅助决策，而不用于辐射屏蔽设计。

结合现实源项和设计源项的考虑，对 ZBR、ZLT、RCV、RFT 和 TTB 系统产生的放射性废物采用现实源项和设计源项进行了分析和计算，确定了上述系统浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯整备前后的活度水平。

#### 4.6.4.2 废物最小化

##### 4.6.4.2.1 废物最小化原则

在核电厂设计、建造、运行和退役过程中，通过废物的源头控制、再循环与再利用、

清洁解控、优化废物处理和强化管理等措施，经过代价利益分析，使最终放射性固体废物产生量（体积和活度）可合理达到尽量低。

核电厂废物最小化应以确保安全为前提，以废物处置为核心，通过技术和管理措施实现废物最小化，遵循源头控制优先、全过程管理、全员责任和持续优化的原则。

#### 4.6.4.2.2 设计阶段的废物最小化

##### 4.6.4.2.2.1 控制放射性废物产生的设计措施

本工程在废物最小化方面主要通过源头控制、合理分类收集处理和改进处理工艺来实现，拟采取以下主要措施：

###### (1) 源头控制

— 核岛内 16"以下管道法兰密封不采用含银垫片，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

###### (2) 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜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

— 浓缩液采用减容效果更为明显的处理工艺。浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块。

— 废树脂和废活性炭采用减容效果更为明显的处理工艺。废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶。

— RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用尺寸较小的过滤器芯，ZST 系统使用 200L 钢桶作为废过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

#### 4.6.4.3 废物最终处置

计划定期向放射性废物处置场运输废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为漳州1、2号机组的固体废物暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场。放射性废物运输必须遵守国标GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》和GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》。

由于区域处置场尚未选址，待处置场选址后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。

#### 4.6.5 乏燃料贮存系统

乏燃料贮存系统是用于暂时贮存和转运乏燃料组件的系统，包括燃料转运舱、乏燃料贮存水池、乏燃料贮存格架、容器装载井、容器准备井以及乏燃料水池冷却和处理系统等设施、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

为满足漳州核电厂 5、6 号机组的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理。

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、调节反应堆的反应性、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

漳州核电厂 5、6 号机组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、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

除盐水生产系统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。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，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<sub>3</sub>，它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、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，投加至向循环水系统和重要厂用水系统，以抑制藻类、微生物、海生物等繁殖，防止水质恶化，避免藻类、微生物、海生物等附着管道、设备等；配制外购的阻垢缓蚀剂，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；配制外购的非氧化杀生剂，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，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；非氧化性杀生剂等药剂暂按 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，为取水头部加药备用加药点。

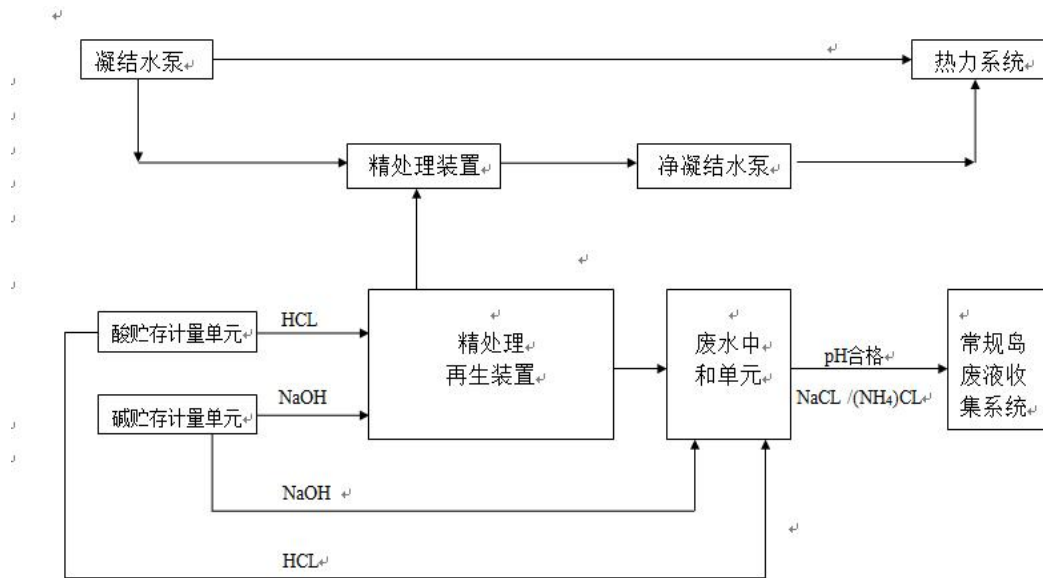
上述投加的化学物质最终与循环水系统排水一起排放至大海。

### （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

凝结水精处理系统包含化学物质使用及排放的工艺流程简图如下：



#### 4.7.1.2 废水来源及排放

漳州核电厂 5、6 号机组排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

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。

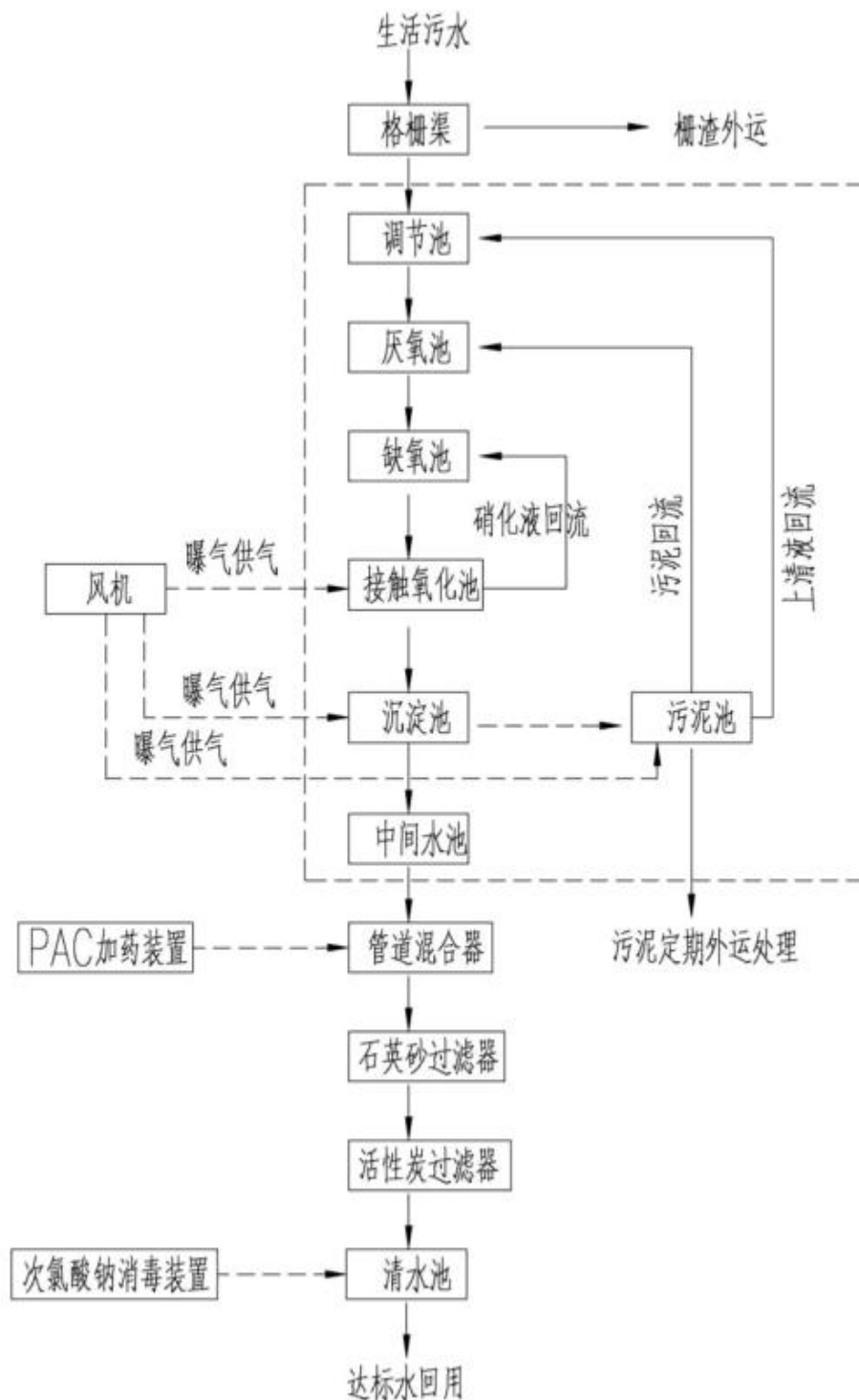
#### 4.7.2 生活废物

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 1.05 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、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》中的一级 A 标准后，回用于绿化及道路浇洒等。处理过程中产生的生活污水定期外运处理。本工程与漳州 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 450m<sup>3</sup>/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 140m<sup>3</sup>/d，大修和启动工况增加至 351m<sup>3</sup>/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

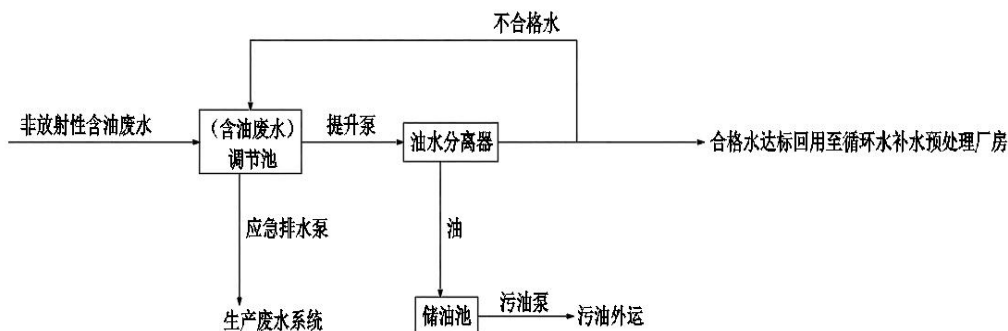
本工程运行期产生的其它废物主要为非放射性生产废水、固体废物等。

#### 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。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》（GB8978-1996）中的一级标准（石油类 $<5\text{mg/L}$ ），经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房，回用剩余水量排入东山湾海域；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、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，回用剩余水量排入东山湾海域。

#### 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《危险化学品目录》（2022 调整版），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《危险化学品目录》（2022 调整版），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。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 <sub>2</sub> |

首循环 177 组燃料组件，平衡循环每次换料 72 组。

新燃料运输容器特性：

|       |      |
|-------|------|
| ·货包类型 | A（F） |
|-------|------|

新燃料运输容器由上、下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上、下壳体的连接用螺栓锁紧。上壳体设有吊装环、下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装载新燃料组件。支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量装置，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两组组件，两组组件间设有中子吸收板，容器内充以保护性气体，以避免污染。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

燃料组件供货数量，以及备用组件的数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足平衡换料循环的要求。每台新燃料容器可装载 2 组新燃料组件，每台机组采用 36 台容器运输，每一年半运输一次，可满足要求。

### 4.8.2 乏燃料运输

从核电站卸下的乏燃料在乏燃料贮存水池暂存若干年后，将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池作后处理前的暂存。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要做经常性的运输，需要换下来的可以存放在乏燃料贮存水池内，在反应堆退役时作为废弃物运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，平衡循环每 18 个月平均换料 72 组燃料组件。按平衡换料数量考虑，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

漳州 5、6 号机组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。漳州 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漳州 5、6 号机组新建工程，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（随漳州 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，然后送到废物处理中心贮存衰变，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，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽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。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。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  $2\text{mSv/h}$ ，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。

漳州 5、6 号机组产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有干燥废树脂、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。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。

计划定期向放射性废物处置场运输废物包，首次运输时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为漳州 1、2 号机组的固体废物暂存库，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 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》和 GB 41930—2022《低水平放射性废物包特性鉴定-水泥固化体》的要求。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》的要求。

## 第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

### 5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

### 5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.2.3 减轻施工过程对海域环境影响的措施

### 5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.2 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 土石方开挖和土建阶段监测点设置情况

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

5、6 号机组工程用地面积为 59.40hm<sup>2</sup>(未含厂外租地面积)，均为预留建设用地。5、6 号机组无陆域新增用地。

### 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，仅厂区北侧需要回填部分海域。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还绿等措施，对地形地貌改造的影响是局部的，对地形地貌改造的影响较小。

#### 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  $\text{SO}_2$  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  $\text{NO}_x$  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  $\text{SO}_2$  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  $\text{NO}_2$  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  $\text{NO}_x$  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  $17\sim 64\text{mg}/\text{m}^3$  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  $250\mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $\text{PM}_{10}$  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  $PM_{2.5}$  日均浓度范围在未检出～ $66\mu g/m^3$ ，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）规定的二级标准  $150\mu g/m^3$  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  $PM_{2.5}$  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。施工期的生产废水部分经澄清后回用于混凝土养护等，部分经处理达到《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或外运处理。施工生产废水排放量不大。

满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）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。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。

因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

#### （1）施工期用水量

本工程施工期用水主要为淡水，主要包括施工生产用水和施工生活用水。施工生产用水主要包括生产、浇注、养护、系统冲洗、打压试验和系统充水和砌砖等施工用水。施工生活用水供给施工人员生活用水。

本工程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 750m<sup>3</sup>/d。施工现场道路和场地浇洒用水量为 232m<sup>3</sup>/d。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 3525m<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>，97%可供水量达 2.13 亿 m<sup>3</sup>，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

根据取排水工程方案规划，福建漳州核电厂 5、6 号机组取水工程拟采用取水头部+取水暗管的方案，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，施工围堰为抛石斜坡堤结构，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，成鱼一般会主动避开。高浓度悬浮颗粒扩散场对海洋生物仔幼体会造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡，大量悬浮物造成水体严重缺氧而导致生物死亡。

取水头部施工位于已建取水明渠底部，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 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水构筑物。综上，5、6 号机组海域工程施工均不会对东山湾内的水质环境造成不利影响。

## 5.2.3 减轻施工过程对海域环境影响的措施

### （1）减少围填泥沙入海污染海洋环境影响的措施

①避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。

②将施工期环保要求列入招投标内容。

(2) 减轻疏浚过程对海域环境影响的环保措施

①基槽和爆破挤淤淤泥清淤时，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 GB3552-2018《船舶水污染物排放控制标准（发布稿）》要求后到港外排放，禁止在港内排放。

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

### 5.3 施工影响控制

#### 5.3.1 水土保持方案

《漳州核电厂 5、6 号机组水土保持方案报告书》正在编制过程中，待报告书通过评审后补充相关内容。

#### 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。

#### 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 GB12523-2011 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（X531）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，SO<sub>2</sub>、

NO<sub>x</sub> 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, PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub> 日均值每天采样 1 次, 每次连续采样 20h; SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、NO<sub>x</sub> 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 中的标准。

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,  $\text{mg}/\text{m}^3$  或  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

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

当  $I_i$  值大于 1 时该污染物浓度为超标, 反之为未超标。

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

### 5.3.6.1.5 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》（HJ 2.4-2021）要求，所有监测点在昼间和夜间分别进行测量，昼间监测时段为 6:00~22:00，夜间监测时段为 22:00~次日 6:00，连续监测两天（每个测点昼夜各两组有效数据）。

对于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》（GB 3096-2008），监测点距离任何反射物（地面除外）至少 3.5m。监测时噪声分析仪置于三脚架上，传声器距地面的垂直距离 1.5m，并加防风罩，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 <sub>2</sub>   | 150   | 500   | μg/m <sup>3</sup> |
| NO <sub>2</sub>   | 80    | 200   |                   |
| PM <sub>10</sub>  | 150   | /     |                   |
| PM <sub>2.5</sub> | 75    | /     |                   |
| TSP               | 300   | /     |                   |
| CO                | 4     | 10    | mg/m <sup>3</sup> |
| NO <sub>x</sub>   | 100   | 250   | μg/m <sup>3</sup> |

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 <sub>x</sub> | 0.12        | mg/m <sup>3</sup> |
| SO <sub>2</sub> | 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       |      | 昼间 | 夜间 | 单位    |
|----------|------|----|----|-------|
| 声环境功能区类别 |      |    |    |       |
| 0 类      |      | 50 | 40 | dB(A) |
| 1 类      |      | 55 | 45 |       |
| 2 类      |      | 60 | 50 |       |
| 3 类      |      | 65 | 55 |       |
| 4 类      | 4a 类 | 70 | 55 |       |
|          | 4b 类 | 70 | 60 |       |

注：0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

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

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

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

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

## 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

漳州附近海域环境敏感性较高，漳州核电厂 1-4 号机组循环水系统已经采用直流冷却方案，如本工程继续采用直流冷却方案，初步判断温排水温升影响范围与现状工程海域环保相关要求不完全相符，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 左右，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、重要水系统相关设施及循环水系统相关设施，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。

漳州核电厂 5、6 号机组工程规划两台百万千瓦级压水堆核电机组，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，每台机组总的取水量约为 3.7m<sup>3</sup>/s，总的排水量约为 2.7m<sup>3</sup>/s，取水工程采用取水头部+取水暗管的方式，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。现阶段取排水工程方案为暂定方案，后续将根据用海、环评等相关评审意见进行比选论证，待取得最终成果后更新完善。

5、6 号机组取水工程拟采用取水头部+取水暗管的方案，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 15m×14.5m，采用现浇钢筋混凝土结构。取水头部通过取水暗管连接至取水泵房。每台机组各设置 1 根取水暗管，长度分别为 246.45m 和 274.19m，内径 2.2m，两端与取水泵房和取水头部构筑物相接。

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，研究一般气象条件和极端气象条件下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) 5、6 号机组运行后，与 4 台机组工况比较，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，5、6 号机组运行后，对工程区海域流态及水动力影响甚微。

(2) 由于 5、6 号机组取排水流量较小，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 0.2~1.5m，南侧滩面淤积 0.2~2.5m，排水明渠西侧滩面淤积 0.2~0.8m 左右，取水明渠外深槽冲刷 0.2~2m 左右，北堤头外冲刷 0.5~2.5m 左右，南堤头冲刷 0.5~1.0m。排水口南侧有小范围条形淤积，淤积 0.2~1.0m，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正在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 号机组采用暗涵排水方案。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 0.41km<sup>2</sup>，1℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 32.9km<sup>2</sup>；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 0.48km<sup>2</sup>，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 2.59km<sup>2</sup>。

#### 6.1.2.2.2 温排水与海洋生态保护红线相符性

根据自然资源部办公厅于 2022 年 10 月 14 日发布的《自然资源部办公厅关于北京等省（市、区）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，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，符合福建省“三区三线”划定成果。

#### 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，5、6 号机组 1℃温升区有极小区域进入东山湾特殊用海区（优先保护单元），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，漳州核电 5、6 号机组符合《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），福建漳州核电厂 5、6 号机组温排水 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，福建漳州核电厂 5、6 号机组温排水符合《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

根据福建省人民政府 2018 年 8 月 21 日《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 5、6 号机组温排水影响范围主要分布在“东山湾列屿四类区”（FJ135-D-II）、“东山湾漳州核电三类区”（FJ-152-C-II）和“东山湾二类区”（FJ137-B-II）。“东山湾列屿四类区”（FJ135-D-II）水质保护近期目标执行《海水水质标准》中的第二类海水水质标准，远期执行第三类海水水质标准；“东山湾漳州核电三类区”（FJ-152-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）水质保护近、远期目标执行《海水水质标准》中的第二类海水水质标准。本工程冬季 2℃、夏季 1℃温升影响范围进入“东山湾二类区”（范围很小），基本符合现行《福建省近岸海域环境功能区划》。

根据漳州市生态环境局关于征求《漳州市近岸海域环境功能区划（2023-2035 年）》（征求意见稿）意见的函及相关文件，福建漳州核电厂 5、6 号机组温排水影响范围主要分布在“东山湾漳州核电三类区”（ZZ27-C-II）和“东山湾列屿四类区”（ZZ-28-D-II）。根据与区划修订单位自然资源部第三海洋研究所咨询情况，“东山湾漳州核电三类区”（ZZ27-C-II）水质保护目标执行《海水水质标准》中的第二类海水水质标准（水温执行第三类海水水质标准）、“东山湾列屿四类区”（ZZ-28-D-II）水质保护目标执行《海水水质标准》中的第二类海水水质标准（水温执行第三类海水水质标准）。本工程温排水影响范围符合修订后的《漳州市近岸海域环境功能区划（2023-2035 年）》。

### 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

漳州核电厂 5、6 号机组每台机组冷却水取水量为 3.7m<sup>3</sup>/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℃ 以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0℃）产卵。

在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃ 范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，但仅限于排放口附近，排放口以外海域由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。目前漳州核电厂 5、6 号机组海洋环评工作正在开展，待后续取得最终成果后补充完善。

### 6.1.4 冷却塔的影响

本工程计划建设 2 台华龙一号改进型机组，其中每台机组配一座 18000m<sup>2</sup> 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

由飘滴引起地面沉积水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，福建漳州核电厂 5、6 号机组 2 座冷却塔布置在北侧时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盐沉积量均未超过  $1000\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，初步判断，由漳州 5、6 号机组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，预计福建漳州核电厂 5、6 号机组冷却塔布置于北侧时形成雾羽“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

福建漳州核电厂 5、6 号机组采用“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，冷却塔噪音影响超过了《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 软件计算厂界及居民区的噪音可以降至《声环境质量标准》所要求限值。

## 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

本工程两台华龙一号机组运行状态下，气载流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

| 核素类别                    | 本工程两台机组排放量设计值 Bq/a | 两台机组排放量控制值 Bq/a | 比值     |
|-------------------------|--------------------|-----------------|--------|
| 惰性气体                    | 1.17E+14           | 8.00E+14        | 14.63% |
| 碘                       | 1.53E+09           | 2.33E+10        | 6.57%  |
| 粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ） | 1.87E+08           | 6.67E+10        | 0.28%  |
| 氚                       | 9.68E+12           | 2.00E+13        | 48.40% |
| C-14                    | 7.30E+11           | 9.33E+11        | 78.24% |

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

本厂址共规划建设 6 台机组，厂址 6 台机组运行状态下，气载流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

| 核素类别                    | 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 | 本工程两台机组排放量设计值 | 6 台机组总排放量设计值 Bq/a | 6 台机组排放量控制值 Bq/a | 比值     |
|-------------------------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------|------------------|--------|
| 惰性气体                    | 1.17E+14           | 1.17E+14           | 1.17E+14      | 3.51E+14          | 2.40E+15         | 14.63% |
| 碘                       | 1.92E+09           | 1.92E+09           | 1.53E+09      | 5.37E+09          | 8.00E+10         | 6.71%  |
| 粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ） | 1.87E+08           | 1.87E+08           | 1.87E+08      | 5.61E+08          | 2.00E+11         | 0.28%  |
| 氚                       | 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         | 78.29% |

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

### （2）液态途径

本工程运行状态下，液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址液态流出物年排放量控制值的比较如下：

| 核素类别 | 本工程两台机组排放量设计值 Bq/a | 两台机组排放量控制值 Bq/a | 比值     |
|------|--------------------|-----------------|--------|
| 氚    | 8.72E+13           | 1.00E+14        | 87.20% |
| C-14 | 5.36E+10           | 2.00E+11        | 26.80% |
| 其余核素 | 1.52E+10           | 6.67E+10        | 22.79% |

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

厂址 6 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址液态流出物年排放量控制值的比较如下：

| 核素类别 | 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 | 本工程两台机组排放量设计值 | 6 台机组总排放量设计值 Bq/a | 6 台机组排放量控制值 Bq/a | 比值     |
|------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------|------------------|--------|
| 氚    | 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 | 1.42E+10           | 1.42E+10           | 1.52E+10      | 4.36E+10          | 2.00E+11         | 21.80% |

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

本工程运行状态下，核岛及 BOP 液态流出物排放浓度为 472.05Bq/L，常规岛液态流出物排放浓度为 5.42Bq/L，均满足我国国标 GB6249-2011 的要求。

## 6.2.2 照射途径

### （1）气态途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

### （2）液态途径

本工程运行状态下，液态放射性流出物与循环冷却水混合后排入临近海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

本工程所在厂址为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌

溉的照射途径不予考虑。

### 6.2.3 计算模式与参数

#### （1）气态途径

本工程气载流出物在大气中迁移和扩散的计算采用的是 XOQDOQ-2.0 程序。XOQDOQ-2.0 由美国西北太平洋实验室（PNL）1982 年按照 RG1.111《估计轻水堆正常释放的气态物质的大气迁移和扩散方法》中的模型方法为美国核管会开发，该模式与我国核安全导则 HAD101/02 所建议采用的模式基本一致。美国核管会审查人员用该程序来评估轻水堆核电站常规的长期释放或预期的间歇排放情况下的大气弥散。该程序可以处理混合排放、受地形影响而造成的烟云滞留问题以及地形对气态弥散的影响。气载流出物对公众辐射剂量的估算采用 AIRDOS-EPA 程序计算。

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  $2.42E-10 \text{ s/m}^3 \sim 2.47E-06 \text{ s/m}^3$ ，相对干沉积因子范围为  $1.38E-12 \text{ m}^{-2} \sim 5.47E-08 \text{ m}^{-2}$ ，相对湿沉积因子范围为  $6.98E-13 \text{ m}^{-2} \sim 1.93E-09 \text{ m}^{-2}$ 。年均大气弥散因子及相对干沉积因子最大值出现在 SW 方位 0-1km 处，相对湿沉积因子最大值出现在厂址 NE 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—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，气载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  $1.04E-06 \text{ Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $5.65E-05 \text{ Bq/m}^3$ （I-131）、 $1.33E-01 \text{ Bq/m}^3$ （Kr-85）。液态流出物排口处各类放射性核素浓度也都符合 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  $5.96E-07 \text{ Sv/a}$ 、 $5.88E-07 \text{ Sv/a}$ 、 $5.74E-07 \text{ Sv/a}$ 、 $3.60E-07 \text{ Sv/a}$ 。

##### （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  $2.72\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.39\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.15\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.72\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。

### （3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $3.32\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $4.98\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.72\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $7.32\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为  $4.98\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占本工程个人剂量约束值（ $0.08\text{mSv/a}$ ）的 6.23%。

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  $1.14\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $1.42\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $9.30\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.39\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为  $1.42\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的 5.68%。其中气态途径剂量为  $1.82\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径剂量为  $1.24\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 。

## 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“非人类物种”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

### 6.2.7.4 参数选取

由生物的剂量率限值（ERICA 推荐所有生物的筛选值为  $10\mu\text{Gy/h}$ ）反推出各核素在环境介质中对不同生物的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、介质、生物种类

有关，是一般筛选方法的技术基础。

#### 6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

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  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，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  $1.42\text{E-}01$  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收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  $1.08\text{E-}06$  Sv/a、 $1.30\text{E-}06$  Sv/a、 $8.88\text{E-}07$  Sv/a、 $2.41\text{E-}07$  Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 N 方位 1~2km 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  $1.30\text{E-}06$  Sv/a，其中气载途径所致的剂量为  $1.98\text{E-}07$  Sv/a，液态途径所致的剂量为  $1.10\text{E-}06$  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 66.42%；

其次为地表沉积外照射，约占气态途径总剂量的 25.23%；空气浸没外照射和吸入内照射途径分别占气态途径的 2.24%和 5.99%。气态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占气态剂量的 51.23%；其它贡献较大的核素为 H-3 和 Co-60，分别占气态途径总剂量的 21.03%和 11.16%。

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 99.96%。液态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占液态途径总剂量的 77.12%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 I-131，分别占液态途径总剂量的 11.54%和 3.20%。

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，所造成的剂量为  $1.10\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 84.69%；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 10.14%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为  $9.50\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 73.24%；另外，Co-60 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 11.50%和 3.88%。

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  $2.66\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.19\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.28\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $6.85\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 N 方位 1~2km 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  $3.19\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，所造成的剂量为  $2.64\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 82.76%；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 12.29%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为  $2.19\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 68.65%；另外，Co-60 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 12.96%和 3.87%。

## 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

漳州核电厂 5、6 号机组工艺系统中化学污染物对环境的其它影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

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

循环水处理系统对流经循环水系统的海水作冲击加氯处理，对流经重要厂用水系统的海水作连续和冲击加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

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。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加药备用加药点，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。

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（ $\text{NH}_2\text{Cl}$ ）、二氯胺（ $\text{NHCl}_2$ ）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要的因素是残余氯在海区中的稀释与扩散，冷却水排入海域后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯亦得到稀释，不断扩散到海区中去，并进一步得到消耗。循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度很低。

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（ $\text{HOCl}$  和  $\text{OCl}^-$ ），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（ $\text{NH}_2\text{Cl}$  和  $\text{NHCl}_2$ ）。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、 $\text{NH}_3$  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初步计算结果，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。

### 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

本工程精处理再生处理过程中投加 HCL 和 NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用使 pH=6~9，然后通过废水泵送到常规岛废液收集系统（QB）。再生废水中的主要物质是 NH<sub>4</sub>CL 和 NaCL。其中对环境产生影响的是 NH<sub>4</sub>CL，排放浓度为 2.8mg/L。氨氮排放满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准（15mg/L），允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。因此，不会影响附近海域的海水质量。

## 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为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项所产生的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》（GB8978-1996）中的一级标准（石油类<5mg/L），经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房；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。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。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的再生水全部回用，非放射性生产废水尽可能回用，仅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。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 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：

工频电场/工频磁场：田湾核电厂厂区工频电场强度监测值在0.164V/m~1428.52V/m之间，工频磁场强度监测值在0.036 $\mu$ T~9.793 $\mu$ T之间；输电线路工频电场强度监测值范围在1.326V/m~2044.64V/m之间，工频磁场强度监测值在0.035 $\mu$ T~6.817 $\mu$ T之间；田湾核电厂厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在0.118V/m~106.80V/m之间，工频磁场强度监测值在0.038 $\mu$ T~0.087 $\mu$ T之间。根据以往工程经验，机组正常运行时，开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外0-5m处，最大磁场强度一般在中相导线的正下方附近，然后随距离增加而降低。距离田湾核电站厂址及500kV开关站出线至第一跨处输电线路最近的自然村位于厂址NNW方位约1.4km处，此处工频电场监测值为0.371V/m，工频磁场监测值为0.043 $\mu$ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

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 $\mu$ 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 $\mu$ 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<br>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           |      | 1.08E-06 | 6.90E-07 | 4.66E-07 | 1.67E-07 | 1.57E-07 | 8.31E-09 | 7.75E-09 | 7.50E-09 | 7.35E-09 | 7.24E-09 | 7.18E-09 |
| NNE         |      |          |          | 4.78E-07 |          | 1.58E-07 | 8.82E-09 | 8.08E-09 | 7.75E-09 | 7.56E-09 | 7.43E-09 | 7.35E-09 |
| NE          |      |          |          |          |          | 1.60E-07 | 9.89E-09 | 8.77E-09 | 8.26E-09 | 7.96E-09 | 7.76E-09 | 7.62E-09 |
| ENE         |      |          |          |          |          | 1.60E-07 | 9.58E-09 | 8.46E-09 | 7.96E-09 |          |          |          |
| E           |      |          |          |          |          | 1.60E-07 |          |          |          |          |          |          |
| ESE         |      |          |          |          |          | 1.60E-07 |          |          |          |          |          |          |
| SE          |      |          |          |          |          | 1.58E-07 |          |          |          |          |          |          |
| SSE         |      |          |          |          |          | 1.57E-07 |          |          |          |          |          |          |
| S           |      |          |          |          |          | 1.59E-07 |          |          |          |          |          |          |
| SSW         |      |          |          |          |          | 1.68E-07 | 1.30E-08 |          |          |          |          |          |
| SW          |      |          |          | 5.97E-07 | 2.03E-07 | 1.66E-07 | 1.23E-08 | 1.01E-08 | 9.14E-09 | 8.66E-09 | 8.35E-09 | 8.12E-09 |
| WSW         |      |          | 8.18E-07 | 5.11E-07 | 1.78E-07 | 1.60E-07 | 9.63E-09 | 8.57E-09 | 8.10E-09 | 7.85E-09 | 7.67E-09 | 7.56E-09 |
| W           |      |          | 0        |          | 1.64E-07 | 1.56E-07 | 8.10E-09 | 7.66E-09 | 7.45E-09 | 7.32E-09 | 7.24E-09 | 7.18E-09 |
| WNW         |      | 9.77E-07 |          | 4.48E-07 | 1.61E-07 | 1.55E-07 | 7.73E-09 | 7.42E-09 | 7.27E-09 | 7.18E-09 | 7.12E-09 | 7.07E-09 |
| NW          |      | 1.01E-06 |          |          |          | 1.55E-07 | 7.83E-09 | 7.48E-09 | 7.32E-09 | 7.22E-09 | 7.16E-09 | 7.11E-09 |
| NNW         |      | 1.07E-06 |          |          | 1.65E-07 | 1.56E-07 | 8.07E-09 | 7.61E-09 | 7.40E-09 | 7.28E-09 | 7.21E-09 | 7.14E-09 |

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<br>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           |      | 1.30E-06 | 8.46E-07 | 5.75E-07 | 1.67E-07 | 5.28E-08 | 4.62E-09 | 4.03E-09 | 3.78E-09 | 3.63E-09 | 3.53E-09 | 3.46E-09 |
| NNE         |      |          |          | 5.87E-07 |          | 5.38E-08 | 5.13E-09 | 4.38E-09 | 4.04E-09 | 3.85E-09 | 3.72E-09 | 3.63E-09 |
| NE          |      |          |          |          |          | 5.63E-08 | 6.22E-09 | 5.08E-09 | 4.56E-09 | 4.25E-09 | 4.05E-09 | 3.92E-09 |
| ENE         |      |          |          |          |          | 5.58E-08 | 5.90E-09 | 4.76E-09 | 4.25E-09 |          |          |          |
| E           |      |          |          |          |          | 5.66E-08 |          |          |          |          |          |          |
| ESE         |      |          |          |          |          | 5.61E-08 |          |          |          |          |          |          |
| SE          |      |          |          |          |          | 5.39E-08 |          |          |          |          |          |          |
| SSE         |      |          |          |          |          | 5.28E-08 |          |          |          |          |          |          |
| S           |      |          |          |          |          | 5.52E-08 |          |          |          |          |          |          |
| SSW         |      |          |          |          |          | 6.41E-08 | 9.36E-09 |          |          |          |          |          |
| SW          |      |          |          | 7.05E-07 | 2.04E-07 | 6.28E-08 | 8.72E-09 | 6.42E-09 | 5.46E-09 | 4.97E-09 | 4.66E-09 | 4.42E-09 |
| WSW         |      |          | 9.72E-07 | 6.20E-07 | 1.79E-07 | 5.58E-08 | 5.95E-09 | 4.88E-09 | 4.39E-09 | 4.14E-09 | 3.95E-09 | 3.84E-09 |
| W           |      |          |          |          | 1.64E-07 | 5.21E-08 | 4.39E-09 | 3.94E-09 | 3.73E-09 | 3.60E-09 | 3.51E-09 | 3.45E-09 |
| WNW         |      | 1.20E-06 |          | 5.57E-07 | 1.61E-07 | 5.13E-08 | 4.03E-09 | 3.70E-09 | 3.55E-09 | 3.45E-09 | 3.39E-09 | 3.35E-09 |
| NW          |      | 1.23E-06 |          |          |          | 5.15E-08 | 4.12E-09 | 3.77E-09 | 3.60E-09 | 3.50E-09 | 3.43E-09 | 3.38E-09 |
| NNW         |      | 1.29E-06 |          |          | 1.65E-07 | 5.22E-08 | 4.37E-09 | 3.90E-09 | 3.68E-09 | 3.56E-09 | 3.48E-09 | 3.43E-09 |

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<br>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           |      | 8.88E-07 | 5.61E-07 | 3.75E-07 | 6.86E-08 | 2.22E-08 | 3.32E-09 | 2.76E-09 | 2.51E-09 | 2.37E-09 | 2.28E-09 | 2.21E-09 |
| NNE         |      |          |          | 3.87E-07 |          | 2.32E-08 | 3.81E-09 | 3.11E-09 | 2.77E-09 | 2.60E-09 | 2.46E-09 | 2.37E-09 |
| NE          |      |          |          |          |          | 2.55E-08 | 4.87E-09 | 3.76E-09 | 3.26E-09 | 2.99E-09 | 2.79E-09 | 2.65E-09 |
| ENE         |      |          |          |          |          | 2.50E-08 | 4.55E-09 | 3.45E-09 | 2.97E-09 |          |          |          |
| E           |      |          |          |          |          | 2.58E-08 |          |          |          |          |          |          |
| ESE         |      |          |          |          |          | 2.54E-08 |          |          |          |          |          |          |
| SE          |      |          |          |          |          | 2.32E-08 |          |          |          |          |          |          |
| SSE         |      |          |          |          |          | 2.22E-08 |          |          |          |          |          |          |
| S           |      |          |          |          |          | 2.45E-08 |          |          |          |          |          |          |
| SSW         |      |          |          |          |          | 3.31E-08 | 7.86E-09 |          |          |          |          |          |
| SW          |      |          |          | 5.02E-07 | 1.04E-07 | 3.17E-08 | 7.25E-09 | 5.05E-09 | 4.14E-09 | 3.68E-09 | 3.36E-09 | 3.15E-09 |
| WSW         |      |          | 6.84E-07 | 4.19E-07 | 8.00E-08 | 2.51E-08 | 4.62E-09 | 3.59E-09 | 3.11E-09 | 2.86E-09 | 2.70E-09 | 2.59E-09 |
| W           |      |          |          |          | 6.59E-08 | 2.15E-08 | 3.11E-09 | 2.69E-09 | 2.47E-09 | 2.35E-09 | 2.27E-09 | 2.21E-09 |
| WNW         |      | 7.92E-07 |          | 3.58E-07 | 6.33E-08 | 2.08E-08 | 2.75E-09 | 2.45E-09 | 2.30E-09 | 2.21E-09 | 2.16E-09 | 2.11E-09 |
| NW          |      | 8.19E-07 |          |          |          | 2.10E-08 | 2.86E-09 | 2.51E-09 | 2.35E-09 | 2.25E-09 | 2.18E-09 | 2.15E-09 |
| NNW         |      | 8.82E-07 |          |          | 6.71E-08 | 2.17E-08 | 3.09E-09 | 2.64E-09 | 2.43E-09 | 2.31E-09 | 2.23E-09 | 2.18E-09 |

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<br>km | 0--1 | 1--2     | 2--3     | 3--5     | 5--10    | 10--20   | 20--30   | 30--40   | 40--50   | 50--60   | 60--70   | 70--80   |
|-------------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N           |      | 2.41E-07 | 1.30E-07 | 7.90E-08 | 8.72E-09 | 3.10E-09 | 1.32E-09 | 1.03E-09 | 9.03E-10 | 8.29E-10 | 7.81E-10 | 7.46E-10 |
| NNE         |      |          |          | 8.65E-08 |          | 3.77E-09 | 1.66E-09 | 1.26E-09 | 1.08E-09 | 9.74E-10 | 9.03E-10 | 8.51E-10 |
| NE          |      |          |          |          |          | 4.97E-09 | 2.20E-09 | 1.61E-09 | 1.32E-09 | 1.17E-09 | 1.07E-09 | 9.98E-10 |
| ENE         |      |          |          |          |          | 4.40E-09 | 1.87E-09 | 1.35E-09 | 1.10E-09 |          |          |          |
| E           |      |          |          |          |          | 4.71E-09 |          |          |          |          |          |          |
| ESE         |      |          |          |          |          | 4.50E-09 |          |          |          |          |          |          |
| SE          |      |          |          |          |          | 3.44E-09 |          |          |          |          |          |          |
| SSE         |      |          |          |          |          | 2.99E-09 |          |          |          |          |          |          |
| S           |      |          |          |          |          | 4.09E-09 |          |          |          |          |          |          |
| SSW         |      |          |          |          |          | 8.73E-09 | 3.66E-09 |          |          |          |          |          |
| SW          |      |          |          | 1.56E-07 | 2.77E-08 | 8.21E-09 | 3.44E-09 | 2.27E-09 | 1.77E-09 | 1.52E-09 | 1.35E-09 | 1.23E-09 |
| WSW         |      |          | 2.06E-07 | 1.06E-07 | 1.50E-08 | 4.77E-09 | 2.05E-09 | 1.48E-09 | 1.23E-09 | 1.10E-09 | 1.01E-09 | 9.44E-10 |
| W           |      |          |          |          | 7.46E-09 | 2.79E-09 | 1.23E-09 | 1.00E-09 | 8.90E-10 | 8.25E-10 | 7.81E-10 | 7.50E-10 |
| WNW         |      | 1.81E-07 |          | 6.87E-08 | 6.08E-09 | 2.42E-09 | 1.06E-09 | 8.95E-10 | 8.09E-10 | 7.60E-10 | 7.29E-10 | 7.05E-10 |
| NW          |      | 1.98E-07 |          |          |          | 2.52E-09 | 1.11E-09 | 9.22E-10 | 8.29E-10 | 7.76E-10 | 7.41E-10 | 7.15E-10 |
| NNW         |      | 2.37E-07 |          |          | 7.98E-09 | 2.84E-09 | 1.21E-09 | 9.72E-10 | 8.60E-10 | 7.99E-10 | 7.56E-10 | 7.27E-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<br>漳州核电3、4号机组2*1200 MW<br>漳州核电5、6号机组2*1200 MW             | 田湾1、2号机组2*1060 MW<br>田湾5、6号机组2*1000 MW<br>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<br>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，一个220kV辅助开关站，6台主变压器                             |
| 厂区外电磁辐射源 | 1座110kV变电站、35kV施工进线输电线<br>1条500kV出线输电线路，1条220kV输电线路                           | 3条500kV输电线，1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 6249-2011），在厂址审批阶段，应对选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。在此对本工程选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

#### 7.1.1.1 事故描述

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、环境影响报告、应急响应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 NRC 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，考虑公众受到烟云外照射和空气吸入内照射两种途径的影响。

外照射剂量转换因子取自 GB18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002。采用厂址 2030 年的预期人口数据计算集体剂量。

### 7.1.3 事故后果评价

#### 7.1.3.1 评价标准

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于  $2 \times 10^4$  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 6mSv，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 1.52mSv，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 2.40%和 0.61%；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 193 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 0.965%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）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 处的剂量后果满足标准规定的非居住区剂量控制值；距反应堆中心 5000m 处的剂量后果满足标准规定的规划限制区剂量控制值；厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量满足标准规定的集体剂量控制值。从事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 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳仍能保证芯块不漏失，不会发生燃料芯块散落的情况。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

### 7.2.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未达到

贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国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

漳州 5、6 号机组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。漳州 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漳州 5、6 号机组新建工程，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（随漳州 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，然后送到废物处理中心贮存衰变，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，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输

安全。屏蔽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 HIC 后暂存。司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过  $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。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  $2\text{mSv/h}$ ，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。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全，运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施，降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。放射性废物运输车辆司机上岗前经过驾驶训练和培训，在运输过程中严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

### 7.3 其它事故

在本电站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 80km 范围内没有百万人以上的大城市

厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口中心。

厂址半径 5km 范围内有幼儿园 5 所，学校 5 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 9 座，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 15km 范围内共有 5 个消防队，总的最大出勤人力 77 人，配备车辆 16 辆。

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 1061.4km，其中沈海高速公路 24.8km，国道 324 线 39.2km（二级），省道漳东线 21.4km（二级），县道六条 165km（三级），乡道 215km（四级），通村及其他 596km。

厂址半径 5km 范围内涉及交通道路为疏港公路、县道云四线和沿海大通道，另外包含列屿镇有乡道 7 条，陈岱镇 12 条。

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乡镇，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

#### 8.2.3 气象监测

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

#### 8.3.2 环境监测设施

#### 8.3.3 监督性监测系统

### 8.4 质量保证

#### 8.4.1 质量控制

#### 8.4.2 质量管理

表：

表 8.1-1（1/2） 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

表 8.1-1（2/2） 福建漳州核电厂运行期间环境监测大纲

表 8.1-2（1/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表

表 8.1-2（2/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表

表 8.1-2（3/3） 环境辐射监测各核素、方法汇总表

表 8.1-3 漳州核电项目监督性监测系统项目建设内容和规模

表 8.1-4 漳州核电厂内应急巡测点位置表

表 8.2-1 铁塔气象观测要素技术指标一览表

表 8.2-2 地面观测主要气象要素技术指标一览表

表 8.3-1 漳州核电厂厂外环境监测站一览表

表 8.3-2 环境 $\gamma$ 辐射监测站主要设备及其性能指标

表 8.3-3 环境/应急监测车及环境介质采样车主要设备配备表

表 8.3-4 环境实验室主要房间功能及面积

表 8.3-5（1/2） 环境实验室的设备及性能指标

表 8.3-5（2/2） 环境实验室的设备及性能指标

表 8.3-6 监督性监测子站位置信息

**图：**

图 8.1-1 漳州核电项目前沿站位置图

图 8.1-2 漳州核电项目监督性监测子站位置图

图 8.1-3 漳州核电厂厂内应急巡测点位置图

图 8.1-4 漳州核电厂应急监测路线

图 8.2-1 厂址气象站与厂址的相对位置示意图

图 8.2-2 气象观测系统总体构成

图 8.3-1 固定连续监测点位分布图（厂内固定监测点）

图 8.3-2 漳州核电项目监督性监测子站和厂外环境监测站位置图

图 8.3-3 漳州核电项目前沿站位置图

图 8.3-4 环境实验室布局示意图（一层）

图 8.3-5 环境实验室布局示意图（二层）

图 8.3-6 环境实验室布局示意图（三层）

## 8.1 辐射监测

### 8.1.1 流出物监测

福建漳州核电厂 5、6 号机组运行期间流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。其中，气载和液态放射性流出物是造成环境污染和居民受照剂量的主要源项，因此在流出物监测中对气载和液态放射性流出物进行重点监测。

放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规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 6249-2011      | 《核动力厂环境辐射防护规定》  |
| GB 11217-89       | 《核设施流出物监测的一般规定》   |
| GB/T 7165.1-2005  | 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》  |
| GB/T 7165.2-2008  | 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》   |
| GB/T 7165.3-2008  | 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》   |
| GB/T 7165.4-2008  | 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》  |
| GB/T 7165.5-2008  | 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》   |
| GB/T 12726.1-2013 | 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 1 部分：一般要求》  |
| GB/T 12726.2-2013 | 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》  |
| 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）》  |
| ANSI N13.1-2011   | 《Sampling and Monitoring Releases of Airborne Radioactive Substances from the Stacks and Ducts of Nuclear Facilities》 |

#### 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载和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放量控制值和营运单位规定的排放管理目标值；

（2）为判明本工程的运行以及放射性废物的处理和装置的工作是否正常有效提

供数据和资料；

(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) 使公众确信本工程的放射性物质排放确实受到严格的控制；

(5) 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；

(6) 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 制定监测方案的原则

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) 对于分批排放，排放前取样分析；

(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总量限值和排放浓度上限值，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 气载放射性流出物监测

对核电厂气载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。本工程采用为单堆布置，核岛反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、人员通行厂房、安全厂房等的放射性排放经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放。本工程采用单机组布置方案，每个机组设有一个排风烟囱，常规岛放射性气体均送至核岛烟囱统一进行排放，因此，气载放射性流出物监测集中对核岛烟囱和常规岛通风排放管道中排放的气体进行监测，并对烟囱排气进行取样测量。

(1) 气载放射性流出物连续监测

1) 放射性惰性气体连续监测

烟囱放射性惰性气体监测分为正常情况监测和事故情况监测。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。惰性气体连续监测设备属 F-SC2 级设备，有显示、记录打印和报警功能。惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，这些要求包括：

- 系统设计为冗余监测，冗余设备之间进行实体隔离和电气隔离；
- 采用不间断电源供电；
- 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 对设备进行预先的质量鉴定，确保设备在事故后环境条件及地震条件下能保持正常运行；

- 对设备进行定期试验、校准。

## 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) 气载放射性流出物取样测量

在烟囱气载流出物连续监测管路并行设置了取样装置，用于对气载流出物进行取样，所取样品送至厂区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、 $^3\text{H}$  及  $^{14}\text{C}$ 。惰性气体为定期取样，气溶胶、碘、 $^3\text{H}$  及  $^{14}\text{C}$  均为连续取样。

### (3) 取样代表性

对于气载流出物，将主要从以下几方面考虑取样代表性：

- 取样位置应位于烟囱内的一定高度处，确保取样气体已充分混合；
- 烟囱取样头的结构进行特殊设计，保证取得有代表性的气体流出物样品；
- 取样管道全部采用特殊的内抛光管；
- 合理选择取样管道的直径和流量，尽量减少取样管道的长度和弯头个数，取样头到气溶胶取样器之间避免使用阀门、扩大管、减压器等部件，必须使用的阀门选择直通型，以尽可能减少气溶胶和碘粒子在管路中的沉积。

#### 8.1.1.4 液态放射性流出物监测

放射性废液主要来自废液处理系统、放射性废水回收系统、蒸汽发生器排污系统蒸汽发生器排污液、常规岛废液收集系统等等，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排放前的取样测量和排放过程中的在线监测。

### (1) 液态放射性流出物取样测量

漳州5、6号机组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。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性；样品在实验室中采用高纯锗 $\gamma$ 谱仪、低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

### （2）液态放射性流出物连续监测

在 QA/QB 的废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性；样品在实验室中采用高纯锗 $\gamma$ 谱仪、低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

### （3）取样代表性

每个排放系统设有三个排放槽，一个用于接收液态流出物，另一个混匀、取样和排放液态流出物，第三个备用。液态流出物在就地取样前，需要进行如下操作：关闭泵出口排放阀，启动泵对排放槽进行全流量循环，以使所取的样品均匀，具有代表性。

#### 8.1.1.6 配合地方环保部门监督性监测

为了满足地方环保部门进行监督性监测，配合地方环保部门进行流出物监督性监测的主要措施有：

- 根据有关规范要求配合福建省环保部门建设监督性监测流出物实验室，依托一期工程已建设规模和地点见图 8.1-1；
- 流出物在线监测数据传输至环保部门指定地点；
- 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；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月报表；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，根据漳州核电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，环境监测大纲将根据实际情况进行调整和升版，实际环境监测工作以漳州核电现行有效的环境监测大纲为准。

运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

GB 6249-2011 《核动力厂环境辐射防护规定》

HJ/T 61-2021 《辐射环境监测技术规范》

HAF003-1991 《核电厂质量保证安全规定》

GB 8999-2021 《电离辐射监测质量保证通用要求》

国核安发[2012]98 号文 《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》

### 8.1.2.1 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 $\gamma$ 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，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。

### 8.1.2.3 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 $\gamma$ 辐射水平监测范围为以核电厂为中心半径约 20km 范围内，其余陆地环境放射性监测项目的监测范围为以核电厂为中心半径 10km 范围内。
- 海洋环境放射性监测以核电厂排水口为中心半径 10km 范围内，重点监测核电厂排放口 2km 以内的海域。

### 8.1.2.4 布点原则

- 依据相关法规标准及技术规范。
- 环境 $\gamma$ 辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向厂区边界附近区域。
- 与运行前本底调查保持适当比例的同位点。
- 重点关注“三关键”的监测，针对关键居民组、关键照射途径、关键核素进行重点布点监测。
- 根据近密远疏的原则布点；对附近居民主要食用、饮用且来源于当地的环境介质

重点取样监测；对核电厂排放量较大放射性核素（如  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  等）进行重点监测。

- 相关监测点及介质品种尽可能与本底调查一致，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。

- 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。

#### 8.1.2.5 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 $\gamma$ 辐射水平监测

###### A. 环境 $\gamma$ 辐射固定点连续测量

漳州核电厂共设置 14 个环境监测子站，每个监测站内设置有固定式环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量仪，对 $\gamma$ 剂量率进行连续监测，其中，厂内 6 个点位，厂外 8 个点位。

###### B. 即时 $\gamma$ 辐射测量

即时 $\gamma$ 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。监测点位数目前设有 45 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，若监测点位因地理环境改变、交通不可达、商业开发等原因无法进行监测时，将对点位进行调整，具体监测的频次、点位均已现行有效的环境监测大纲为准；目前对于即时 $\gamma$ 辐射测量监测频度为 1 次/季。

###### C. 累积 $\gamma$ 辐射测量

累积 $\gamma$ 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 $\gamma$ 辐射测量点位基本与即时 $\gamma$ 辐射测量点位重合，同时若即时 $\gamma$ 辐射测量点位进行调整，相应的累积 $\gamma$ 辐射测量点位会跟随调整。

##### （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  $^{131}\text{I}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  的测量；气溶胶中总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 及 $\gamma$ 核素的测量；沉降灰中总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$  的测量；降水中  $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素的测量。布点考虑厂区边界，最大浓度落点及 10km 范围居民区。目前漳州核电具体的空气介质中放射性核素浓度监测项目及频次如下，后期如有调整，以实际执行的环境监测大纲为准。

空气中  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  取样点共有 4 个，；取样频度为 1 次/季。

沉降物的取样点共有 5 个，取样频度为 1 次/季。

气溶胶取样点位有 4 个，取样频度为 1 次/月。

$^{131}\text{I}$  的取样点位有 4 个，取样频度为 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  $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  核素分析。目前漳州核电具体的土壤中放射性核素浓度监测项目及频次如下，后期若取样地点环境条件不满足或因其他原因点位有调整时，以实际执行的环境监测大纲为准。取样点位共 5 个，分别为：顶城村、城内村、后江村、南山村、核电厂气象站。

#### （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、羊奶、菜类、淡水鱼、肉类、水果类、指示生物木麻黄，目前漳州核电具体的陆生生物放射性核素浓度监测项目及频次如下，若因居民食谱改变、种植作物改变或者其他原因无法取到样品时，将对监测项目及点位进行调整，具体以实际执行的环境监测大纲为准。

粮食类作物：大米、红薯、花生，主要进行  $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  谱分析，选取花生进行  $^{90}\text{Sr}$  分析。共设置 3 个取样点。

羊奶：分析的项目为  $^{131}\text{I}$ 、 $\gamma$  谱分析，采样频度为 1 次/年。

菜类：叶菜（空心菜）、蔬菜（白菜），分析项目主要为  $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  谱分析，对空心菜和白菜进行  $^{131}\text{I}$  分析。在厂址 20km 范围内共选取设置 2 个取样点，采样频度为 1 次/年。

淡水鱼：罗非鱼、鲢鱼，分析项目为鱼肉中  $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  谱分析。监测点位共 2 个，采样频度为 1 次/年。

肉类：牛肉、鸡肉，对可食部分进行  $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  谱分析，并对牛骨进行  $^{90}\text{Sr}$  分析。设置 2 个采样点，其中鸡肉的采样点为人家村，牛肉的采样点为洲渡村，采样频度为 1 次/年。

水果类：杨桃，分析项目为  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱分析，采样频度为 1 次/年。

指示生物木麻黄：分析项目为  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  谱分析，采样频度 1 次/年。

#### （6）陆地水体放射性核素浓度监测

漳州核电目前的环境监测大纲中，陆地水分为地表水、饮用水和地下水（控制区内地下水与控制区外地下水），具体监测项目与监测频次如下，若因取水井弃用，工业安全风险无法取到水或其他原因导致取样点和频次改变时，应以实际执行的环境监测大纲为准。地表水、控制区外地下水测量项目为  $^3\text{H}$  和  $\gamma$  核素，饮用水测量项目为总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$  和  $\gamma$  核素。

#### （7）海域放射性核素浓度监测

### A. 海水与海洋沉积物

海水污染集中在距总排水口附近很小区域，因此监测重点为以总排水口为中心的附近海域，目前漳州核电具体的海水与海洋沉积物监测项目及频次如下，若由于种种原因对监测项目及点位进行调整时，应以实际执行的环境监测大纲为准。海水分析的项目主要为 $\gamma$ 核素、 $^3\text{H}$  分析，同时选取排水口附近及对照点的样品进行  $^{90}\text{Sr}$  分析；海洋沉积物分析的项目有  $^{90}\text{Sr}$  和 $\gamma$ 核素。海水与海洋沉积物取样点重合，共设置 8 个采样点，其中对照点 1 个。

### B. 海洋生物样品

海洋生物样分别采集 2 个鱼类样品、1 个贝类样品、2 个藻类样品、1 个甲壳类样品以及 1 个指示生物（牡蛎）。分析项目为  $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 核素、指示生物牡蛎需额外分析  $^{90}\text{Sr}$ 。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。若因周围海产养殖生物变更，可能会对监测项目与频次做调整，具体应以实际执行的环境监测大纲为准。

#### 8.1.2.6 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，具体测量核素和方法见表 8.1-2。

- 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 $\alpha/\beta$ 测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底 $\gamma$ 谱仪等仪表进行 $\alpha/\beta$ 放射性活度测量、 $\gamma$ 能谱核素分析、 $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  放射性活度测量。

放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的  $^{90}\text{Sr}$  等核素进行测量分析。

- 固定式环境 $\gamma$ 辐射监测和流动的辐射监测

设置环境 $\gamma$ 辐射监测站，进行连续监测；

在环境中定点布设 TLD 元件，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；

设置环境监测车/应急监测车进行本工程周边环境 $\gamma$ 辐射监测，车上设有车载 $\gamma$ 剂量率监测仪、便携式 $\gamma$ 谱仪、便携式 $\gamma$ 剂量率监测仪等设备。

- 气象观测

在气象铁塔及地面设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测厂区的局部气象状况。

#### 8.1.2.7 地方环保部门的监督性监测

为了大力配合地方环保部门监督性监测工作的实施，本工程考虑主要从以下几个方面保证对监督性监测的支持：

(1) 为地方环保部门现场监测提供方便，包括人员出入支持、人员配合、水电及监测场地的支持等；

(2) 开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解；

(3) 根据有关规范要求配合福建省环保部门建设监督性前沿站及监测子站，依托一期工程已建设相关设施，建设规模和地点见表 8.1-3、图 8.1-1 和图 8.1-2。

### 8.1.3 应急监测

#### 8.1.3.1 监测目的

漳州核电厂应急环境辐射监测目的是，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 $\gamma$ 辐射水平进行快速测量。如有必要，环境介质采样车将对空气、土壤、地面水、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度，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，关注位于核电厂周围的 8 个环境监测子站 $\gamma$ 剂量率。在厂房应急状态下，监测范围主要是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 个子站的剂量率变化。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涵盖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、或为了支援场外应急监测的需要，可视情况适当扩大监测范围，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， $\gamma$ 空气吸收剂量率测量和 TLD 的布放范围为 30km。

#### 8.1.3.3 监测内容

(1) 厂区监测可选项目为：

- 巡测过程中的 $\gamma$ 剂量率；
- 地表 $\beta$ 污染水平测量；
- 空气中放射性污染浓度测量。

(2) 厂区外监测可选项目为：

- 巡测线路上的 $\gamma$ 剂量率；
- 地表 $\beta$ 污染水平测量；
- 空气中放射性污染浓度；

- 热释光剂量计（TLD）的取放与测量；
  - 某些特殊情况下的风向、风速测量。
- (3) 海域应急监测的可选项为：

- 海域表面 $\gamma$ 剂量率水平（1 分钟平均值）；
- 海水浅表层取样分析（取样 1L， $\gamma$ 谱分析）；
- 某些特殊情况下的风向、风速测量。

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。

#### 8.1.3.4 监测路线

##### (1) 厂内应急巡测线路

在事故情况下，参考厂区实时风向条件，厂房布设位置，以及下风向上应急集合点位置，由环境监测与评价助理和安全防护组组长根据核电厂内应急巡测点位分布确定监测点位（监测点位中空气取样点位不超过 7 个），并通知环境监测队员开展厂内巡测。漳州核电厂内应急巡测点位分布见表 8.1-4 和图 8.1-3。

##### (2) 厂外应急巡测线路

漳州核电厂设有 4 条陆域应急巡测线路，同时在海域上预设 19 个监测点位。

应急状态下，当风向指向陆地时，选择 4 条路线中处在下风向一侧的一条或两条进行巡测，并对所选路线上的部分点位进行取样。具体监测线路可根据实际风向变化情况进行调整。监测线路如下：

**A 线：**厂区南门—列屿武庙—列屿信用社—城外村幸福院—列屿派出所—后江村村口—后坑村村口—前江村村口—下曾小学—坑内小学—礁美村村部—石前村村部—岱南小学—陈岱镇人民政府—云霄二中—呈安村村部—大水堀。

**B 线：**厂区北门—油车村村部—南山村村部—人家村村部—邻海公寓—沿海大通道与径头中桥桥头—青径村村部—宝森水产科技有限公司—长洋村村口—湖坵村卫生所—崎美幼儿园—山后候车亭—东崎小学—竹塔中学。

**C 线：**八尺门大桥—后林村幼儿园—张家村村口—杏陈镇政府—埕英村村口—径口村村口—坑北村村口—东山县公共交通公司—主州环保高新科技—下湖小学—前马村村口—后马村村部—古港村村口—钱岗村村口—康美初级中学—西崎村村口—东海岸公共保税仓—福建省东山岛职业中专学校—铜陵镇人民政府—东山二中。

**D 线：**金寨小区门口—兴辉加油站—埔头村村口—涂楼小学—中国邮政储蓄银行—河

墩小学—屿头村村部—高林中学—林仓小学—北坂村村口—古雷石化基地安全检查站—石化园区警务区—古雷（3）—古雷（4）。

陆域巡测线路及海域巡测线路预设点位如图 8.1-4 所示。

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、厂外环境交通改变等原因，监测点位、监测线路可能会进行调整，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。

### 8.1.3.5 监测设备

参与应急环境监测的监测设施和设备主要包括：

- 固定式环境监测子站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 72 小时的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。

- 应急监测子系统：电厂配备有 5 套移动式 $\gamma$ 辐射监测设备及相应数据接收处理单元。根据事故影响的范围，为了对部分重点位置加强监测，或在环境 $\gamma$ 辐射固定监测站不可用的情况下，将移动式 $\gamma$ 剂量率监测设备放至指定地点进行环境 $\gamma$ 剂量率的连续监测，监测数据通过无线方式传输至 IEM 中央站。

- 应急监测车辆与便携式取样/巡测设备：应急监测车辆包括一辆环境监测车和一辆应急监测车。可以快速给出环境 $\gamma$ 辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等。数据传输方式采用无线传输。便携式取样/巡测设备主要包括 $\gamma$ 剂量率仪、 $\alpha/\beta$ 表面污染仪、风向风速仪等，在应急情况下将便携式仪表搬上监测车辆用于快速取样与测量。

- 气象站：气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及地方气象部门的预警信息。

- 环境实验室：环境实验室在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

以上设备具体可见第 8.3.2 节。

## 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、制氯站等子项的废水处理工艺末端对酸碱废水的 pH 值进行在线监测；在污水系统油水分离器的废水处理工艺末端对含油废水的石油类进行在线监测；在非放射性生产废水排入漳州核电厂 3、4 号虹吸井前对流量、pH、水温、化学需氧量（ $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ）、氨氮、总磷（以 P 计）进行在线监测，对化学需氧量（ $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ）、氨氮、总氮（以 N 计）、总磷（以 P 计）、悬浮物（SS）、五日生化需氧量（ $\text{BOD}_5$ ）、动植物油类、石油类、阴离子表面活性剂、色度、pH、粪大肠菌群数、水温、流量共计 14 个监测指标，每季度取样外送监测。

本工程生活污水回用执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）车辆冲洗标准。在生活污水处理站末端设置流量、水温、pH、化学需氧量（ $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ）、氨氮、总磷（以 P 计）、在线监测仪表，自动监测以上指标；在生活污水处理站末端设置取样口，定期监测流量、pH、水温、化学需氧量（ $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ）、氨氮、总磷（以 P 计）、总氮（以 N 计）、色度、嗅、浊度、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠埃希氏菌、化学需氧量（ $\text{COD}_{\text{Cr}}$ ）、悬浮物（SS）、动植物油类、石油类、粪大肠菌群数指标，每季度取样外送监测一次所有指标。

### 8.2.3 气象观测

为了观测用于评价电厂正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，在厂址现场应设立气象铁塔自动观测系统以及地面气象站以开展气象观测工作。

气象站址坐标为北纬  $23^{\circ}50'48''$ ，东经  $117^{\circ}29'32''$ 。站址位于核电工程厂址北侧约 1km 的小山坡上。气象站东、南、北三面临海，西面是山体但无高大构筑物遮蔽，视野开阔，具有相当的代表性。同厂平面布置无冲突，高程约 26 米，距离 1#反应堆厂房中心约 1.1 公里，山体走势较平缓，受周边山体影响较小。厂址气象站与拟建核电机组的位置关系见图 8.2-1。

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。其示意图如图 8.2-2。

该气象观测系统以国外成熟的自动气象站 CR3000 为基础，结合气象塔风温梯度监测站和先进的数据采集软硬件平台，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、温度、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量等。塔层气象观测高度为 10m、30m、50m、70m 和 100m 五层。观测要素为风向、

风速、温度。气象铁塔和地面观测传感器主要性能见表 8.2-1 和表 8.2-2。

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

铁塔和地面站所有气象数据的联合获取率为 96.98%，计算 10m 和 70m 高度三、四维联合频率所用到气象数据的联合获取率为 96.98%。数据获取率满足 HAD101/02 规定的大于 90%的要求。

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于监测核电厂气载和液态流出物的样品，以确定被排放气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。

流出物实验室包括热制备间、冷制备间、流出物 $\gamma$ 谱仪测量室、流出物测量间。其中热制备间用于核岛气液态流出物样品制样，冷制备间用于常规岛气液态流出物样品制样，流出物 $\gamma$ 谱仪测量室用于流出物 $\gamma$ 谱放化测量，流出物测量间用于流出物放化测量。

流出物实验室需配备总有机碳分析仪、抽滤装置、干燥箱、温控电热板、高纯锗 $\gamma$ 谱仪、低本底 $\alpha/\beta$ 测定仪、液闪计数仪等流出物监测用仪器和设备，来满足流出物监测的需求。

本工程气载放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目包括：烟囱气态氙、烟囱气态 C-14、烟囱惰性气体、烟囱气态碘、烟囱气溶胶、核岛液态氙、核岛液态 C-14、核岛液态 $\gamma$ 核素以及核岛液态流出物中  $^{90}\text{Sr}$ 。

#### 8.3.2 环境监测设施

##### 8.3.2.1 环境辐射与气象监测系统

漳州核电厂依托一期工程已建设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 $\gamma$ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续监测厂址区域的气象要素，为环境评价和应急决策提供气象数据，为评价本工程对环境的影响事故应急期间应急方案制定提供监测数据支持。

环境辐射与气象监测系统主要包括 6 个部分：

##### （1）气象观测

对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录，主要的设施包括气象观测塔和地面气象站，所配置主要设备有气象传感器、数据采集器、数据处理传输装置等；

测量参数包括：风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、天空净辐射。

## （2）固定式环境 $\gamma$ 辐射监测站

漳州核电厂依托一期工程在厂区内设置 6 个环境  $\gamma$  辐射监测站，在厂区外设置 8 个环境  $\gamma$  辐射监测站。厂区外监测站建设地点、方位等见表 8.3-1，厂区内监测站位置图 8.3-1。在监测站位置选择时，主要与结合监督性监测子站互补基本覆盖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。核电厂环境 $\gamma$ 辐射监测站与监督性监测子站位置示意图见图 8.3-1。监测站用于正常运行期间及应急期间的环境 $\gamma$ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。

设备配备包括： $\gamma$ 辐射探测器、取样装置、数据传输装置等。监测站主要设备的性能指标见表 8.3-2。测量参数包括：大气中环境 $\gamma$ 辐射水平的连续监测、气溶胶采样、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $^{131}\text{I}$  采样、雨水/沉降灰采样，厂外的监测站还设置有风速、风向、雨量测量传感器。

## （3）环境监测车/应急监测车

漳州核电厂依托一期工程设置 1 辆环境监测车、1 辆介质采样车及 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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 辐射监测仪、车载自动气象监测仪，和便携式多道 $\gamma$ 谱仪、便携式 $\alpha/\beta$ 表面污染测量仪、便携式气溶胶、碘取样器等若干便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备等。环境/应急监测车配备的主要设备情况见表 8.3-3。测量项目包括：正常运行情况下电厂周围环境 $\gamma$ 辐射水平进行巡测（瞬时测量）。事故应急期间的环境 $\gamma$ 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：漳州核电厂设置 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 $\gamma$ 辐射监测系统：设置 5 套移动式  $\gamma$  辐射监测设备，可连续测量环境 $\gamma$ 辐射水平。在事故期间且固定式环境 $\gamma$ 辐射监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 $\gamma$ 辐射水平监测的补充手段。

（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 $\gamma$ 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 $\gamma$ 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

漳州核电厂环境实验室，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。环境实验室位置参见图 8.3-3，该位置为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。环境实验室布局示意图 8.3-4~图 8.3-6。

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 $\gamma$ 谱分析、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、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，共 3 层。环境实验室内设置低本底物理测量房间、样品预处理及制备房间、化学制样及分析房间及其他辅助房间。各房间功能及面积见表 8.3-4。实验室内配置相关仪器设备，设备种类及性能指标见表 8.3-5。

### 8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测本工程运行对地下水的影响情况，将设置地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。监测井数量及位置将根据厂区地下水径流等情况进行确定。依托一二期工程已有 7 口监测井，本工程拟增设 4 口监测井。

### 8.3.3 监督性监测系统

除漳州核电厂各类环境监测设施外，同时依托漳州核电厂一期工程建设辐射环境现场监督性监测系统供地方环保部门使用，漳州核电厂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 1900m<sup>2</sup>，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（ $\gamma$ 谱分析、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ ）等功能。

监督性监测子站共设置 12 个，监测子站的基本信息见表 8.3-6。与 14 个电厂环境 $\gamma$ 辐射监测站互补，详见图 8.3-2。

## 8.4 质量保证

### 8.4.1 质量管理

#### 8.4.1.1 组织机构

- 编制环境监测组织机构相关管理程序，明文规定管理和实施环境监测有关质量活动的组织机构、人员设置及其职责和权力；

- 建立统一的环境监测组织机构，对漳州核电厂的环境监测进行统一管理。

### 8.4.1.2 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：

- 从事环境监测的人员必须具有高中或中等专业学校以上的文化程度以及核电厂环境监测专业知识、技术水平和工作能力；

- 从事环境监测的所有人员均需接受上岗前培训，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可独立上岗。

为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

## 8.4.2 质量控制

### 8.4.2.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品。为达到此目的，采取了以下质量控制措施：

- 1) 制定各类环境介质的采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式，以保证采集到具有代表性的样品；

- 2) 根据各类环境介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、交接、分析测量和贮存记录。各种记录均有责任者签名；

- 3) 准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在10%以内；

- 4) 操作样品时具有防止交叉污染的措施；

- 5) 定期采集一定的平行瞬时样品以进行平行样测量分析，确定采样的不确定度；

- 6) 可保存的各类常规样品(包括分析剩余样品、非破坏性分析样品和备检样品)部分保存十年，并附有可靠的标签和专门的记录。强沾污样品及有特殊情况的样品将保存到作出结论后再处理。

### 8.4.2.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中的质量控制措施包括：

- 1) 样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法，并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注意检查载体和标准溶液的质量；

- 2) 在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；
- 3) 为了确定分析测量过程中的不确定度，采取相应的校正措施。包括：
  - 为了确定分析测量的精密度，采用平行样品分析测量；
  - 分析测量掺标样品或标准参考物质，以确定分析测量的准确度。分析测量采用与相应的待测样品相同的操作程序并修正已定的系统误差；
  - 分析测量空白样品。以发现和量度样品在预处理、分析测量过程中的沾污，并提供适当扣除本底的资料。空白样品与待测样品同时进行预处理和化学分析。
- 4) 比对：为了发现和确定实验室分析测量所产生的系统不确定度，验证环境监测设备和方法的可靠性，确保环境监测数据的精确性和可比性，参加国家和环境监测系统主管部门组织的实验室之间分析测量的比对及国际比对；
- 5) 仪器的刻度和检验：环境监测设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，均按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯至国家计量标准或国际计量标准，同时还采取如下的检验措施以确保仪器在测量时仍然处于刻度时的良好状态：
  - 新的或经过维修的环境监测设备，在使用前必须进行性能的调试、检定和校准；
  - 放射性测量仪器每月至少进行一次本底、效率检验，并制作仪器本底、效率的控制图；
  - 对于 $\gamma$ 能谱仪，每月进行能量分辨率和能量刻度检验；
  - 所有放射性测量仪器，每年刻度一次，刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准；
  - 对流量、压力、温度、重量等常规非放射性监测的仪表设备定期进行标定。

#### 8.4.2.3 数据处理中的质量控制

数据处理中的质量控制包括：

- 1) 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并由责任者签字。原始记录和环境监测结果将永久保存；
- 2) 详细、准确的质量控制记录。包括所有采样和分析测量仪器的性能检定、校准、检验和维修情况；质量控制样品分析和实验室间的比对情况；标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和掺标样品、载体和标准溶液的配制情况；计算机程序验证情况等。将有关质量控制文件长期保存；
- 3) 数据统计学处理。包括数据可靠性分析；数据分布检验等。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对数据处理、计算结果进行严格审核，审核人在审核报

告上签字；对于异常结果，计算者和审核者应及时查明原因，若属于分析测量差错或其它过失应该及时采取纠正或补救措施；

4) 对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查；

5) 环境监测报告中所采用的值、单位和符号等均符合国家颁布的标准；

6) 对不符合质量保证要求的监测结果，必须进行审查、评价，并确定是否使用或废弃或采取补救办法。

表 8.1-1（1/2） 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  | 监测范围+对照点  | 布点数+对  |     |
|----------------|-------------------|---|---|---|--|-----|
| 陆地环境<br>辐射     | 连续 $\gamma$ 辐射    | 空气吸收剂量率   | 连续  | 厂内 6 个、厂外 8 个   | 14   |     |
|                | 即时 $\gamma$ 辐射剂量率 | 空气吸收剂量率   | 季   | 按 22.5°方位角布点近密<br>远疏+佛昙镇  | 44+1   |     |
|                | 累积 $\gamma$ 辐射剂量  | 累积剂量  | 季   | 同上  | 34+1   |     |
| 大气<br>和沉<br>降物 | 空气                | 氚   | $^3\text{H}$                                | 季   | EC4-4 厂内站、EC4-11<br>城内村、EC4-7 核电厂气<br>象站、EC4-8 青径风电场 | 4   |
|                |                   | 碳-14  | $^{14}\text{C}$                             | 季   | 同上   | 4   |
|                |                   | 碘   | $^{131}\text{I}$                            | 月   | 同上   | 4   |
|                | 气溶胶               | 总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 谱<br>分析、             | 月   | 同上  | 4  |     |
|                | 沉降灰               | 总 $\beta$ 、 $\gamma$ 谱分析、<br>$^{90}\text{Sr}$         | 季   | EC4-4 厂内站、EC4-11<br>城内村、EC4-7 核电厂气<br>象站、EC4-8 青径风电<br>场、漳江核苑（对照点，<br>在厂区 NW 方位 23km） | 4+1  |     |
|                | 降水                | $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 谱分析                           | 季   | 同上  | 4+1  |     |
| 陆地<br>介质       | 水                 | 地表水   | $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 谱分析                 | 半年  | 五谷王水库、碗窑水库、<br>杜塘水库、峰头水库（对<br>照点）                    | 3+1 |
|                |                   | 控制区外地下水   | $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 谱分析                 | 半年  | 气象站、城外村、云霄县<br>第五中学（对照点）                             | 2+1 |
|                |                   | 控制区内地下水   | 总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 谱分<br>析 | 月   | 厂区地下水监测井厂内<br>监测井（EC5-E1~3）                          | 3   |
|                |                   | 饮用水   | 总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 谱分<br>析 | 半年  | 气象站、城外村、华龙科<br>技园（对照）                                | 2+1 |
|                | 岸边沉积物             | $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析                       | 年   | 杜塘水库、五谷王水库、<br>碗窑水库、峰头水库（对<br>照点）   | 3+1  |     |
|                | 土壤                | $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析                       | 年   | 顶城村、城内村、后江村、<br>南山村、核电厂气象站  | 5  |     |
|                | 陆生<br>生物          | 大米  | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析              | 年   | 船场村  | 1   |
|                |                   | 红薯  | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析              | 年   | 北坂村  | 1   |
| 叶菜（空心菜）        |                   | $^{131}\text{I}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分<br>析 | 年   | 林坪村   | 1  |     |

表 8.1-1（2/2） 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                                       | 监测频度  | 监测范围+对照点  | 布点数+对照点数 |   |
|------|-------|--|---|-----------|----------|---|
| 陆地介质 | 陆生生物  | 蔬菜类（白菜）                                      | $^{131}\text{I}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析     | 年         | 城外村      | 1 |
|      |       | 肉类（牛肉）                                       | $^{14}\text{C}$ 、牛骨分析 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析 | 年         | 洲渡村      | 1 |
|      |       | 肉类（鸡肉）                                       | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 人家村      | 1 |
|      |       | 羊奶   | $^{131}\text{I}$ 、 $\gamma$ 谱分析                       | 年         | 阳下村      | 1 |
|      |       | 淡水鱼（罗非鱼）                                     | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 碗窑水库     | 1 |
|      |       | 淡水鱼（鲢鱼）                                      | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 杜塘水库     | 1 |
|      |       | 水果类（杨桃）                                      | $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析     | 年         | 莆北村      | 1 |
|      |       | 指示生物（木麻黄）                                    | $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析     | 年         | 人家村      | 1 |
|      |       | 花生   | $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析     | 年         | 顶城村      | 1 |
| 海洋介质 | 海水    | $\gamma$ 谱分析、总排水口样品及对照点样品分析 $^{90}\text{Sr}$ | 半年  | 排水口附近及对照点 | 7+1      |   |
|      |       |  | 月   | 排水口附近     | 1        |   |
|      |       | $^3\text{H}$                                 | 半月  | 排水口附近及对照点 | 2        |   |
|      | 海洋沉积物 | $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析、             | 年   | 排水口附近及对照点 | 7+1      |   |
|      | 海洋生物  | 藻类（海带）                                       | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 东山岛附近海域  | 1 |
|      |       | 藻类（紫菜）                                       | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 东山岛附近海域  | 1 |
|      |       | 贝类（蛏子）                                       | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 长洋村附近海域  | 1 |
|      |       | 甲壳类（对虾）                                      | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 青径村附近海域  | 1 |
|      |       | 鱼类（鮰鱼）                                       | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 大霜岛附近海域  | 1 |
|      |       | 鱼类（眼斑拟石首鱼）                                   | $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析                        | 年         | 郊洋村附近海域  | 1 |
|      |       | 指示生物（牡蛎）                                     | $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析     | 年         | 前江村附近养殖场 | 1 |

注：（1）气溶胶、沉降物 $\gamma$ 谱分析项目一般包括但不限于： $^7\text{Be}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等放射性核素；水中 $\gamma$ 谱分析项目一般包括但不限于： $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{65}\text{Zn}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{124}\text{Sb}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$  等放射性核素；生物、土壤、岸边沉积物、海洋沉积物 $\gamma$ 谱分析项目一般包括但不限于： $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{95}\text{Zr}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{144}\text{Ce}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  等放射性核素。天然核素仅供参考。

（2）若监测大纲更新，以实际为准。

表 8.1-2（1/3）环境辐射监测各核素、方法汇总表

| 序号 | 调查对象           | 样品用量                 | 分析项目             | 分析方法（参考标准）   | 测量时间    | 探测限*  |
|----|----------------|----------------------|------------------|--|---------|---|
| 1  | 环境 $\gamma$ 辐射 | N/A                  | 连续 $\gamma$ 辐射   | 高压电离室剂量率测量法  | 连续测量    | 10.0nGy/h                                     |
|    |                | N/A                  | 即时 $\gamma$ 辐射   | 塑料闪烁体剂量率仪测量法   | 2min    | 10.0nGy/h                                     |
|    |                | N/A                  | 累积 $\gamma$ 辐射   | 热释光计数法   | 一季度     | 1.00 $\mu$ Gy                                 |
| 2  | 气溶胶            | 大于300m <sup>3</sup>  | 总 $\alpha$       | $\alpha$ 计数法   | 120min  | 2.89 $\times 10^{-2}$ Bq/m <sup>3</sup>       |
|    |                | 大于300m <sup>3</sup>  | 总 $\beta$        | $\beta$ 计数法  | 120min  | 6.26 $\times 10^{-2}$ Bq/m <sup>3</sup>       |
|    |                | 大于300m <sup>3</sup>  | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法<br>(WS/T184-2017 空气中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法) | 1440min | 3.01 $\times 10^{-2}$ Bq/m <sup>3</sup>       |
| 3  | 沉降灰            | 0.2g                 | 总 $\beta$        | $\beta$ 计数法 (EJ/T900-1994 水中总 $\beta$ 放射性测定蒸发法)            | 120min  | 6.05mBq/(m <sup>2</sup> ·d)                   |
|    |                | 1 季度实际采集量            | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法<br>(GB/T11713-2015 高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法)   | 1440min | 1.10mBq/(m <sup>2</sup> ·d)                   |
|    |                | 1g                   | <sup>90</sup> Sr | 二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法<br>HJ815-2016 水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法    | 960min  | 7.71 $\times 10^{-1}$ mBq/(m <sup>2</sup> ·d) |
| 4  | 空气             | 10ml                 | <sup>3</sup> H   | 液体闪烁计数法<br>(HJ1126-2020 水中氚的分析方法)                          | 1440min | 1.11 $\times 10^{-2}$ Bq/m <sup>3</sup>       |
|    |                | 2gCaC O <sub>3</sub> | <sup>14</sup> C  | 液体闪烁计数法<br>(EJ/T1008-1996 空气中 <sup>14</sup> C 的取样与测定方法)    | 500min  | 4.46 $\times 10^{-2}$ Bq/gC                   |
|    |                | 大于300m <sup>3</sup>  | <sup>131</sup> I | $\gamma$ 能谱分析法<br>(GB/T14584-1993 空气中碘-131 的取样与测定)         | 1440min | 5.79 $\times 10^{-2}$ mBq/m <sup>3</sup>      |

表 8.1-2(2/3) 环境辐射监测各核素、方法汇总表

| 序号 | 调查对象              | 样品用量       | 分析项目             | 分析方法（参考标准）   | 测量时间    | 探测限*   |
|----|-------------------|------------|------------------|--|---------|--|
| 5  | 土壤、底泥、海洋沉积物       | 50g 干样     | $^{90}\text{Sr}$ | 二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法(EJ/T 1035-2011 土壤中锶—90 的分析方法)         | 960min  | 0.167Bq/kg (干)   |
|    |                   | 约 340g     | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法 (GB11743-2013 土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法)  | 1440min | 0.349Bq/kg (干)   |
| 6  | 地表水、地下水、饮用水、降水、海水 | 10mL       | $^3\text{H}$     | 液体闪烁计数法 (HJ1126-2020 水中氚的分析方法)                           | 1440min | 0.792Bq/L  |
|    | 地表水、地下水、饮用水       | 40L        | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法 (GB/T16140-2018 水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法) | 1440min | $9.01 \times 10^{-1}$ mBq/L                              |
|    | 降水                | 实际取样量 ~20L | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法 (GB/T16140-2018 水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法) | 1440min | 1.77 mBq/L   |
| 7  | 海水                | 20L        | $^{90}\text{Sr}$ | 二-(2-乙基己基)磷酸酯萃取色层法 (HJ815-2016 水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法)   | 960min  | $2.44 \times 10^{-1}$ mBq/L                              |
|    |                   | 40L        | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法 (GB/T16140-2018 水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法) | 1440min | $7.88 \times 10^{-1}$ mBq/L                              |
| 8  | 地下水、饮用水           | 3L         | 总 $\beta$        | $\beta$ 计数法 (EJ/T900-1994 水中总 $\beta$ 放射性测定蒸发法)          | 120min  | $7.17 \times 10^{-2}$ Bq/( $\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ) |

表 8.1-2(3/3) 环境辐射监测各核素、方法汇总表

| 序号 | 调查对象 | 样品用量       | 分析项目             | 分析方法（参考标准）   | 测量时间    | 探测限*                                   |
|----|------|------------|------------------|--|---------|--|
| 9  | 生物   | 20g 灰样     | $^{90}\text{Sr}$ | 二-（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法<br>HJ815-2016 水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法          | 960min  | $2.45 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$ （鲜） |
|    |      | 50-200g 鲜样 | $^{14}\text{C}$  | 液体闪烁计数法（EJ/T1008-1996 空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法）              | 500min  | 3.26Bq/kg（鲜）                           |
|    |      | 250g 鲜样    | $^{131}\text{I}$ | $\text{CCl}_4$ 萃取、AgI 沉淀法(HJ 841-2017 水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法) | 960min  | $4.23 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$ （鲜） |
|    |      | 约 55g 灰样   | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法（GB/T 16145-2020 生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法）      | 1440min | $1.03 \times 10^{-2} \text{Bq/Kg}$ （鲜） |
| 10 | 羊奶   | 4L         | $^{131}\text{I}$ | 树脂吸附 $\text{CCl}_4$ 萃取法（HJ841-2017 水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法）    | 960min  | $9.16 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$ （鲜样） |
|    |      | 约 55g 灰样   | $\gamma$ 核素      | $\gamma$ 能谱分析法（GB/T 16145-2020 生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法）      | 1440min | $5.44 \times 10^{-3} \text{Bq/Kg}$ （鲜） |

表 8.1-3 漳州核电项目监督性监测系统项目建设内容和规模

| 建设内容        | 建设规模   | 建设地点                              |
|-------------|--|-----------------------------------|
| 前沿站         | 前沿站建筑面积约1894.00m <sup>2</sup> ；<br>监测车及采样车的车库2个； | 东山县白垵村，核电厂的SSW方位，<br>距离核电厂约19.3km |
| 监测子站        | 监测子站12个；<br>1辆环境监测车及1辆采样车；<br>地面气象观测场1个；         | 漳州核电厂周围的不同方位                      |
| 流出物实验室      | 流出物实验室建筑面积约1514.74m <sup>2</sup> ；               | 与前沿站共址                            |
| 流出物在线连续监测数据 | ——   | 数据由漳州核电厂<br>应急指挥中心传输至前沿站          |

表 8.1-4 漳州核电厂内应急巡测点位置表

| 编号 | 位置                          | 编号 | 位置                               |
|----|-----------------------------|----|----------------------------------|
| 1  | 2MX 常规岛厂房与 AC 厂房之间（集合点）     | 28 | 2NX2 号机组核辅助厂房东侧道路                |
| 2  | 1MX 常规岛厂房与 YB、AS 厂房之间（集合点）  | 29 | DY 附加电源柴油发电机厂房与 9HX 制氯站之间道路      |
| 3  | 9BX1 生产检修办公楼一层门厅对面的电梯厅（集合点） | 30 | CQ 大件码头                          |
| 4  | AF 电仪修及专用工具库一层门厅（集合点）       | 31 | QT 放射性固体废物暂存库与 AC 放射性机修及去污车间之间道路 |
| 5  | 1AR 1#机人员通行厂房靠近冷更衣间的门厅（集合点） | 32 | QT 放射性固体废物暂存库与 TB500kV 开关站之间道路   |
| 6  | AA 非放射性机修车间办公区域一层门厅（集合点）    | 33 | YA 除盐水生产厂房与 TD220kV 开关站之间道路      |
| 7  | 2AR 2#机人员通行厂房靠近冷更衣间的门厅（集合点） | 34 | TB 500kV 开关站西侧道路                 |
| 8  | AL1 厂区实验楼主入口门厅（集合点）         | 35 | AC 放射性机修及去污车间北侧道路                |
| 9  | TC 网控楼主入口门厅（集合点）            | 36 | 施工变电所南侧                          |
| 10 | 9PX 联合泵房主入口门厅（集合点）          | 37 | 7ZB 氢气贮存及分配站南侧                   |
| 11 | BA 楼一楼主入口门厅（集合点）            | 38 | 3NX 3 号机组核辅助厂房东侧道路               |
| 12 | ED1 污水处理构筑物南侧道路             | 39 | 8HX 制氯站南侧道路                      |
| 13 | EY4 武警岗楼南侧与 KH1 厂区南护岸之间道路   | 40 | 8PX 联合泵房南侧道路                     |
| 14 | SA1 公共食堂南侧道路                | 41 | EM 应急指挥中心东侧道路                    |
| 15 | OF 淡水厂南侧道路                  | 42 | ED2 污水处理构筑物 2 南侧道路               |
| 16 | EY1 武警营房、EY2 消防站之间道路        | 43 | 4NX 4 号机组核辅助厂房北侧道路               |
| 17 | OR 淡水厂蓄水池西侧道路               | 44 | 7BX1 生产检修办公楼东侧道路                 |
| 18 | AB 综合仓库与 KH2 厂区东护岸之间道路      | 45 | 7BX1 生产检修办公楼南侧道路                 |
| 19 | AA 非放射性机修车间与 AB 综合仓库之间      | 46 | 大件设备周转储存场地北侧                     |

|    | 道路                        |    |                             |
|----|---------------------------|----|-----------------------------|
| 20 | FC 润滑油油脂库与 AX1 化学试剂库之间道路  | 47 | 6PB 6 号机组再生除盐水水箱北侧          |
| 21 | VA 辅助锅炉房北侧道路              | 48 | 4PB 4 号机组再生除盐水水箱西侧道路        |
| 22 | AQ 龙门吊及环吊小车仓库西侧道路         | 49 | 5PB 5 号机组再生除盐水水箱东侧道路        |
| 23 | 保卫控制中心北侧道路                | 50 | 6MX 6 号机组汽轮发电机厂房南侧道路        |
| 24 | QA 核岛液态流出物排放厂房北侧道路        | 51 | 大件设备周转储存场地东侧                |
| 25 | FX 新燃料组件运输中转贮存场地北侧道路      | 52 | 7JX 辅助变压器区域及公用 10kV 配电网南侧道路 |
| 26 | QT 放射性固体废物暂存库东侧道路         | 53 | 6TA 6 号机组主变压器和降压变压器平台西侧道路   |
| 27 | 2DB2 号机组应急柴油发电机厂房 B 列东侧道路 |    |                             |

表 8.2-1 铁塔气象观测要素技术指标一览表

| 名称      | 单位  | 测量范围        | 准确度     | 分辨率    | 灵敏度          |
|---------|-----|-------------|---------|--------|--------------|
| 风速      | m/s | 0~60m/s     | ±1%     | 0.1m/s | 启动风速为 0.3m/s |
| 风向      | °   | 0°~360°     | ±2°     | 0.088° | 启动风速为 0.6mph |
| 温度      | °C  | -50°C~+80°C | ±0.1°C  | 0.1°C  |              |
| 100m 湿度 | %   | 0~100%      | ±1.3%RH | 1%     |              |

表 8.2-2 地面观测主要气象要素技术指标一览表

| 名称  | 单位                | 测量范围        | 准确度                            | 分辨率                   | 灵敏度                   |
|-----|-------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 风速  | m/s               | 0m/s~60m/s  | ±1%                            | 0.1m/s                | 启动风速为<br>0.3m/s       |
| 风向  | °                 | 0°~360°     | ±2°                            | 0.088°                | 启动风速为<br>0.6mph       |
| 温度  | °C                | -50°C~+80°C | ±0.1°C                         | 0.1°C                 |                       |
| 降雨量 | mm                | 0~4mm/min   | ±0.4mm(R≤10mm)<br>±4% (R≥10mm) | 0.1mm                 |                       |
| 总辐射 | W/m <sup>2</sup>  | 0~2000      | ±1%                            | 7~30*10 <sup>-6</sup> |                       |
| 净辐射 | kW/m <sup>2</sup> | -1~1.5      | ±5%                            |                       | 10μv/W/m <sup>2</sup> |
| 蒸发  | mm                | 0~254mm     | 0.25%                          | 0.76mm                |                       |
| 气压  | MPa               | 0.050~0.110 | ±0.15hhPa                      | 0.05hPa               |                       |
| 湿度  | %                 | 0~100%      | ±1.3%                          | 1%                    |                       |

表 8.3-1 漳州核电厂厂外环境监测站一览表

| 编号     | 站点名称   | 方位  | 与核电厂距离 |
|--------|--------|-----|--------|
| EC4-7  | 核电厂气象站 | N   | 1.8km  |
| EC4-8  | 青径风电场  | NNW | 4.9km  |
| EC4-9  | 白衣村    | NW  | 7km    |
| EC4-10 | 列屿镇政府  | W   | 2.4km  |
| EC4-11 | 城内村    | WSW | 2.7km  |
| EC4-12 | 前江村    | SW  | 6.2km  |
| EC4-13 | 白埕村    | SSW | 19.3km |
| EC4-14 | 院前村    | NNE | 12.3km |

表 8.3-2 环境 $\gamma$ 辐射监测站主要设备及其性能指标

| 序号 | 设备名称                      | 数量 | 性能指标   |
|----|---------------------------|----|--|
| 1. | 一体化站房                     | 8  | 厂内监测站采用一体化站房<br>不锈钢框架结构，主体材料可承受沿海盐雾腐蚀，<br>使用寿命大于 20 年  |
| 2. | $\gamma$ 辐射剂量率<br>监测仪     | 14 | 测量射线： $\gamma$ 射线<br>测量范围： $10^{-8}$ Gy/h $\sim$ 1Gy/h<br>能量范围：50keV $\sim$ 3MeV<br>饱和剂量率： $>10$ Gy/h  |
| 3. | 能谱型 $\gamma$ 辐射<br>剂量率监测仪 | 6  | 探测器：3'' $\times$ 3''NaI(Tl)闪烁探测器+GM 管<br>测量范围： $10^{-8}\sim 10^{-4}$ Gy/h (对 NaI(Tl)探测器)<br>NaI(Tl)探测器能响范围：50keV $\sim$ 3MeV<br>NaI(Tl)探测器能量分辨率： $\leq 7\%$ ，Cs-137<br>NaI(Tl)探测器道数： $\geq 1024$ |
| 4. | 大流量气溶胶<br>取样器             | 2  | 取样流量： $>60\text{m}^3/\text{h}$ ，可显示瞬时流量和累积流量<br>过滤效率： $\geq 99\%$  |
| 5. | 超大流量气<br>溶胶取样器            | 2  | 取样流量： $>600\text{m}^3/\text{h}$ ，可显示瞬时流量和累积流量<br>过滤效率： $\geq 99\%$   |
| 6. | 碘取样器                      | 4  | 可显示瞬时流量和累积流量<br>吸附效率：元素碘 $\geq 99\%$ ，甲基碘 $\geq 95\%$ （相对湿度 $\leq 70\%$ ）  |
| 7. | $^3\text{H}$ 取样器          | 4  | 气体流量：0 $\sim$ 1L/min<br>捕集效率：气氚 $> 95\%$ ，氟化水 $> 95\%$   |
| 8. | $^{14}\text{C}$ 取样器       | 4  | 气体流量：0 $\sim$ 1L/min<br>捕集效率：空气 $^{14}\text{C}$ $> 90\%$ ，有机 $^{14}\text{C}$ $> 95\%$  |
| 9. | 雨水/沉降物<br>收集器             | 4  | 采样器：采用双桶模式，每个采集桶的采样面积大于<br>0.25 $\text{m}^2$ ，深度大于 30cm<br>雨水采样桶容量： $>40\text{L}$ ，能防止沉降物随水从盘中溢出   |

表 8.3-3 环境/应急监测车及环境介质采样车主要设备配备表

| 序号 | 车辆种类    | 数量 | 设备配置情况   |
|----|---------|----|--|
| 1. | 环境监测车   | 1  | <p>经改装的大马力中巴车</p> <p>车载设备及仪表柜等在车内专设固定位置</p> <p>配置设备如下：</p> <p>    <math>\gamma</math>辐射探测器及车载就地处理箱</p> <p>    便携式多道<math>\gamma</math>谱仪</p> <p>    便携式<math>\gamma</math>剂量率仪</p> <p>    便携式表面<math>\alpha / \beta</math>污染测量仪</p> <p>    便携式气溶胶、碘取样器</p> <p>    卫星定位系统</p> <p>    辅助设备</p> |
| 2. | 环境介质采样车 | 1  | <p>经改装的大马力中巴车</p> <p>配置设备如下：</p> <p>    水体取样装置</p> <p>    底泥取样装置</p> <p>    土壤取样器</p> <p>    卫星定位系统</p>  |
| 3. | 应急监测车   | 1  | <p>经改装的四驱越野车</p> <p>车载设备及仪表柜等在车内专设固定位置</p> <p>配置设备如下：</p> <p>    <math>\gamma</math>辐射探测器及车载就地处理箱</p> <p>    手持气象站</p> <p>    卫星定位系统</p> <p>（便携式仪表与环境监测车共用）</p>  |

表 8.3-4 环境实验室主要房间功能及面积

| 序号 | 分区        | 房间      | 功能                    | 建筑面积/m <sup>2</sup> |
|----|-----------|---------|-----------------------|---------------------|
| 1  | 物理<br>测量区 | γ谱仪测量室  | 样品的γ核素分析              | 300                 |
|    |           | αβ测量室   | 总α、总β、Sr-90、Cs-137 测量 |                     |
|    |           | 液闪测量室   | H-3、C-14 测量           |                     |
|    |           | 热释光测量室  | 累积剂量测量                |                     |
|    |           | 数据处理间   | 测量数据的处理、记录、报告生成       |                     |
| 2  | 化学<br>制样区 | 鲜样处置存放间 | 鲜样的预处理及存放             | 720                 |
|    |           | 化学实验室   | 样品的化学制样               |                     |
|    |           | 碳化室     | 生物样品碳化                |                     |
|    |           | 灰化室     | 生物样品灰化                |                     |
|    |           | 样品干燥间   | 样品干燥                  |                     |
|    |           | 天平间     | 精密称量                  |                     |
|    |           | 光谱测量室   | 原子吸收光谱仪测量             |                     |
|    |           | 标准样品准备间 | 标准物质的准备               |                     |
| 3  | 用品<br>存放区 | 试验用品存放间 | 运行期间用品存放              | 260                 |
|    |           | 试剂间     | 化学试剂存放                |                     |
|    |           | 存放间     | 存储空间                  |                     |
|    |           | 已测样品存放间 | 已测样品的存放               |                     |
|    |           | 工具存放间   | 取样容器等存放               |                     |
| 4  | 办公区       | 办公室     | 办公用房                  | 340                 |
|    |           | 会议室     | 办公用房                  |                     |
|    |           | 资料室     | 资料存档                  |                     |
| 5  | 辅助<br>用房  | 值班室及门厅  | 值班用房                  | 520                 |
|    |           | 变配电间    | 配电系统用房                |                     |
|    |           | 空调机房    | 通风系统用房                |                     |
|    |           | 气瓶间     | 气瓶存放                  |                     |
|    |           | 楼梯间     | 正常行走及疏散               |                     |
|    |           | 卫生间     | 卫生设施                  |                     |
| 总计 |           |         |                       | 2130                |

表 8.3-5(1/2) 环境实验室的设备及性能指标

| 序号 | 设备名称         | 主要技术特性   | 单位 | 数量 |
|----|--------------|--|----|----|
| 1  | P 型高纯锗谱仪     | 测量能量范围：50keV~10MeV<br>相对测量效率：60%<br>能量分辨率：≤2.1keV（在 1.33MeV 处）   | 套  | 2  |
| 2  | N 型同轴型高纯锗探测器 | 测量能量范围：3keV~3MeV<br>相对测量效率：≥ 40%<br>能量分辨率：≤2.0keV（在 1.33MeV 处）   | 套  | 1  |
| 3  | 低本底α/β测量仪    | 探测面积探头个数：不少于 8 个测量通道<br>本底计数：α：≤0.05cpm（φ50mm）<br>β：1cpm（φ50mm）<br>测量效率：α：≥37%（ <sup>241</sup> Am 4π立体角）；<br>β：≥45%（ <sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y）； | 套  | 2  |
| 4  | 液体闪烁计数器      | 光电倍增管：低本底材料、发光效率高<br>测量对象：β射线<br>能量范围：0~2MeV<br>探测效率：对密封的充过氮的有机样品<br><sup>3</sup> H：>60% <sup>14</sup> C：>95%  | 套  | 2  |
| 5  | 热释光剂量计读数器    | 加热盘尺寸与热释光探测器形状匹配<br>热释光剂量探测元件 LiF (Mg, Cu, P)  | 套  | 2  |
| 6  | 微量铀分析仪       | 检测下限：≤0.02ng/ml（三倍标准偏差）<br>量程：0-20ng/ml  | 套  | 1  |
| 7  | 原子吸收光谱仪      | 波长范围：190~900nm<br>石墨炉温度范围：室温~2600℃   | 台  | 1  |
| 8  | 电子分析天平       | 最小读数：0.01mg/0.1mg<br>最大读数：80g/210g   | 台  | 1  |

表 8.3-5(2/2) 环境实验室的设备及性能指标

| 序号 | 设备名称       | 主要技术特性  | 单位 | 数量 |
|----|------------|---|----|----|
| 9  | 氚蒸馏装置      | 蛇型冷凝器<br>1000ml 磨口三角瓶<br>数显加热套：2000ml         | 套  | 4  |
| 10 | 通风柜        | 最大排风量：1800 m <sup>3</sup> /h                  | 台  | 14 |
| 11 | 通风罩        | 排风量：800 m <sup>3</sup> /h                     | 套  | 1  |
| 12 | 分析实验台      | 外形尺寸：高度约为 0.90m；<br>宽度约为 0.75m<br>工作台面：环氧树脂材料 | 延米 | 若干 |
| 13 | 天平台        | 0.90m×0.61m×0.76m(长×宽×高)<br>材料：大理石或环氧树脂       | 台  | 3  |
| 14 | 放射源<br>保险柜 | 内部容积不小于 60 升<br>落地式                           | 个  | 3  |

表 8.3-6 监督性监测子站位置信息

| 序号 | 名称（代码）                      | 方位  | 经度         | 纬度        | 距离（km） |
|----|-----------------------------|-----|------------|-----------|--------|
| 1  | 东山岛职业中专<br>学校（EC6-1）        | S   | 117.502776 | 23.740556 | 9.7    |
| 2  | 前马村村委会<br>（EC6-2）           | SSW | 117.443632 | 23.727361 | 12.1   |
| 3  | 后江村村口<br>（EC6-3）            | SW  | 117.461275 | 23.802616 | 4.4    |
| 4  | 城内村村口（共站<br>址）（EC6-4）       | WSW | 117.467263 | 23.823293 | 2.7    |
| 5  | 列屿中学北侧<br>（EC6-5）           | W   | 117.459444 | 23.826388 | 3.5    |
| 6  | 下径泵房（EC6-6）                 | WNW | 117.415745 | 23.869406 | 9.0    |
| 7  | 南山村村委会<br>（EC6-7）           | NW  | 117.479746 | 23.842128 | 1.9    |
| 8  | 后安村村口<br>（EC6-8）            | NNW | 117.487057 | 23.850473 | 2.3    |
| 9  | 核电厂气象站（共<br>站址）（EC6-9）      | N   | 117.49172  | 23.846538 | 1.8    |
| 10 | 涂楼村村委会<br>（EC6-10）          | NNE | 117.522103 | 23.925909 | 11.0   |
| 11 | 漳州市古雷环境<br>监测站（EC6-11）      | NE  | 117.633204 | 23.913291 | 17.1   |
| 12 | 东山岛旅游集散<br>服务中心<br>（EC6-12） | SSE | 117.518126 | 23.743999 | 9.7    |



图 8.1-1 漳州核电项目前沿站位置图

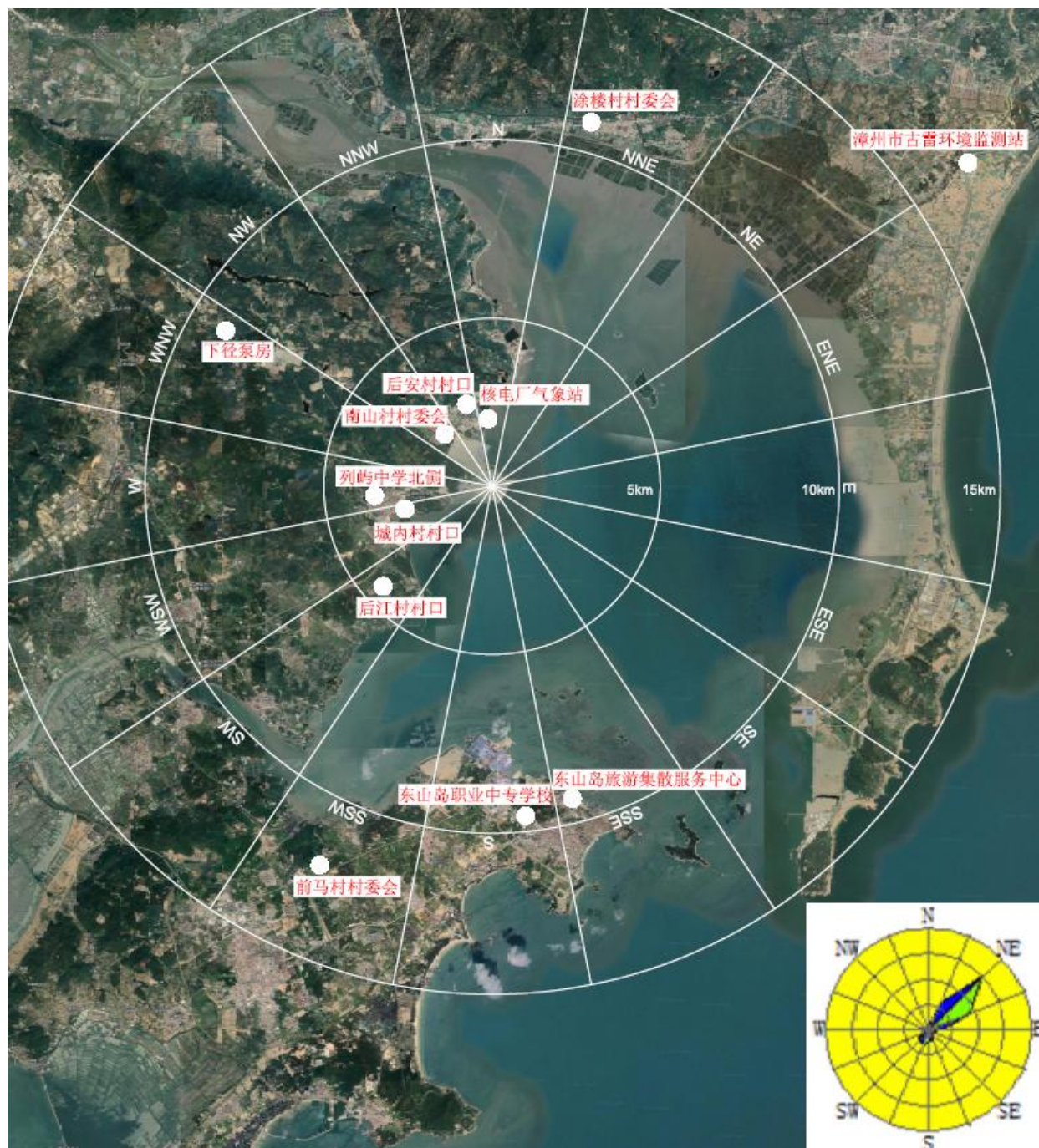


图 8.1-2 漳州核电项目监督性监测子站位置图

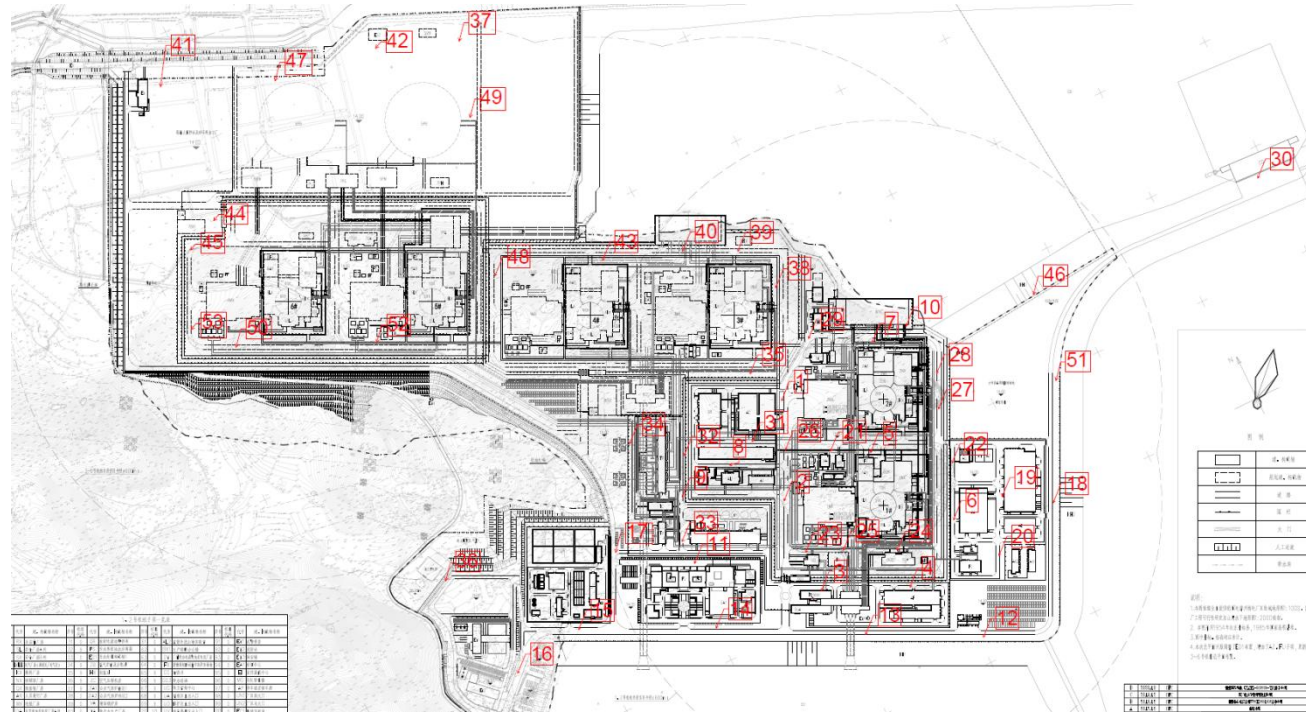


图 8.1-3 漳州核电厂厂内应急巡测点位置图

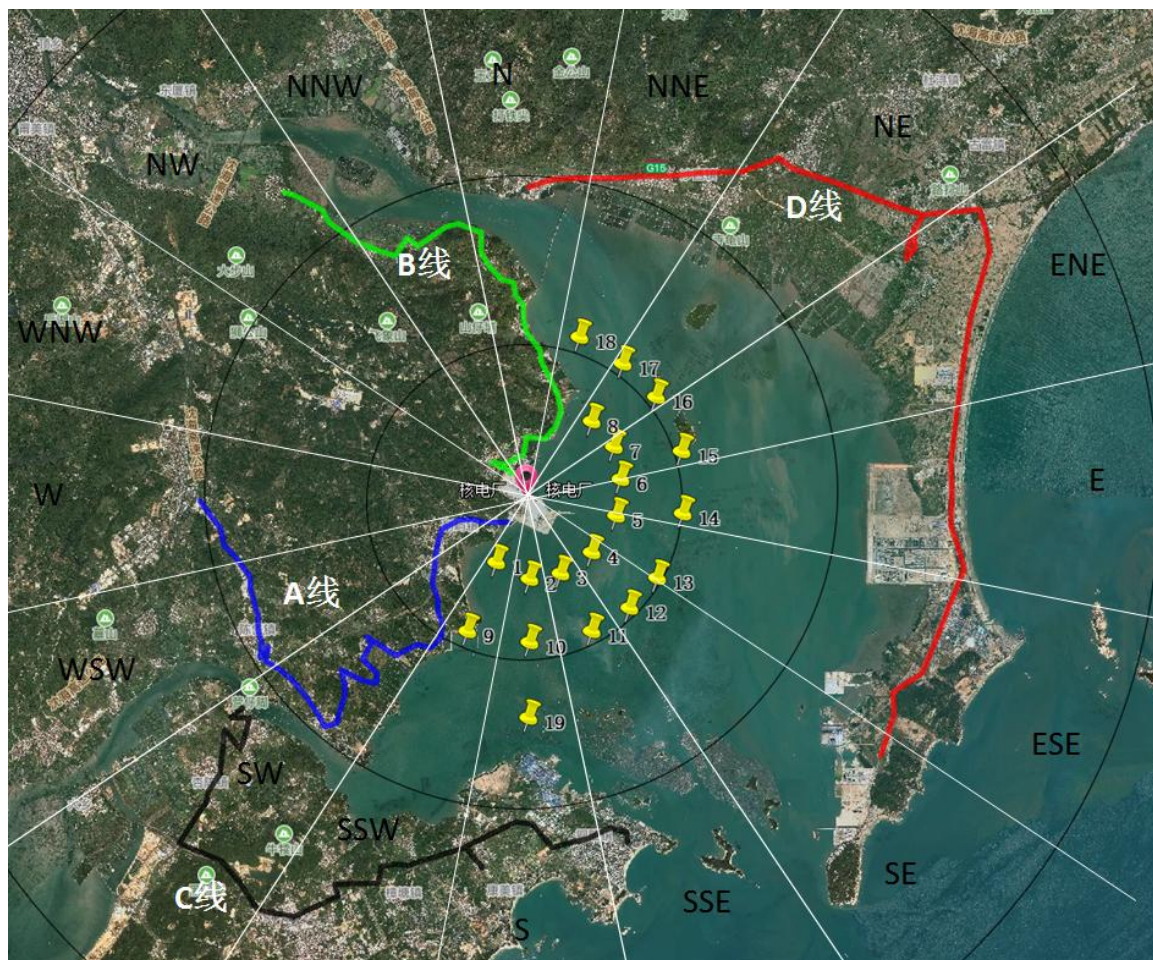


图 8.1-4 漳州核电厂应急监测路线

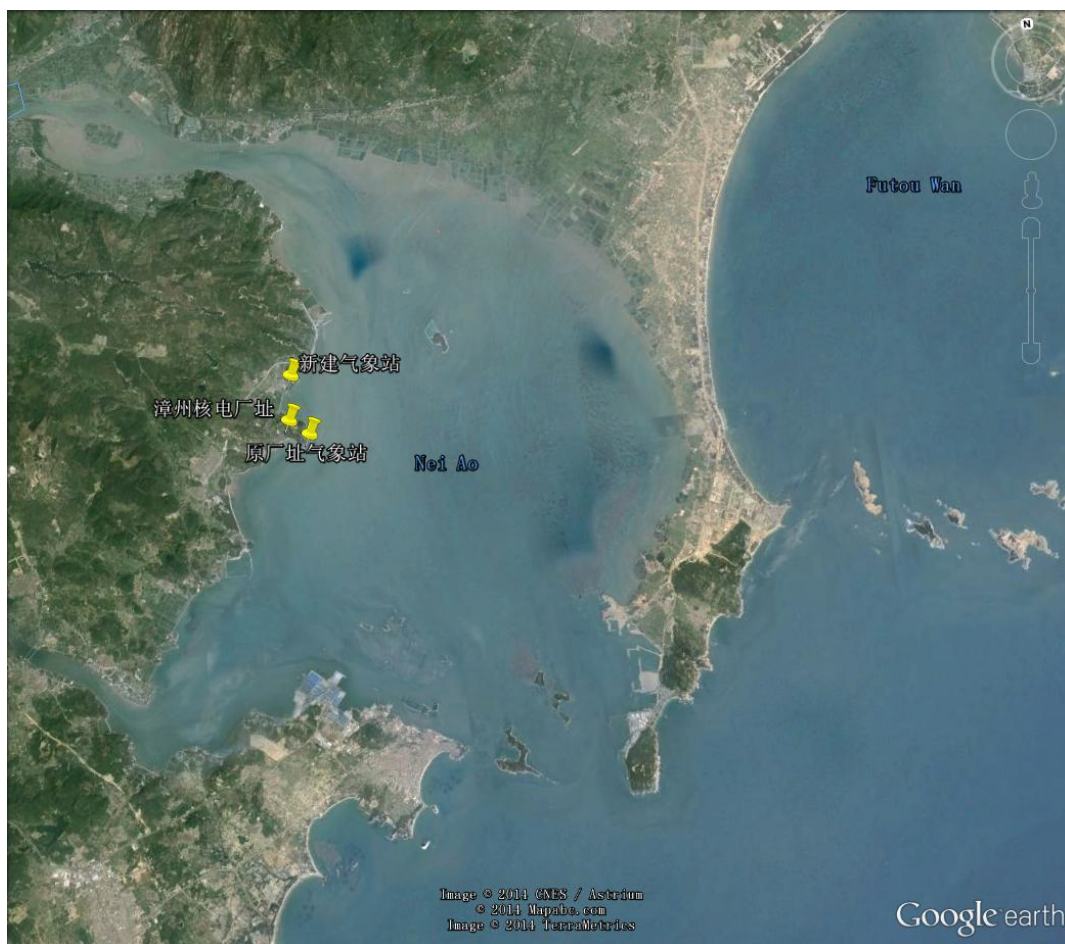


图 8.2-1 厂址气象站与厂址的相对位置示意图

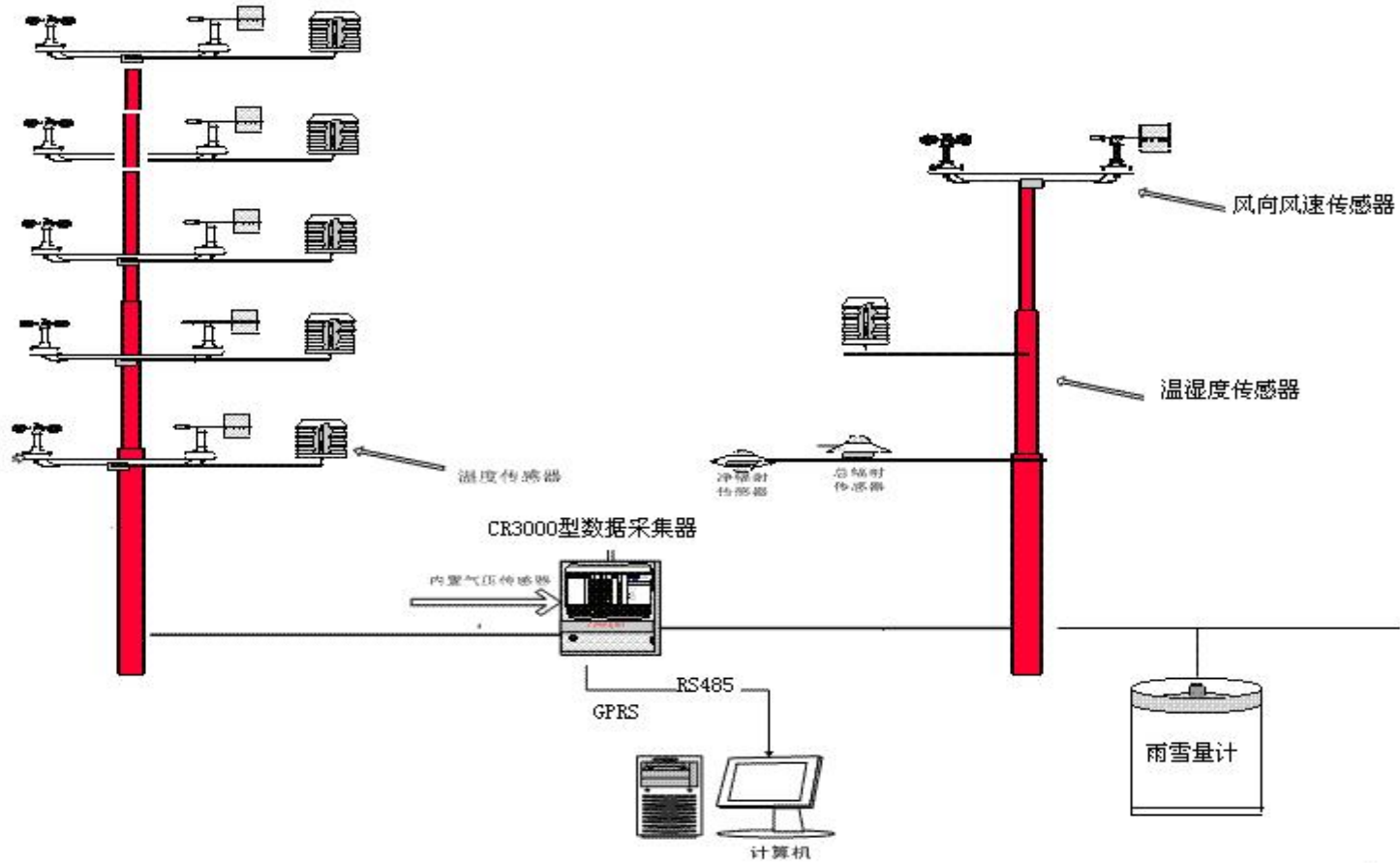


图 8.2-2 气象观测系统总体构成

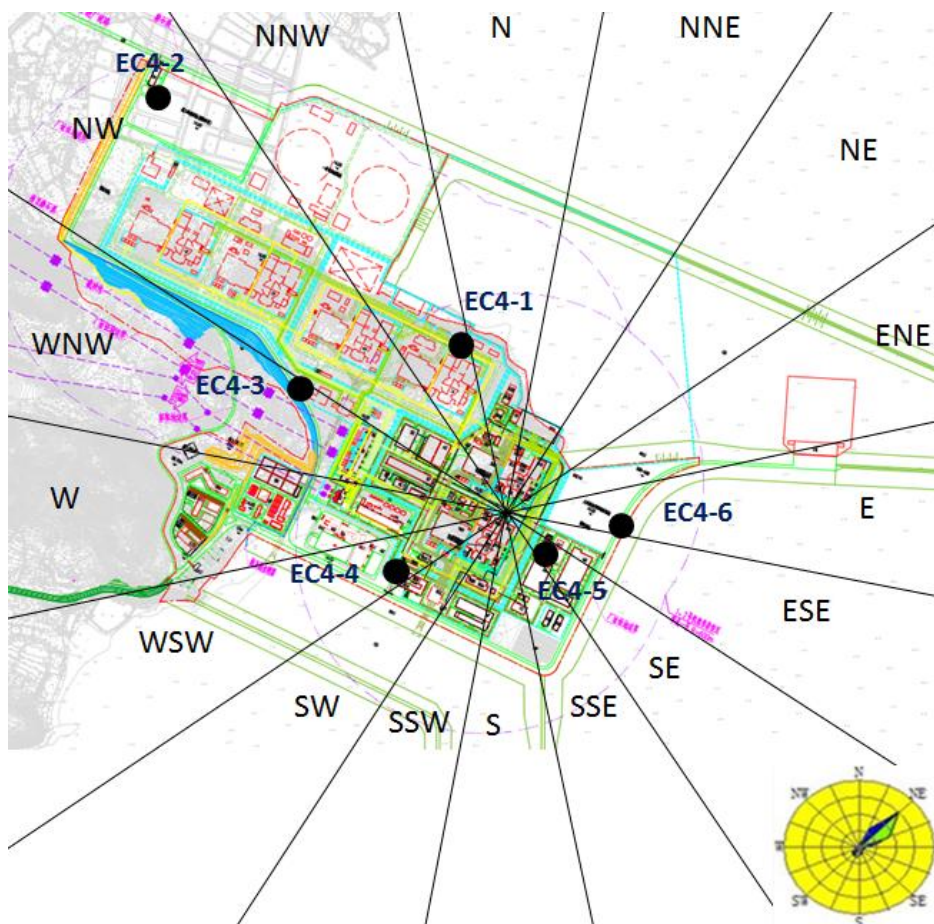


图 8.3-1 固定连续监测点位分布图（厂内固定监测点）

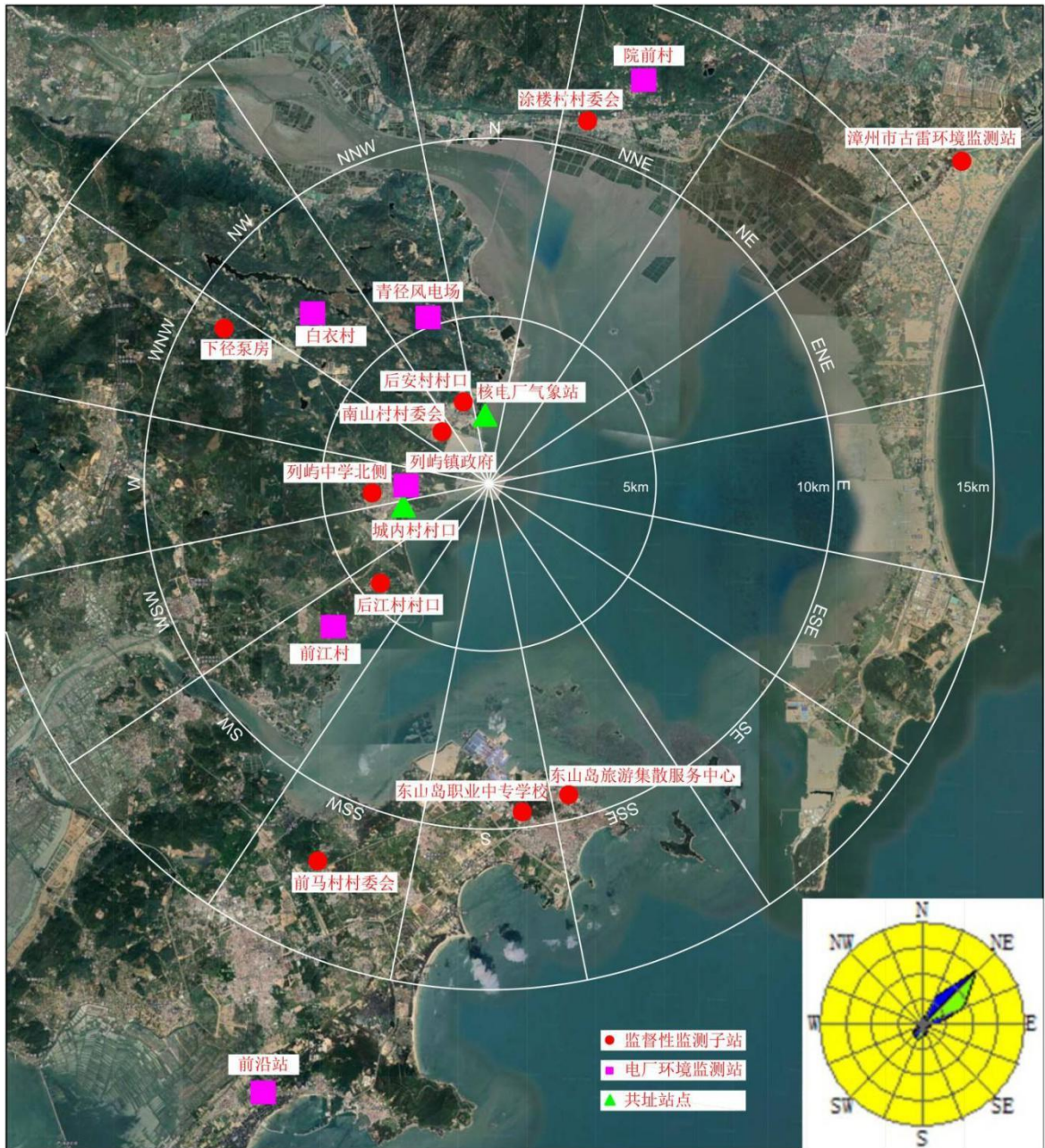


图 8.3-2 漳州核电项目监督性监测子站和厂外环境监测站位置图



图 8.3-3 漳州核电项目前沿站位置图

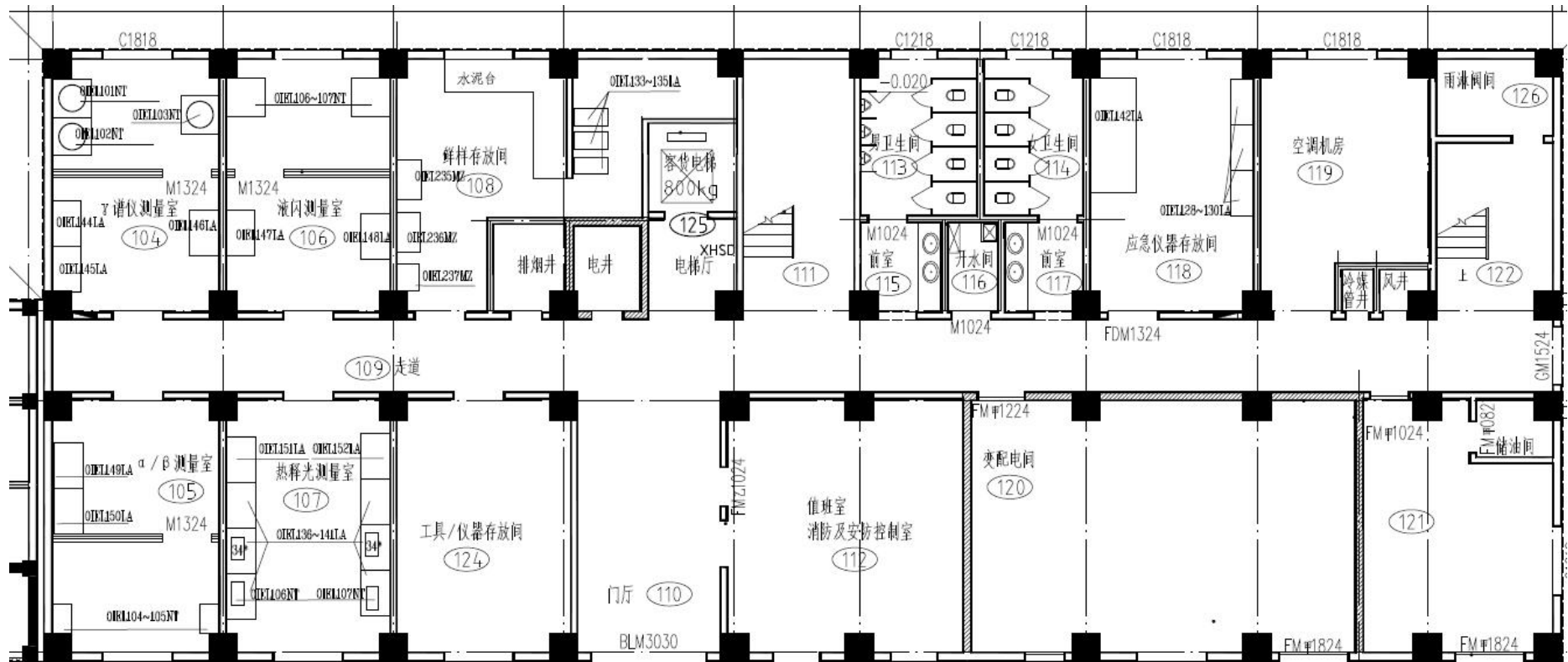


图 8.3-4 环境实验室布局示意图（一层）

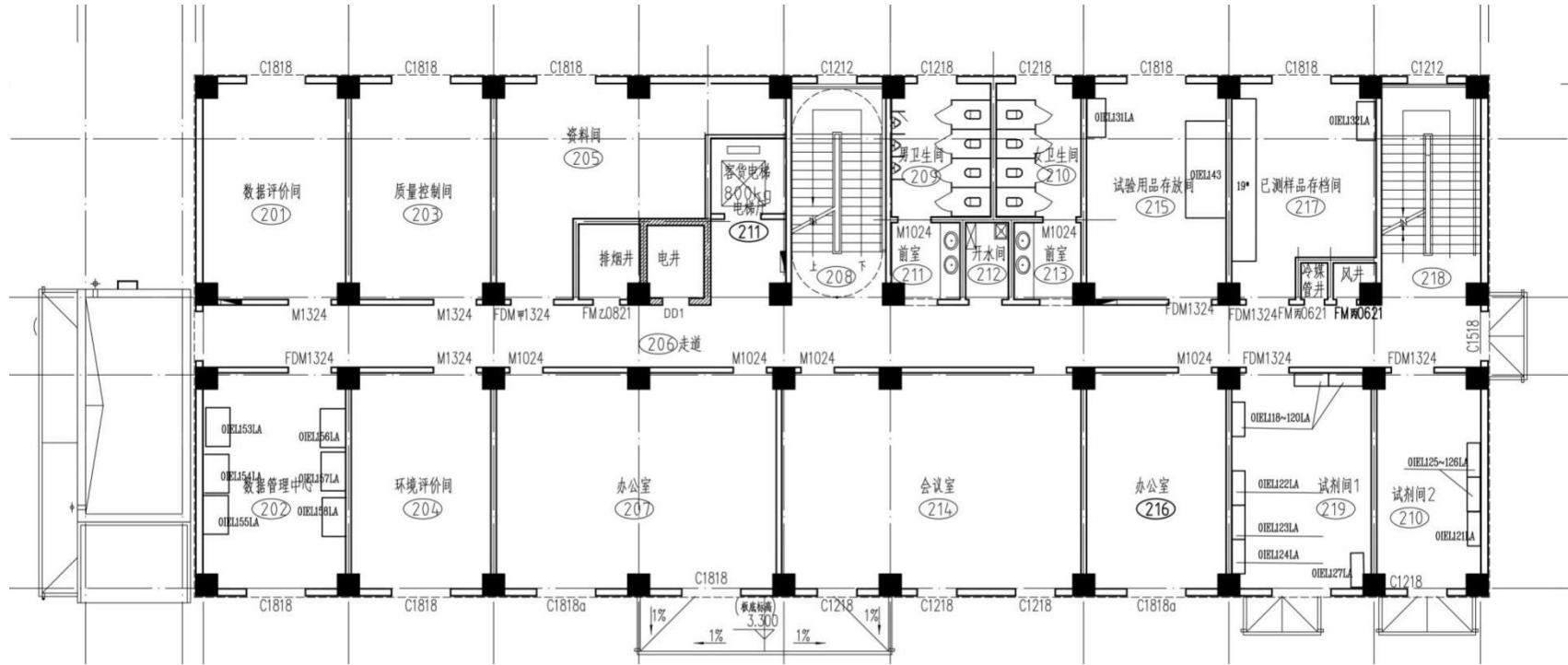


图 8.3-5 环境实验室布局示意图（二层）

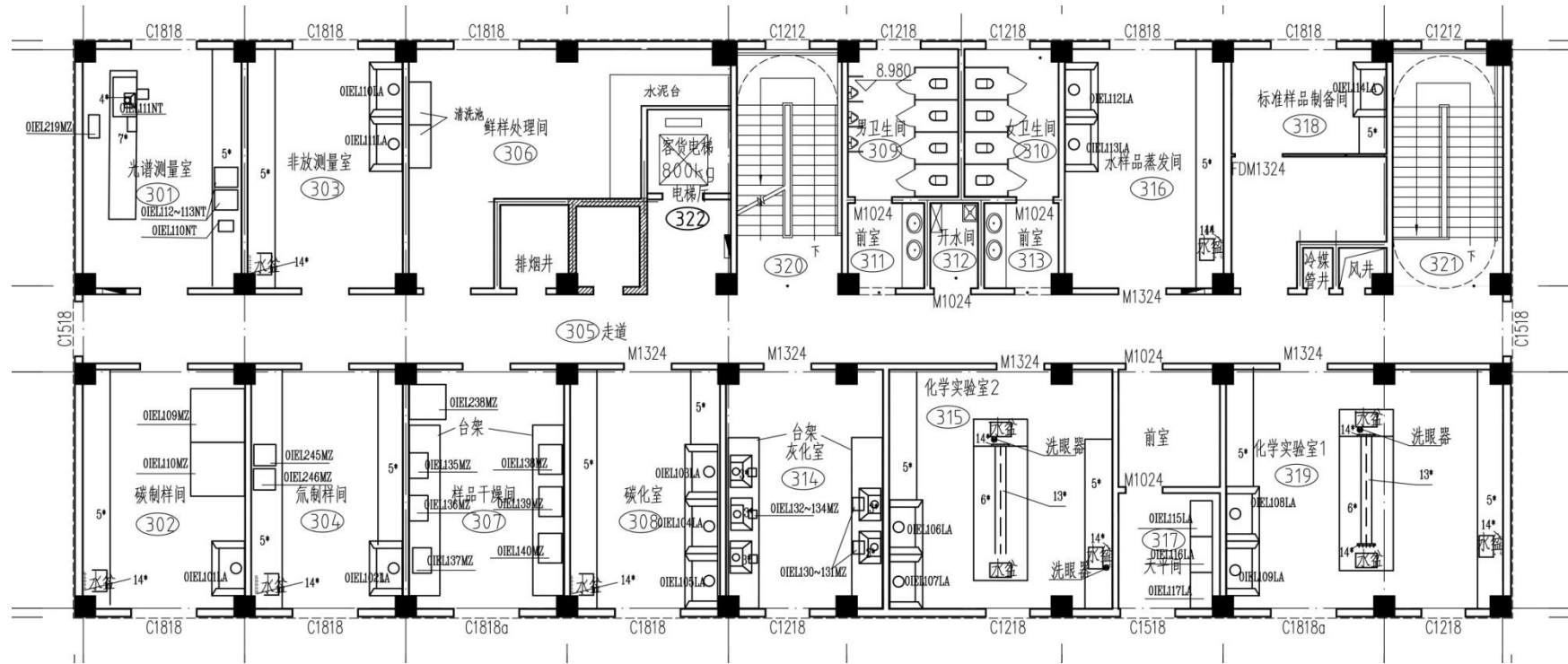


图 8.3-6 环境实验室布局示意图（三层）

## 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 156.07 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。但是，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，因此，福建漳州核电厂 5、6 号机组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却很难满足要求。福建漳州核电厂 5、6 号机组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。

福建漳州核电厂 5、6 号机组的建设，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，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。建设期间，可提供各种建设人才的就业机会；运行期间，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。

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。

福建漳州核电厂 5、6 号机组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

福建漳州核电厂 5、6 号机组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材。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 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、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。

同时，火电厂释放的 CO<sub>2</sub> 是全球 CO<sub>2</sub> 重要来源，而 CO<sub>2</sub> 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 直接代价

福建漳州核电厂 5、6 号机组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 2.14%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

福建漳州核电厂 5、6 号机组厂区、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。

福建漳州核电厂 5、6 号机组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。为了达到保护环境和保护公众的目的，福建漳州核电厂 5、6 号机组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福建漳州核电厂 5、6 号机组的环境影响做出了详细的论证。

从以上分析可以得出结论：福建漳州核电厂 5、6 号机组是经济的、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。福建漳州核电厂 5、6 号机组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、2 号机组正在建设，3、4 号机组已核准两台华龙一号机组及其配套辅助设施。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 6 月 30 号 FCD。

## 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、气载放射性流出物排放满足 GB6249-2011《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 50m<sup>3</sup>/年。

### 10.2.2 非放射性废物处理系统

本工程设置旱厕或移动式环保厕所、污水处理构筑物 2 等对生活污水进行收集和处理，再生水满足回用水相关标准后回用于绿化及道路浇洒等；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油水分离设施处理后，排水水质满足相关标准要求，经生产废水管网回用至循环水补水预处理厂房。无需处理可直接排放的部分非放生产废水和经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漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入东山湾海域。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。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。

### 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，气载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 GB6249-2011 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除氚和碳 14 外其他放射性核素的排放浓度满足 GB 6249-2011 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

本工程运行状态下估算公众的最大个人剂量时，流出物排放源项采用排放量设计值。本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $3.32\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $4.98\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.72\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $7.32\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为  $4.98\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占本工程个人剂量约束值（ $0.08\text{mSv/a}$ ）的 6.23%。

本厂址规划建设 6 台华龙一号核电机组，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  $1.14\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $1.42\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $9.30\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.39\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为  $1.42\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的 5.68%。

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 N 方位 1~2km 处的云霄县列屿镇人家村和宅后村的青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $1.30\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气载途径所致的剂量为  $1.98\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为  $1.10\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。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  $1.10\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 84.69%；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 10.14%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $9.50\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 73.24%；另外，Co-60 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 11.50%和 3.88%。

厂址 6 台机组运行状态下，可能的关键居民组是厂址 N 方位 1~2km 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  $3.19\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。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  $2.64\text{E-}06$

Sv/a, 约占气液态总剂量的 82.76%; 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 12.29%。各核素中关键核素为 C-14, 它所致的剂量为  $2.19\text{E}-06$  Sv/a, 约占气液态总剂量的 68.65%; 另外, Co-60 和 H-3 的剂量贡献也较大, 分别占气液态总剂量的 12.96% 和 3.87%。

## (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  $10^{-3}$  数量级以下; 从剂量率的估算来看, 厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此, 本工程 2 台机组正常运行时, 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  $6.00\text{E}-03\text{Sv}$ , 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  $1.52\text{E}-03\text{Sv}$ , 分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 2.40% 和 0.61%; 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  $193 \text{人} \cdot \text{Sv}$ , 为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 0.965%。

本工程选址假想事故对公众造成的剂量后果满足 GB6249-2011 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

取水头部施工位于已建取水明渠底部，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。福建漳州核电厂 5、6 号机组海域工程施工不会对东山湾内的水质环境造成不利影响。

### 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）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初步计算结果，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，通过废水输送泵送至常规岛废液排放系统，不会影响附近海域的海水质量。

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。

### （4）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，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。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。

### （5）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。

### （6）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。

#### （7）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

本工程的公众参与工作正在开展中，待完成后进行补充。

### 10.7 承诺

本报告书给出的对本工程建设和运营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。