

公示版

福建漳州核电厂3、4号机组  
**环境影响报告书**  
(建造阶段)

中核国电漳州能源有限公司  
二〇二二年五月



密级:

图册(文件)编号	
1916YE1RHYC01	
共1册	第1册
版次: A	状态: CFC

## 福建漳州核电厂3、4号机组

工 程 号 1916

子项号或系统号 \_\_\_\_\_

子项或系统名称 \_\_\_\_\_

设 计 阶 段 初步设计

工 种 综合

图册(文件)名称 环境影响评价报告书  
(建造阶段)

图册(文件)序号 -

批 准 

F	Y	Y	0	0	5	0	0	0	0	1	B	2	2	K	0	2	G	N
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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

中国核电工程有限公司

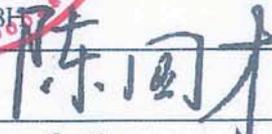
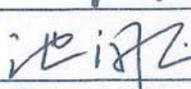
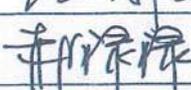
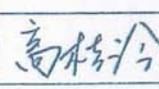
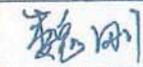
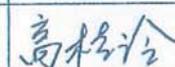
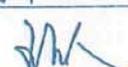
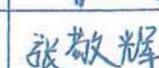
工程设计综合甲级资质证书: A111003049

二〇二二年五月



打印编号: 1652342779000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	h096nr		
建设项目名称	福建漳州核电厂3、4号机组		
建设项目类别	55--167核动力厂(核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等); 反应堆(研究堆、实验堆、临界装置等); 核燃料生产、加工、贮存、后处理设施; 放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称(盖章)	中核核电漳州能源有限公司		
统一社会信用代码	913506225853420481		
法定代表人(签章)	陈国才		
主要负责人(签字)	池闯正		
直接负责的主管人员(签字)	郝禄禄		
<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
高桂玲	06351143505110583	BH026937	
<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	
高桂玲	第一章、第十章	BH026937	
王欣	第三章、第八章	BH026929	
张敬辉	第四章	BH026938	

薛娜	第六章、第七章	BH026661	薛娜
李京	第二章	BH026930	李京
韩蕊	第五章	BH026658	韩蕊

## 文件修改记录

版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2022.5	-	-	首次出版

# 总 目 录

## 第一章 概述

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

## 第二章 厂址与环境

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

## 第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

## 第四章 核电厂

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

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

## 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 施工影响的控制

## 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

6.4 初步退役计划

## 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 严重事故

7.3 厂内运输事故

7.4 其它事故

7.5 事故应急

## 第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

## 第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

## 第十章 结论与承诺

10.1 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

## 附件

- 附件一：中华人民共和国建设项目用地预审与选址意见书
- 附件二：福建省自然资源厅关于漳州核电项目 3-6 号机组建设用地预审意见的函
- 附件三：漳州市人民政府关于福建漳州核电厂 3、4 号机组社会稳定风险评估意见的函
- 附件四：福建漳州核电厂 3、4 号机组水土保持方案审批准予行政许可决定书
- 附件五：中华人民共和国水利部太湖流域管理局准予行政许可决定书
- 附件六：福建省人民政府关于漳州核电厂近厂区范围限制发展的批复
- 附件七：漳州核电厂一期工程厂址选择审查意见书
- 附件八：关于认可<漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址安全分析复核报告的函>
- 附件九：对国电漳州核电厂可行性研究阶段地震安全评价报告的批复
- 附件十：关于漳州核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）的批复
- 附件十一：关于认可<漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）>的函
- 附件十二：国家核事故应急办公室关于福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域核应急方案审查意见的通知
- 附件十三：关于重新确认漳州核电厂一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意见函
- 附件十四：云霄县人民政府关于同意在漳州核电厂址周围设置非居住区的函
- 附件十五：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

## 前 言

漳州核电厂规划容量按6台100万千瓦级压水堆核电机组考虑，一次规划，分期建设。其中1、2号机组已于2019年10月16日实现FCD，3、4号机组为扩建工程。3号机组计划2023年6月30日浇筑第一罐混凝土，单台机组建设工期为58个月，两台机组间隔10个月，3号机组计划于2028年4月投入商业运行，4号机组计划于2029年2月投入商业运行。

漳州核电厂一期工程拟建设规模为4台AP1000第三代压水堆核电机组，一次规划连续建设。2016年10月8日，《漳州核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》获得环保部批复（批文号：环审[2016]131号）“漳州核电厂一期工程位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾，拟建四台AP1000型压水堆核电机组及配套设施……我部同意你按照《报告书》所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作”。

根据机型技术路线调整需要，中国核电工程有限公司于2017年6月在《漳州核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》基础上开展了漳州核电厂4台华龙一号机组环境影响差异性分析工作，编制了《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》。2018年11月21日，《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》获生态环境部认可（函件号：环核电函[2018]169号），“认为采用“华龙一号”融合技术的漳州核电厂一期工程的环境影响是可以接受的，同意你公司按照复核报告所列的建设项目的性质、规模、地点、技术路线以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作”。

漳州核电厂3、4号机组建造阶段环境影响报告书，是中核国电漳州能源有限公司向生态环境部申请建造许可证的重要申请文件之一。受中核国电漳州能源有限公司的委托，中国核电工程有限公司编制《福建漳州核电厂3、4号机组环境影响报告书（建造阶段）》。

本报告书是中核国电漳州能源有限公司和中国核电工程有限公司共同所有，任何单位或个人未经允许不得复制或引用。

## 第一章 概 述

### 1.1 建设项目名称和建设性质

#### 1.1.1 核电厂名称

#### 1.1.2 建设性质

### 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

### 1.3 建设项目经费和环保设施投资

### 1.4 建设目的

### 1.5 建设项目的进度

### 1.6 环境影响报告书编制依据

#### 1.6.1 编制依据文件

#### 1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

### 1.7 评价标准

#### 1.7.1 辐射环境影响评价标准

#### 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 辐射影响防控措施

#### 1.9.2 非放射性影响防治措施

### 1.10 评价范围

### 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

#### 1.11.1 选址阶段环境影响报告书的批复意见

#### 1.11.2 选址阶段环境影响报告书批复意见的落实情况

## 表

表 1.6-1 采用的主要专题研究成果一览表

表 1.7-1 漳州核电厂 3、4 号机组和 1-4 号机组的的排放量设计值和排放量控制值

## 图

图 1.10-1 福建漳州核电厂厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

## 1.1 建设项目名称和建设性质

### 1.1.1 核电厂名称

核电厂的名称：福建漳州核电厂。

工程名称：福建漳州核电厂 3、4 号机组。

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 3、4 号机组，由中国核能电力股份有限公司和中国国电集团公司按照 51%：49% 的股比共同出资组建，中国核能电力股份有限公司控股。

福建漳州核电厂 3、4 号机组采用“华龙一号”三代核电技术，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颁布的最新安全标准的要求；兼顾机组的安全性和经济性，满足三代核电技术的指标要求，吸收福岛核电站事故的经验反馈，考虑应对福岛核电站事故的相关改进和措施；具备能动与非能动相结合的安全特征，全面的严重事故预防与缓解措施、强化的外部事件的防护能力和改进的应急响应能力，具有技术成熟性和完整自主知识产权。

## 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

福建漳州核电厂的规划容量按 6 台百万千瓦级压水堆核电机组考虑，一次规划，分期建设。6 台机组沿厂址东部和北部的山体呈反 L 型布置，核岛朝东、常规岛朝西，总体建设方向为由东向西，其中 1、2 号机组位于厂址东部，受场地和地基条件限制，采用并列布置，3、4 号机组位于厂址中部，为尽量减少土石方开挖工程量，采用顺列布置。本工程建设漳州核电厂 3、4 号机组。3、4 号机组紧邻 1、2 号机组布置，与 1、2 号机组属同一厂址，3、4 号机组工程将充分利用 1、2 号机组已建设施，尽量减少工程投资。

## 1.3 建设项目经费和环保设施投资

福建漳州核电厂 3、4 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约占总项目计划总资金的 2.9%。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）推进福建省能源结构优化的进程

福建电力建设以水电起家，从“优先开发水电”，到“水主火从”、“水火并举”，再到“加快火电建设”、“适当控制发展煤电”，电源结构不断朝着清洁化、可再生方向发展。近年来，福建省着眼于打造全国生态文明先行示范区，积极推进能源供给侧结构性改革，

特别在当前“双碳”政策的要求和全球煤炭资源短缺的形式下，电力发展清洁优先、低碳优先、高效优先，清洁能源和可再生能源快速发展。“十三五”期间，福建省清洁能源装机增加1173万千瓦，占全部新增电力装机的75%，其中核电由545万千瓦增加到987万千瓦，增长81%。截至2020年底，福建省清洁能源装机达到3625万千瓦，占全省电力装机比重达55.87%。2020年福建省清洁能源发电1256亿千瓦时，“每两千瓦时中约有一千瓦时为清洁能源”。随着“华龙一号”全球首堆——装机容量116.1万千瓦的福清核电5号机组成功并网，福建省建成投产的核电机组已达9台，核电在运容量全国第二，核电占比全国第一。作为清洁、低碳和高效的能源，漳州3、4号核电机组的建设将在漳州1、2号机组的基础上继续推进福建省能源结构的优化。

### （2）适应福建省电力发展需求

根据电力平衡分析，电源规划立足省内平衡时，考虑现有、在建及已核准的电源项目时，2025~2030年期间福建电网一直存在电力缺额，其中2028年、2030年电力缺额分别约9000MW、14800MW。因此，从电力市场空间上看，结合福建省规划电源建设进度，为满足负荷快速发展的需要、保障省内能源供应安全，适时开工建设新的电源项目是必要的，福建漳州核电厂3、4号机组可作为“十五五”期间的备选电源。

福建南部包括泉州、厦门、漳州、龙岩四地区，根据负荷预测水平，南部四地市负荷约占全省负荷的55%；其中泉州、厦门、漳州等三市均是福建电网主要负荷中心，用电增长速度快，发展潜力大。而省内已核准和已列入国家规划大型电源大部分位于福建中北部，潮流总体呈现北电南送的情况。

根据前述电源规划和分区电力平衡情况，福建漳州核电厂3、4号机组所在的福建南部地区属缺电地区，即使考虑现有、已核准和其他规划电源（含本工程）后，2028年、2030年电力缺额分别约11500MW、12000MW。福建漳州核电厂3、4号机组可就近供电福建南部地区，满足区域电网负荷发展需要，有助于减轻福建主网的北电南送压力，提高福建主网的安全稳定运行裕度。

闽粤联网工程“十三五”期间开工建设，预计“十四五”初期投产，输电能力为2000MW，工程定位为加强国家电网与南方电网之间的电气联系，实现国家电网和南方电网互补余缺，互为备用和紧急事故支援。根据前期工程成果，“十四五”至“十五五”期间广东电力缺口持续扩大。闽粤联网工程建设可发挥阶段季节性互补余缺的送电效益。福建电网可将汛期盈余电力送往广东，福建漳州核电厂3、4号机组工程作为福建南部稳定电源，有利于保障闽粤联网工程发挥作用。

### （3）带动地方经济发展

核电工程项目是一个劳动力、技术和人才密集的行业，核电产业是区域经济可持续发展非常重要的影响因素。核电机组投资大，经济效益好，建设周期长，涉及产业链和技术门类众多，需要大量吸纳有一定专长的劳动力，将为福建省厂址周边地区增加劳动就业岗位，增加国民收入，有利于社会安定团结。核电站的建设可以积极促进周边地区设备制造、电子信息、材料加工、建筑建材、教育培训、交通运输、社会服务等多个行业的发展，促进科技创新，带动经济发展。同时，核电厂职工的购房和生活消费等，有利于当地的房地产业、零售业、通讯、教育、医疗卫生及其他市政设施和社会福利事业的发展，繁荣当地经济。

### 1.5 建设项目的进度

福建漳州核电厂3号机组计划2023年6月30日浇筑第一罐混凝土，单台机组建设工期为58个月，两台机组间隔10个月，3号机组将在2028年4月投入商业运行，4号机组将在2029年2月投入商业运行。

### 1.6 环境影响报告书编制依据

#### 1.6.1 编制依据文件

(1) 云霄县自然资源局，《中华人民共和国建设项目用地预审与选址意见书》（用字第 350000202100001 号）；

(2) 福建省自然资源厅，《福建省自然资源厅关于漳州核电项目 3-6 号机组建设用地预审意见的函》（闽自然资函〔2021〕272 号）；

(3) 福建省漳州市人民政府，《漳州市人民政府关于福建漳州核电厂 3、4 号机组社会稳定风险评估意见的函》；

(4) 中华人民共和国水利部，《福建漳州核电厂 3、4 号机组水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决[2021]24 号）；

(5) 水利部太湖流域管理局，《中华人民共和国水利部太湖流域管理局准予行政许可决定书》（太许可决[2021]3 号）；

(6) 福建省人民政府，《福建省人民政府关于漳州核电厂近厂区范围限制发展的批复》（闽政文[2014]48 号）；

(7) 国家核安全局，《漳州核电厂一期工程厂址选择审查意见书》（国核安发〔2016〕247 号）；

(8) 国家核安全局，《关于认可<漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址安全分析复核报告的函>》（国核安函〔2018〕94 号）；

(9) 中国地震局，《对国电漳州核电厂可行性研究阶段地震安全评价报告的批复》（中

震安评[2009]89 号)；

(10) 中华人民共和国环境保护部，《关于漳州核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审〔2016〕131 号）；

(11) 中华人民共和国生态环境部，《关于认可<漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）>的函》（环核电函〔2018〕169 号）；

(12) 《国家核事故应急办公室关于福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域核应急方案审查意见的通知》（国核应办[2021]17 号）；

(13) 漳州市环境保护局，《关于重新确认漳州核电厂一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意见函》（漳环审函[2016]8 号）；

(14) 云霄县人民政府，《云霄县人民政府关于同意在漳州核电厂址周围设置非居住区的函》（云政函[2014]65 号）；

(15) 福建省人民政府，《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）。

本工程专题报告充分利用了漳州核电厂一期工程已有的成果，同时为满足外委成果的时效性等要求，本工程已新委托开展专题，本报告书编制依据的主要专题研究成果详见表 1.6-1。

## 1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

### 1.6.2.1 主要法规

- (1) 《中华人民共和国核安全法》（2017 年 9 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》（2017 年 11 月 5 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 年修订）；
- (13) 《建设项目环境保护管理条例》（2017）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与海洋环境管理条例》（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 612 号；
- (17) 《近岸海域环境功能区管理办法》（1999 年 12 月 10 日）（国家环境保护总局令 第 8 号）；
- (18) 《电磁辐射环境保护管理办法》（1997 年 3 月 25 日）（国家环保局 [1997] 第 18 号令）；
- (19) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；
- (20) 《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）；
- (21) 《放射性废物安全监督规定》（HAF401）。

#### 1.6.2.2 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 地面水环境》（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 输变电工程》（HJ24-2014）；
- (8) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）；
- (9) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）；
- (10) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）；
- (11) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）；
- (12) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）；
- (13) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；
- (14) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；
- (15) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）；
- (16) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (17) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）；

- (18) 《海洋监测规范》(GB17378.1~7-2007);
- (19) 《海洋调查规范》(GB12763.1~7-2007);
- (20) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局, 2002);
- (21) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- (22) 《核设施流出物监测的一般规定》(GB11217-89);
- (23) 《环境核辐射监测规定》(GB12379-90);
- (24) 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB11215-89)
- (25) 《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93)
- (26) 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019);
- (27) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》(GB/T 17230-1998);
- (28) 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB8999-2021);
- (29) 《海水水质标准》(GB3097-1997);
- (30) 《污水综合排放标准》(GB8978-1996);
- (31) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002);
- (32) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020);
- (33) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (34) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- (35) 《声环境质量标准》(GB3096-2008);
- (36) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008);
- (37) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- (38) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);
- (39) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020);
- (40) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18957-2001)
- (41) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ1186-2005);
- (42) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》(GB14589-93);
- (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) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》(HJ/T10.2-1996);
- (46) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T10.3-1996)。

## 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

运行状态下的剂量约束值，遵循 GB6249-2011 的规定：“任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质，对公众中任何个人造成的有效剂量每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值”。

福建漳州核电厂厂址规划建设 6 台“华龙一号”机型核电机组，厂址剂量约束值为 0.25mSv/a，3、4 号机组的剂量约束值拟定为 0.06mSv/a。

根据 GB 6249-2011 的第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，福建漳州核电厂厂址 6 台机组运行状态下的年放射性排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内，具体如下：

气载流出物：

- 惰性气体， $2.4 \times 10^{15}$  Bq/a；
- 碘， $8.0 \times 10^{10}$  Bq/a；
- 长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）， $2.0 \times 10^{11}$  Bq/a；
- 氚， $6.0 \times 10^{13}$  Bq/a；
- C-14， $2.8 \times 10^{12}$  Bq/a。

液态流出物：

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

福建漳州核电厂规划建设六台“华龙一号”机组，漳州核电厂 1-4 号机组（华龙一号）运行状态下，四台机组的排放量控制值为厂址控制值的 2/3。3、4 号和 1-4 号机组的排放量设计值和排放量控制值见表 1.7-1。

GB6249-2011 第 6.8 条中规定了液态流出物排放浓度的要求。本厂址属滨海厂址，电厂运行过程所产生的液态流出物系统排放口的浓度按照以下要求来控制，即：槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素的排放浓度不超过 1000Bq/L。

### （2）事故工况下的剂量控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；在发生一次极限事故时，非居住区边界上

公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

### （3）海水中的放射性核素浓度标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，运行期间受纳水体中的放射性核素浓度控制值为：

—Co-60：0.03Bq/L；

—Sr-90：4.0Bq/L；

—Ru-106：0.2Bq/L；

—Cs-134：0.6Bq/L；

—Cs-137：0.7Bq/L。

## 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

根据《漳州市环境保护局关于重新确认漳州核电厂一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意见函》（漳环审函[2016]8 号），本工程非放射性评价标准如下：

### （1）大气

大气环境质量：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。

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

### （2）海洋功能区划、近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

漳州核电厂附近海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第三类标准，其中，温排水混合区不得影响邻近功能区的水质和鱼类洄游通道，除水温指标外，其余水质指标仍按海水水质三类标准执行。

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）及《福建省人民政府关于调整福建省近岸海域环境功能区划（漳州核电近岸海域）的批复》（闽政文〔2015〕282号），厂址附近海域为“东山湾漳州核电三类区”，主导功能为一般工业用水，辅助功能为纳污。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。

根据《国家海洋局关于同意福建省海洋功能区划修改方案的函》（国海管字〔2016〕219号），“东山湾漳州核电三类区”海域范围相对应的海洋功能区划类别主要为“列屿特殊利用区”和“尾涡屿特殊利用区”。其中“列屿特殊利用区”的海洋环境保护要求为：主导功能实施过程采取有效途径减少泥沙入海等对周围海域的负面影响，严格遵守海域论

证和海洋环评提出的海洋环境保护措施。严格执行温排水排放要求。

### （3）污水排放标准

主厂区、厂前区和部分施工临建区的生活污水回用执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920—2020）中车辆冲洗水质标准，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。

其它非放射性废水排放执行《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：居民区环境噪声执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中2类标准；厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中3类标准；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：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；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）。

### （5）电磁辐射

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。

厂址区域电磁辐射采用《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求，对于 30MHz-3000MHz 的频率范围，该标准的公众暴露控制限值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的方均根值应小于  $0.4\text{W}/\text{m}^2$ （电场强度限值 12V/m）。

## 1.8 工程组成

### 1.8.1 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

### 1.9.1 辐射影响防控措施

#### （1）放射性废液管理系统

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），
- 放射性废水回收系统（WSR），

— 核岛疏水排气系统（RVD）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

- 化学和容积控制系统（RCV），
- 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），
- 蒸汽发生器排污系统（TTB），
- 常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

#### （2）放射性废气处理系统

放射性废气处理系统为单机组设置，用于收集、贮存并处理反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准及核电厂管理规范要求后排入大气。放射性废气处理系统主要包括：

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

#### （3）放射性固体废物管理系统

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。固体废物处理系统的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

### 1.9.2 非放射性影响防治措施

#### （1）污水处理设施

本工程拟建设生活污水处理站、非放射性含油废水处理站等污水处理设施。

本工程主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至主厂区的生活污水处理站，厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至厂前区的生活污水处理站。主厂区和厂前区生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入厂区雨水管网，最终排入大海。部分与厂区距离较远的施工临建区的生活污水由施工承包商处理后排放，排放水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准。

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，排入室外雨水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

## （2）固体废物污染防治措施

运行期产生的固体废物对环境的影响主要来源于除盐水处理过程中废弃的离子交换树脂、生活污水处理过程中产生的污泥及危险废物。本工程运行期产生的各类危险废物集中分类暂存后，委托有资质的单位对危险废物进行外运处理。

### 1.10 评价范围

根据《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89），辐射环境影响评价范围是以 4 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。

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》（HJ2.4-2021）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），本项目声环境评价范围为厂界外 1m 和厂址半径 5km 范围内敏感目标。

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

电磁辐射评价范围：1）工频电场、工频磁场强度：以核电厂拟建开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 0.5km 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。

### 1.11 环境影响报告书批复的落实情况

#### 1.11.1 选址阶段环境影响报告书的批复意见

2016 年 10 月 8 日，原环保部以“环审[2016]131 号”文批复了基于 AP1000 技术路线的《漳州核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》。该批复要求在工程设计及今后一个时期应重点做好的工作如下：

- （一）加强漳州核电厂一期工程施工期间管理，落实施工期间环境监测方案。
- （二）进一步推动落实中低放废物处置场的选址建设工作。
- （三）加强公众沟通，有序推进项目的科普宣传、公众参与及信息公开等工作。

2018 年 6 月，漳州核电厂一期工程技术路线由 AP1000 技术调整为“华龙一号”融合

技术。2018 年 11 月 21 日，生态环境部以“环核电函[2018]169 号”文认可了《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》。

### 1.11.2 选址阶段环境影响报告书批复意见的落实情况

以上批复意见的落实情况如下：

（一）关于“加强漳州核电厂一期工程施工期间管理，落实施工期间环境监测方案。”

工程施工前会制定施工期间管理制度并在施工过程中严格执行，本报告第五章说明了施工期间将采取的环境监测方案，并在施工期间会严格落实。

（二）关于“进一步推动落实中低放废物处置场的选址建设工作。”

2015 年底，中核集团与福建省就福建核电环保配套工程项目重新选址事宜进行沟通并达成了共识。根据福建省的意见，中核集团在福建省霞浦县选址建设低中放固体废物处置场。作为福建核电的环保配套工程项目，处置场总规划处置低中放废物容量 30 万 m<sup>3</sup>，一期规划处置废物 10 万 m<sup>3</sup>，用于处置福建规划的 25 台核电机组（包括漳州核电）产生的全部运行废物。中核国电漳州能源有限公司将继续跟踪项目工作进展，及时明确后续推进计划。

（三）关于“加强公众沟通，有序推进项目的科普宣传、公众参与及信息公开等工作。”

#### 1、公众沟通、科普宣传方面

为增进漳州市云霄县及周边地区公众对漳州核电项目的了解，提升周边公众对漳州核电工程建设的可接受度，获得公众对漳州核电项目的支持，依据《福建省漳州核电项目公众沟通工作方案》，漳州核电项目从 2018 年至今，开展了一系列面向福建省内公众尤其是漳州市当地公众的科普宣传，活动形式多样，包括（1）组织媒体宣传、（2）走进校园宣传、（3）制作发放科普读物、（4）组织外出参观考察、（5）开放核电科普展厅、（6）开展公益活动、（7）联合当地民间艺术团，创作科普文化作品。

宣传科普活动的主体为漳州市人民政府、云霄县人民政府、中核国电漳州能源有限公司。宣传周期为从核电项目厂址选定开始，贯穿核电项目厂址选择、建造和运行等主要阶段。宣传内容包括（1）科普层面：核电安全、高效、经济、清洁的能源特征；核电技术基础科普常识；世界核电发展状况；我国核电发展政策和规划；核电安全性和核安全管理知识；核应急管理和公众防护知识；核安全文化和安全生产知识；环境保护等。（2）项目层面：漳州核电项目建设对国家和地方促进经济建设、产业结构优化、能源结构调整和环境质量改善的重要意义；漳州核电项目厂址、技术安全特点；项目建成运行后对当地群众在就业、收入、教育、文化生活等方面的促进作用；项目单位的企业文化、队伍建设、社会责任等。重点宣传对象以漳州市城区、云霄县全县及核电项目厂址周围 30 公里半径区

域，包括古雷开发区、常山开发区及漳浦县、东山县、诏安县的有关乡镇为重点区域，以政府公职人员、企业职工、学校师生、利益相关者及核电站周边居民为重点对象。

按照统一部署，充分利用漳州市及漳州能源各级新闻媒体、各类宣传阵地、各种宣传载体，以及基层各类宣传队伍，整合宣传、发改、科技、科协、教育等部门力量，扎实有序地开展核电科普宣传各项工作，让公众正确认识核电。

## 2、公众参与、信息公开方面

2020 年 10 月至 11 月，中核国电漳州能源有限公司按照漳州核电厂建设特点及受影响范围，在云霄县人民政府组织及漳州能源的协助下，按规定在调查范围内向有关公众发放了“福建漳州核电厂公众参与问卷调查表”。本次公众调查活动样本范围为福建省漳州核电厂址周边，调查对象为可能受项目建设直接影响或间接影响的公众，重点考虑厂址半径 15km 范围内的乡镇及 5km 规划限制区涉及征地、征海的利益相关公众，特别关注厂址近区利益相关公众，如涉及海域征用的公众、厂址附近的村民和养殖户代表等。对个别重要利益相关者，通过一对一入户的形式开展问卷调查，重点倾听他们的诉求，了解他们对项目建设的态度、意见建议；在发放调查问卷时，增加安排了科普宣传活动以及与公众的现场对话交流。本次问卷调查共发放调查表 570 份，回收有效份数为 554 份，97.6%（541 份）的公众表示支持漳州核电工程的建设。

表 1.6-1 采用的主要专题研究成果一览表

序号	项目名称	承担单位	完成时间
1	漳州核电厂可行性研究阶段海洋放射性环境本底调查报告	中国辐射防护研究院	2013.12
2	漳州核电厂环境辐射本底初步调查报告	浙江省辐射环境监测站	2020.3
3	漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近海域生态环境现状调查及评价专题报告	中国水产科学研究院东海水产研究所	2019.6
4	《福建漳州核电厂厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析成果报告（2020.5.1~2021.4.30）	中国辐射防护研究院	2022.2
5	厂址大气扩散试验研究	北京大学科技开发部	2009.6
6	漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址区域常规气象和极端气象补充调查统计分析报告	中国辐射防护研究院	2018.6
7	福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域环境大气、噪声本底调查及评价报告	中国核电工程有限公司	2020.8
8	福建漳州核电厂3、4号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题报告	中国核电工程有限公司	2020.9
9	福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域大气环境、噪声本底调查及评价报告	中国核电工程有限公司	2020.8
10	福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域电磁辐射本底测量和现状评价报告	中国核电工程有限公司	2020.8
11	福建漳州核电厂3、4号机组施工期大气环境监测及分析评价方案研究报告	中国核电工程有限公司	2020.8
12	福建漳州核电厂3、4号机组施工期噪声监测及分析评价方案研究报告	中国核电工程有限公司	2020.8
13	漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近陆域生态环境调查及评价报告	中核第四研究设计工程有限公司	2017.8
14	福建漳州核电厂3、4号机组温排水和液态流出物数值模拟研究成果报告	中国水利水电科学研究院	2021.9
15	福建漳州核电厂3、4号机组温排水和液态流出物数值模拟研究成果报告	中国水利水电科学研究院	2021.9
16	漳州核电厂一期工程施工期海域环境监测及分析评价专题报告	中国水产科学研究院东海水产研究所	2018.1
17	福建漳州核电厂工程海域海洋水文测验项目春、夏两季分析报告	天津水运工程勘察设计院	2020.7

18	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报告	华东师范大学	2020.12
19	国电漳州核电厂可行性研究水文地质调查报告	中兵勘察设计研究院	2008.12
20	漳州核电厂3、4号机组厂址附近水生生物及海域重要代表种的调查及评价中间成果报告	自然资源部第三海洋研究所	2021.7
21	漳州核电厂3、4号机组岸滩稳定性和泥沙冲淤数模研究中间成果报告	南京水利科学研究院	2021.8
22	福建漳州核电厂3、4号机组工程海域水下地形测量	福建省港航管理局勘测中心	2020.7
23	福建漳州核电厂工程海域海洋水文测验	天津水运工程勘察设计院	2021.4
24	福建漳州核电厂3、4号机组水土保持方案报告书	福建省水利水电勘测设计研究院	2021.3

表 1.7-1 漳州核电厂 3、4 号机组和 1-4 号机组的排放量设计值和排放量控制值

气液态	核素类别	本工程两台 华龙一号机 组排放量设 计值 Bq/a	两台排放 量控制值 Bq/a	比值	4 台机组 总排放 量设计 值 Bq/a	4 台机组 排放量 控制值 Bq/a	比值
气态	惰性气体	1.15E+14	1.20E+15	9.58%	2.32E+14	1.60E+15	14.50%
	碘	1.41E+09	4.00E+10	3.53%	3.33E+09	5.33E+10	6.25%
	粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	1.87E+08	1.00E+11	0.19%	3.27E+08	1.33E+11	0.25%
	氡	9.20E+12	3.00E+13	30.67%	1.82E+13	4.00E+13	45.55%
	碳-14	7.32E+11	1.40E+12	52.29%	1.46E+12	1.87E+12	78.29%
液态	氡	9.20E+13	1.50E+14	61.33%	1.82E+14	2.00E+14	91.10%
	碳-14	5.38E+10	3.00E+11	17.93%	1.08E+11	4.00E+11	26.90%
	其余核素	1.42E+10	1.00E+11	14.20%	4.48E+10	1.33E+11	33.68%



图 1.10-1 福建漳州核电厂厂址半径 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

#### 2.2.3 居民年龄构成及饮食习惯和生活习性

### 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 气象站基本信息表

表 2.4-2 铁塔气象观测要素技术指标一览表

表 2.4-3 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（1954~2017）

图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰图（2020.5~2021.4）

图 2.4-3 地面站各季及年风玫瑰图（2020.5~2021.4）

图 2.4-4 综合推荐的扩散参数

## 2 厂址与环境

### 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

本期工程 3、4 号机组用地 25.33 hm<sup>2</sup>。其中厂区用地 23.02 hm<sup>2</sup>，停车场、边角余地等用地 2.31 hm<sup>2</sup>。

施工场地利用 5、6 机组北侧预留场地，面积 28.45 hm<sup>2</sup>。

3、4 号机组需新增联合泵房用海面积约 0.61hm<sup>2</sup>。

##### 2.1.2.2 非居住区及规划限制区

在漳州核电厂一期工程选址阶段，根据华龙一号机组的选址假想事故源项计算其非居住区边界及规划限制区边界处公众所受的剂量。推荐漳州核电厂非居住区半径为 600m，规划限制区半径为 5km。

福建省人民政府文件于 2014 年 2 月 16 日在《福建省人民政府关于漳州核电厂近厂区范围限制发展的批复》（闽政文[2014]48 号）中已同意设置非居住区及规划限制区。

3、4 号机组工程不存在移民搬迁。

## 2.2 人口分布与饮食习惯

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 9 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题》进行编制。

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，其中：漳州市统计局提供了 2019 年数据的人口资料，其余城市统计局由于 2019 年数据的统计资料尚未形成，所提供人口资料为 2018 年数据；厂址半径 5~20km 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 年户籍人口总数约 2.7 万人，距离厂址最近的自然村为人家村，位于厂址 NNW 方位 1.41km，2019 年人口数约 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 WSW 方位 3.77km，2019 年人口数约 4 千人。值得关注的是列屿镇所辖的城内村、城外村、顶城村和宅坂村各村之间虽有明显的道路和河流分隔，但相距较近，4 个村庄的人口总数约 9 千余人，因此应严格控制该部分村庄人口的机械增长，限制村庄的发展规模。2015 年 7 月 8 日，中核国电漳州能源有限公司向云霄县政府提交的《关于商请对<云霄县城市总体规划（2006-2020）>进行适应性修编的函》（中核漳能前期函[2015]21 号），函中提出建议严格控制规划限制区内的人口规模，逐步减少城内村、城外村、顶城村和宅坂村的人口。云霄县人民政府于 2015 年 7 月 27 日做了回复，原则上同意了《关于商请对<云霄县城市总体规划（2006-2020）>进行适应性修编的函》中提出的要求，详见附件。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。

厂址半径 5km 范围内有幼儿园 5 所，学校 5 所及卫生院 1 家，没有监狱、拘留所、看守所。

与前次调查结果相比，厂址 5km 范围内自然村数量无变化，人口总数减少约九百人。

#### 2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围主要涉及云霄县、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 年总人口数约 31 万人。距离厂址最近的行政村是人家村，位于厂址 NNW 方位 1.5km 处，2019 年总人口数为 1.5 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 12.92km 处，2019 年末总人口数约 7 千人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

厂址半径 15km 范围内共有 128 所学校，10 所医院，没有监狱和看守所。

与前次调查结果相比，厂址半径 15km 范围内行政村或（社区）数量减少 5 个，人口总数减少约 2 千人。

厂址半径 15km 范围内学校增加了约 50 所，医院增加了 1 所。

根据《云霄县城市总体规划》（2014-2030），2020 年，县域城镇化水平 59.1%，城镇人口 36.5 万人（含常山 7.5 万人）；2030 年，县域城镇化水平 68.8%，城镇人口 55 万人（含常山 12 万人）。根据《云霄县列屿镇总体规划》（2013~2030），远期（2030 年）镇域总人口约为 8 万人。

### 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 万人，其中半年以下约 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 5km 范围内主要以农业、海水养殖业和工业为主，大部分各行政村人口的流动方式主要是务工、经商、随迁等，以流入为主，且多以省外流入为主。厂址半径 5km 范围内流入人口总数约 7 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。经调查，人家村与南山村流入人口主要为漳州核电建设的各类施工单位施工人员，如中核二四漳州核电项目部等；顶城村流入人口主要为制衣企业务工人员；半山村流入人口主要为福建十八重工股份有限公司的务工人员。

## 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 年底人口总数约为 557 万人。

厂址半径 80km 范围内平均人口密度低于福建省同期陆域平均人口密度。

### 2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围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 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，总人数约 19 万人。

## 2.3 土地利用及资源概况

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 9 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题报告》进行编制。

### 2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 10km 范围内包括云霄县和东山县。云霄县辖区面积 1054.3km<sup>2</sup>，其中耕地占 12.16%，园地占 20.5%，林地占 38.86%，草地占 8.46%，城镇村及工矿用地占 5.26%，交通占 2.3%，水域及水利设施用地占 6.8%，其他土地占 5.65%。东山县县域范围内建设用地总面积为 50.86km<sup>2</sup>，占县域国土总面积的 19.86%，非建设用地主要是耕地、林地、水域、滩涂等，总面积 205.24km<sup>2</sup>，占总面积的 80.14%，其中，水域 28.76km<sup>2</sup>，农林用地 174.48km<sup>2</sup>，其他非建设用用地 2.00km<sup>2</sup>。森林覆盖率达到 28.39%。根据《云霄县城乡总体规划（2015-2030）年》，云霄县 2015-2030 年规划城乡建设用地面积 161.34km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 17.13%。其中，城乡居民点建设用地面积（含临港工业区）87.40km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 9.28%，主要布局在中部莆美、云陵及南部陈岱、临港工业区等城镇发展区；区域交通设施用地 26.21km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 2.78%，集中布局在云霄港区、厦深铁路及其支线以及各等级高速公路延线；区域公用设施用地 6.50km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 0.69%，主要布局在漳州核电厂厂区；采矿用地 4.04km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 0.43%。

与前次调查相比，在土地利用方面，厂址半径 10km 范围内主要包括云霄县列屿镇、陈岱镇以及东山县铜陵镇一小部分区域，厂址半径 10km 范围内的土地利用现状与前次调查一致。厂址半径 5km 范围内主要包括云霄县列屿镇，厂址半径 5km 范围内的土地利用现状与前次调查一致。

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 方位 4.9km，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）。

与前次调查相比，厂址半径 5km 范围内的矿区数量不变。

厂址半径 15km 范围内省级及以上风景游览区有三家，距离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 10.2km。

厂址半径 15km 范围内省级及以上自然保护区有两个，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）最近的缓冲区边界位于厂址 NNW 方位 11.2km 处，核心区边界最近位于厂址 NNW 方位 12.0km 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 N 方位 7.7km 和 SSE 方位 11.6km；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。

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。厂址附近最近的大中型水库为祖妈林水库，位于厂址 NNE 方位 17.7km，功能为供水、发电、灌溉。

云霄县生活饮用水地表水源保护区有 4 个，取水口距离厂址最近 17km。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，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。

### 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、李子、菠萝）。

#### 2.3.2.2 畜牧业情况

厂址半径 80km 范围内畜牧业包含猪、牛、羊、鸡、鸭、鹅、兔等。

根据漳州市农业农村局提供的统计数据，厂址半径 50km 范围内仅有诏安县“福建省鼎业生态农业有限公司”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。

#### 2.3.2.3 距厂址最近的种植区、珍稀动植物和养殖场

漳州核电厂址半径 10km 范围内，最近的种植区为 N 方向的农田。最近的珍稀植物为

厂址 N 方向的榕树。最近的养殖场为 NW 方向的生猪养殖场。

### 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

厂址半径 15km 范围内文物古迹有东山关帝庙、福建戍守台湾将士墓群（东山）、水寨大山、东山抗战献机纪念碑、铜钵净山院等。

#### 2.3.2.4.3 风景游览区

根据《漳州市城市总体规划（2012-2030）》，厂址半径 80km 范围内涉及漳州市风景游览区主要包括云洞岩风景名胜区、风动石一塔屿风景名胜区、灵通山风景名胜区、九侯山风景名胜区、前亭-古雷海湾风景名胜区、七星山风景区、金汤湾海水温泉度假区、仙峰岩自然风景区。

### 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 2017 年 8 月完成的《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近陆域生态环境调查及评价报告》编制。

#### 2.3.2.5.1 调查方法

本次调查采用资料收集和现场调查相结合的方法，调查范围为厂址周围半径 10km 的范围。

#### 2.3.2.5.2 植物

##### （1）苔藓植物

经查阅资料，结合现场初步调查，调查区内有 26 科 36 属 44 种，其中，数量较多的是曲尾藓科和羽藓科，调查区内的苔藓植物均为常见种，绝大多数种类对环境具有较强的适应能力，科属分布较广，但集中度较低，与调查区内地形生境复杂多样有关。

##### （2）维管植物

调查区内资料查阅共统计出维管束植物 624 种（包括亚种），隶属 140 科，384 属，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。现场调查实际记录到的物种有 116 科 439 种。

根据国务院颁布的《国家重点保护野生植物名录》、《福建省重点保护野生植物名录》，

调查区内有国家二级保护植物 1 种，为香樟。除此以外，仅有 1 株白桂木。另有当地政府登记在册的古木名木 10 科，15 种。

### 2.3.2.5.3 动物

#### （1）腹足纲软体动物

调查区共有 1 纲 2 目 6 科 8 种，主要分布在城镇和农田等生境，陆生软体动物主要以中腹足目、柄眼目为优势类型，优势类型包括蛞蝓、灰巴蜗牛和同型巴蜗牛。

#### （2）环节动物

调查区共有 2 目 3 科 6 种，主要分布在城镇和农田等生境，主要以巨蚓科的直隶环毛蚓和参环毛蚓为优势类型。

#### （3）食腐类节肢动物

调查区共有 5 纲 7 目 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。甲壳纲的优势种为光滑鼠妇；唇足纲和倍足纲的优势物种分别为少棘蜈蚣和条马陆；昆虫纲的优势种为黄翅大白蚁；软甲纲的优势种为弧边招潮蟹。

#### （4）昆虫纲动物

调查区共有 12 目 50 科 81 种，种类最多的是鳞翅目（50 种），其次为鞘翅目（30 种）双翅目（23 种）以及同翅目（22 种）和膜翅目（22 种）。占优势的种类是蛱蝶、粉蝶和凤蝶。

#### （5）两栖动物

调查区共有 1 目 5 科 8 种，黑眶蟾蜍、饰纹姬蛙、沼水蛙和泽陆蛙为优势种，中国树蟾、斑腿泛树蛙和虎纹蛙数量一般，为偶见种。调查区分布有国家二级重点保护虎纹蛙 1 种，为现场观察到的种类。

#### （6）爬行动物

调查区共有 1 目 6 科 14 种，没有国家级保护和福建省重点保护动物，但有《中国濒危动物红皮书》易危等级（VU）的黑眉锦蛇、银环蛇，为现场观察到种类。

爬行类中常见的有中国石龙子、草腹链蛇、渔游蛇、银环蛇、竹叶青蛇等。

#### （7）鸟类

调查区共有 12 目 20 科 78 种，留鸟种类最多，是该区的优势种类，其中较为常见的鸟类有家燕、黑脸噪鹛、山斑鸠、白胸翡翠、白喉红臀鹎、白头鹎、八哥、大山雀和麻雀等。

调查区内分布有国家二级保护鸟类 5 种，分别为鸢、黑翅鸢、红隼、游隼和褐翅鸦鹃，其中鸢、游隼和褐翅鸦鹃是现场调查观察到的种类，红隼和黑翅鸢是文献报道记载的种类。福建省重点保护 12 种，分别为小鸺鹠、普通鸺鹠、白鹭、大白鹭、苍鹭、家燕、金腰燕、喜鹊、大杓鹬、白腰杓鹬、黑嘴鸥和画眉，其中白鹭、家燕、苍鹭、喜鹊、画眉和是现场调查观察到的种类，普通鸺鹠、大白鹭、苍鹭、大杓鹬、白腰杓鹬和黑嘴鸥是文献报道记载的种类。

#### （8）哺乳动物

调查区共有 4 目 5 科 8 种，常见种有臭鼬、普通伏翼、赤腹松鼠等，但数量不多，村庄及附近的褐家鼠和农田的黄毛鼠数量较多。

调查区内无国家重点保护哺乳动物，有福建省重点保护动物 1 种—黄鼬，为现场观察到的种类。

### 2.3.2.6 生态红线

目前，漳州市生态保护红线划定目前尚未颁布。

### 2.3.3 水产资源及水生态概况

本节依据中国水产科学研究院东海水产研究所于 2019 年 6 月完成的《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近海域生态环境现状调查及评价专题报告》编制。

#### 2.3.3.1 调查时间

本次共进行了四季调查，调查时间分别为 2018 年 2 月、2018 年 4 月、2018 年 8 月和 2018 年 11 月。

#### 2.3.3.2 厂址附近海洋环境条件概况

沉积物中 TOC、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》第一类标准，表明监测期间海域浅海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对海洋沉积物质量标准的要求。

#### 2.3.3.3 厂址邻近海域中的海洋生物

##### （1）微生物（粪大肠菌群）

依据《海水水质标准》GB3097-1997 中相关标准（ $\leq 2000$  个/L），对本次调查结果进行现状评价，结果显示，2018 年 2 月、8 月小潮、11 月，所有站位微生物（粪大肠菌群）数量均符合《海水水质标准》中第一类标准值（ $\leq 2000$  个/L），2018 年 4 月除 2 个站位外，其余均符合《海水水质标准》中第一类标准值。

### （2）叶绿素 a 与初级生产力

2018 年 2 月航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $1.04 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $0.83 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $0.92 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 4 月航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $2.15 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $0.55 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $1.28 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 8 月大潮航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $1.87 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $1.19 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $1.09 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 8 月小潮航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $5.44 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $2.18 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $1.18 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 11 月航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $1.39 \text{ mg/m}^3$ ；中层均值为  $0.95 \text{ mg/m}^3$ ；底层均值为  $1.04 \text{ mg/m}^3$ 。

2018 年 2 月航次调查海区初级生产力均值为  $72.04 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 4 月航次均值为  $174.92 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 8 月大潮航次均值为  $151.00 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 8 月小潮航次均值为  $264.05 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 11 月航次均值为  $61.69 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ 。

### （3）浮游植物

本次调查五个航次（2018 年 2 月、4 月、8 月大潮、8 月小潮、11 月）共鉴定浮游植物 3 门 53 属 159 种。其中，硅藻 42 属 131 种，甲藻 9 属 24 种，蓝藻 2 属 4 种。

### （4）浮游动物

本次调查五个航次共鉴定到浮游动物 19 大类 141 种（不包括 27 类浮游幼虫（体），含未定种）。所鉴定种类数以桡足类最多，为 64 种，占总种数的 45.39%，其次为水螅水母类，共鉴定 19 种，占总种数的 13.48%。

### （5）潮下带底栖生物

本次调查四个航次共鉴定到底栖生物 9 门 129 种，其中，环节动物最多（70 种），占总种数的 54.26%；其次为节肢动物（30 种），占总种数的 23.26%。

### （6）潮间带生物

四次调查共鉴定到底栖生物 10 门 169 种（包括定性及定量样品）。分类群看，软体动物种类数最多；其次为环节动物。

### （7）鱼卵仔鱼

本次调查五个航次共计鉴定鱼卵和仔稚鱼 60 种（含 5 种未定种）。其中，以鲈形目种类数最多，有 25 种，鲹形目次之，有 8 种，接着依次为鲱形目（6 种）、灯笼鱼目（4 种）、鲉形目（4 种），鲷形目（3 种），鳗鲡目（2 种）、鲀形目（2 种），颌针鱼目（1 种），此外有 5 种未定种。

### （8）游泳动物

本次调查四个航次共鉴定到游泳动物 298 种（隶属于 21 目 95 科）。分类群看，以鱼类最多，有 203 种，其次为蟹类，有 45 种，接下来依次为虾类（24）、口足类（13 种）、头足类（12 种）、肢口类（1 种）。分目看，以鲈形目种类最多，有 104 种，其次为十足目，有 69 种，种类在 10 种以上的还有鲱形目（21 种）、鳗鲡目（16 种）、口足目（13 种）、鲉形目（12 种）、鲽形目（12 种）、鲑形目（10 种）。

#### （9）污损生物

取水口附近海域污损生物共鉴定出 24 种，其中以甲壳动物和环节动物占优势，各 6 种，各占总种类数的 25.00%；苔藓动物 4 种，占 16.67%；软体动物 3 种，占 12.50%；藻类 2 种，占 8.33%；尾索动物、刺胞动物和棘皮动物各 1 种，各占 4.17%

#### （10）生物质量

##### i 浅海生物质量

##### ①2018年4月

贝类样品石油烃残留量符合《海洋生物质量》第一类的要求，鱼类、甲壳类和软体动物（头足类）石油烃残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997年）中的相关要求。

所有双壳类样品铜、铬、汞残留量均符合《海洋生物质量》第一类的要求，其他样品铜、锌、铅、镉、铬、汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997年）中的相关要求。

80%双壳类样品锌残留量超《海洋生物质量》第一、二类的要求（种类为扇贝、牡蛎和江瑶），牡蛎锌含量符合《海洋生物质量》第三类的要求，扇贝和江瑶锌含量超《海洋生物质量》第三类的要求。

80%双壳类样品铅残留量超《海洋生物质量》第一类的要求，全部符合《海洋生物质量》第二类的要求。

80%双壳类样品镉残留量超《海洋生物质量》第一类的要求，40%双壳类样品镉残留量超《海洋生物质量》第二类的要求，全部符合《海洋生物质量》第三类的要求。

双壳类样品砷残留量均超《海洋生物质量》第一类的要求，全部符合《海洋生物质量》第二类的要求，瓜螺样品超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997年）中对软体动物的要求；21.2%鱼类样品砷含量超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997年）中的相关要求；其余样品砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997年）中的相关要求。

## ②2018 年 11 月

鱼类和甲壳类石油烃残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

鱼类和甲壳类铜、锌、铅、镉、铬、汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

分别有 35.3% 鱼类和 41.0% 甲壳类样品砷含量超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

## ii 潮间带生物质量

## ①2018 年 4 月

全部样品石油烃残留量均符合相关标准和要求。

全部样品铬、汞残留量符合《海洋生物质量》第一类要求。超标样品概况如下：牡蛎样品铜残留量超《海洋生物质量》第一类，符合第二类；66.7% 双壳类样品超《海洋生物质量》第一类要求，牡蛎样品符合《海洋生物质量》第三类要求，扇贝样品锌残留量超《海洋生物质量》第三类要求。

双壳类样品铅含量均超《海洋生物质量》第一类要求，符合《海洋生物质量》第二类要求。

66.7% 双壳类样品镉残留量超《海洋生物质量》第一类要求，符合《海洋生物质量》第二类要求。

双壳类样品砷残留量全部超《海洋生物质量》第一类要求，符合《海洋生物质量》第二类要求。

## ②2018 年 11 月

全部样品石油烃、铬、汞残留量均符合相关标准和要求。

**2.3.3.4 渔业资源和海洋捕捞**

调查海区主要经济鱼类有带鱼、大黄鱼、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼、绒纹线鳞鲀、鲨鱼汛、海鳗、鳓鱼、乌鲳、真鲷、二长棘鲷、石斑鱼、黄鳍鲷、鲷、长体蛇鲻、鲻等；主要经济虾类有哈氏仿对虾、长毛对虾、日本对虾、中国毛虾、中国龙虾、须赤虾、鹰爪虾、刀额新对虾、周氏新对虾，脊尾白虾，刀额对虾；主要经济蟹类有梭子蟹、锯缘青蟹；主要经济头足类有中国枪乌贼、日本无针乌贼、莱氏拟乌贼、杜氏枪乌贼、金乌贼、花斑乌贼、长枪乌贼；主要经济贝类有泥蚶、牡蛎、巴非蛤、戟蛤、缢蛏、寻氏肌蛤、杂色蛤仔、文蛤、杂色鲍、天狗螺、东风螺、中国田螺，脊角无齿蚌、三角帆蚌、江瑶、扇贝、贻贝、

西施舌等；主要经济藻类有紫菜、海带、石花菜、海萝、羊栖菜等。

### 2.3.3.5 养殖业

2017 年漳州市海水养殖总产量为 1218285 吨，其中贝类产量最高，为 981664 吨，藻类 100186 吨，鱼类 79092 吨，甲壳类 53813 吨，其他 3530 吨。以贝类产量最高，占比 80.6%。

2016 年漳州市海水养殖总产量为 1126914 吨，其中贝类为 912763 吨，藻类 90895 吨，鱼类 71118 吨，甲壳类 48891 吨，其他 3247 吨。以贝类产量最高，占比 81.0%。

2015 年漳州市海水养殖总产量为 1057278 吨，其中贝类产量为 857791 吨，藻类 1057278 吨，鱼类 67254 吨，甲壳类 45768 吨，其他 3141 吨。以贝类产量最高，占比 81.1%。

### 2.3.3.6 保护区及“三场一通”

厂址附近的保护区有：福建云霄漳江口红树林国家级自然保护区、东山珊瑚省级自然保护区以及鱼类的“三场一通”。

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批），调查海区所涉及的保护性生物的“三场一通道”主要为：

1) 中上层鱼类的产卵场，以蓝圆鲹为主，本区蓝圆鲹属于闽南-粤东近海地方性种群，主要分布在闽南-台湾浅滩渔场和粤东近海渔场。

2) 近底层鱼类的产卵场，如大黄鱼，本区大黄鱼属闽-粤东族群体，产卵场在 30 米以浅的近岸水域。

3) 头足类的产卵场，如曼氏无针乌贼，其产卵场在近岸水深 20~30 米水域。

### 2.3.3.7 生态保护红线

厂址附近的生态红线区有：东山湾重要滨海湿地生态保护红线区、东山湾口南部重要渔业水域生态保护红线区、石矾塔屿特殊保护海岛生态保护红线区、漳江口红树林海洋保护区生态保护红线区、风动石至东门屿海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区、金銮湾重要自然岸线及沙源保护海域生态保护红线区、头屿珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区、鸡心屿珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区、苏尖湾重要自然岸线及沙源保护海域生态保护红线区、龙虎狮象东南侧重要渔业水域生态保护红线区、澳角珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区（一）、澳角珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区（二）、龙虎狮象海洋保护区生态保护红线区。

### 2.3.4 工业、交通及其它相关设施

#### 2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围内规模以上工矿企业共有 217 家。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，从业人员 18 名。

与前次调查相比，厂址半径 15km 范围内规模以上工矿企业数量增加了约 100 家。

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 6.3km，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 11.8km，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 9.2km，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 9.8km，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 范围内现有液化气储用企业 3 家，拟建 1 家，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；距离厂址最近的液化气储用企业为云霄县华荣燃气有限公司，位于厂址 WSW 方位 8.9km，现有 50 m<sup>3</sup> 的液化石油气贮罐 2 座，20 m<sup>3</sup> 残液罐 1 座。

厂址半径 15km 范围内涉爆企业有一家，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 8.1km，炸药库存 9900kg，雷管库存 20000 发。运输方式为厢式车运，单次最大运输量为 9.9 t，运输路线距厂址最近 8.1km。

厂址半径 15km 范围内危险化学品储用企业 3 家，均位于厂址 14km 以外。

厂址半径 15km 范围内加油站 17 家。经营范围为汽油和柴油，其中：存储量最大的为中化（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 13.3km，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列屿加油站，位于厂址 WSW 方位 4.12km 处，储量 27m<sup>3</sup>。

厂址半径 15km 范围内目前无危险品管道运输，涉及一条规划的海西天然气管网二期工程，该管线最近距离位于厂址 W 方位约 9.85km 处，输气管径 813mm，输气压力 7.5MPa。

### 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 8.5km；疏港公路最近距离位于厂址 WSW 方位 2.7km，在云霄县境内与 G324 国道相接。

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。漳州交通“十三五”规划规划有漳汕高铁客运专线漳州段与沿海铁路货运专线漳州段。

#### （2）海运

厂址半径 15km 范围内涉及东山湾海域内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 3000 t 级，经营柴油、汽油；大东石化，属地方民营企业，码头为 3000 t 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。

### （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 1165 m、150 马力渔船泊位 5 个，栈桥 13 m，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。

### （3）空运

漳州市目前无民用机场，民用航空运输主要依靠距漳州市区约 56km 的厦门高崎机场。距厂址最近的民用航线为 W597，其中心线的地面投影位置距厂址最近距离约为 6.2km，位于厂址 NW 方位；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，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。

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~2017 年的气象资料统计结

果，厂址区域年平均气温为 21.0~21.6℃，极端最高气温为 39.7℃，极端最低气温为-2.4℃；年平均相对湿度为 77~80%，最小相对湿度为 7%；年平均风速为 2.2~6.2m/s，极端最大风速为 48.0m/s；年平均降水量为 1194.3~1778.1mm；年平均蒸发量为 1748.7~1912.9mm；年平均气压为 1007.7~1011.6hPa，极端最高气压为 1034.1hPa，极端最低气压为 959.8hPa；年平均日照时数为 1914.4~2274.8h。

## 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 1954~2017 年观测的气象要素统计结果，分析厂址的当地气象条件。

#### 1) 风向和风速

东山站年平均风速为 6.2m/s，月平均风速以 11 月份最大，为 7.9m/s，7、8 月份最低，为 3.9m/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。图 2.4-1 为东山站四季及年风玫瑰图。可见，东山站年主导风向为 NE~ENE，频率为 47.0%；夏季主导风向为 S~SSW~SW，频率为 41.0%；其他季节主导风向与年主导风向相同，频率为 51.0~65.0%，年静风频率为 3.0%。

#### 2) 气温

东山站年平均气温为 21.0℃，月平均最高气温出现在 7 月，为 27.6℃，月平均最低气温出现在 2 月，为 13.3℃。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、11 月平均相对湿度最小，均为 72.0%，6 月最大，为 87.0%，最小相对湿度为 15.0%，出现在 1959 年 1 月 16 日。

#### 4) 降水

东山站年平均降水量为 1194.3mm。受季风的影响，一年中月平均降水量 6 月份最多，为 214.7mm，12 月份最少，为 27.5mm。一日最大降水量为 350.4mm，出现在 2009 年 6 月 22 日，成因系统为在晋江登陆的 0903 号强热带风暴。

#### 5) 气压

东山站年平均气压为 1007.7hPa，其中 1 月平均气压最高，为 1015.0hPa，8 月最低，为 999.7hPa；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 2274.8h, 最大值出现在 7 月(281.8h), 最小值在 2 月(121.4h); 年平均日照百分率为 51%, 日照百分率最大值出现在 7 月(68%), 最小在 3 月(33%)。

#### 7) 蒸发量

东山站年平均蒸发量为 1750.6mm。10 月蒸发量最大, 为 208.0mm, 2 月最小, 为 94.7mm。

#### 8) 水汽压

东山站年平均水汽压为 21.1hPa, 月平均水汽压最高值出现在 7 月(31.1hPa), 最低值在 1 月(11.9hPa)。

### 2.4.2.2 极端气象

#### 1) 热带气旋

调查 1949~2017 年间以厂址为中心、半径 400km 范围内的热带气旋资料, 共得到热带气旋样本 375 个, 年平均 5.4 个。采用耿贝尔函数进行极值拟合, 得到厂址区域百年一遇热带气旋最低中心气压为 900.2hPa, 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 68.9m/s。

#### 2) 龙卷风

收集以厂址为中心, 经度 3°、纬度 3° 的龙卷风资料, 调查年代为 1958~2017 年, 共得到龙卷风样本 140 例。采用富士达~皮尔森强度分类法对区域内的龙卷风进行逐个分类, 得到 F0 级 37 例, F1 级 87 例, F2 级 16 例。

以 10-7/年的概率水平进行评价, 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。

依据核安全导则推荐的压降模型, 其他设计基准龙卷风相关参数如下:

——最大旋转风速半径  $R_m=50\text{m}$ ;

——最大旋转风速  $V_m=61.3\text{m/s}$ ;

——平移速度  $V_t=14.7\text{m/s}$ ;

——压降速率  $dp/dt=1.43\text{kPa/s}$ ;

——总压力降  $\Delta P=4.86\text{kPa}$ 。

#### 3) 极端风

根据漳浦、云霄、东山和诏安四个气象站自建站~2017 年的历年实测最大风速资料, 采用耿贝尔函数进行极值拟合, 得到厂址区域百年一遇实测极端风最大风速为 49.1m/s,

百年一遇实测极端风极大风速为 64.8m/s。

综合热带气旋和实测极端风的设计基准，本工程与核安全有关的抗震 I 类构筑物设计基准风速为 68.9m/s（3s 阵风）。

#### 4) 极端气温

根据漳浦、云霄、东山和诏安四个气象站自建站~2017 年的历年极端气温资料，采用耿贝尔函数进行极值拟合，得到厂址区域百年一遇极端最低气温为-3.2℃，百年一遇极端最高气温为 40.8℃。

### 2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址气象站 2020 年 5 月~2021 年 4 月一整年的现场气象要素观测统计结果，分析厂址的当地气象条件。

#### 1) 风向和风速

铁塔 100m、70m、50m、30m 和 10m 高度的最多风向分别为 NE、NNE、NE、NNE 和 N，风频依次为 25.6%、23.1%、29.1%、23.8%和 31.4%；次多风向集中在 NNE、NE 和 ENE 上，频率分别为 16.6%、21.0%、13.7%、18.3%和 20.0%，铁塔各高度最多与次多风向均集中在偏东北~北风向上，总频率均达 50.0%以上。从各季来看，夏季各高度主导风向均偏西南风向上，春、秋、冬三季主导风向均为偏东北~北风向上，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 22.2%，次多风向为 NNE，频率为 20.8%。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。图 2.4-3 为地面站各季和年风玫瑰图。

铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度年平均风速分别为 3.0m/s、5.1m/s、5.1m/s、5.3m/s 和 5.5m/s，月最大风速均出现在 10 月份，分别为 3.5m/s、7.2m/s、7.3m/s、7.4m/s 和 7.7m/s；月最小风速除 10m 高度出现在 9 月份外，其他高度均出现在 8 月份，分别为 2.0m/s、3.6m/s、3.7m/s、3.8m/s 和 4.0m/s。

地面站年平均风速为 4.2m/s，月最大风速出现在 10 月份，为 6.3m/s，月最小风速出现在 8 月份，为 2.6m/s。观测期间厂址地面站出现的最大风速为 14.2m/s，极大风速为 27.7m/s。

#### 2) 气温

铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 高度的年平均气温分别为 22.8℃、22.5℃、22.4℃、22.1℃和 22.1℃，月平均最高气温均出现在 7 月份，分别为 29.5℃、29.1℃、29.0℃、28.7℃

和 28.6℃；月平均最低气温均出现在 1 月份，分别为 13.9℃、13.7℃、13.6℃、13.4℃和 13.3℃。

地面站年平均气温为 22.9℃，月平均最高气温出现在 7 月份，为 29.9℃，月平均最低气温出现在 1 月份，为 13.8℃。观测期间地面站的最高气温为 37.7℃，出现在 2020 年 7 月 13 日；最低气温为 4.3℃，出现在 2021 年 1 月 13 日。

厂址区域 10~30m、10~50m、10~70m、10~100m 各层年逆温的出现频率在 8.9%~13.1% 之间，强逆温的出现频率在 0.2%~2.1% 之间，可见塔层各层全年逆温出现频率均很低。

### 3) 相对湿度

地面气象站年平均相对湿度为 74.9%，月平均相对湿度在 65.6%~82.1% 之间，最小相对湿度为 20.7%，出现在 2021 年 1 月 12 日，最大相对湿度为 97.0%，出现在 2020 年 8 月 5 日。铁塔 100m 高度处年平均相对湿度为 78.3%，月平均相对湿度在 67.0%~86.6% 之间，最小相对湿度为 22.3%，出现在 2021 年 1 月 12 日，最大相对湿度为 100.0%。

### 4) 降水

地面站年降水量为 768.5mm，月降水量以 6 月份最多，为 209.8mm，以 1 月份最少，仅 1.1mm。一日最大降水量为 67.6mm，出现在 2020 年 8 月 11 日。降水主要分布在春夏季，秋、冬季较少，雨量多分布在偏东北和偏西南风向上。

### 5) 气压

地面站年平均气压为 1011.6hPa，其中 1 月平均气压最高，为 1019.1hPa，8 月最低，为 1005.0hPa；观测期间气压最高值为 1027.6hPa，出现在 2020 年 12 月 31 日；气压最低值为 994.9hPa，出现在 2020 年 8 月 11 日。

### 6) 辐射

地面站年平均总辐射为 199.1W/m<sup>2</sup>，月平均总辐射量以 7 月份最大，为 265.6 W/m<sup>2</sup>，以 12 月份最小，为 136.0 W/m<sup>2</sup>。年平均净辐射为 99.8W/m<sup>2</sup>，月平均净辐射量以 6 月份最大，为 142.6 W/m<sup>2</sup>，以 12 月份最小，为 51.7 W/m<sup>2</sup>。

### 7) 露点温度

地面站年平均露点温度为 18.0℃，最高月平均值出现在 7 月，为 25.2℃，最低月平均值出现在 1 月，为 7.2℃。观测期间出现的露点温度最高值为 27.3℃，出现在 2020 年 7 月 2 日，最低值为-10.5℃，出现在 2021 年 1 月 12 日。

### 8) 蒸发量

地面站年蒸发量为 1340.6mm，8 月最高，为 172.6mm；12 月最少，为 69.6mm。

#### 9) 水汽压

地面站年平均水汽压为 22.1hPa，峰值出现在 7 月，为 32.1hPa，谷值出现在 1 月，为 10.8hPa。

### 2.4.4 大气稳定度

根据 2020 年 5 月~2021 年 4 月厂址气象铁塔 100m 高度和 10m 高度的温度差和地面站 10m 高度逐时风速资料，采用  $\Delta T \sim u$  法进行大气稳定度分类，得到当地以中性稳定度天气为主，D 类稳定度占约 51.0%，不稳定类（A、B、C）之和为 38.9%，稳定类（E、F）占 10.1%。

### 2.4.5 联合频率

根据厂址 2020 年 5 月~2021 年 4 月厂址气象站的实测气象资料，以及上述计算得到的大气稳定度统计结果，统计得到 10m 高度风向、风速、大气稳定度三维联合频率和 70m 高度风向、风速、大气稳定度、降水四维联合频率。

### 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 日和 2008 年 12 月 20 日~2009 年 1 月 10 日分别在厂址开展了夏、冬两季的大气边界层低空探测实验。结合上述探空观测结果，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

中国辐射防护研究院于 2008 年 7 月 17~18 日和 25~27 日在厂址开展了野外示踪物实验，北京大学于 2008 年 6~8 月和 2009 年 1~2 月间，在厂址分别进行了湍流观测实验和数值模拟实验。

厂址大气扩散参数综合采用示踪物实验、湍流观测和数值模拟结果综合确定，得到的厂址大气扩散参数见图 2.4-4。

### 2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价本项目正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所

需要的各种气象参数，在厂址现场应设立气象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。其中地面气象站的观测要素为风向、风速、气温、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量、蒸发等。气象铁塔观测高度为 10m、30m、50m、70m 和 100m 五层，观测要素为风向、风速、气温和湿度（100m）。气象铁塔和地面观测传感器主要性能见表 2.4-2 和表 2.4-3。

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。

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 98.2%，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

### （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：

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

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

$H_{czw}$  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。

##### 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山站的相关分析，确定厂址多年平均水温 22.0℃，最高水温 31.5℃，最低水温 7.6℃。

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

#### （6）泥沙

根据 2020 年 7 月夏季水文测验结果，实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.042 kg/m<sup>3</sup>和 0.043 kg/m<sup>3</sup>。夏季大、中、小潮平均含沙量分别为 0.067 kg/m<sup>3</sup>、0.038 kg/m<sup>3</sup>、0.023 kg/m<sup>3</sup>。

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水下地形演变

根据 1992 年海图与 2008 年东山湾测图等深线比较分析可以看出，近年来东山湾内海床处于轻微冲刷状态，其中东侧 0m 等深线以上以及西侧  $0\sim -2\text{m}$  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。

漳江流域内水利工程众多，上游有大型水库峰头水库，下游有大型水闸漳江南北水闸，向东渠引水工程总干渠自北向南跨穿云霄、东山两县。大型峰头水库总库容 1.77 亿  $m^3$ ，控制集水面积 333 $km^2$ ；中型杜塘水库总库容 1621 万  $m^3$ ，位于漳江下游山美溪支流，坝址以上集水面积 25 $km^2$ ，水库输水左、右干渠是向东渠的一部分，故当水库来水量不足时，可由峰头水库补给；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。

## 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，在岵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

厂址区三面环海，大部分地区为岩质海岸，区内地表水水体不发育。厂址开挖前，厂址区所处的水文地质单元与厂址区外的水文地质单元的水力联系主要受地形高差所控制（见图 2.5-14）。目前厂址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。此边坡形成厂址及周边新的地表分水岭，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。

### 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:

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。

根据风暴潮模型输入可能最大热带气旋 PMTC 参数，得到厂址的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 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
<u>海平面上升：</u>	<u>0.29m</u>
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。

厂址区域场地在 1、2 号机组工程建设时一次平整完成。目前 1、2 号机组区域场地已平整至 13.50m，正在进行土建施工；3、4 号机组区域正在进行土石方正挖施工。

表 2.4-1 气象站基本信息表

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

表 2.4-2 铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0.3~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}$ ( $\leq 10\text{m/s}$ ) $\pm (0.03V)$ ( $> 10\text{m/s}$ )	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	°	0°~360°	$\pm 5^\circ$	3°	启动风速为 0.3m/s
温度	°C	-50°C~+50°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	0.1°C	
100m 湿度	%	0~100%	$\pm 1.5\%RH$	1%	

表 2.4-3 地面观测主要气象要素技术指标一览表

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

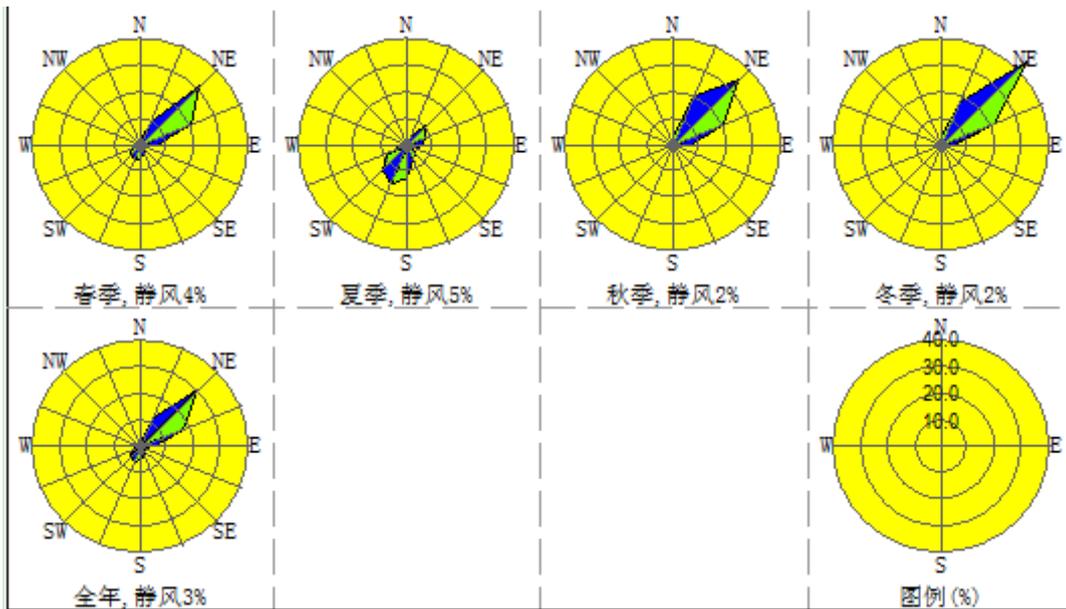
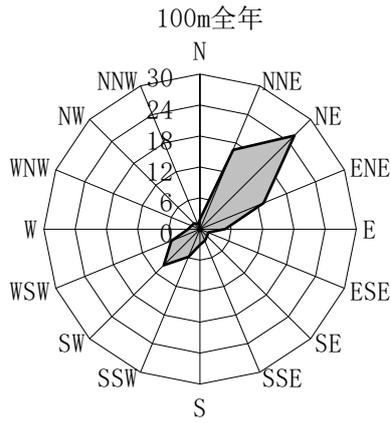
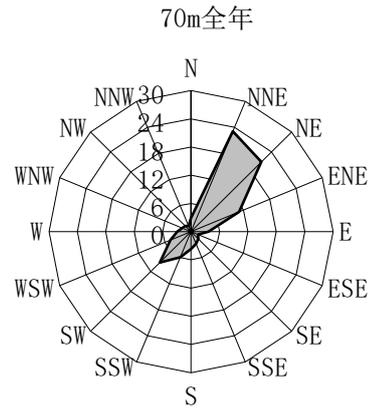


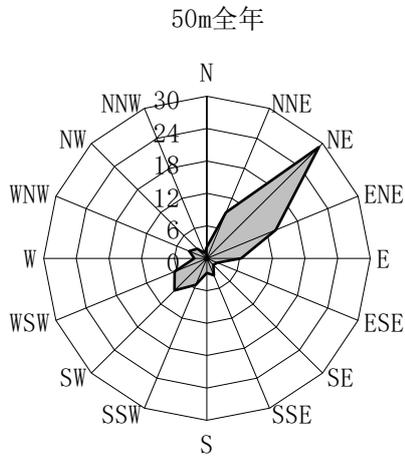
图 2.4-1 东山站四季与全年风玫瑰图 (1954~2017)



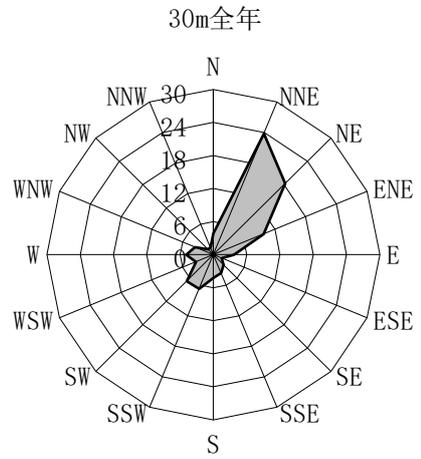
100m，静风频率 0.5%



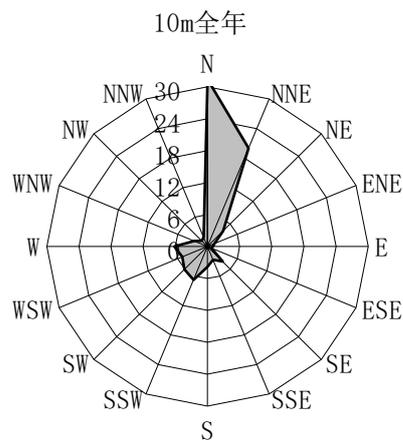
70m，静风频率 0.3%



50m，静风频率 0.3%



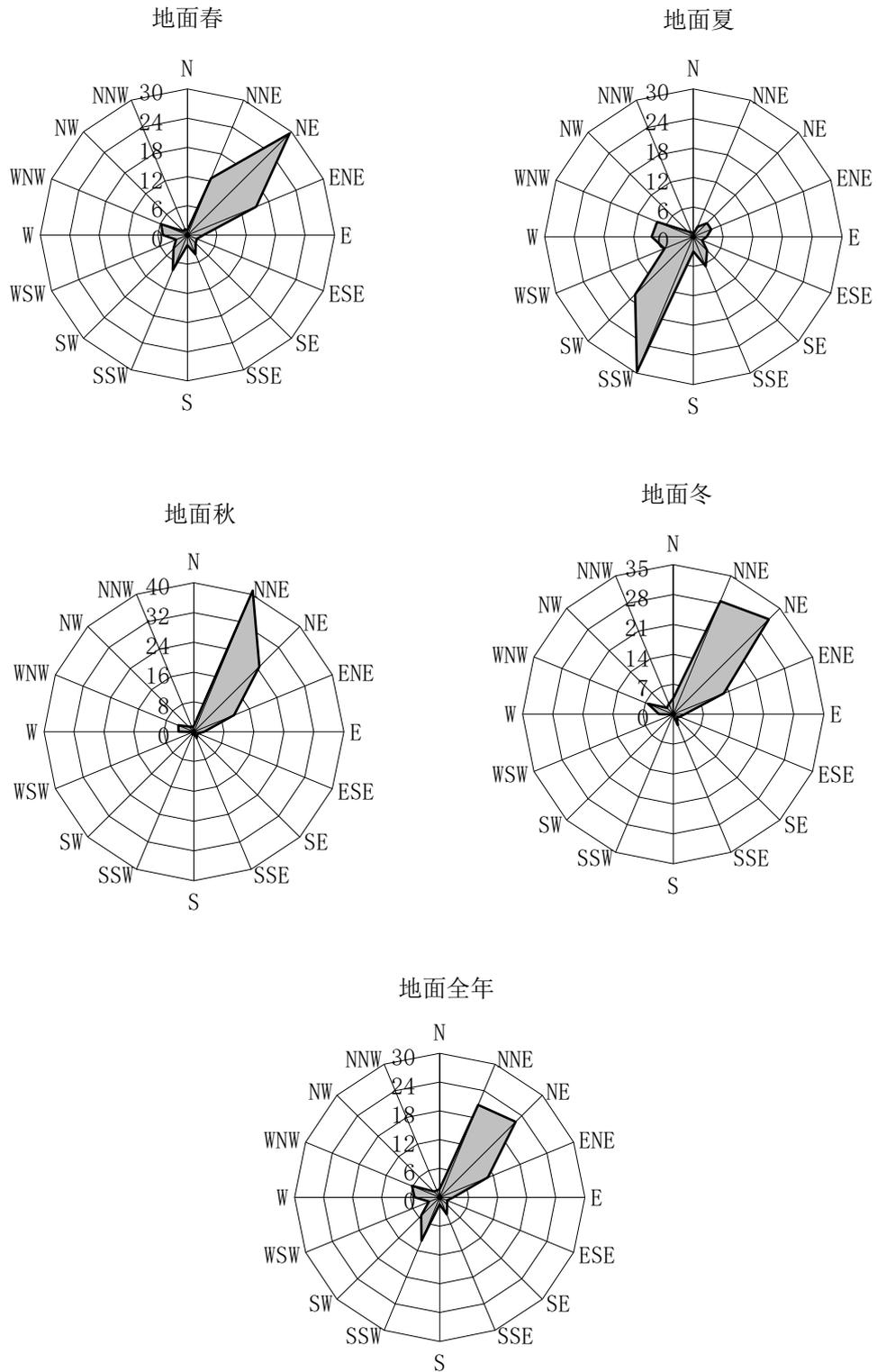
30m，静风频率 0.3%



10m，静风频率 0.4%

单位：%

图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰图（2020.5~2021.4）



静风频率 0.3%

单位：%

图 2.4-3 地面站各季及年风玫瑰图（2020.5~2021.4）

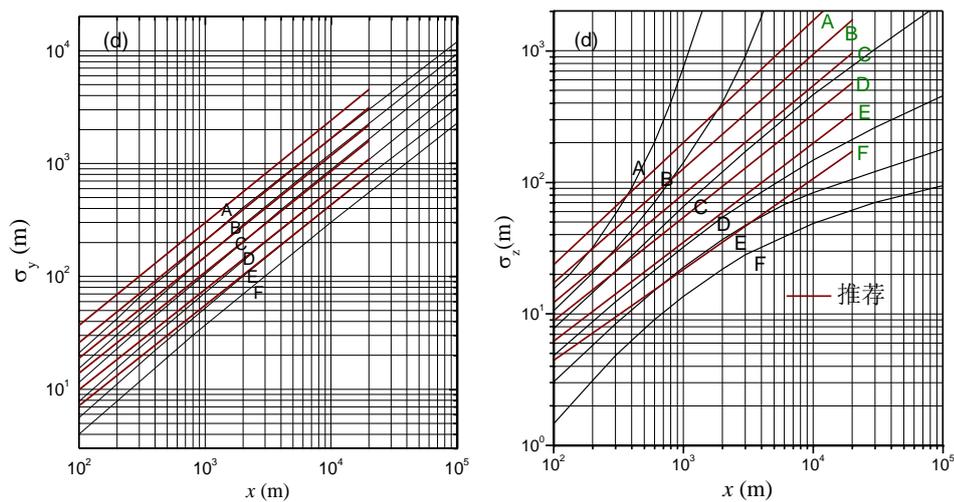


图 2.4-4 综合推荐的扩散参数

## 第三章 环境质量现状

### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

#### 3.1.2 辐射环境质量评价

### 3.2 非辐射环境质量现状

#### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

#### 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

#### 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

#### 3.2.4 电磁环境现状调查与评价

**表**

表 3.1-1 环境辐射本底初步调查第一阶段内容

表 3.1-2 环境辐射本底初步调查第二阶段内容

表 3.1-3 海洋放射性环境本底调查内容

表 3.1-4 两次调查中主要分析方法和测量仪器

表 3.1-5 环境辐射本底初步调查各测量分析方法的主要参数

表 3.1-6 海洋放射性环境本底调查分析方法探测限

表 3.1-7 环境辐射本底初步调查中主要仪器检定情况

表 3.1-8 海洋放射性环境本底调查中主要仪器检定情况

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

表 3.2-2 各监测因子分析方法一览表

表 3.2-3 监测仪器一览表

表 3.2-4 监测期间气象条件

表 3.2-5 厂区电磁辐射监测点设置情况

表 3.2-6 厂区内开关站监测点设置

表 3.2-7 厂区内主变压器监测点编号一览表

表 3.2-8 厂区内输电线路监测点设置情况

表 3.2-9 厂区外监测点设置情况

表 3.2-10 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 3.2-11 核电厂厂区内开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果

表 3.2-13 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果

表 3.2-14 核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-15 射频电场强度分布表

**图**

图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

图 3.2-2 厂区内开关站监测点设置示意图

图 3.2-3 厂区内主变压器监测断面设置示意图

图 3.2-4 厂区内开关站与输电线路监测点设置示意图

图 3.2-5 厂区外敏感区监测点设置情况示意图

图 3.2-6 厂区外通讯基站和变电站监测点设置情况示意图

### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

福建漳州核电厂位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾，地处东山湾西岸。厂址东、南、北三面环海，西南距列屿镇约 2km，西北距云霄县城约 21km，南距东山县城约 16km，到东北方位的厦门直线距离约 86km，距漳州市约 75km。

为编制福建漳州核电厂选址阶段及建造阶段的环境影响报告书，中核国电漳州能源有限公司委托浙江省辐射环境监测站于 2008 年 9 月至 2010 年 1 月期间完成了环境辐射本底初步调查工作，委托中国辐射防护研究院于 2013 年 5 月至 2013 年 11 月期间完成了海洋放射性环境本底调查工作。两项调查工作最终均通过专家评审形成相关调查报告。本节主要采用上述报告中的调查数据，对福建漳州核电厂厂址周围环境辐射本底情况进行说明。

##### 3.1.1.1 标准规范

两项调查工作参照的主要标准有：

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）

《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）

《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）

《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-88）

《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）

《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB 11216-89）

《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）

《个人和环境用热释光剂量监测系统》（GB/T 10264-2014）

《土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 11743-2013）

《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T16140-1995）

《水中铯-90 放射化学分析方法二-（2-乙基己基）磷酸萃取色层法》（GB 6766-86）

《水中氚的分析方法》（GB 12375-90）

##### 3.1.1.2 调查内容

###### （1）环境辐射本底初步调查

调查内容主要包括：陆地环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量，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、气溶胶、沉降物、陆地水体、海水、海洋沉积物、动植物等）。

调查工作分为两个阶段进行，时间分别为 2008 年 9 月~2008 年 12 月以及 2008 年 12

月~2010年1月。第一阶段初步了解厂址所在地区的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率的水平以及土壤、海水等介质中放射性核素活度浓度水平，并收集现有资料，以判断厂址区域是否属于辐射高本底地区或存在异常情况。第二阶段则以监测手段为主，较详细地了解厂址附近区域各类环境介质中放射性核素活度浓度水平。两个阶段完成的采样/测量项目、采样/测量点数量、采样/测量频次等分别见表 3.1-1 和表 3.1-2。

## （2）海洋放射性环境本底调查

调查内容包括了海域和陆域部分环境介质，主要包括：空气中的  $^3\text{H}$ ，降水中的  $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$ ，海水、海洋沉积物和海洋生物中的放射性核素活度浓度。海洋放射性环境本底调查的监测项目和样品数量等见表 3.1-3。

### 3.1.1.3 测量仪器、测量方法及探测下限

两项调查工作中所采用的分析测量方法，均按照国家有关的规定、标准制定。具体测量仪器及测量方法依据、回收率和探测限等见表 3.1-4~表 3.1-6。

### 3.1.1.4 调查结果

#### （1）环境 $\gamma$ 贯穿辐射剂量率

##### A. 宇宙射线测量

环境辐射本底初步调查对仪表宇宙射线响应值的测量位置为云霄县杜塘水库，测量点位的地理坐标为东经：117°19'40.5"，北纬：23°53'17.4"，海拔 51m。测量方法为乘船携带监测仪器到水深大于 3m，距岸边大于 1km 的水库水面上进行测量，测量值为 36.2nGy/h。

##### B. $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率的调查范围为 15km，以核电厂核岛为中心，根据近密远疏的原则，按半径 2km、5km、10km、15km 在 16 个方位角内（去除全部落在海面上的区域）布设监测点。在人口稀少的山区、林区适当减少监测点位，在厂址所在区域的列屿镇和厂址主导风向下风向宅后、油车、半山等村适当增加监测点位。监测点位的选择原则为尽量选择受人为因素影响较小的、距离居民点较远且坡度小于 25°的地势平坦、无积水的开阔原野或农田。

第一阶段的现场监测于 2008 年 9 月进行，共布设 47 个瞬时 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测点位；第二阶段的现场测量于 2008 年 12 月至 2009 年 10 月进行，测点在第一阶段监测点位中选择 15km 范围内的 20 个点位，频次为 1 次/季度，此外在核电厂址主要道路疏港公路布设了监测点位，进行了单次监测。两个阶段的监测期间无雨、雪、冰雹等不利于监测工作的气象条件。

由测量结果可知，第一阶段 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测值在（12.1~130）nGy/h 之间，

平均值为 66.5nGy/h。第二阶段 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测值在（14.0~101）nGy/h 之间，平均值为 57.4nGy/h；道路 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测值在（91.1~102）nGy/h 之间，平均值为 98.4nGy/h。

## （2）累积剂量

累积剂量的调查范围为 15km，以核电厂核岛为中心，按照近密远疏的原则布点，共布设了 20 个测量点，与第二阶段瞬时 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率 20 个监测点位重合。累积剂量监测频次为 1 次/季度。调查中，热释光剂量计的总回收率超过 90%。

由测量结果可知，各监测点 $\gamma$ 辐射累积剂量测量值范围为（ $0.86\times 10^{-4}$ ~ $3.00\times 10^{-4}$ ）Gy，按小时平均测量结果的年测值范围为（41.7~120）nGy/h，年平均值为 86.4nGy/h。其中：2008 年 12 月~2009 年 3 月，测值范围为（47.6~122）nGy/h，平均值为 86.4nGy/h；2009 年 3 月~2009 年 7 月，测值范围为（43.4~120）nGy/h，平均值为 84.4nGy/h；2009 年 7 月~2009 年 10 月，各测值范围为（39.3~123）nGy/h，平均值为 88.1nGy/h；2009 年 10 月~2010 年 1 月，测值范围为（36.6~117）nGy/h，平均值为 87.4nGy/h。各监测点 $\gamma$ 辐射累积剂量按小时平均测量结果与瞬时 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率变化趋势基本一致。

## （3）空气

### A. $^{14}\text{C}$

空气中  $^{14}\text{C}$  样品使用空气中  $^{14}\text{C}$  智能恒温连续采样器进行采集。测量结果为  $0.19\pm 0.13\text{Bq/g}\cdot\text{碳}$ 。

### B. $^3\text{H}$

空气中  $^3\text{H}$  在 2013 年春秋各采集 1 次，样品采用硅胶吸附的方法采集，每个样品的采样体积大于  $10\text{m}^3$ 。两次采样测量结果中， $^3\text{H}$  的平均值为  $18.8\pm 1.6\text{mBq/m}^3$ （空气），HTO 的平均值为  $0.99\pm 0.06\text{Bq/L}$ （水）。

### C. 气溶胶

气溶胶监测项目为总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$ ，监测频次为 1 次/季。样品使用 CDIII 型 TSP 大流量采样器和 LXCL-15-1 滤膜进行采集。每个样品的采样时间为 8 天，采样体积约  $10000\text{m}^3$ 。

气溶胶样品总 $\alpha$ 活度浓度测值范围为（0.02~0.18） $\text{mBq/m}^3$ ，平均值为  $0.08\text{mBq/m}^3$ ；总 $\beta$ 活度浓度测值范围为（0.14~0.91） $\text{mBq/m}^3$ ，平均值为  $0.33\text{mBq/m}^3$ ； $^{90}\text{Sr}$  活度浓度测值范围为（1.06~2.67） $3\times 10^{-2}\text{mBq/m}^3$ ，平均值为  $2.12\times 10^{-2}\text{mBq/m}^3$ ； $^{137}\text{Cs}$  活度浓度均小于探测下限。

### D. 沉降物

沉降物监测项目为总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$ ，监测频次为 1 次/季。样品试用 $\Phi 400\text{mm}\times\text{H}400\text{mm}$  的圆柱形搪瓷桶进行采集。

沉降物样品总 $\beta$ 活度浓度测值范围为 $(0.07\sim 0.48)\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 $0.19\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ； $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度测值范围为 $(5.63\times 10^{-3}\sim 8.03\times 10^{-3})\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 $6.85\times 10^{-3}\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ； $^{137}\text{Cs}$ 的活度浓度均低于探测限。

### E. 降水

环境辐射本底初步调查中，降水样品监测项目为 $^3\text{H}$ ，监测频次为 1 次/季，样品使用 SL1 型遥测雨量计进行采集。海洋放射性环境本底调查中，降水样品监测项目为 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ ，样品使用不锈钢板制成的正方形采样槽进行采集，采样槽接收面积为 $0.25\text{m}^2$ ，共采集了 2 个样品。降水样品中 $^{90}\text{Sr}$ 活度浓度的平均值为 $32.8\pm 5.0\text{mBq}/\text{L}$ ， $^{137}\text{Cs}$ 低于探测限。

#### （4）湖塘水、井水和自来水

湖塘水、井水和自来水调查范围为厂址周围 5km，设置 3 个井水监测点。测量项目包括 U、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  和  $^3\text{H}$ ，监测频次为 1 次/半年。

井水样品中 U 的浓度测值范围为 $(0.25\sim 1.64)\mu\text{g}/\text{L}$ ，各监测点位平均值为 $0.79\mu\text{g}/\text{L}$ ； $^{90}\text{Sr}$ 的浓度测值范围为 $(1.7\sim 1.9)\text{mBq}/\text{L}$ ，各监测点位平均值为 $1.8\text{mBq}/\text{L}$ ； $^{137}\text{Cs}$ 的浓度测值范围为 $(0.5\sim 0.6)\text{mBq}/\text{L}$ ，各监测点位平均值为 $0.5\text{mBq}/\text{L}$ ； $^3\text{H}$ 的浓度均小于探测限。

湖塘水样品中 U 的浓度测值范围为 $(0.48\sim 0.67)\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $0.58\mu\text{g}/\text{L}$ ； $^{90}\text{Sr}$ 的浓度测值范围为 $(2.1\sim 2.3)\text{mBq}/\text{L}$ ，平均值为 $2.2\text{mBq}/\text{L}$ ； $^{137}\text{Cs}$ 的浓度测值范围为 $(0.4\sim 0.5)\text{mBq}/\text{L}$ ，平均值为 $0.5\text{mBq}/\text{L}$ ； $^3\text{H}$ 的浓度小于探测限。

自来水样品中 U 的浓度测值范围为 $(0.06\sim 0.15)\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $0.11\mu\text{g}/\text{L}$ ； $^{90}\text{Sr}$ 的浓度测值范围为 $(1.7\sim 1.7)\text{mBq}/\text{L}$ ，平均值为 $1.7\text{mBq}/\text{L}$ ； $^{137}\text{Cs}$ 的浓度测值范围为 $(<0.3\sim 0.4)\text{mBq}/\text{L}$ ，平均值为 $0.3\text{mBq}/\text{L}$ ； $^3\text{H}$ 的浓度小于探测限。

#### （5）海水

环境辐射本底初步调查中，在厂址的取水口、排水口、取排水口混合处及排水口下游共设置 4 个海水监测点。其中，第一阶段监测项目包括 U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^3\text{H}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ ，监测频次为单次；第二阶段监测项目包括 U、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^3\text{H}$ ，监测频次为 1 次/半年。

第一阶段测量结果中，总 $\alpha$ 和 $^3\text{H}$ 的浓度均小于探测限，U 的浓度测值范围为 $(1.93\sim 2.11)\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $2.01\pm 0.08\mu\text{g}/\text{L}$ ；Th 的浓度测值范围为 $(0.15\sim 0.19)\mu\text{g}/\text{L}$ ，平均值为 $0.18\pm 0.02\mu\text{g}/\text{L}$ ； $^{226}\text{Ra}$ 的浓度测值范围为 $(4.81\sim 4.90)\text{mBq}/\text{L}$ ，平均值为 $4.85\pm 0.04\text{mBq}/\text{L}$ ； $^{40}\text{K}$ 的浓度测值范围为 $(10.9\sim 11.1)\text{Bq}/\text{L}$ ，平均值为 $11.0\pm 0.1\text{Bq}/\text{L}$ ； $^{137}\text{Cs}$ 的浓度测值范围

为(0.6~0.9) mBq/L, 平均值为  $0.8 \pm 0.1$  mBq/L;  $^{90}\text{Sr}$  的浓度测值范围为(2.1~2.4) mBq/L, 平均值为  $2.3 \pm 0.1$  mBq/L; 总 $\beta$ 的浓度测值范围为(9.3~10) Bq/L, 平均值为  $9.7 \pm 0.4$  Bq/L。第二阶段测量结果中,  $^3\text{H}$  的浓度小于探测限, U 的浓度测值范围为(2.12~2.52)  $\mu\text{g/L}$ , 平均值为  $2.33 \pm 0.17$   $\mu\text{g/L}$ ;  $^{90}\text{Sr}$  的浓度测值范围为(1.9~2.3) mBq/L, 平均值为  $2.0 \pm 0.2$  mBq/L;  $^{137}\text{Cs}$  的浓度测值范围为(0.9~0.11) mBq/L, 平均值为  $1.0 \pm 0.1$  mBq/L。

海洋放射性环境本底调查中, 海水的调查范围为以厂址为中心, 半径 25km 范围内的海域。海水采样点共设置 25 个。监测项目包括: 总铀、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素分析( $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ )。海水主要采集表层水, 每个样品约 100L。样品在春秋各采集 1 次, 共采集了 54 个海水样品(每次在核电厂取水口和排水口各采集 1 个平行样品)。

测量结果中: 总铀活度浓度范围(2.66~3.29) $\mu\text{g/L}$ , 平均值为  $2.91 \pm 0.15$   $\mu\text{g/L}$ ; 总 $\beta$ 活度浓度范围(6.86~14.1) Bq/L, 平均值为  $9.64 \pm 1.60$  Bq/L;  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围(0.57~2.58) mBq/L, 平均值为  $1.52 \pm 0.54$  mBq/L;  $^3\text{H}$  活度浓度范围(0.10~0.78) Bq/L, 平均值为  $0.37 \pm 0.17$  Bq/L。 $\gamma$  谱分析结果中, 所有样品都给出了  $^{137}\text{Cs}$  的测量结果, 其它核素(包括  $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ ) 测量结果均低于探测限。 $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围(1.14~2.53) mBq/L, 平均值为  $1.66 \pm 0.31$  mBq/L。

### (6) 土壤

环境辐射本底初步调查中, 第一阶段的土壤监测点设置在厂址 15km 范围内, 在第二阶段中对补充点位的土壤进行了监测。监测项目包括天然放射性核素( $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ) 和  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、总 $\alpha$ 和总 $\beta$ , 监测频次均为单次。

第一阶段测量结果中,  $^{238}\text{U}$  的浓度测值范围为(32.2~53.2) Bq/kg, 平均值为  $43.3 \pm 8.5$  Bq/kg;  $^{232}\text{Th}$  的浓度测值范围为(46.1~81.8) Bq/kg, 平均值为  $65.9 \pm 13.8$  Bq/kg;  $^{226}\text{Ra}$  的浓度测值范围为(27.4~55.9) Bq/kg, 平均值为  $42.5 \pm 11.7$  Bq/kg;  $^{40}\text{K}$  的浓度测值范围为(421~1200) Bq/kg, 平均值为  $928 \pm 272$  Bq/kg;  $^{137}\text{Cs}$  的浓度测值范围为(0.84~1.42) Bq/kg, 平均值为  $1.14 \pm 0.24$  Bq/kg;  $^{90}\text{Sr}$  的浓度测值范围为(0.68~1.45) Bq/kg, 平均值为  $1.01 \pm 0.32$  Bq/kg; 总 $\alpha$ 的浓度测值范围为( $0.67 \times 10^3$ ~ $2.7 \times 10^3$ ) Bq/kg, 平均值为  $(1.6 \pm 0.8) \times 10^3$  Bq/kg; 总 $\beta$ 的浓度测值范围为( $1.2 \times 10^3$ ~ $1.7 \times 10^3$ ) Bq/kg, 平均值为  $(1.4 \pm 0.2) \times 10^3$  Bq/kg。

第二阶段测量结果显示, 补充点位天然放射性核素浓度水平低于《中国环境天然放射性水平》中福建全省和漳州地区土壤中天然放射性核素浓度水平。

### (7) 底泥和沉积物

环境辐射本底初步调查中, 在厂址的取水口、排水口、取排水口混合处及排水口下游

共设置底泥监测点，与海水监测点一致；在取水口和排水口近岸边设置 2 个岸边沉积物监测点。测量项目包括  $^{238}\text{U}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度，监测频次为 1 次/半年。

底泥样品中的  $^{238}\text{U}$  活度浓度的测值范围为 (28.8~39.0) Bq/kg，平均值为 35.3 Bq/kg； $^{90}\text{Sr}$  活度浓度的测值范围为 (0.99~1.2) Bq/kg，平均值为 1.1Bq/kg； $^{137}\text{Cs}$  活度浓度的测值范围为 (0.3~1.0) Bq/kg，平均值为 0.5Bq/kg。沉积物样品中的  $^{238}\text{U}$  活度浓度的测值范围为 (38.8~41.8) Bq/kg，平均值为 40.3Bq/kg； $^{90}\text{Sr}$  活度浓度的测值范围为 (0.90~1.1) Bq/kg，平均值为 1.0Bq/kg； $^{137}\text{Cs}$  活度浓度的测值范围为 (0.5~1.5) Bq/kg，平均值为 1.0Bq/kg。

海洋放射性环境本底调查中，海洋沉积物的调查范围为以厂址为中心，半径 25km 范围内的海域。海洋沉积物的采集使用特制的船锚抓取，每个样品采样量约 1kg，采集的样品置于双层塑料袋内，再放置于布袋中。采样频次为单次，共采集 17 个样品（包括核电厂取水口和排水口的 2 个平行样）。监测项目包括：总铀、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素（ $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ）。

测量结果中：总 U 浓度范围 1.42~5.16 $\mu\text{g/g}$ ，平均值为 2.81 $\pm$ 0.80 $\mu\text{g/g}$ ；总 $\beta$ 浓度范围 677~1.47 $\times 10^3$ Bq/kg，平均值为(1.04 $\pm$ 0.19) $\times 10^3$ Bq/kg； $^{90}\text{Sr}$  浓度范围 0.49~2.64Bq/kg，平均值为 1.80 $\pm$ 0.60Bq/kg。 $\gamma$ 谱分析结果中，所有样品都给出了  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  的测量结果，大部分样品给出了  $^{137}\text{Cs}$  的测量结果，其它核素（包括  $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ ）测量结果均低于探测限。其中， $^{137}\text{Cs}$  浓度范围<LLD~2.25Bq/kg，平均值为 1.64 $\pm$ 0.45Bq/kg； $^{226}\text{Ra}$  浓度范围 16.0~44.2Bq/kg，平均值为 34.7 $\pm$ 6.3Bq/kg； $^{232}\text{Th}$  浓度范围 25.0~72.0Bq/kg，平均值为 56.6 $\pm$ 9.7Bq/kg； $^{40}\text{K}$  浓度范围 540~1.51 $\times 10^3$ Bq/kg，平均值为 865 $\pm$ 281Bq/kg。

### (8) 生物

环境辐射本底初步调查中，在厂址 15km 范围内采集黄鲷、海蛎、猪肉、松针、大米、白菜和花生等生物样品。生物样品均经过洗净与整理（除去不可食部分），然后再烘干、炭化与灰化，制成灰样。生物样品的监测频次为 1 次/年，监测项目包括  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度。

测量结果中， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围<LLD~0.86Bq/kg（鲜），松针样品浓度最高； $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围(5.4~1670)mBq/kg（鲜），松针样品浓度最高，大米样品浓度最低。

海洋放射性环境本底调查中，海洋生物样品主要包括藻类、贝类、甲壳类和鱼类等。除藻类采样频次为单次外，贝类、甲壳类和鱼类的采样频次均为春秋各采集一次。藻类样品采集海带和龙须菜，洗净沙子并去根，海带称鲜重作为可食部分鲜重，龙须菜充分烘干后称干重作为可食部分干重；贝类样品采集牡蛎、菲律宾帘蛤和紫贻贝，去壳，洗净沙子后称鲜重作为可食部分鲜重；甲壳类样品采集螃蟹和凡纳对虾，取蟹肉和虾仁称重作为

可食部分鲜重；鱼类样品采集日本真鲈、银鲳和鲮鱼，去头、鳞、鱼鳍、内脏后烘干，取鱼肉作为可食鲜重。海洋生物总共采集 22 个样品（包括平行样），监测项目包括总铀、总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素（ $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  等）。测量结果中：

总 U：日本真鲈最低，测量结果均值为  $3.03\pm 0.79\mu\text{g}/\text{kg}$ （鲜）。紫贻贝最高，测量结果均值为  $71.5\pm 20.2\mu\text{g}/\text{kg}$ （鲜）；

总 $\beta$ ：凡纳对虾最低，测量结果均值为  $32.8\pm 14.8\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）。海带最高，测量结果均值为  $169\pm 11\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）；

$^{90}\text{Sr}$ ：日本真鲈最低，测量结果均值为  $0.058\pm 0.030\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）。紫贻贝最高，测量结果为  $1.14\pm 0.40\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）。

$\gamma$ 谱分析结果中，所有样品都给出了  $^{40}\text{K}$  的测量结果，部分样品给出了  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  的测量结果，其它核素（包括  $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ）测量结果均低于探测限。 $^{40}\text{K}$ ：凡纳对虾最低，测量结果均值为  $25.3\pm 9.2\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）。海带最高，测量结果均值为  $136\pm 3\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）； $^{226}\text{Ra}$ ：紫贻贝最高，测量结果均值为  $0.69\pm 0.13\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）； $^{137}\text{Cs}$ ：海带最高，测量结果均值为  $0.13\pm 0.01\text{Bq}/\text{kg}$ （鲜）；

灰鲜比结果中，海带最低，测量结果均值为  $(1.59\pm 0.04)\%$ 。螃蟹最高，测量结果均值为  $(4.06\pm 0.42)\%$ 。

### 3.1.1.5 质量保证措施

为了对监测过程进行全面控制，以保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，在环境辐射本底初步调查和海洋放射性环境本底调查中均采取了一系列质量保证措施。两家调查单位均通过国家计量认证和国家实验室认可，两次调查过程中质量保措施如下：

#### (1) 组织机构及人员配备

调查单位针对调查任务成立了项目组及质保组，指定了项目负责人和质保负责人，要求从事相关工作 5 年以上，具有相应学历职称。根据调查工作的工作进度与实际需要，从事对质量活动有影响的人员，要求具备从事该任务所必须的学历、经历和业务熟练程度，持有相应资格证或上岗证，并进行质保培训与考核。

#### (2) 样品的采集和保存

调查中的采样和预处理严格按照调查单位相关采样规程进行，环境辐射本底初步调查中涉及的规程主要包括：《放射性气溶胶采样技术规范》、《沉降灰采样技术规范》、《降水样品采集技术规范》、《空气中氡样品采集技术规范》、《饮用水、地下水、地表水采集技术规范》、《土壤、潮间带土采样技术规范》、《底泥品采样技术规范》、《植物采样技术规范》、《动物采样技术规范》等；海洋放射性环境本底调查及的规程主要包括：《降水的采集和

预处理操作规范》、《海水的采集和预处理操作规范》、《海洋沉积物的采集和预处理操作规范》《海洋生物样品的采集和预处理操作规范》等。

调查过程中，工作人员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

现场采样设备的控制：现场使用的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。确认其性能良好后才使用。

测量装置的检定：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，以保证检测量值具有溯源性。表 3.1-7 和表 3.1-8 列出了两次调查中使用的主要仪器和设备的检定情况。

标准物质：用于刻度放射性测量仪器的标准源，标准溶液和标准物质，均有合格证书保证，保证可溯源性。

测量仪器刻度及性能检验：所有测量仪器都经过刻度或标定，并绘制质控图，以分析仪器的稳定性及可靠性。

### （4） 化学试剂的控制

用标准溶液配置工作溶液时，根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录。

实验室使用的试剂溶液和蒸馏水贴上标签，试剂溶液的标签写明名称、浓度、配置日期，有的试剂还写明有效期。

### （5） 装卸、储存和运输的控制

样品、采样及测量仪器设备在装卸过程中轻拿轻放，防止样品破损和设备损坏。

样品、仪器设备在运输前按照规程和仪器设备说明书正确包装。

采集到的样品需在现场暂时存放的明确标识后安全放置，以防损伤、变质和丢失。

现场采样、测量仪器设备使用后及时放入包装箱或符合规定的地点。

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） 测量分析实施过程控制

调查方法的选定：两次调查中中采样及分析测量的方法严格执行我国已颁布的有关标准和法规。调查过程严格按照相应规程进行。

采样点的定位：采用 GPS（卫星定位仪）测量外环境各采样点位的经纬度，并记录采样点相对于厂址位置的方位和距离等信息，在指定的地点采样或测量。

掺标样品和平行样品：为了对项目样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制以及为了确定分析测量的准确度，两次调查中均进行掺标样品和平行样品的分析。环境辐射本底初步调查中对土壤、底泥、沉积物、生物、井水和海水样品进行了相应的分析，平行样比例大于 10%；海洋放射性环境本底调查对海水、沉积物、生物等进行了相应的分析，平行样比例大于 10%。

实验室比对：两次调查的承担单位均积极参加国内外相关单位组织的比对活动，如 IAEA、日本化学分析中心、韩国核安全研究院、中国疾病预防控制中心核安全与医学所、中国计量科学研究院等。比对的介质包括土壤、生物、降水等介质，分析项目包括 Sr-90、Cs-137、<sup>3</sup>H 等，比对结果绝大部分相差在 10%以内。

### 3.1.2 辐射环境质量评价

根据环境辐射本底初步调查和海洋放射性环境本底调查结果，厂址周围的辐射环境质量现状如下：

#### 3.1.2.1 环境 $\gamma$ 辐射水平

在环境辐射本底初步调查中，分两个阶段设置了 47 个和 20 个 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测点位。第一阶段监测值在（12.1~130）nGy/h 之间，平均值为 66.5nGy/h；第二阶段监测值在（14.0~101）nGy/h 之间，平均值为 57.4nGy/h。

点位监测值范围为（20.6~130）nGy/h 之间，与《中国环境天然放射性水平》中福建省 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果范围（25.9~334.3）nGy/h 相比，前者处于后者范围内；

累积剂量共设置 20 个点位，测量值范围为（ $0.86\times 10^{-4}$ ~ $3.00\times 10^{-4}$ ）Gy，换算成剂量率范围为（41.7~120）nGy/h，年平均值为 86.4nGy/h，与剂量率瞬时测量范围及趋势较为一致；

综上，当前厂址周围环境 $\gamma$ 辐射不属于高本底地区，其水平在天然本底范围内。

#### 3.1.2.2 空气介质中放射性核素活度浓度

空气中 <sup>14</sup>C 设置 1 个采样点位，测量结果为  $0.19\pm 0.13$ Bq/g·碳；空气中 <sup>3</sup>H 设置 1 个采样点位，测量结果平均值为  $18.8\pm 1.6$ mBq/m<sup>3</sup>，与《2013 年全国辐射环境质量报告》和《2017 年全国辐射环境质量报告》中空气氟化水测量结果处于同一水平；气溶胶设置 2 个采样点位，总 $\alpha$ 测值范围为（0.02~0.18）mBq/m<sup>3</sup>，总 $\beta$ 测值范围为（0.14~0.91）mBq/m<sup>3</sup>，<sup>90</sup>Sr 活度浓度测值范围为（1.06~2.67） $\times 10^{-2}$ mBq/m<sup>3</sup>，<sup>137</sup>Cs 均小于探测下限；沉降物设置 2 个点位，总 $\beta$ 测值范围为（0.07~0.48）Bq/m<sup>2</sup>·d，<sup>90</sup>Sr 活度浓度测值范围为（ $5.63\times 10^{-3}$ ~ $8.03\times 10^{-3}$ ）

Bq/m<sup>2</sup>·d, <sup>137</sup>Cs 均低于探测限；降水中, <sup>90</sup>Sr 活度浓度的平均值为 32.8±5.0mBq/L, <sup>3</sup>H 和 <sup>137</sup>Cs 均低于探测限。

监测结果无明显异常, 可认为厂址周围空气中的放射性水平属于天然本底范围内, 不属于高本底地区。

### 3.1.2.3 陆地水体中放射性核素活度浓度

在环境辐射本底初步调查中, 设置了 1 个湖塘水监测点, 3 个井水监测点和 1 个自来水监测点。湖塘水中, U 的测值范围为 (0.48~0.67) μg/L, <sup>90</sup>Sr 的测值范围为 (2.1~2.3) mBq/L, <sup>137</sup>Cs 的测值范围为 (0.4~0.5) mBq/L, <sup>3</sup>H 小于探测限; 井水中, U 的测值范围为 (0.25~1.64) μg/L, <sup>90</sup>Sr 的测值范围为 (1.7~1.9) mBq/L, <sup>137</sup>Cs 的浓度测值范围为 (0.5~0.6) mBq/L, <sup>3</sup>H 均小于探测限; 自来水中, U 测值范围为 (0.06~0.15) μg/L, <sup>90</sup>Sr 的测值范围为 (1.7~1.7) mBq/L, <sup>137</sup>Cs 的浓度测值范围为 (<0.3~0.4) mBq/L, <sup>3</sup>H 的浓度小于探测限。

监测结果无明显异常, 并且井水和自来水中 U 的监测结果与《中国环境天然放射性水平》中福建省农村井水和自来水中 U 测量结果基本处于同一水平。因此, 可认为厂址周围湖塘水、井水和自来水的放射性水平属于天然本底范围内, 不属于高本底地区。

### 3.1.2.4 海域放射性核素活度浓度

在环境辐射本底初步调查中, 设置了 4 个海水监测点, 分为两阶段取样监测。第一阶段测量结果中, 总α和 <sup>3</sup>H 均小于探测限, U 的测值范围为 (1.93~2.11) μg/L, Th 的测值范围为 (0.15~0.19) μg/L, <sup>226</sup>Ra 的测值范围为 (4.81~4.90) mBq/L, <sup>40</sup>K 的测值范围为 (10.9~11.1) Bq/L, <sup>137</sup>Cs 的测值范围为 (0.6~0.9) mBq/L, <sup>90</sup>Sr 的测值范围为 (2.1~2.4) mBq/L, 总β的测值范围为 (9.3~10) Bq/L; 第二阶段测量结果中, <sup>3</sup>H 小于探测限, U 的测值范围为 (2.12~2.52) μg/L, <sup>90</sup>Sr 的测值范围为 (1.9~2.3) mBq/L, <sup>137</sup>Cs 的测值范围为 (0.9~0.11) mBq/L;

在海洋放射性环境本底调查中, 共设置了 25 个点位。总铀的测值范围为(2.66~3.29) μg/L, 总β的测值范围为(6.86~14.1)Bq/L, <sup>90</sup>Sr 的测值范围为(0.57~2.58)mBq/L, <sup>3</sup>H 的测值范围为(0.10~0.78)Bq/L, γ谱分析结果中, <sup>137</sup>Cs 的测值范围为(1.14~2.53)mBq/L, 其它核素 (包括 <sup>58</sup>Co、<sup>60</sup>Co、<sup>110m</sup>Ag、<sup>54</sup>Mn、<sup>134</sup>Cs、<sup>106</sup>Ru) 测量结果均低于探测限;

监测结果无明显异常, 并且海水中 U、Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>K 放射性浓度与《中国环境天然放射性水平》中福建省近海海域中天然放射性核素浓度的调查结果基本处于同一水平;

综上, 可认为厂址周围海水的放射性水平属于天然本底范围内, 不属于高本底地区。

### 3.1.2.5 土壤中放射性核素活度浓度

在环境辐射本底初步调查中, 第一阶段设置 6 个点位, 第二阶段设置古雷和油沃两个

点位。第一阶段测量结果中， $^{238}\text{U}$  的测值范围为(32.2~53.2)Bq/kg， $^{232}\text{Th}$  的测值范围为(46.1~81.8)Bq/kg， $^{226}\text{Ra}$  的测值范围为(27.4~55.9)Bq/kg， $^{40}\text{K}$  的测值范围为(421~1200)Bq/kg， $^{137}\text{Cs}$  的测值范围为(0.84~1.42)Bq/kg， $^{90}\text{Sr}$  的测值范围为(0.68~1.45)Bq/kg，总 $\alpha$ 的测值范围为( $0.67\times 10^3\sim 2.7\times 10^3$ )Bq/kg，总 $\beta$ 的测值范围为( $1.2\times 10^3\sim 1.7\times 10^3$ )Bq/kg；

除第二阶段两个点位监测结果偏低外，其余监测结果无明显异常，并且土壤中  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  放射性浓度与《中国环境天然放射性水平》中福建省全省及漳州地区土壤的天然放射性核素浓度的调查结果基本处于同一水平；

综上，当前厂址周围土壤的放射性水平属于天然本底范围内，不属于高本底地区。

### 3.1.2.6 底泥和沉积物的放射性水平

在环境辐射本底初步调查中，设置了 4 个底泥监测点和 2 个沉积物监测点。底泥中， $^{238}\text{U}$  的测值范围为(28.8~39.0) Bq/kg， $^{90}\text{Sr}$  的测值范围为(0.99~1.2) Bq/kg， $^{137}\text{Cs}$  的测值范围为(0.3~1.0) Bq/kg；沉积物中， $^{238}\text{U}$  的测值范围为(38.8~41.8) Bq/kg， $^{90}\text{Sr}$  的测值范围为(0.90~1.1) Bq/kg， $^{137}\text{Cs}$  的测值范围为(0.5~1.5) Bq/kg；

在海洋放射性环境本底调查中，设置了 15 个沉积物监测点。测量结果中，总 U 的测值范围为 1.42~5.16 $\mu\text{g/g}$ ，总 $\beta$ 的测值范围为 677~ $1.47\times 10^3$ Bq/kg， $^{90}\text{Sr}$  的测值范围为 0.49~2.64Bq/kg， $\gamma$ 谱分析结果中， $^{137}\text{Cs}$  的测值范围为<LLD~2.25Bq/kg， $^{226}\text{Ra}$  的测值范围为 16.0~44.2Bq/kg， $^{232}\text{Th}$  的测值范围为 25.0~72.0Bq/kg， $^{40}\text{K}$  的测值范围为 540~ $1.51\times 10^3$ Bq/kg，其它核素（包括  $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ ）测量结果均低于探测限；

监测结果无明显异常，可认为厂址周围底泥和沉积物的放射性水平属于天然本底范围内，不属于高本底地区。

### 3.1.2.7 生物的放射性水平

在环境辐射本底初步调查中，采集了黄鲷、海蛎、猪肉、松针、大米、白菜和花生等生物样品。测量结果中， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围<LLD~0.86Bq/kg（鲜），松针样品浓度最高； $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围(5.4~1670)mBq/kg（鲜），松针样品浓度最高，大米样品浓度最低；

在海洋放射性环境本底调查中，采集了藻类、贝类、甲壳类和鱼类等海洋生物样品。总 U 测量结果均值范围为 3.03~71.5 $\mu\text{g/kg}$ （鲜），总 $\beta$ 测量结果均值范围为 32.8~169Bq/kg（鲜）， $^{90}\text{Sr}$  测量结果均值范围为 0.058~1.14Bq/kg（鲜）， $\gamma$ 谱分析结果中， $^{40}\text{K}$  测量结果均值范围为 25.3~136Bq/kg（鲜）， $^{226}\text{Ra}$  测量结果均值最高为  $0.69\pm 0.13$ Bq/kg（鲜）， $^{137}\text{Cs}$  测量结果均值最高为  $0.13\pm 0.01$ Bq/kg（鲜），其它核素（包括  $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ）测量结果均低于探测限；

监测结果无明显异常，可认为厂址周围生物的放射性水平属于天然本底范围内，不属

于高本底地区。

## 3.2 非辐射环境质量现状

### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

#### 3.2.1.1 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域大气环境、噪声本底调查及评价报告》。

监测时间为 2020 年 8 月 4 日~8 月 10 日，共 7 天。监测期间风速范围为 0.5~2.5m/s，主要风向为 S~SE。

#### 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）。

根据《漳州市环境空气质量功能区划》及《关于重新确认漳州核电厂一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意见函》：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。

#### 3.2.1.2 大气环境质量评价

根据《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中规定的标准限值、污染物监测数据的统计结果，对厂址评价区域大气环境质量现状分析和评价如下：

SO<sub>2</sub> 各测点的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。

TSP 各测点的日均浓度符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准要求。

PM<sub>10</sub> 各测点的日均浓度符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

PM<sub>2.5</sub> 各测点的日均浓度符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

综上所述，各污染物 1 小时平均质量浓度和 24 小时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

### 3.2.2.1 噪声现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域大气环境、噪声本底调查及评价报告》。

监测时间为 2020 年 8 月 4 日~8 月 7 日，监测期间风速范围为 0.5~2.5m/s，主要风向为 S~SE。

#### 执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；
- 《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。

### 3.2.2.2 噪声环境质量评价

#### 1) 厂界噪声现状

厂界昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准昼间限值 65dB（A）要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准夜间限值 55dB（A）要求。

#### 2) 陆域环境噪声现状

厂区外敏感目标昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准昼间噪声限值 60 dB（A）要求；夜间噪声除灵鹫寺第二次夜间监测值，其余符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准夜间噪声限值 50dB（A）要求。受蝉鸣的影响，灵鹫寺点位略高于《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准夜间噪声限值 50dB（A）。

厂区外网格监测点昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准昼间噪声限值 60dB（A）要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准夜间噪声限值 50dB（A）要求。

交通噪声监测点昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准昼间噪声限值 70dB（A）的要求；夜间监测噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准夜间噪声限值 55dB（A）要求。

#### 3) 定点噪声现状

D1 厂址西边界昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准昼间噪声限值 60dB（A）要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准夜间噪声限值 50dB（A）要求。

D2 人家村昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准昼间噪声限值

60dB（A）要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准夜间噪声限值 50dB（A）要求。

D3 城内村昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准昼间噪声限值 60dB（A）要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准夜间噪声限值 50dB（A）要求。

#### 5) 海域噪声

海域环境监测点昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准昼间噪声限值 65dB（A）要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准夜间噪声限值 55dB（A）要求。

综上所述，厂界噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类噪声标准限值；敏感目标噪声基本符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；陆域噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；海域噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类噪声标准限值；定点噪声均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；交通噪声符合《声环境质量标准》GB3096-2008 规定的 4a 类噪声标准限值。

### 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

中国水产科学研究院东海水产研究所于 2013 年完成了《漳州核电项目可研阶段厂址邻近海域海洋生物及其生态环境调查专题报告》。后续东海水产研究所于 2018 年 2 月~2018 年 11 月开展厂址附近海域生态环境调查工作，已完成 2018 年共 8 个航次的现场调查工作。

##### （1）调查时间、范围及站位设置

###### 1) 2013 年海水水质现状调查

秋季航次调查时间为 2012 年 11 月 22 日至 30 日，在工程海域邻近 15km 范围海域内布设 20 个大面调查站位。冬、春和夏季调查时间为 2013 年 2 月 23-29 日、2013 年 4 月 20 日-5 月 2 日和 2013 年 7 月 27 日至 8 月 15 日，在工程海域邻近 25km 范围海域内布设 23 个大面站位取样。

###### 2) 2018 年海水水质现状调查

在工程海域邻近 50km 范围海域内布设 48 个大面调查站位，2 个连续站（取排水口各 1 个）站位。

##### （2）监测项目

###### 1) 2013 年海水水质现状调查

水文参数共 5 项：水温、盐度、水深、水色、透明度。

水质常规：pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD<sub>Mn</sub>）、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）、活性磷酸盐、总悬浮物（SS）、石油类（Oil）、硼、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷、银、锰，硫化物、挥发酚、游离氯、总氯、氰化物、阴离子表面活性剂。

#### 2) 2018 年海水水质现状调查

水文参数共 7 项：水温、水深、盐度、电导率、水色、透明度及浊度。

大面站：pH、总碱度、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、挥发酚、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）、非离子态氨、磷酸盐、硅酸盐、硫化物、硫酸盐、氯化物、氰化物、总有机碳、动植物油、油类、阴离子表面活性剂、总磷、总氮、悬浮物、硼、金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬、锰、铁、砷、硒）、余氯、溶解性总固体物质，共 36 项。

定点连续站：水温、水深、盐度、电导率、浊度、悬浮物、pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、硅酸盐和余氯。

#### (3) 实验和分析方法

样品采集、保存和分析方法分别按 GB/T12763-2007《海洋调查规范》、GB17378.4-2007《海洋监测规范》海水分析分册中规定的有关方法进行。

### 3.2.3.2 海水质量评价

#### (1) 2013 年海水水质现状调查

2012 年 11 月至 2013 年 8 月进行的秋、冬、春、夏四个季节五个航次水质调查中 pH、溶解氧、镉、铬、汞、砷、石油类、氰化物、硫化物和挥发酚含量均符合第一类海水水质标准。化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、铜、锌、铅和阴离子表面活性剂共 7 个指标均有不同程度的超第一类海水水质标准现象。

#### (2) 2018 年海水水质现状调查

所有航次大面站各层次、连续站海水样品 pH、溶解氧、化学需氧量、非离子态氨、挥发酚、氰化物、油类、阴离子表面活性剂、镉、铬、砷、硒测值均符合第一类海水水质标准；五日生化需氧量、铜、铅、汞、硫化物、锌、无机盐、活性磷酸盐含量均有不同程度的超第一类海水水质标准现象。

### 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 输变电工程》（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）
- 《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域电磁辐射本底测量和现状评价报告》（2020 年 8 月）

#### 3.2.4.2 调查内容及范围

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

#### 3.2.4.5 监测时间及天气

2020 年 7 月 27 日~8 月 2 日对福建漳州核电厂 3、4 号机组工程厂址周围电磁环境进行了现场调查。由表 3.2-4 可知，监测期间气象条件符合监测规范及仪器使用要求。

#### 3.2.4.3 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。

· 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。

· 每个测点连续测量 5 个数据，每个数据测量时间不低于 15 秒，当数字变化过大时，应适当延长测量时间。最终计算时每个时点采用其 5 个数据的平均值。

· 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。

### 3.2.4.6 电磁辐射源调查

根据现场踏勘资料，厂址半径 5km 范围内现有电磁辐射源主要为核电站 35kV 施工进线变电站、核电站西侧通讯基站、列屿镇卫生院通讯基站、列屿镇镇区通讯基站、山前村（山下）通讯基站、山前村（山上）通讯基站、后江村通讯基站、青泾村通讯基站、青泾风电通讯基站、列屿 110kV 变电站、半山村通讯基站。

### 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（东南西北），厂区内 7 个。编号 1~12#，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 3.2-5 和图 3.2-1。

#### b) 开关站监测点设置

厂区内拟建 2 个开关站，已建 1 个开关站，在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强，编号 13~24#。开关站监测点设置情况见表 3.2-6 和图 3.2-2。

#### c) 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，共设 11 个监测点，监测工频电场强度与工频磁场强度。

对漳州核电厂已建的 1 个 35kV 主变压器和拟建的 6 个主变压器及 3 个辅助变压器进行监测，其中漳州 1#2#220kV 辅助变压器设置一个监测点，3#4#220kV 辅助变压器设置一个监测点，5#6#220kV 辅助变压器设置一个监测点，监测点编号见表 3.2-7，监测断面位置见图 3.2-3。

#### d) 输电线路监测点设置

在厂址半径 5km 范围内拟建 2 条输电线路分别为：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。

现场监测过程中根据实际情况（如地形限制等）对监测点数量进行调整，并逐一编号（P1-1~P1-x、P2-1~P2-x、P3-1~P3-x）。厂区内输电线路监测断面设置情况见表 3.2-8 和图 3.2-4。

#### e) 厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站监测点设置

在漳州核电厂厂区外设置 42 个监测点，编号 25~66#。其中包括 18 个自然村、1 个卫生院、1 个养老院、1 座寺院、11 所学校及幼儿园、9 个通讯基站和 1 个变电站。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。厂区外环境敏感区监测点由检测中心监测人员在漳州核电厂现场踏勘所确定，由《漳州核电厂可行性研究阶段非放射性环境本底监测报告》的数据所确定通讯基站及变电站监测点。监测点设置情况见表 3.2-9 和图 3.2-5、图 3.2-6。

### 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 3.2-10。

核电厂厂区内开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-11。

核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果见表 3.2-12。

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 3.2-13。

核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-14。

### 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

厂址区域电磁辐射采用《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求，对于 30MHz-3000MHz 的频率范围，该标准的公众曝露控制限值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的方均根值应小于 0.4W/m<sup>2</sup>（电场强度限值 12V/m）。

### 3.2.4.10 电磁辐射现状监测质量保证措施

本次调查及评价工作严格按照《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域电磁辐射本底测量及现状评价质量保证大纲》，采取的主要质量保证措施有：

（1）监测方法采用国家和行业标准，监测人员经考核并持有资格证上岗。

（2）质保人员进行现场数据采集同步跟踪和同步记录，确保监测数据的有效性。

（3）根据质量保证大纲及监测规范的要求，监测仪器经由相应资质的计量检定部门检定合格，并处于有效期内。每次监测前后，都检查仪器的工作状态，确保仪器处于良好的工作状态。

（4）监测人员按操作规程操作仪器，并做好相应的数据记录。

### 3.2.4.11 电磁辐射现状监测结果评价

#### a) 厂区内电磁辐射监测结果评价

##### 1) 工频电场/工频磁场强度

厂区内监测点值的统计包含厂区监测点、开关站监测点及主/辅变压器监测点的监测值，所有监测点工频电场强度监测值范围 0.06V/m~25.79V/m 之间，工频磁场强度监测值

在  $0.0048\mu\text{T}\sim 0.8614\mu\text{T}$  之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值  $4\text{kV/m}$  和  $0.1\text{mT}$ （ $100\mu\text{T}$ ），符合要求。

## 2) 射频综合场强

厂区内监测点值的统计包含厂区监测点、开关站监测点及主变压器监测点的监测值，所有监测点射频综合场强监测值在  $0.0004\text{W/m}^2\sim 0.0019\text{W/m}^2$  之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中规定的  $0.4\text{W/m}^2$  标准限值。

## b) 输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路所有监测点工频电场强度监测值范围  $0.04\text{V/m}\sim 27.17\text{V/m}$  之间，工频磁场强度监测值在  $0.0039\mu\text{T}\sim 0.1048\mu\text{T}$  之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值  $4\text{kV/m}$  和  $0.1\text{mT}$ （ $100\mu\text{T}$ ），符合要求。

## c) 厂区外监测点电磁辐射监测结果评价

### 1) 工频电场/工频磁场强度监测结果

厂区外监测点工频电场强度监测值在  $0.04\text{V/m}\sim 6.8\text{V/m}$  之间，所有监测值都小于标准限值  $4\text{kV/m}$ ，符合要求；工频磁场强度监测值在  $0.004\mu\text{T}\sim 0.0718\mu\text{T}$  之间，小于标准限值  $0.1\text{mT}$ （ $100\mu\text{T}$ ），符合要求。

### 2) 射频综合场强

所有监测点监测值在  $0.0003\text{W/m}^2\sim 0.0026\text{W/m}^2$  之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中的  $0.4\text{W/m}^2$  标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1 环境辐射本底初步调查第一阶段内容

序号	调查对象	监测项目	监测频次	采样(监测)点数	质控样数 <sup>2)</sup>	样品(监测)总数
1	环境γ辐射水平	陆地γ辐射空气吸收剂量率	1次	40	---	40
2	土壤	γ谱分析 <sup>1)</sup> 、 <sup>90</sup> Sr、总α、总β	1次	6	2	8
3	海水	U、 <sup>226</sup> Ra、Th、 <sup>40</sup> K、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>90</sup> Sr、总α、总β、 <sup>3</sup> H	1次	4	2	6
4	空气	<sup>14</sup> C	1次	1	---	1

注:1) γ谱分析核素为 <sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>K、<sup>137</sup>Cs。

2) 质控样为 10%的平行样和 10%的加标样, 样品数低于 10, 至少有 1 个平行样和 1 个加标样。

表 3.1-2 环境辐射本底初步调查第二阶段内容

序号	调查对象	监测项目	监测频次	采样(监测)点数	质控样数 <sup>1)</sup>	样品(监测)总数	
1	环境 $\gamma$ 辐射水平	陆地 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	1次/季	20	---	80	
		$\gamma$ 辐射累积剂量	1次/季	20	---	80	
2	气溶胶	总 $\alpha$ 、总 $\beta$	1次/月	2	---	24	
		$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1次/季	2	---	8	
3	沉降物	总 $\beta$	1次/月	2	---	24	
		$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1次/季	2	---	8	
4	降水	$^3\text{H}$	1次/季	2	2	10	
5	海水	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、U、 $^3\text{H}$	1次/半年	4	2	10	
6	自来水、湖塘水、井水	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、U、 $^3\text{H}$	1次/半年	5	2	12	
7	海底淤泥、沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{238}\text{U}$	1次/半年	5	2	12	
8	生物	大米	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1	1	2	2
		白菜	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1	1	2	2
		茶叶	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1	1	2	2
		猪肉	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1	1	2	2
		鲷科鱼类	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1	1	2	2
		蛭	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1	1	2	2
		松针	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1	1	2	2

注：1) 质控样为 10%的平行样和 10%的加标样，样品数低于 10，至少有 1 个平行样和 1 个加标样。

表 3.1-3 海洋放射性环境本底调查内容

序号	调查对象		监测项目	监测频度	采样点数	样品个数	平行样品	样品总数	采样量	
1	陆地介质	空气	HTO	春季、秋季各采 1 次	1	2	0	2	≥16m <sup>3</sup>	
		降水	<sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs	春季、秋季各采 1 次	1	2	0	2	≥50L	
2	海洋介质	海水	总铀、总β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、γ核素（ <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>54</sup> Mn）	春季、秋季各采 1 次	25	50	4	54	≥101L	
		沉积物	总铀、总β、 <sup>90</sup> Sr、γ核素（ <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>54</sup> Mn 及天然放射性核素 <sup>226</sup> Ra、 <sup>232</sup> Th、 <sup>40</sup> K）	1 次	15	15	2	17	≥1kg	
		生物样品	藻类（2 种）	总铀、总β、 <sup>90</sup> Sr、γ核素（ <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>131</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K）	1 次	1	2	1	3	≥15kg 鲜样
			贝类（3 种）	总铀、总β、 <sup>90</sup> Sr、γ核素（ <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>131</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K）	春季、秋季各采 1 次	1	6	1	7	
			甲壳类（2 种）	总铀、总β、 <sup>90</sup> Sr、γ核素（ <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>131</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K）	春季、秋季各采 1 次	1	4	1	5	
			鱼类（3 种）	总铀、总β、 <sup>90</sup> Sr、γ核素（ <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>131</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K）	春季、秋季各采 1 次	1	6	1	7	
合计						87	10	97		

表 3.1-4 两次调查中主要分析方法和测量仪器（1/3）

项 目	监测对象	分 析 方 法	测 量 仪 器	备 注
陆地 $\gamma$ 辐射剂量率		《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）	RSS-131 高气压电离室	环境辐射本底初步调查
总 $\beta$	气溶胶	《水中总 $\beta$ 放射性测定 蒸发法》（EJ-T900-94）	MPC 9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量装置	
	沉降物			
	水			
总 $\alpha$	气溶胶	《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚样法》（EJ/T1075-1998）	MPC 9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量装置	
	沉降物			
	水			
$^{137}\text{Cs}$	水	《水中铯-137 放射化学分析方法》（GB6767-86）	MPC 9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量装置	
$^{90}\text{Sr}$	气溶胶 沉降物 土壤	《土壤中锶-90 的分析方法》（EJ/T 1035-1996）	MPC 9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量装置	
	水	《水中锶-90 放射化学分析方法二—（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法》（GB6766-86）		
	生物	《生物样品中锶-90 的放射化学分析方法 二—（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法》（GB11222.1-89）		
$^{14}\text{C}$	空气	《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》（EJ/T 1008—96）	LKB-1220 Quantulus 低本底液闪谱仪	
$^3\text{H}$	水	《水中氚的分析方法》（GB12375-90）	LKB-1220 Quantulus 低本底液闪谱仪	

表 3.1-4 两次调查中主要分析方法和测量仪器（2/3）

U	水	《水中微量铀分析方法》 （液体激光荧光法） （GB6768-86）	WGJ-II 激光铀分析仪	
Th	水	《水中钍的分析测定》（GB 1224-89）	TU-1901 分光光度计	
<sup>226</sup> Ra	水	参照《水中镭-226 的分析测定》 （GB11214-89）和 《水中镭的α放射性核素的测定》 （GB11218-89）	MPC 9604 低本底α、β测量装置	
<sup>40</sup> K	水	《水中钾-40 的分析方法》（火焰光度法）（GB11338-89）	TAS-990 原子吸收分光光度计	
γ核素	土壤	《土壤中放射性核素的γ能谱分析方法》（GB11743-89）	ADCAM-100 谱仪	
	底泥			
	气溶胶	《空气放射性核素的γ能谱分析方法》（WS/T 184-1999）		
	沉降物	《用半导体γ谱仪分析低比活度γ放射性样品的标准方法》 （GB11713-89）		
γ核素	沉积物	《用半导体γ谱仪分析低活度浓度γ放射性样品的标准方法》（GB11713-1989）	GC3519/GR3019 HPGeγ谱仪 GMX-50S 反康γ谱仪	海洋放射性环境本底调查
	生物	《水中放射性核素的γ能谱分析方法》（GB/T16140-1995） 《生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法》		
	水	（GB11743-1989）		

表 3.1-4 两次调查中主要分析方法和测量仪器（3/3）

总铀	水	《水中微量铀的分析方法》 (GB6768-1986),	MUA 微量铀分析仪
	沉积物		
	生物	《土壤、岩石等样品中铀的测定 激光荧光法》 (EJ/T550-2000) 《生物样品灰中铀的测定》 (GB11223.2-1989)	
总β	水	《水中总β放射性测定—蒸发法》(EJ/T900-1994)	FJ-2600 α/β 低本底测量仪 LB770 α/β测量仪
	沉积物		
	生物		
<sup>90</sup> Sr	水	《水中锶-90 放射化学分析方法二-(2-乙基己基)磷酸萃取色层法》(GB6766-1986) 《生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法 二-(2-乙基己基)磷酸萃取色层法》 (GB11222.1-1989) 《土壤中锶-90 的测定》 (EJ/T1035-2011)	FJ-2600 α/β 低本底测量仪 LB770 α/β测量仪
	沉积物		
	生物		
HTO	水	《水中氚的分析方法》 (GB/T12375-1990)	Tri-Carb3170TR/SL 液体闪烁计数器
<sup>3</sup> H	空气		

表 3.1-5 环境辐射本底初步调查各测量分析方法的主要参数

测量项目	监测对象	样品量	计数时间 (min)	本底 (cpm)	计数效率 (%)	化学回收率 (%)	最低探测限
陆地 $\gamma$ 辐射剂量率		—	—	—	—	稳定性: $\leq\pm 5\%$	测量范围: $10^{-8}\text{Gy/h}\sim$ $10^{-2}\text{Gy/h}$
总 $\alpha$	气溶胶	10000m <sup>3</sup>	1000	0.1	3	—	$2.8\times 10^{-5}\text{Bq/m}^3$
	沉降灰	累积样/季	1000	0.1	3	—	$5\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$
	降水	2L	1000	0.1	3	100	$4\times 10^{-2}\text{Bq/L}$
总 $\beta$	气溶胶	10000m <sup>3</sup>	1000	0.8	50	—	$5.1\times 10^{-6}\text{Bq/m}^3$
	沉降灰	累积样/季	1000	0.8	50	—	$2\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$
	降水	2L	1000	0.8	50	100	$1\times 10^{-2}\text{Bq/L}$
<sup>90</sup> Sr	气溶胶	10000m <sup>3</sup>	1000	0.8	54	70	$6.0\times 10^{-7}\text{Bq/m}^3$
	沉降物	累积样/季	1000	0.6	54	70	$0.1\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$
	水	40L	1000	0.8	54	70	$2.2\times 10^{-4}\text{Bq/L}$
	土壤	50g	1000	0.8	54	60	$1.5\times 10^{-4}\text{Bq/kg}$
	大米	7.2kg	1000	0.8	54	80	$1.2\times 10^{-3}\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$
	叶菜	0.9kg	1000	0.8	54	80	$2.0\times 10^{-2}\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$
	鲜牛奶	4L	1000	0.8	54	80	$1.1\times 10^{-3}\text{Bq/L}$
	海鱼	1.6kg	1000	0.8	54	60	$0.016\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$
<sup>137</sup> Cs	气溶胶	10000m <sup>3</sup>	1440	0.6	2.382	—	$5.6\times 10^{-3}\text{mBq/m}^3$
	沉降物	累积样/季	1440	0.6	2.382	—	$1.1\times 10^{-3}\text{Bq/m}^2\cdot\text{d}$
	水	40L	1000	0.9	32	70	$3.0\times 10^{-4}\text{Bq/L}$
	土壤	300g	240	0.57	2.083	—	$0.3\text{Bq/kg}$
<sup>3</sup> H	水	500ml	1000	0.79	23.0	—	$1.2\text{Bq/L}$
<sup>14</sup> C	空气	—	1000	1.73	28.2	—	$0.09\text{Bq/g}\cdot\text{碳}$
U	水	500ml	—	—	—	100	$0.05\mu\text{g/L}$
<sup>238</sup> U	土壤	300g	240	2.08	2.632	—	$1.9\text{Bq/kg}$
Th	水	500ml	—	—	—	68	$0.05\mu\text{g/L}$
<sup>232</sup> Th	土壤	300g	240	0.59	1.578	—	$2.4\text{Bq/kg}$
<sup>226</sup> Ra	水	500ml	—	—	—	70	$1.4\times 10^{-3}\text{Bq/L}$
	土壤	300g	240	0.86	2.040	—	$1.1\text{Bq/kg}$
<sup>40</sup> K	水	500ml	—	—	—	95	$1.6\text{mBq/L}$
	土壤	300g	240	2.23	1.187	—	$89\text{Bq/kg}$

表 3.1-6 海洋放射性环境本底调查分析方法探测限

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测限
1	空气	10m <sup>3</sup>	HTO	1000min	8.0×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>3</sup>
2	海洋沉积物	50g	<sup>90</sup> Sr	900min	0.3Bq/kg
		5g	总β	500min	254Bq/kg
		250g	γ谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 0.40Bq/kg <sup>58</sup> Co: 0.35Bq/kg <sup>60</sup> Co: 0.40Bq/kg <sup>110m</sup> Ag: 0.40Bq/kg <sup>54</sup> Mn: 0.40Bq/kg <sup>232</sup> Th: 2.0Bq/kg <sup>226</sup> Ra: 1.5Bq/kg <sup>40</sup> K: 6.5Bq/kg
3	海水、降水	3L	总β	60min	8.0×10 <sup>-3</sup> Bq/L
		250mL	<sup>3</sup> H	1000min	0.35Bq/L
		50L	<sup>90</sup> Sr	500min	1.5×10 <sup>-4</sup> Bq/L
		50L	<sup>137</sup> Cs	500min	2.9×10 <sup>-4</sup> Bq/L
		50L	γ谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 3.5mBq/L <sup>58</sup> Co: 1.3mBq/L <sup>60</sup> Co: 1.7mBq/L <sup>110m</sup> Ag: 1.4mBq/L <sup>54</sup> Mn: 1.5mBq/L
4	生物灰	5g	总β	500min	254Bq/kg(灰)
		10g	<sup>90</sup> Sr	500min	2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰
		50g	γ谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>58</sup> Co: 2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>60</sup> Co: 3.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>110m</sup> Ag: 2.2×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>54</sup> Mn: 2.3×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>40</sup> K: 0.20Bq/g 灰

表 3.1-7 环境辐射本底初步调查中主要仪器检定情况

仪 器	刻度 周期	检定单位名称	最近检 定时间	检定 结果
电子天平	1 年	浙江省质量技术监督检测研究院	2009.3	合 格
DDS-11A 电导率仪	1 年	浙江省质量技术监督检测研究院	2009.3	合 格
TU-1901 分光光度计	1 年	浙江省质量技术监督检测研究院	2009.3	合 格
ADCAM-100 HPGe $\gamma$ 谱 仪	3 年	中国计量科学研究院	2007.12	合 格
WGJ-II 激光测铀仪	2 年	中国计量科学研究院	2008.11	合 格
Quantulus 1220 低本底液闪谱仪	2 年	中国计量科学研究院	2008.11	合 格
RSS131 高压电离室	2 年	上海计量测试技术研究院	2008.11	合 格
MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测 量装置	2 年	中国计量科学研究院	2008.11	合 格
HARSHAW TLD4000 热释光剂量测量装置	1 年	中国计量科学研究院	2009.12	合 格
TAS-990 原子吸收分光光 度计	2 年	浙江省质量技术监督检测研究院	2009.5	合 格
大流量 TSP 采样器	1 年	浙江省质量技术监督检测研究院	2009.5	合 格
PMM8053A 电磁辐射测 量系统	1 年	上海市计量测试技术研究院	2008.10	合 格
PMM9010 干扰场强仪	1 年	上海市计量测试技术研究院	2008.10	合 格

表 3.1-8 海洋放射性环境本底调查中主要仪器检定情况

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	GC3519	2012.8.17	JD-A04-12081724	二年
2	HPGe $\gamma$ 谱仪	GR3019	2012.8.17	JD-A04-12081723	二年
3	反康 $\gamma$ 谱仪	GMX-50S	2012.8.17	JD-A04-12081725	二年
4	$\alpha/\beta$ 低本底测量仪	FJ-2600	2013.6.12	校字第[2013]-D003	二年
5	$\alpha/\beta$ 测量仪	LB770	2013.6.12	校字第[2013]-D002	二年
6	低水平液闪谱仪	Tri-carb3170TR/SL	2012.8.18	JD-A04-12081404	二年
7	微量铀分析仪	MUA	2013.8.19	放字 2013-02 号	二年
8	分析天平	PB303-E	2013.7.16	(2013)天字第 21 号	一年

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

单位： $\text{mg}/\text{m}^3$ （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

仪器名称	低频电磁场/电磁辐射分析仪	射频电磁场/电磁辐射分析仪
型号	LF-04&SEM-600	RF-06&SEM-600
频率响应	1Hz-400kHz	100kHz-6GHz
分辨率	1mV/m, 0.1nT	0.01V/m
测量灵敏度/准确度	5mV/m, 1nT	/
计量标定标号	XDdj2019-3733	XDdj2019-3849
有效期	2020 年 08 月 19 日	2020 年 08 月 29 日

表 3.2-4 监测期间气象条件

采样日期	风速(m/s)	风向	温度(°C)	湿度(%RH)	天气
7月27日	1.6	西南风	31.1	64.5	阴
7月28日	1.8	南风	32.5	65.2	阴
7月29日	2.0	东风	31.5	66.0	多云
7月30日	1.4	东南风	31.7	68.6	多云
7月31日	1.8	西风	32.3	72.4	多云
8月01日	1.6	西北风	31.9	65.5	多云
8月02日	1.4	东南风	33.1	63.0	多云

表 3.2-5 厂区电磁辐射监测点设置情况

编号	监测点名称	编号	监测点名称	编号	监测点名称
1	厂界东	5	厂界北	9	办公楼
2	厂界南	6	1、2 号机组中心	10	搅拌站
3	厂界西 1	7	3、4 号机组中心	11	碎石厂
4	厂界西 2	8	5、6 号机组中心	12	大件码头

表 3.2-6 厂区内开关站监测点设置

开关站名称	监测点设置	编号
拟建 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。	13~16
拟建 220kV 开关站		17~20
35kV 施工进线开关站		21~24

表 3.2-7 厂区内主变压器监测点编号一览表

监测点名称	拟建漳州 1# 主变压器	拟建漳州 2# 主变压器	拟建漳州 3# 主变压器	拟建漳州 4# 主变压器	拟建漳州 5# 主变压器	拟建漳州 6# 主变压器	施工 35kV 主变压器	拟建漳州 1#2#220kV 辅助变压器	拟建漳州 3#4#220kV 辅助变压器	拟建漳州 5#6#220kV 辅助变压器
监测点编号	A1~A1 1	B1~B1 1	C1~C1 1	D1~D1 1	E1~E1 1	F1~F1 1	G1~G1 1	H1~H11	I1~I11	J1~J11

表 3.2-8 厂区内输电线路监测点设置情况

输电线路名称	编号
拟建 500kV 出线输电线路	P1-1~P1-28
拟建 220kV 输电线路	P2-1~P2-28
35kV 施工进线输电线路	P3-1~P3-28

表 3.2-9 厂区外监测点设置情况

编号	名称	编号	名称	编号	名称
25	人家村	39	林坪村	53	梅山小学附属幼儿园
26	宅兜村	40	大坂村	54	云霄县佳贝乐幼儿园
27	后安村	41	后江村	55	云霄县向日葵幼儿园
28	南山村	42	柳畔村	56	云霄县起航幼儿园
29	油车村	43	列屿卫生院	57	列屿镇卫生院（通讯基站）
30	后岱（埭）村	44	列屿养老院	58	列屿镇镇区（通讯基站）
31	宅坂村	45	灵鹫寺	59	山前村（山下）（通讯基站）
32	城外村	46	云霄列屿中学	60	山前村（山上）（通讯基站）
33	城内村	47	云霄县陈岱中江小学	61	后江村（通讯基站）
34	顶城村	48	云霄县列屿紫阳小学	62	青泾村（通讯基站）
35	山内村	49	云霄县列屿梅山小学	63	青泾风电（通讯基站）
36	径头村	50	云霄县列屿大坂小学	64	列屿 110kV 变电站
37	青崎村	51	云霄县列屿白衣小学	65	半山村（通讯基站）
38	山前村	52	云霄县列屿青崎小学	66	核电站西侧（通讯基站）

表 3.2-10 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	检测时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
1	厂界东	8月1日上午	E: 117.496136 N: 23.825914	0.06	0.0083	0.0005
2	厂界南	8月1日上午	E: 117.490321 N: 23.826566	0.08	0.0077	0.0004
3	厂界西 1	8月1日上午	E: 117.487892 N: 23.829612	0.08	0.0107	0.0006
4	厂界西 2	8月1日上午	E: 117.481440 N: 23.839403	0.08	0.0066	0.0010
5	厂界北	8月1日上午	E: 117.491106 N: 23.834918	0.06	0.0068	0.0006
6	1、2号机组中心	8月1日上午	E: 117.494432 N: 23.828938	0.08	0.0079	0.0011
7	3、4号机组中心	8月1日上午	E: 117.492115 N: 23.833027	0.06	0.0092	0.0009
8	5、6号机组中心	8月1日上午	E: 117.485953 N: 23.837593	0.08	0.0074	0.0011
9	办公楼	8月1日上午	E: 117.488913 N: 23.837024	0.08	0.0080	0.0005
10	搅拌站	8月1日上午	E: 117.484102 N: 23.828260	0.06	0.0105	0.0004
11	碎石厂	8月1日上午	E: 117.478806 N: 23.826970	0.08	0.0074	0.0006
12	大件码头	8月1日上午	E: 117.498607 N: 23.829955	0.06	0.0054	0.0006

表 3.2-11 核电厂厂区内开关站工频电场/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	检测时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
13	拟建 500KV 出线开关站东围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488627 N: 23.831351	0.08	0.0107	0.0007
14	拟建 500KV 出线开关站南围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488562 N: 23.831417	0.08	0.0095	0.0006
15	拟建 500KV 出线开关站西围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488780 N: 23.831602	0.08	0.0060	0.0008
16	拟建 500KV 出线开关站北围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488833 N: 23.831408	0.06	0.0074	0.0004
17	拟建 220KV 开关站东围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488134 N: 23.831408	0.06	0.0084	0.0005
18	拟建 220KV 开关站南围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488368 N: 23.830804	0.08	0.0048	0.0007
19	拟建 220KV 开关站西围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.487907 N: 23.830698	0.09	0.0076	0.0009
20	拟建 220KV 开关站北围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.487278 N: 23.831332	0.06	0.0094	0.0008
21	35KV 施工进线开关站东围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.484096 N: 23.830883	19.88	0.0389	0.0019
22	35KV 施工进线开关站南围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.484093 N: 23.830865	23.38	0.0350	0.0019
23	35KV 施工进线开关站西围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.484069 N: 23.830868	25.79	0.0479	0.0015
24	35KV 施工进线开关站北围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.483945 N: 23.831068	18.23	0.0627	0.0015

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果

测点编号	测点名称	检测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu$ T)
<b>拟建 1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.492718, N: 23.827762)</b>				
A1	拟建 1#主变压器-0m	7 月 27 日上午	0.06	0.0072
A2	拟建 1#主变压器-5m	7 月 27 日上午	0.07	0.0071
A3	拟建 1#主变压器-10m	7 月 27 日上午	0.06	0.0072
A4	拟建 1#主变压器-15m	7 月 27 日上午	0.07	0.0079
A5	拟建 1#主变压器-20m	7 月 27 日上午	0.08	0.0085
A6	拟建 1#主变压器-25m	7 月 27 日上午	0.08	0.0105
A7	拟建 1#主变压器-30m	7 月 27 日上午	0.07	0.0089
A8	拟建 1#主变压器-35m	7 月 27 日上午	0.08	0.0108
A9	拟建 1#主变压器-40m	7 月 27 日上午	0.06	0.0083
A10	拟建 1#主变压器-45m	7 月 27 日上午	0.09	0.0089
A11	拟建 1#主变压器-50m	7 月 27 日上午	0.08	0.0074
<b>拟建 2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.492605, N: 23.830746)</b>				
B1	拟建 2#主变压器-0m	7 月 27 日上午	0.06	0.0069
B2	拟建 2#主变压器-5m	7 月 27 日上午	0.07	0.0091
B3	拟建 2#主变压器-10m	7 月 27 日上午	0.08	0.0104
B4	拟建 2#主变压器-15m	7 月 27 日上午	0.09	0.0075
B5	拟建 2#主变压器-20m	7 月 27 日上午	0.08	0.0082
B6	拟建 2#主变压器-25m	7 月 27 日上午	0.07	0.0063
B7	拟建 2#主变压器-30m	7 月 27 日上午	0.06	0.0078
B8	拟建 2#主变压器-35m	7 月 27 日上午	0.08	0.0095
B9	拟建 2#主变压器-40m	7 月 27 日上午	0.06	0.0084
B10	拟建 2#主变压器-45m	7 月 27 日上午	0.07	0.0083
B11	拟建 2#主变压器-50m	7 月 27 日上午	0.08	0.0074
<b>拟建 3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.491138, N: 23.832212)</b>				
C1	拟建 3#主变压器-0m	7 月 27 日下午	0.07	0.0062
C2	拟建 3#主变压器-5m	7 月 27 日下午	0.06	0.0073
C3	拟建 3#主变压器-10m	7 月 27 日下午	0.08	0.0071
C4	拟建 3#主变压器-15m	7 月 27 日下午	0.09	0.0061
C5	拟建 3#主变压器-20m	7 月 27 日下午	0.08	0.0070
C6	拟建 3#主变压器-25m	7 月 27 日下午	0.06	0.0088
C7	拟建 3#主变压器-30m	7 月 27 日下午	0.08	0.0070
C8	拟建 3#主变压器-35m	7 月 27 日下午	0.06	0.0076
C9	拟建 3#主变压器-40m	7 月 27 日下午	0.08	0.0084
C10	拟建 3#主变压器-45m	7 月 27 日下午	0.07	0.0075
C11	拟建 3#主变压器-50m	7 月 27 日下午	0.08	0.0094
<b>拟建 4#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.487455, N: 23.834982)</b>				
D1	拟建 4#主变压器-0m	7 月 27 日下午	0.06	0.0062
D2	拟建 4#主变压器-5m	7 月 27 日下午	0.08	0.0065
D3	拟建 4#主变压器-10m	7 月 27 日下午	0.06	0.0065
D4	拟建 4#主变压器-15m	7 月 27 日下午	0.08	0.0085
D5	拟建 4#主变压器-20m	7 月 27 日下午	0.06	0.0074
D6	拟建 4#主变压器-25m	7 月 27 日下午	0.06	0.0088
D7	拟建 4#主变压器-30m	7 月 27 日下午	0.08	0.0090

测点编号	测点名称	检测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )
D8	拟建 4#主变压器-35m	7 月 27 日下午	0.08	0.0079
D9	拟建 4#主变压器-40m	7 月 27 日下午	0.06	0.0072
D10	拟建 4#主变压器-45m	7 月 27 日下午	0.07	0.0061
D11	拟建 4#主变压器-50m	7 月 27 日下午	0.06	0.0074
<b>拟建 5#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.484131, N: 23.836099)</b>				
E1	拟建 5#主变压器-0m	7 月 28 日上午	0.09	0.0084
E2	拟建 5#主变压器-5m	7 月 28 日上午	0.09	0.0111
E3	拟建 5#主变压器-10m	7 月 28 日上午	0.07	0.0082
E4	拟建 5#主变压器-15m	7 月 28 日上午	0.06	0.0074
E5	拟建 5#主变压器-20m	7 月 28 日上午	0.08	0.0075
E6	拟建 5#主变压器-25m	7 月 28 日上午	0.06	0.0071
E7	拟建 5#主变压器-30m	7 月 28 日上午	0.08	0.0059
E8	拟建 5#主变压器-35m	7 月 28 日上午	0.07	0.0081
E9	拟建 5#主变压器-40m	7 月 28 日上午	0.07	0.0093
E10	拟建 5#主变压器-45m	7 月 28 日上午	0.08	0.0068
E11	拟建 5#主变压器-50m	7 月 28 日上午	0.07	0.0075
<b>拟建 6#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.482929, N: 23.836904)</b>				
F1	拟建 6#主变压器-0m	7 月 28 日上午	0.06	0.0084
F2	拟建 6#主变压器-5m	7 月 28 日上午	0.09	0.0122
F3	拟建 6#主变压器-10m	7 月 28 日上午	0.08	0.0110
F4	拟建 6#主变压器-15m	7 月 28 日上午	0.06	0.0083
F5	拟建 6#主变压器-20m	7 月 28 日上午	0.08	0.0071
F6	拟建 6#主变压器-25m	7 月 28 日上午	0.09	0.0104
F7	拟建 6#主变压器-30m	7 月 28 日上午	0.07	0.0089
F8	拟建 6#主变压器-35m	7 月 28 日上午	0.06	0.0065
F9	拟建 6#主变压器-40m	7 月 28 日上午	0.09	0.0073
F10	拟建 6#主变压器-45m	7 月 28 日上午	0.06	0.0081
F11	拟建 6#主变压器-50m	7 月 28 日上午	0.09	0.0105
<b>施工 35kV 主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.483942, N: 23.830971)</b>				
G1	施工 35kV 主变压器-0m	7 月 28 日上午	8.51	0.8614
G2	施工 35kV 主变压器-5m	7 月 28 日上午	6.68	0.7574
G3	施工 35kV 主变压器-10m	7 月 28 日上午	4.58	0.7143
G4	施工 35kV 主变压器-15m	7 月 28 日上午	2.23	0.4778
G5	施工 35kV 主变压器-20m	7 月 28 日上午	1.80	0.2981
G6	施工 35kV 主变压器-25m	7 月 28 日上午	0.98	0.1828
G7	施工 35kV 主变压器-30m	7 月 28 日上午	0.54	0.1313
G8	施工 35kV 主变压器-35m	7 月 28 日上午	0.46	0.1198
G9	施工 35kV 主变压器-40m	7 月 28 日上午	0.36	0.1175
G10	施工 35kV 主变压器-45m	7 月 28 日上午	0.24	0.1208
G11	施工 35kV 主变压器-50m	7 月 28 日上午	0.16	0.0933
<b>拟建 1#2#220KV 辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.492139, N: 23.830412)</b>				
H1	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-0m	7 月 28 日下午	0.08	0.0073
H2	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-5m	7 月 28 日下午	0.07	0.0084
H3	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-10m	7 月 28 日下午	0.06	0.0081
H4	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-15m	7 月 28 日下午	0.08	0.0071
H5	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-20m	7 月 28 日下午	0.09	0.0052

测点编号	测点名称	检测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )
H6	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-25m	7 月 28 日下午	0.08	0.0070
H7	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-30m	7 月 28 日下午	0.06	0.0088
H8	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-35m	7 月 28 日下午	0.08	0.0074
H9	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-40m	7 月 28 日下午	0.07	0.0074
H10	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-45m	7 月 28 日下午	0.06	0.0053
H11	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-50m	7 月 28 日下午	0.08	0.0060
<b>拟建 3#4#220KV 辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.489081, N: 23.831235)</b>				
I1	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-0m	7 月 28 日下午	0.06	0.0068
I2	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-5m	7 月 28 日下午	0.08	0.0067
I3	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-10m	7 月 28 日下午	0.07	0.0088
I4	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-15m	7 月 28 日下午	0.06	0.0073
I5	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-20m	7 月 28 日下午	0.08	0.0070
I6	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-25m	7 月 28 日下午	0.08	0.0072
I7	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-30m	7 月 28 日下午	0.07	0.0084
I8	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-35m	7 月 28 日下午	0.06	0.0074
I9	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-40m	7 月 28 日下午	0.07	0.0071
I10	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-45m	7 月 28 日下午	0.07	0.0065
I11	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-50m	7 月 28 日下午	0.07	0.0071
<b>拟建 5#6#220KV 辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.484613, N: 23.835909)</b>				
J1	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-0m	7 月 29 日上午	0.08	0.0092
J2	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-5m	7 月 29 日上午	0.08	0.0082
J3	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-10m	7 月 29 日上午	0.06	0.0072
J4	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-15m	7 月 29 日上午	0.07	0.0082
J5	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-20m	7 月 29 日上午	0.07	0.0073
J6	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-25m	7 月 29 日上午	0.08	0.0063
J7	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-30m	7 月 29 日上午	0.09	0.0072
J8	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-35m	7 月 29 日上午	0.06	0.0077
J9	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-40m	7 月 29 日上午	0.06	0.0087
J10	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-45m	7 月 29 日上午	0.08	0.0073
J11	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-50m	7 月 29 日上午	0.06	0.0074

表 3.2-13 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果

测点编号	测点名称	检测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )
<b>拟建 500kV 出线输电线路 (P1 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据 (E: 117.487544, N: 23.833392)</b>				
P1-1	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 0m	7 月 29 日上午	0.07	0.0066
P1-2	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 5m	7 月 29 日上午	0.08	0.0056
P1-3	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 10m	7 月 29 日上午	0.08	0.0072
P1-4	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 15m	7 月 29 日上午	0.08	0.0057
P1-5	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 20m	7 月 29 日上午	0.10	0.0089
P1-6	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 25m	7 月 29 日上午	0.08	0.0082
P1-7	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 30m	7 月 29 日上午	0.07	0.0084
P1-8	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 35m	7 月 29 日上午	0.08	0.0054
P1-9	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 40m	7 月 29 日上午	0.06	0.0044
P1-10	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 45m	7 月 29 日上午	0.09	0.0047
P1-11	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 50m	7 月 29 日上午	0.09	0.0061
P1-12	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 0m	7 月 29 日下午	0.07	0.0073
P1-13	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 5m	7 月 29 日下午	0.06	0.0100
P1-14	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 10m	7 月 29 日下午	0.06	0.0060
P1-15	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 15m	7 月 29 日下午	0.04	0.0074
P1-16	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 20m	7 月 29 日下午	0.06	0.0054
P1-17	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 25m	7 月 29 日下午	0.08	0.0048
P1-18	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 30m	7 月 29 日下午	0.07	0.0072
P1-19	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 35m	7 月 29 日下午	0.09	0.0076
P1-20	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 40m	7 月 29 日下午	0.08	0.0090
P1-21	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 45m	7 月 29 日下午	0.07	0.0074
P1-22	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 50m	7 月 29 日下午	0.06	0.0063
P1-23	拟建 500kV 出线输电线路平行南向 0m	7 月 29 日下午	0.06	0.0081
P1-24	拟建 500kV 出线输电线路平行南向 10m	7 月 29 日下午	0.05	0.0070
P1-25	拟建 500kV 出线输电线路平行南向 20m	7 月 29 日下午	0.05	0.0053
P1-26	拟建 500kV 出线输电线路平行北向 0m	7 月 29 日下午	0.05	0.0053
P1-27	拟建 500kV 出线输电线路平行北向 10m	7 月 29 日下午	0.08	0.0050
P1-28	拟建 500kV 出线输电线路平行北向 20m	7 月 29 日下午	0.05	0.0074
<b>拟建 220kV 输电线路 (P2 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据 (E: 117.488029, N: 23.831166)</b>				
P2-1	拟建 220kV 输电线路垂直南向 0m	7 月 30 日上午	0.07	0.0061
P2-2	拟建 220kV 输电线路垂直南向 5m	7 月 30 日上午	0.08	0.0069
P2-3	拟建 220kV 输电线路垂直南向 10m	7 月 30 日上午	0.09	0.0065
P2-4	拟建 220kV 输电线路垂直南向 15m	7 月 30 日上午	0.08	0.0068
P2-5	拟建 220kV 输电线路垂直南向 20m	7 月 30 日上午	0.09	0.0059
P2-6	拟建 220kV 输电线路垂直南向 25m	7 月 30 日上午	0.06	0.0071
P2-7	拟建 220kV 输电线路垂直南向 30m	7 月 30 日上午	0.08	0.0077
P2-8	拟建 220kV 输电线路垂直南向 35m	7 月 30 日上午	0.06	0.0089
P2-9	拟建 220kV 输电线路垂直南向 40m	7 月 30 日上午	0.08	0.0070
P2-10	拟建 220kV 输电线路垂直南向 45m	7 月 30 日上午	0.06	0.0071
P2-11	拟建 220kV 输电线路垂直南向 50m	7 月 30 日上午	0.09	0.0061
P2-12	拟建 220kV 输电线路垂直北向 0m	7 月 30 日下午	0.06	0.0071
P2-13	拟建 220kV 输电线路垂直北向 5m	7 月 30 日下午	0.08	0.0058

测点编号	测点名称	检测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )
P2-14	拟建 220kV 输电线路垂直北向 10m	7 月 30 日下午	0.07	0.0040
P2-15	拟建 220kV 输电线路垂直北向 15m	7 月 30 日下午	0.08	0.0065
P2-16	拟建 220kV 输电线路垂直北向 20m	7 月 30 日下午	0.09	0.0068
P2-17	拟建 220kV 输电线路垂直北向 25m	7 月 30 日下午	0.08	0.0076
P2-18	拟建 220kV 输电线路垂直北向 30m	7 月 30 日下午	0.09	0.0082
P2-19	拟建 220kV 输电线路垂直北向 35m	7 月 30 日下午	0.06	0.0075
P2-20	拟建 220kV 输电线路垂直北向 40m	7 月 30 日下午	0.08	0.0074
P2-21	拟建 220kV 输电线路垂直北向 45m	7 月 30 日下午	0.07	0.0073
P2-22	拟建 220kV 输电线路垂直北向 50m	7 月 30 日下午	0.06	0.0066
P2-23	拟建 220kV 输电线路平行南向 0m	7 月 30 日下午	0.08	0.0066
P2-24	拟建 220kV 输电线路平行南向 10m	7 月 30 日下午	0.09	0.0054
P2-25	拟建 220kV 输电线路平行南向 20m	7 月 30 日下午	0.06	0.0068
P2-26	拟建 220kV 输电线路平行北向 0m	7 月 30 日下午	0.06	0.0074
P2-27	拟建 220kV 输电线路平行北向 10m	7 月 30 日下午	0.08	0.0062
P2-28	拟建 220kV 输电线路平行北向 20m	7 月 30 日下午	0.08	0.0039
<b>35kV 施工进线输电线路(P3 监测断面)垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据(E: 117.483873, N: 23.831286)</b>				
P3-1	35kV 施工进线输电线路垂直东向 0m	7 月 31 日上午	27.17	0.0865
P3-2	35kV 施工进线输电线路垂直东向 5m	7 月 31 日上午	24.80	0.0783
P3-3	35kV 施工进线输电线路垂直东向 10m	7 月 31 日上午	24.10	0.0584
P3-4	35kV 施工进线输电线路垂直东向 15m	7 月 31 日上午	21.04	0.0445
P3-5	35kV 施工进线输电线路垂直东向 20m	7 月 31 日上午	18.23	0.0368
P3-6	35kV 施工进线输电线路垂直东向 25m	7 月 31 日上午	14.29	0.0276
P3-7	35kV 施工进线输电线路垂直东向 30m	7 月 31 日上午	13.38	0.0160
P3-8	35kV 施工进线输电线路垂直东向 35m	7 月 31 日上午	8.92	0.0138
P3-9	35kV 施工进线输电线路垂直东向 40m	7 月 31 日上午	7.00	0.0128
P3-10	35kV 施工进线输电线路垂直东向 45m	7 月 31 日上午	5.31	0.0113
P3-11	35kV 施工进线输电线路垂直东向 50m	7 月 31 日上午	2.45	0.0092
P3-12	35kV 施工进线输电线路垂直西向 0m	7 月 31 日下午	27.02	0.1048
P3-13	35kV 施工进线输电线路垂直西向 5m	7 月 31 日下午	22.91	0.0871
P3-14	35kV 施工进线输电线路垂直西向 10m	7 月 31 日下午	20.18	0.0669
P3-15	35kV 施工进线输电线路垂直西向 15m	7 月 31 日下午	17.94	0.0546
P3-16	35kV 施工进线输电线路垂直西向 20m	7 月 31 日下午	14.40	0.0440
P3-17	35kV 施工进线输电线路垂直西向 25m	7 月 31 日下午	12.59	0.0372
P3-18	35kV 施工进线输电线路垂直西向 30m	7 月 31 日下午	8.69	0.0227
P3-19	35kV 施工进线输电线路垂直西向 35m	7 月 31 日下午	5.64	0.0197
P3-20	35kV 施工进线输电线路垂直西向 40m	7 月 31 日下午	4.34	0.0131
P3-21	35kV 施工进线输电线路垂直西向 45m	7 月 31 日下午	3.14	0.0101
P3-22	35kV 施工进线输电线路垂直西向 50m	7 月 31 日下午	1.99	0.0091
P3-23	35kV 施工进线输电线路平行东向 0m	7 月 31 日下午	13.66	0.0589
P3-24	35kV 施工进线输电线路平行东向 10m	7 月 31 日下午	12.74	0.0553
P3-25	35kV 施工进线输电线路平行东向 20m	7 月 31 日下午	13.28	0.0600
P3-26	35kV 施工进线输电线路平行西向 0m	7 月 31 日下午	13.47	0.0538
P3-27	35kV 施工进线输电线路平行西向 10m	7 月 31 日下午	13.93	0.0550
P3-28	35kV 施工进线输电线路平行西向 20m	7 月 31 日下午	12.95	0.0593

表 3.2-14 核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/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	检测时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
25	人家村	8月1日下午	E: 117.484888 N: 23.845190	0.10	0.0119	0.0004
26	宅兜村	8月1日下午	E: 117.484386 N: 23.846622	0.08	0.0091	0.0006
27	后安村	8月1日下午	E: 117.486414 N: 23.850314	0.08	0.0073	0.0003
28	南山村	8月1日下午	E: 117.479910 N: 23.841933	0.06	0.0056	0.0004
29	油车村	8月1日下午	E: 117.478539 N: 23.845027	0.04	0.0045	0.0005
30	后岱(埭)村	8月2日上午	E: 117.480920 N: 23.848253	0.04	0.0073	0.0006
31	宅坂村	8月2日上午	E: 117.464331 N: 23.827266	0.06	0.0092	0.0008
32	城外村	8月2日上午	E: 117.462221 N: 23.821892	0.08	0.0092	0.0008
33	城内村	8月2日上午	E: 117.465858 N: 23.827067	0.06	0.0105	0.0008
34	顶城村	8月2日上午	E: 117.459982 N: 23.823510	0.06	0.0070	0.0006
35	山内村	8月2日上午	E: 117.454596 N: 23.826614	0.09	0.0050	0.0009
36	径头村	8月2日上午	E: 117.492081 N: 23.861415	0.07	0.0064	0.0007
37	青崎村	8月2日上午	E: 117.493514 N: 23.869028	0.05	0.0058	0.0005
38	山前村	8月2日上午	E: 117.461796 N: 23.816761	0.07	0.0042	0.0009
39	林坪村	8月2日上午	E: 117.454916 N: 23.823672	0.08	0.0056	0.0007
40	大坂村	8月2日上午	E: 117.451596 N: 23.856170	0.07	0.0072	0.0008
41	后江村	8月2日上午	E: 117.462176 N: 23.802475	0.07	0.0090	0.0005
42	柳畔村	8月2日上午	E: 117.459325 N: 23.803300	0.08	0.0068	0.0004
43	列屿卫生院	8月2日上午	E: 117.462032 N: 23.825150	0.05	0.0075	0.0006
44	列屿养老院	8月2日上午	E: 117.456846 N: 23.826639	0.08	0.0047	0.0004
45	灵鹭寺	8月2日上午	E: 117.468415 N: 23.833729	0.06	0.0096	0.0004
46	云霄列屿中学	8月2日下午	E: 117.457775 N: 23.826612	0.06	0.0077	0.0004
47	云霄县陈岱中江	8月2日下午	E: 117.457972	0.06	0.0067	0.0005

测点编号	测点名称	检测时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
	小学		N: 23.800928			
48	云霄县列屿紫阳小学	8月2日下午	E: 117.457559 N: 23.826249	0.08	0.0048	0.0006
49	云霄县列屿梅山小学	8月2日下午	E: 117.480185 N: 23.847095	0.06	0.0072	0.0005
50	云霄县列屿大坂小学	8月2日下午	E: 117.451295 N: 23.854610	0.05	0.0094	0.0004
51	云霄县列屿白衣小学	8月2日下午	E: 117.441617 N: 23.875108	0.06	0.0084	0.0004
52	云霄县列屿青崎小学	8月2日下午	E: 117.496570 N: 23.867746	0.09	0.0074	0.0005
53	梅山小学附属幼儿园	8月2日下午	E: 117.480422 N: 23.847540	0.08	0.0064	0.0006
54	云霄县佳贝乐幼儿园	8月2日下午	E: 117.461340 N: 23.821708	0.06	0.0093	0.0006
55	云霄县向日葵幼儿园	8月2日下午	E: 117.461111 N: 23.820166	0.08	0.0060	0.0007
56	云霄县起航幼儿园	8月2日下午	E: 117.461560 N: 23.821271	0.05	0.0075	0.0008
57	列屿镇卫生院（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.457795 N: 23.824971	0.08	0.0085	0.0026
58	列屿镇镇区（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.461775 N: 23.821162	0.08	0.0078	0.0022
59	山前村（山下）（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.459359 N: 23.816889	0.08	0.0067	0.0017
60	山前村（山上）（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.456439 N: 23.819986	0.08	0.0086	0.0015
61	后江村（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.457857 N: 23.801414	0.08	0.0050	0.0016
62	青泾村（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.496159 N: 23.869442	0.05	0.0040	0.0022
63	青泾风电（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.477731 N: 23.872371	0.06	0.0061	0.0016
64	列屿 110kV 变电站	8月2日下午	E: 117.462482 N: 23.833262	6.80	0.0718	0.0011
65	半山村（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.450921 N: 23.854827	0.06	0.0108	0.0019
66	核电站西侧（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.485618 N: 23.831915	0.08	0.0079	0.0018

表 3.2-15 射频电场强度分布表

序号	I	II	III	IV	V	VI
场强值 (mV/m)	>300	200~300	130~200	80~130	50~80	<50
测点数量 (个)	42	0	0	0	0	0
所占比例 (%)	100	0	0	0	0	0

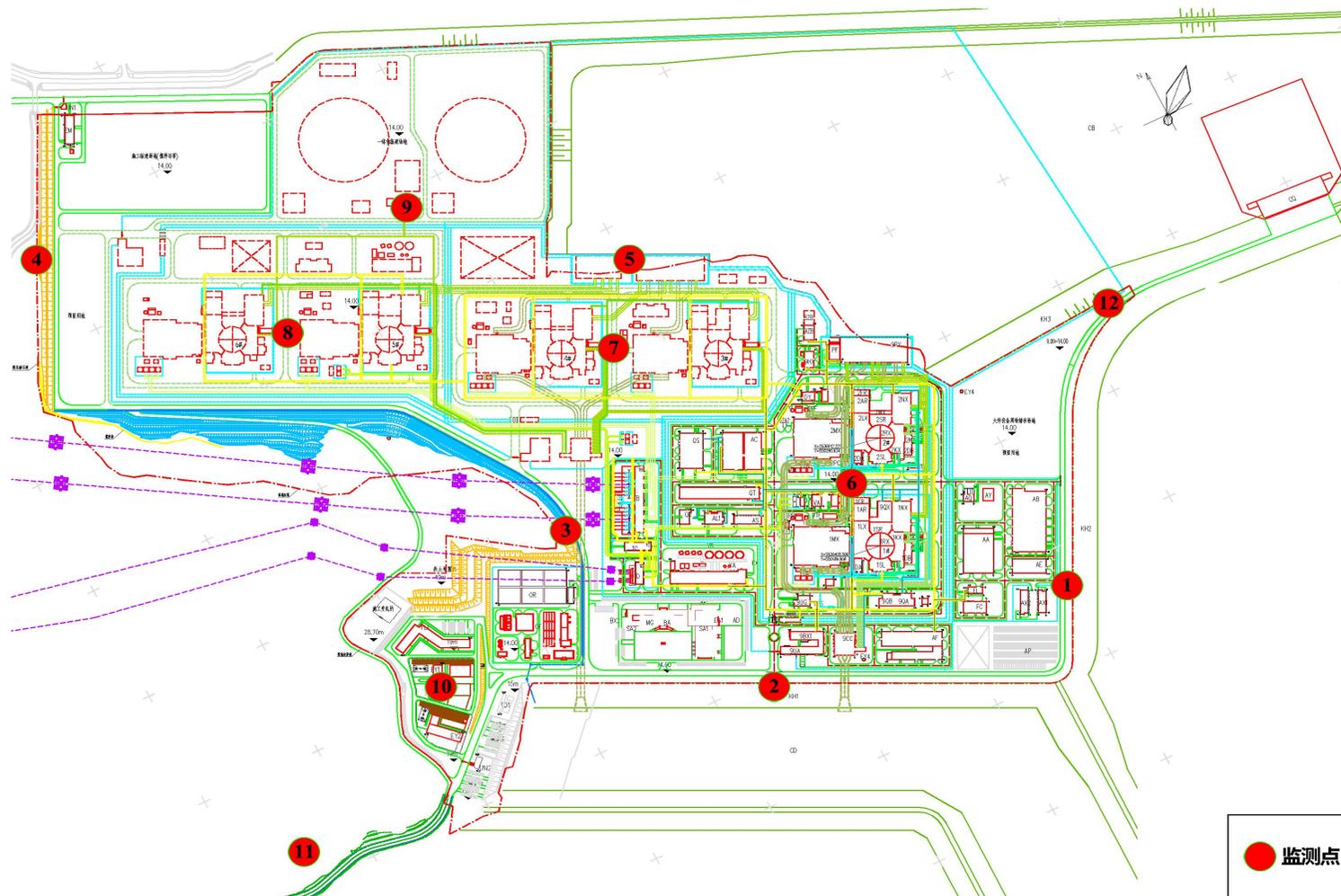


图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

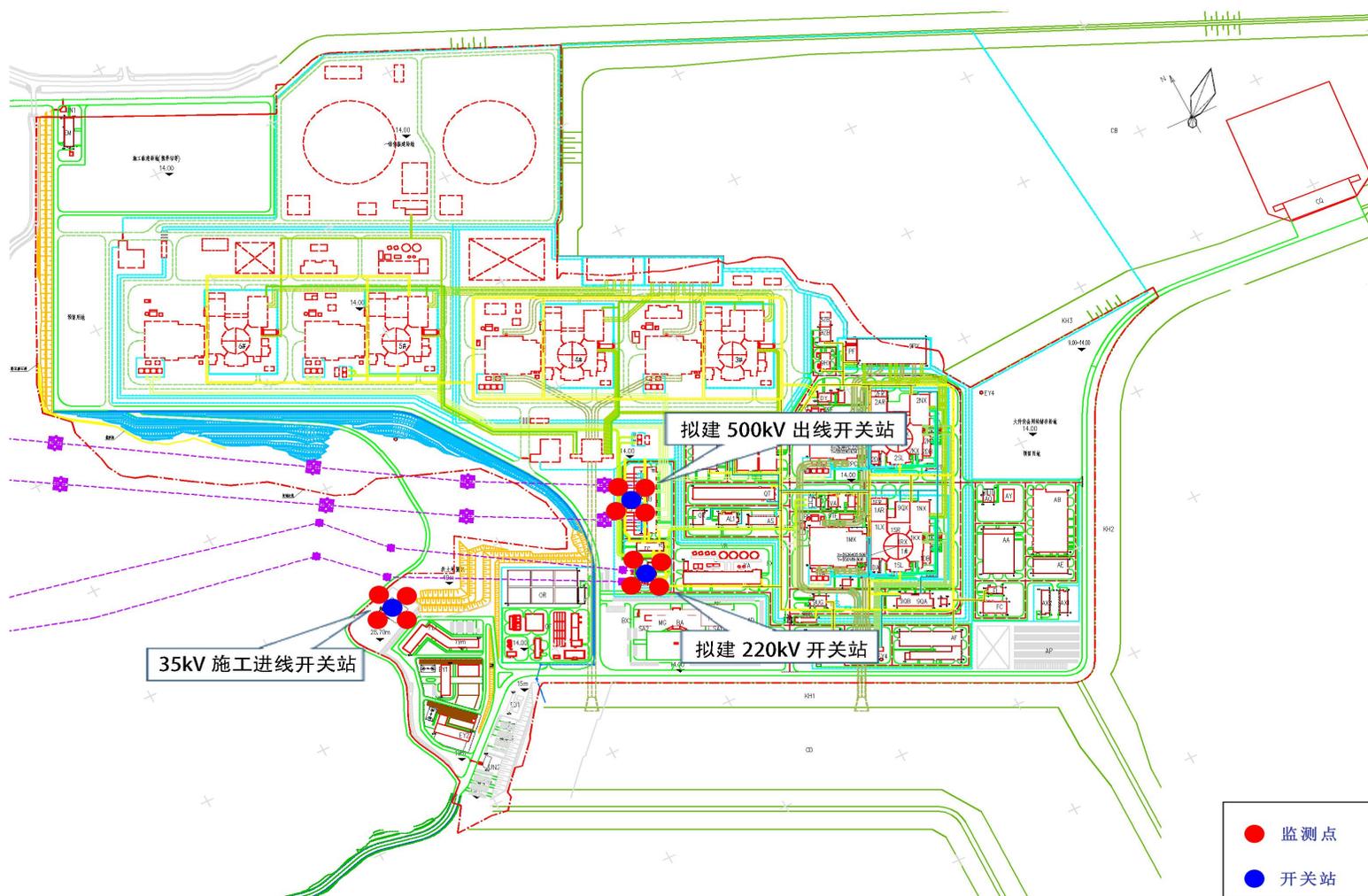
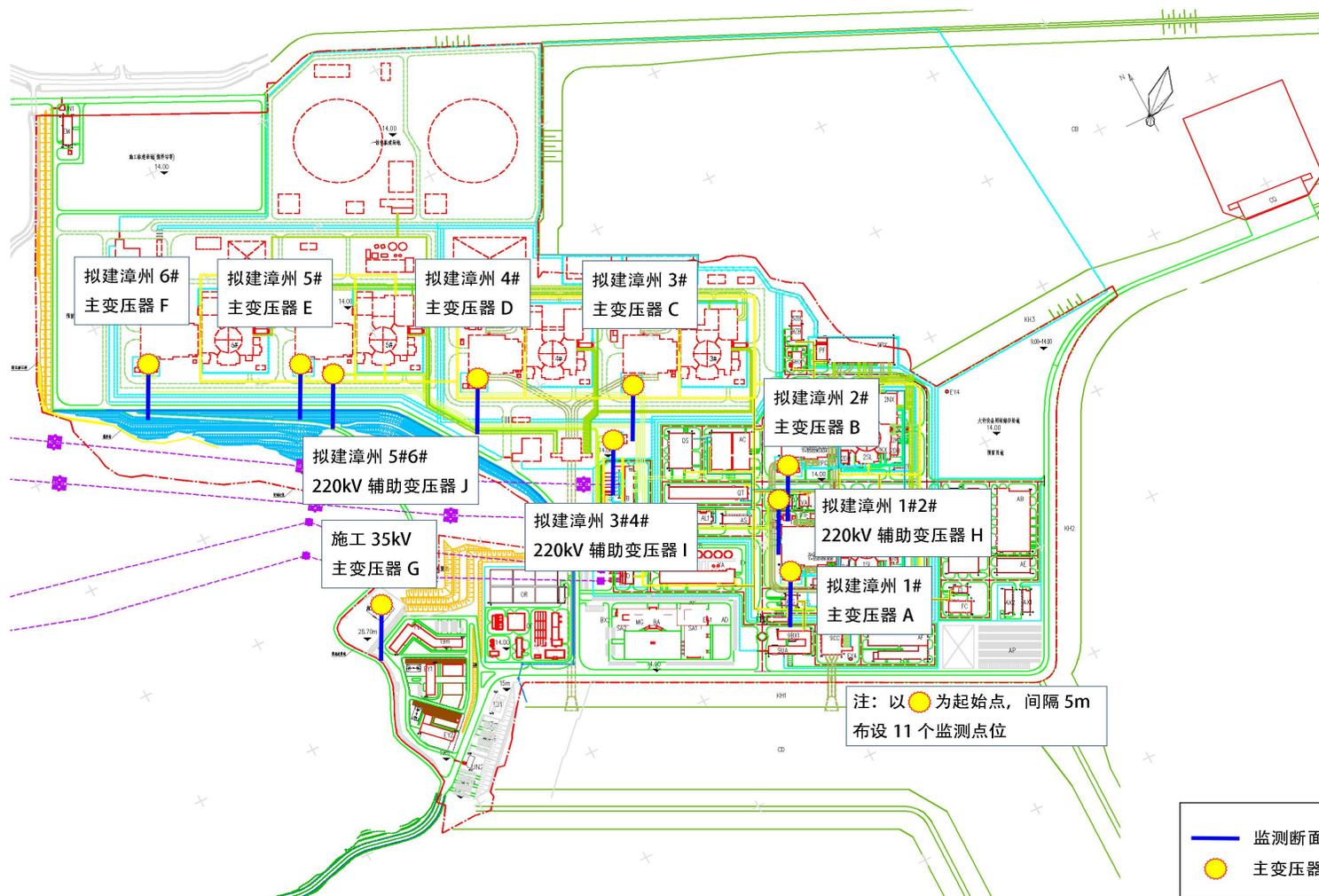


图 3.2-2 厂区内开关站监测点设置示意图



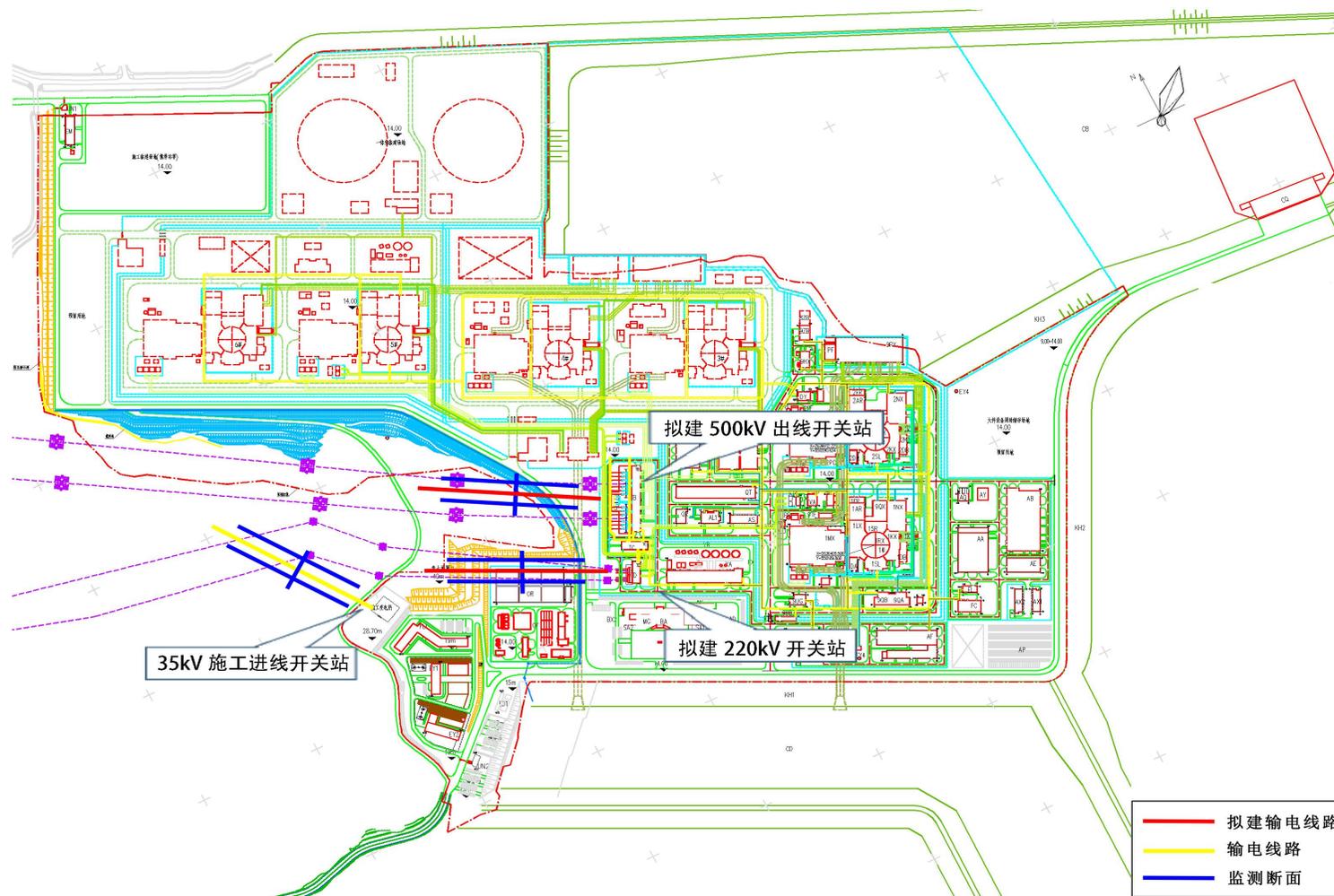


图 3.2-4 厂区内开关站与输电线路监测点设置示意图

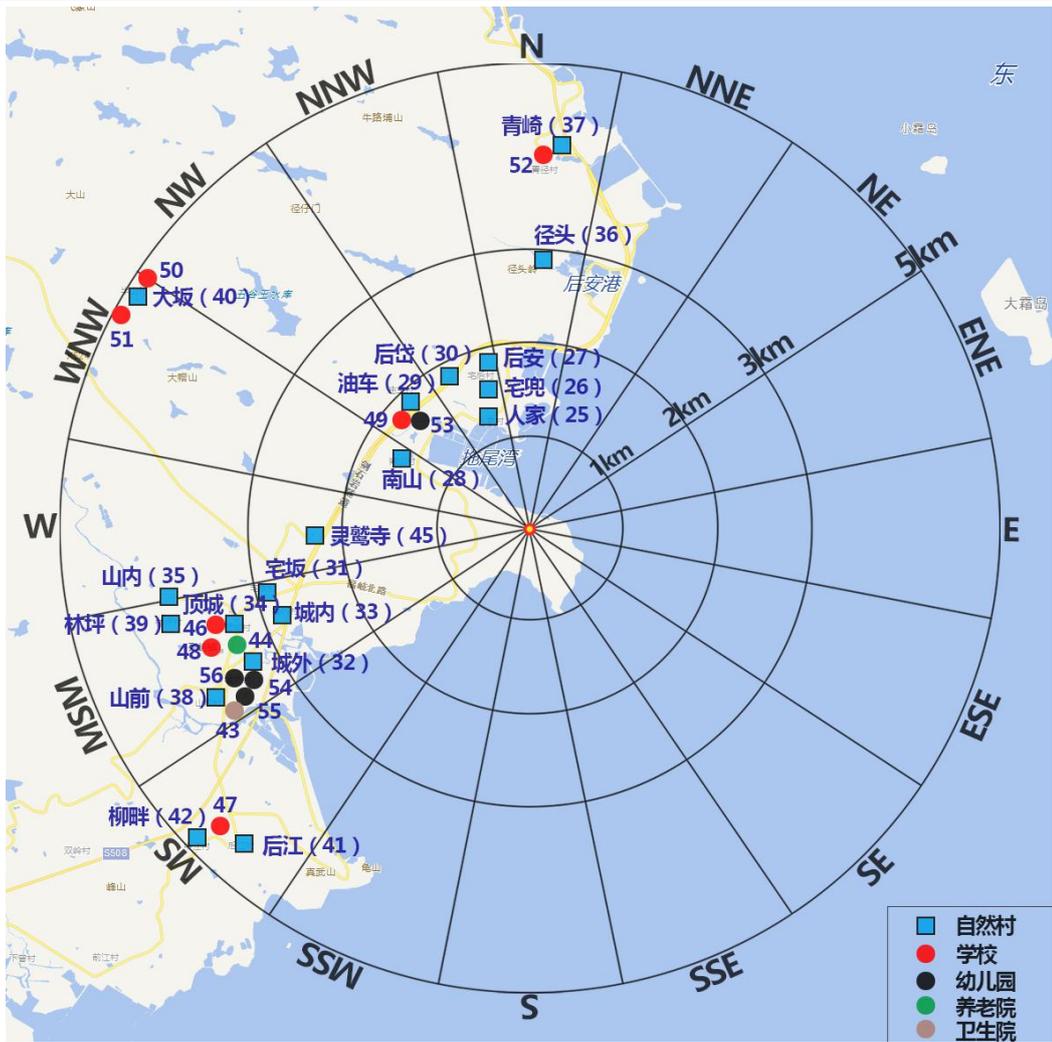


图 3.2-5 厂区外敏感区监测点设置情况示意图

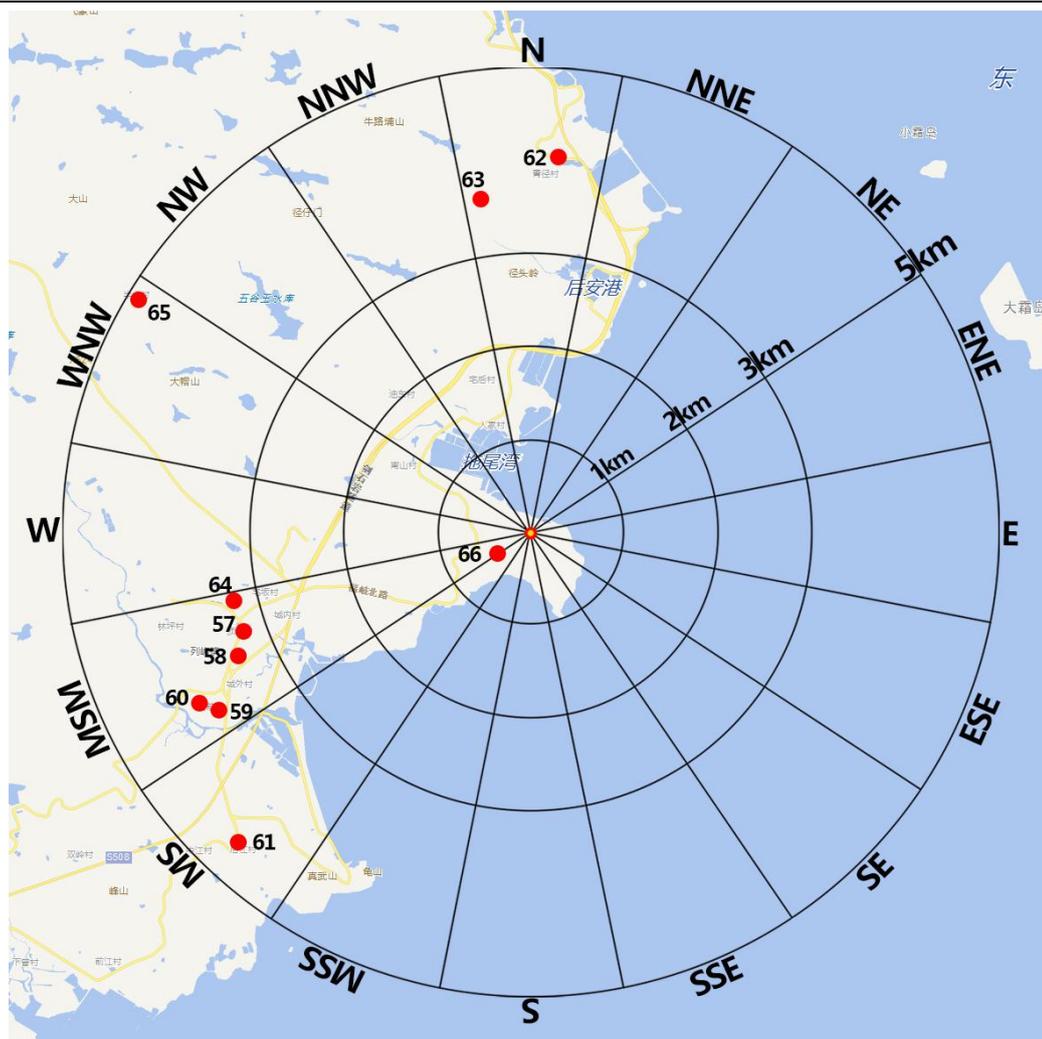


图 3.2-6 厂区外通讯基站和变电站监测点设置情况示意图

## 第四章 核电厂

### 4.1 厂区规划及平面布置

- 4.1.1 厂址总体规划
- 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
- 4.2.4 反应堆-蒸汽发生器系统

### 4.3 核电厂用水和散热系统

- 4.3.1 核电厂用水
- 4.3.2 核电厂散热系统

### 4.4 输电系统

- 4.4.1 电气主接线
- 4.4.2 开关站的选型和布置
- 4.4.3 与电力系统的连接
- 4.4.4 辅助电源

### 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 放射性废物系统和源项

- 4.6.1 放射性源项
- 4.6.2 放射性废液处理系统及源项
- 4.6.3 放射性废气处理系统及源项
- 4.6.4 放射性固体废物管理

4.6.5 乏燃料贮存系统

**4.7 非放射性废物处理系统**

4.7.1 化学污染物

4.7.2 生活废物

4.7.3 其他废物

**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 放射性固体废物的运输

**表**

表 4.3-1 海水系统平均用水量

**图**

图 4.3-1 取排水工程方案布置图

## 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、2 号机组正在建设两台华龙一号机组及其配套辅助设施；本期工程 3、4 号机组再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

3、4 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、2 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。

根据全厂总体规划，六台机组主厂房建筑群沿厂址东部和北部的山体呈反 L 型布置，3、4 号机组主厂房布置在厂址中部，采用核岛朝东、常规岛朝西的顺列式布置，由东向西建设。1、2 号机组并列布置在厂址东部，5、6 号机组规划顺列式布置在厂址西部。

- 冷却水设施区

冷却水设施区包括联合泵房、制氯站和虹吸井。

- 辅助生产区

根据工艺要求，部分与主厂房生产联系密切的辅助生产设施布置在主厂房周围，包括：核岛/常规岛液态流出物排放厂房、10kV 公用配电站、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。

氢气贮存及分配站位于 3 号机组东侧厂区边缘，危险废物暂存库布置在 1、2 号机组仓库区。

污水处理构筑物 2 布置在厂区西北部，远离厂区。

- 厂前建筑区及其它设施

厂前建筑区包括：除生产检修办公楼布置在 4 号机组主厂房南侧外，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。

#### 一 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。

#### 一 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 车间仓库、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等。

- 实物保护围栏及出入口

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

厂内运输主要是日常生产运行与维修、新燃料、乏燃料、固体废物、后勤供应等的运输，均采用汽车运输方式。各级道路除满足生产运输要求外，部分还兼作消防通道。

### 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

3、4 号机组环境保护相关设施包括核岛厂房，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。

#### (1) 核岛厂房的布置

3、4 号机组核岛厂房布置在厂址中部。

#### (2) 放射性辅助生产设施的布置

核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房布置在 3 号机组常规岛北侧。

其他带有放射性的厂房有废物处理中心、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、特种车辆库、放射源库、厂区实验楼等与 1、2 号机组共用。

#### （3）生活污水和生产废水处理设施的布置

污水系统油水分离器紧邻 4 号常规岛南侧布置。

污水处理构筑物 2(0ED2) 布置在厂区西北部，远离厂区。用于处理 3~6 号机组生产区的污水，满足污水处理需求。

#### （4）取水口及排水口

与 1、2 号机组共用取水明渠，取水口门位于厂区东侧；排水工程拟采用暗管排水方案，排水口位置选择在厂址东南侧-6.0m 等深线位置。

#### （5）应急指挥中心的布置

应急指挥中心(0EM)与 1、2 号机组共用。位于厂区西北侧。

#### （6）环境监测设施的布置

环境实验室（EC1）及监督性监测前沿站（EC2）与 1、2 号机组共用，设置在东山县城，环境监测站（EC4）及监督性监测子站（EC6）分散布置在厂址周围。

#### （7）监督性流出物实验室

监督性流出物实验室（AL2）与 1、2 号机组共用，设置在东山县城。

### 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，并采取多种绿化方式，包括立体绿化、屋顶绿化等，凡可绿化的设施均进行绿化。
- 利用本工程建设的时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少河（海）岸冲刷及水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。

- 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

3、4 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 3、4 号机组反应堆排风烟囱。3、4 号机组反应堆厂房产生的废气经处理达标后，通过 3、4 号机组反应堆排风烟囱排入大气。

##### （2）液态流出物排放口

液态流出物排放点：液态流出物排放点为本工程排水口。低放废液通过地下管沟排至虹吸井，稀释后经循环水排水暗渠排至厂址东南部海域。

##### （3）非放射性物质排放口

- 生活污水系统

3、4 号机组生产区污水由南向北经生活污水管道收集各子项内的生活污水及生产污水排至西北侧的污水处理构筑物 2，经处理达到回用标准后供中水系统使用。

- 雨水系统

3、4 号机组核岛、常规岛屋面雨水通过排水系统接入室外雨水井，汇至雨水系统；场地及路面雨水经雨水口收集接入雨水系统。雨水系统最终排至虹吸井，经虹吸井排至大海。

- 生产废水系统

厂区内各子项产生的除生活污水和雨水外的生产废水（包括空调冷凝水、冲洗地面水、消防排水、泵房排水等）接入室外生产废水系统后排至虹吸井，最终经虹吸井排放至大海。

- 非放射性含油废水

非放射性含油废水系统收集含有碳氢化合物的非放射性废水包括废油排放、室外含油区域雨水和清洗后的含油排水，排至污水系统油水分离器，经油水分离器处理后，达标的水排至 WSS1 雨水系统，最终排至大海。污油通过污油泵输送至油污车运走。

## 4.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统

### 4.2.1 概述

漳州核电厂 3、4 号机组采用华龙一号压水堆核电机组。该核电机组由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛组成。

反应堆堆芯由 177 组华龙一号燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，堆

芯活性段高度 3.66m。

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。漳州核电厂的设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

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

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

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

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

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

#### 4.2.2 核岛

#### 4.2.2.1 堆芯部件

漳州核电厂 3、4 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，在堆芯吊兰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。

### （3） 主要设备

#### 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。

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。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。

#### 1) 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。

## 2) 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。

## 3) 卸压箱

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

卸压箱是一个卧式、带有椭圆形封头的圆筒形容器。

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。

## 4) 反应堆冷却剂管道

反应堆冷却剂管道应能承受反应堆冷却剂系统预计运行工况的压力和温度，管道材料应具有抗腐蚀性并和工作介质相容，保证冷却剂的正常输运。

反应堆冷却剂系统共有三条环路，每条环路由三段管道组成。根据流体流动的方向，它们分别是：

热 段：即反应堆压力容器与蒸汽发生器之间的管段；

过渡段：即蒸汽发生器与反应堆冷却剂泵之间的管段；

冷 段：即反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器之间的管段。

稳压器波动管与反应堆冷却剂管道的一条热段相连接。

### 4.2.2.3 主要辅助系统

反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、反应堆硼和水补给系统、余热排出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

反应堆辅助系统确保下列功能：

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

化学和容积控制系统，担负正常运行期间反应堆冷却剂系统的容积、化学和反应性的控制。事故（小破口、弹棒和卡棒等）时，保持反应堆冷却剂系统的水装载量，与反应堆硼和水补给系统一起能使反应堆停堆，并维持在热态次临界状态。该系统的主要设备（上充泵、除盐器和容积控制箱）布置在核辅助厂房内。

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

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

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

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

### 4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及其厂房内的系统设备。

### 4.2.4 反应堆-蒸汽发生器系统

反应堆-蒸汽发生器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成电能。

反应堆-蒸汽发生器系统主要包括主蒸汽系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机回热抽汽系统、汽轮机旁路系统、启动给水系统和辅助给水系统等。

其中主蒸汽系统、主给水系统和辅助给水系统与核安全相关。

主蒸汽系统用于将蒸汽由蒸汽发生器输送到下列设备和系统：

- 主汽轮机及其辅助设备包括汽轮机轴封系统、凝汽器和汽水分离再热器；
- 通向凝汽器和大气的蒸汽旁路系统；
- 除氧器给水系统；
- 汽动辅助给水泵汽轮机；
- 辅助蒸汽转换器。

汽水分离再热器系统：汽水分离器可除去汽轮机高压缸高湿度的蒸汽中的水分，然后再经过再热器加热，使蒸汽在流入低压缸之前温度提高，以减少对低压缸中长叶片的刷蚀，并使低压缸的出力增大，从而提高了汽轮发电机组的热效率。

凝结水系统：凝结水系统位于汽轮机本体和低压给水加热器之间，具有接受汽轮机及其旁路出口排汽，并将排汽冷凝成水，以及对凝结水进行除气和过滤净化处理等功能。

主给水系统：用于从低压给水加热器至蒸汽发生器给水入口进行除氧、升压、加热和调节。

汽轮机旁路系统：该系统用于特殊情况下，使主蒸汽不经过汽轮机，而由旁路经过减压装置后排入凝汽器和在受控方式下排向大气。从而使反应堆在汽轮机负荷突然发生大的瞬变时，可以继续运行，它使反应堆可以不依赖汽轮发电机组而独立运行。

辅助给水系统：辅助给水系统属于专设安全设施，在主给水系统和启动给水系统受损失或失效的情况下保证蒸汽发生器的给水。

## 4.3 核电厂用水和散热系统

### 4.3.1 核电厂用水

核电厂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、重要厂用水等的水源，其取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水、重要厂用水等的用水需求。

福建漳州核电厂 3、4 号机组海水系统平均用水量详见表 4.3-1。

最大用水量：表 4.3-1 中除了重要厂用水的最大用水量为单台机组  $8800\text{m}^3/\text{h}$ ，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取水需求，不会出现冷却水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统的情况。

#### 4.3.1.2 淡水用水

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、道路浇洒、洗车及绿化用水等。

##### （1）淡水用水量

###### 1) 施工期间用水量

施工期间的淡水用水主要由施工生产用水和施工人员的生活用水组成。施工生产用水主要包括混凝土骨料清洗、生产、浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘、砌砖等施工用水。

福建漳州核电厂 3、4 号机组施工期间施工生产用水最大日用水量为  $2215\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为  $550\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量为  $232\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为  $3304\text{m}^3/\text{d}$ 。

###### 2) 运行期间用水量

运行期间的淡水供水系统主要包括饮用水系统、生产水系统和中水系统。

饮用水系统主要供给运行期人员的生活用水、采用生活水水质的生产用水、消防补充水、绿化浇洒补水等。采用生活水水质的生产用水包括核岛、常规岛及其他 BOP 子项的生产用水。

生产水系统主要为除盐水生产系统提供原水，并作为水泵轴密封水、锅炉降温水及空调冷冻机组冷却水的补充水，以及作为消防补水的备用水源。

绿化、道路浇洒、洗车等用水主要采用再生水，由中水系统提供，不足水量由饮用水系统补足。

考虑管网漏损水量和未预见用水等，福建漳州核电厂 3、4 号机组运行期正常运行日用水量为 6274m<sup>3</sup>/d，最大日用水量为 10249m<sup>3</sup>/d。漳州核电厂六台机组正常运行日用水量约为 19100m<sup>3</sup>/d，最大日用水量约为 23100m<sup>3</sup>/d。

本工程正常运行设计耗水指标为 0.030m<sup>3</sup>/s·GW，工业用水的重复利用率约为 99.76%。

## （2）供水水源

漳州核电厂 3、4 号机组施工期淡水用水由淡水厂提供，淡水厂和淡水取水工程建成前由七星自来水公司提供；运行期间人员生活用水和生产用水等由淡水厂提供，浇洒、绿化、洗车等用水主要由中水系统提供。海水淡化产品水作为本工程的应急水源。

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。在峰头水库建取水泵房，由两根输水管线送至淡水厂。

漳州核电厂淡水厂的设计规模为 24000m<sup>3</sup>/d，取水口、取水泵站及输水管线设计供水能力 28000 m<sup>3</sup>/d，可满足六台机组淡水取水要求。

绿化、道路浇洒、洗车用水日用水量约为 110m<sup>3</sup>/d。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 202m<sup>3</sup>/d，再生水产生量约为 182m<sup>3</sup>/d，满足绿化、道路浇洒、洗车等用水需求。

### 4.3.2 核电厂散热系统

漳州核电厂 3、4 号机组工程规划两台百万千瓦级压水堆核电机组，拟采用直流冷却方式，利用东山湾海域作为热阱，每台机组的冷却水量约为 70m<sup>3</sup>/s，与 1、2 号机组共用取水明渠，排水工程考虑单独新建暗涵排水工程方案，见图 4.3-1。

#### 4.3.2.1 取水系统

取水工程采用明渠取水方案，由取水明渠北导流堤、取水明渠南导流堤、护岸及开挖渠道组成。取水明渠布置在厂址东侧，取水口门位于厂区东侧深槽附近水深约-7m 的区域，明渠底标高开挖至-6.8m；明渠设计底标高-6.8m，明渠底宽约 120m~150m。取水明渠北导流堤、取水明渠南导流堤、护岸均采用抛石斜坡堤结构型式。

#### 4.3.2.2 排水系统

根据现阶段海域使用论证情况，3、4 号机组考虑单独新建暗涵排水工程方案。漳州 3、4 号机组排水工程为暗管排水方案，排水口位置选择在厂址东南侧-6.0m 等深线位置。每

台机组设置一条排水隧洞，隧洞内径约为 6.5m。3 号机组排水隧洞长 5215.7m，其中陆域段长 557.5m，海域段长 4658.2m。4 号机组排水隧洞长 5244.5m，其中陆域段长 557.5m，海域段长 4687.0m。

#### 4.4 输电系统

##### 4.4.1 电气主接线

本期工程为扩建工程，拟建设 2 台百万千瓦级华龙一号机组，每台汽轮发电机组的额定容量为 1220MVA、发电机额定电压为 27kV（暂定），2 台机组以发电机—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。

本期工程 500kV 配电装置选用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘的全封闭组合电器（GIS），采用一个半断路器接线，在 1、2 号机组工程基础上进行扩建。1、2 号机组工程主开关站土建部分一次建成，配电装置留有扩建场地。1、2 号机组工程一次建成 2 回进线，4 回出线，共 2 个完整串及 2 个不完整串。本期工程考虑扩建 2 回发电机-变压器组进线，接入 1、2 号机组工程 500kV 系统，构成 3 个完整串和 2 个不完整串。最终远景规模为 4 回出线，6 回进线。

1、2 号机组工程辅助开关站土建部分一次建成，配电装置留有扩建场地，电气部分一次建成 2 回辅助变出线、2 回 220kV 架空进线、1 个母联间隔和 2 个母线 PT 间隔，接线方式为双母线接线。本期工程辅助电源直接接入 1、2 号机组工程 220kV 升压站，扩建 2 回辅助变压器进线接入 1、2 号机组工程 220kV 系统，形成 4 回进线 2 回出线。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。

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（220kV 主电源）的后备电源。当失去优先电源时，厂用负荷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。

##### 4.4.2 开关站的选型和布置

500kV 主开关站利用 1、2 号机组工程开关站预留间隔扩建而成，布置在 3、4 号机组的东南侧，并以 500kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）与主变连接；220kV 辅助开关站为利用 1、2 号机组工程开关站预留间隔扩建而成，布置在 500kV 开关站南侧约 65m 处。为避免盐雾影响，主、辅开关站均选用室内型，配电装置采用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘组合电器（GIS）。

主变压器及其厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。

##### 4.4.3 与电力系统的连接

本工程以 1、2 号机组工程的 500kV 主开关站作为发电和配电的连接枢纽，扩建 2 回

进线，通过 1、2 号机组工程的 4 回出线与外电网相连。

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。

#### 4.4.4 辅助电源

1、2 号机组辅助开关站土建部分一次建成。电气部分一次建成 2 回辅助变出线、2 回 220kV 架空进线、1 个母联间隔和 2 个母线 PT 间隔，其中一回 220kV 线路接入 220kV 水晶变，一回线路接入 220kV 天福变，核电~水晶、核电~天福线路长度分别约 11km、48km。采用双母线接线。

本期工程辅助电源直接接入于 1、2 号机组工程建成的 220kV 辅助开关站，扩建 2 回辅助变压器进线，接入 1、2 号机组工程 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。

### 4.5 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

a) 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）。

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

##### （2） 堆芯补水

在蒸汽管道破裂事故工况下，安注系统的注入流量足以用来补偿由于不可控的蒸汽释

放导致的反应堆冷却剂过冷而引起的容积变化。

### （3）反应性控制

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

安全注入系统的主要设备有：

- 2台中压安注泵；
- 3个安注箱；
- 2台低压安注泵；
- 1台水压试验泵。

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱(IRWST)取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

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

### 4.5.3 安全壳喷淋系统

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

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

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

#### 1) 系统设计的考虑

##### a) 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。

#### b) 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。

#### c) 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。

#### a) 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。

#### b) 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。

#### c) 系统运行方式

当发生安全壳高 4 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 TFA001BA 和 TFA002BA(内装适当 pH 值的除盐除氧水)吸水，并将其送入安全壳内主给水止回阀下游，靠近蒸汽发生器入口处的主给水管道内。

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

辅助给水泵子系统主要设备包括：

——两台 50%流量的汽动泵(TFA003PO、TFA004PO)，它由蒸汽发生器主蒸汽隔离阀上游的主蒸汽管供汽，乏汽经过一个消音器排入大气。

——两台 50%流量的电动泵(TFA001PO、TFA002PO)，它由应急电源(柴油发电机)供电。

每台电动泵和每台汽动泵并联布置组成一个系列，都各自配置下列管道：

——吸水管线(来自辅助贮水池)；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线(包括调节阀和电动隔离阀)。

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

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

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

当失去厂外电源时，由应急柴油发电机向除氧装置的泵供电，且允许直接由 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 放射性废液处理系统及源项

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

- 硼回收系统（ZBR），
- 废液处理系统（ZLT），
- 核岛液态流出物排放系统（ZLD），
- 放射性废水回收系统（WSR），
- 核岛疏水排气系统（RVD）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

- 化学和容积控制系统（RCV），
- 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），
- 蒸汽发生器排污系统（TTB），

— 常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

#### 4.6.2.1 硼回收系统（ZBR）

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

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

##### （1）设计基准

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

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

本系统的前贮槽和净化部分可接收和处理来自 RCV 系统的最大下泄流（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）。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。当一回路氙的浓度高于控制值时，ZBR 冷凝液被送往 ZLD 系统监测、排放；浓缩液含硼量为 7000ppm，质量合格时可作为 4%硼酸溶液复用。

##### （2）系统描述

ZBR 系统由三部分组成：

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

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

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

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

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

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

ZBR 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

### （3）系统运行

#### 1) 正常运行

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

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

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

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

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

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。蒸发操作前，要先用输送和混合泵 007PO 将中间贮槽中的料液连续搅动混合。然后，取样分析。

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

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

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

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

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

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

— 为了维持反应堆冷却剂中合适的氚浓度，将含氚量高的冷凝液送到核岛液态流出物排放系统（ZLD）排放。

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

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

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

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

— 如果浓缩液不合格，送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理；

## 2) 特殊运行

— 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

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

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

— 用蒸发器对除盐水分配系统（WND）的除盐水除氧。

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

— 对氧含量高的 RBM 系统补给水除氧。

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

#### 4.6.2.2 废液处理系统（ZLT）

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

##### （1）设计基准

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

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

##### （2）系统描述

放射性废液根据放射性浓度和化学成分由 RVD 系统分类收集。然后，送至 ZLT 系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

— 地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力为 27m<sup>3</sup>/h。地面排水量约为 5000m<sup>3</sup>/a，服务排水量约为 1250m<sup>3</sup>/a。

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

— 化学排水放射性浓度高，化学物质含量也高，用蒸发方法处理，处理能力为 3.5 t/h，去污因子为 1000，处理废液量约为 1500m<sup>3</sup>/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  $2 \times 50 \text{m}^3$ 。

1) 除盐工艺包括：

- 两个工艺排水接收槽 ZLT001/002BA。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。
- 一台工艺排水泵（001PO），用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，用其将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放管理限值时，也用其将废液送往过滤器 ZLT002/012FI 过滤后经 ZLD 系统监测、排放。
- 一台预过滤器 ZLT004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。
- 一套化学试剂注入装置，本装置用于连续注入化学试剂，以破坏较难去除胶体的稳定性，从而有利于下游的活性炭床将这些杂质有效地去除。根据在线监测器取样结果调节化学试剂的注入量。
- 一台活性炭床 ZLT001DE，经上游注入絮凝剂后，通过 001DE 去除废液中的悬浮物、胶体和部分离子。
- 四台串联的除盐器 ZLT002/003/004/005DE。
- 一台树脂滞留过滤器 ZLT005FI。

经过处理后的废液进入监测槽 ZLT009/010BA。

2) 蒸发工艺包括：

- 三个化学排水接收槽 ZLT006/007/008BA，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和预处理。
- 一台化学排水泵 ZLT003PO，用于 ZLT006/007/008BA 槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。
- 一化学中和站由酸、碱试剂槽和两台计量泵组成，用于调节接收槽中废液的 pH 值。
- 一蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵 ZLT005PO、蒸发器预过滤器 ZLT001FI、预热器 ZLT001EX，加热器 ZLT001RE、蒸发器 ZLT001EV、旋风式分离器 ZLT001ZE、泡罩塔 ZLT002ZE、蒸馏液冷凝器 ZLT001CS、蒸馏液冷却器 ZLT001RF、冷凝水冷却器 ZLT002RF 和冷凝水平衡槽 ZLT014BA。

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

蒸馏液由两个监测槽（ZLT009/010BA）接收。

蒸发净化单元包括化学试剂注入装置，可调节蒸发器内废液 pH 值；当蒸发器处理易

起泡的废液时，也可由本装置注入消泡剂。

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

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

3) 过滤工艺包括：

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

— 地面排水泵 ZLT002PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

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

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

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

(3) 系统运行

ZLT 系统总的运行原则如下：

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

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

— 根据取样分析结果，废液经过滤装置送往 ZLD 系统监测、排放；或由蒸发净化单元或除盐净化单元处理后送往 ZLD 系统监测、排放。

— 蒸发净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

— 除盐器是手动启动的，运行稳定后，即进入自动控制状态。

#### 4.6.2.3 核岛液态流出物排放系统（ZLD）

(1) 设计基准

1) 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。

2) 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。

3) 将超过排放限值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

### （2）系统描述

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

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

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

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

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

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

### （3）系统运行

正常运行时，三个 ZLD 排放槽中的一个接收液态流出物，一个混合、取样分析和监测排放液态流出物，另一个备用。各系统来的液态流出物在排放槽内经充分混合使其成分

均匀，取样分析后根据液态流出物放射性水平及环境稀释能力来确定液态流出物的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

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

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

#### 4.6.2.4 放射性废水回收系统（WSR）

##### （1）设计基准

本系统有选择地收集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：

UR 厂房热淋浴间和热更衣间的地面排水靠重力收集于废水贮槽 3/4WSR001/002BA 中。3/4WSR001/002BA 内的废液经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其经核岛疏水排气系统（RVD）送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放限值，则直接由泵 3/4WSR001/002PO 送往 ZLD 系统排放。

废水贮槽 3/4WSR001/002BA 房间内的地坑 3/4WSR003PS 收集的废液由地坑泵 3/4WSR008PO 送往 3/4WSR001/002BA。

##### （3）系统运行

当废水贮槽 3/4WSR001/002BA 的液位达到高液位时，泵 3/4WSR001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 3/4WSR001/002PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

#### 4.6.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

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

- 正常泄漏和事故泄漏；
- 各种瞬态。

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

### （1）设计基准

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

RVD 系统采用的设计基准如下：

- 从与安全有关设备间来的废水，要防止由于疏水管线回流而造成与安全有关设备的淹没；
- 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；
- 非放射性疏水管道的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；
- 地坑泵有足够的容量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；
- 采取预防措施在反应堆发生事故后使高放废液再注入反应堆厂房。

### （2）系统描述

#### 1) 反应堆冷却剂疏水子系统

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

#### 2) 工艺疏水子系统

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

- 送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵输送到 ZLT 系统；
- 由 ZLT 系统直接收集；
- 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RVD008PS、009PS、012PS、013PS、508PS、509PS、512PS、513PS）的高放废液再注入反应堆厂房。

### 3) 地面疏水子系统

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

- 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；
- 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）；
- 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；

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

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

### 4) 化学疏水子系统

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

这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。

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

### 5) 含氢废气子系统

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

### 6) 含氧废气子系统

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

## (3) 系统运行

### 1) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

### 2) 工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

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

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

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

— 靠重力直接送到 ZLT 系统。

### 3) 化学疏水子系统

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

### 4) 地面疏水子系统

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

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

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

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

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

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

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

#### 5) 含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

#### 6) 含氧废气子系统

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

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

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

### 4.6.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

#### （1）设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCS）提供以下服务：

- 反应堆冷却剂容积控制；
- 反应堆冷却剂化学控制：
  - 与硼和水补给系统（RBM）共同完成硼浓度的调节，从而控制反应性；
  - 控制气体的浓度；
  - 净化和过滤；
  - 含氧量和 pH 值的控制（与 RBM 系统一起）。
- 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

- 为稳压器提供辅助喷淋；
- 稳压器满水时控制 RCS 压力；
- 为余热排出系统（RHR）的投运作准备；
- 为 RCS 系统充水、排水和进行水压试验。

#### （2）系统描述

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

控制子系统。

#### 1) 上充、下泄、密封水子系统

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

反应堆冷却剂的下泄流从反应堆冷却剂回路的冷段排到化学和容积控制系统中，在流过再生热交换器的壳侧时将流经管侧的上充流加热。然后，下泄流流过下泄孔板进行降压，再流过下泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄流量调节阀的功能是保持其上游的压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

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

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

两台离心式上充泵中的两台从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水。它在泵轴承和密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷却剂流通过密封水热交换器到上充泵吸入端。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂密封低压密封引漏离开泵体并引入 RVD 疏排水系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入 RCS 系统。

#### 2) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

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

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

控制反应堆冷却剂的 pH 值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

### （3）系统运行

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

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

在停堆过程中，在堆芯冷却期间，由于冷却剂的收缩要求增加上充流量进行补偿。同期，将硼浓度提高到冷停堆的数值。在达到冷停堆状态之前，如果必须打开反应堆压力容器，则通过用氮气置换容积控制箱中的氢气使反应堆冷却剂的氢含量降到 5mL/kg 以下，定期将容积控制箱的气体排到废气处理系统，释放出溶解的氢气。在电厂停堆时，如果要进行换料或维修操作，可利用化容系统的除盐装置净化放射性离子并采用扫气去除裂变气体，从而降低反应堆冷却剂的放射性水平。

#### 4.6.2.7 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）

##### （1）设计基准

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

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

##### 1) 乏燃料水池冷却回路

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

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

在正常工况下，反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池水；在正常换料工况下，用两个冷却系列（两台泵和两台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过 50°C（按设备冷却水系统水温为 35°C 考虑）。

热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

##### 2) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60°C；

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  $5\mu\text{m}$ ，除盐装置后过滤器过滤粒度为  $25\mu\text{m}$ 。

### 3) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为  $100\text{m}^3/\text{h}$ ，过滤器的过滤粒度为  $5\mu\text{m}$ 。

#### (2) 系统描述

##### 1) 服务于乏燃料水池的设施

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

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

— 过滤和除盐回路

— 表面撇沫和过滤回路

— 充水回路

##### 2) 服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

— 过滤回路

— 反应堆换料水池充水和排水

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

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

#### (3) 系统运行

乏燃料贮存水池通常是充满水的。在换料时，反应堆换料水池和燃料转运舱需充满水。当反应堆压力容器进行检查时，反应堆换料水池也需充满水。反应堆堆内构件存放区单独充水时，可用水闸门与反应堆换料水池隔离。

系统正常运行：

— 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

从乏燃料组件贮存在乏燃料水池起，冷却回路开始连续运行，水池的水温不高于  $50^\circ\text{C}$ 。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°C。当温度高于 60°C 时，温度控制器发出报警信号，要求隔离过滤和除盐回路。

根据乏燃料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 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°C。

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

#### 4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（TTB）

##### （1）设计基准

1) 在正常运行时，TTB 系统水处理设计流量最高能达到 73.5t/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 24.5t/h）。

2) 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 $\mu\text{m}$  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 $\mu\text{m}$  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

#### 1) 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。

#### 2) 特殊稳态运行

##### ①使用非再生热交换器

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

##### ②向常规岛液态流出物排放系统的排放

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

### ③特殊瞬态运行

#### — 蒸汽发生器的疏水

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

#### — 蒸汽发生器传热管断裂

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

## 4.6.2.9 常规岛液态流出物排放系统（WQB）

### （1）设计基准

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

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

— TTB 系统排放的液态流出物。

— 其它：如 WQB 泵房间（QB201）地坑内的废液。

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

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

将超过允许排放限值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理。

### （2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽 WQB001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵 WQB001/002/003PO，用于在取样和分析之前搅拌槽内液态流出物，也用于废液排放或将废液送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

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

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

### （3）系统运行

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

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

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

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

#### 4.6.2.10 放射性废液排放源项

放射性废液的排放量取决于：

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

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

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

在现实工况下 C-14 的现实排放源项初步预估为：

气态：220GBq/（GWe·年）

液态：10GBq/（GWe·年）

现实工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 1.02E+00GBq/a，液态氙为 39.3TBq/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 7.11E+00GBq/a，液态氙为 46.0TBq/a，液态 C-14 为 26.9GBq/a。

#### 4.6.3 放射性废气处理系统及源项

放射性废气处理系统为单机组设置，用于收集、贮存并处理反应堆正常运行工况和预

计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准及核电厂管理规范要求后排入大气。放射性废气分为含氢放射性废气和含氧放射性废气两大类。

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

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

放射性废气处理系统主要包括：

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

#### 4.6.3.1 废气处理系统（ZGT）

##### （1）系统功能

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

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

##### （2）设计基准

废气处理系统（ZGT）的设计基准如下：

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

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

— ZGT 系统要能在主要设备停运检修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安全 3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；

— ZGT 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气检测仪表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 系统为单堆设置。主要设备位于 NX 厂房内。

### （3）系统组成

ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

#### a) 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 NX 厂房的通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

#### b) 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。

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

##### a) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RVD 系统收集至缓冲罐（ZGT001BA）。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行稳定，从而向含氢废气压缩机提供平稳的气流，并分离废气中夹带的冷凝水。

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

① 当缓冲罐压力上升达到 0.025MPa（表压）时，并且如果压缩机进气阀在开启位置，第一台含氢废气压缩机启动。

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

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

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

衰变箱在进气、衰变贮存、排气时的阀门操作均由远传手动进行。

在向大气环境排放之前，衰变箱内的废气要进行取样分析，测其放射性浓度、氢气含量等与安全排放有关的参数。只有当两个串联的远传阀门已经被手动打开时，才能控制排放阀进行废气排放。

如果 VNA 系统碘吸附器出现故障，NX 厂房的烟囱放射性超过阈值，或者假如排放阀上游压力下降到 0.02MPa（表压）时，则气动控制排放阀（028VY 和 029VY）自动关闭停止排气。衰变箱内压力低于 0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

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

在衰变箱排放总管上还设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放阈值

时，发出报警信号，并连锁关闭排放阀 028/029VY，废气停止排放。

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

#### b) 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。当信号显示第一台风机停运后，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风门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

含氧废气以及经由调节风门引入的空气，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 NX 厂房的烟囱。

### 4.6.3.2 核岛厂房通风系统（HVAC）

#### （1）设计目的

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

核岛厂房处理带放射性空气的主要通风系统如下：

#### — 反应堆厂房

- 安全壳连续通风系统（CCV）
- 安全壳空气净化系统（CUP）
- 安全壳大气监测系统（CAM）
- 安全壳换气通风系统（CSV）
- 环形空间通风系统（CAV）

#### — 安全厂房

- 安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

#### — 核燃料厂房

- 核燃料厂房通风系统（VFL）

#### — 核辅助厂房

- 核辅助厂房通风系统（VNA）

#### — 核废物厂房

### ·核废物厂房通风系统（VRW）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

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

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

- 蓄电池房间事故工况下每小时换气次数为 12 次；

#### （2）总的设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风进风口。

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环。

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中。

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

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

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

#### （3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

##### ·进风预过滤器

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

##### ·排风预过滤器

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

##### ·高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为 95%。

##### ·高效空气粒子过滤器（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。

过滤器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。除非另有说明，过滤器介质使用玻璃纤

维材料。单元过滤器放在碳钢涂漆的框架上或放在密封过滤小室（或箱体）中。

#### ·碘吸附器

碘吸附器用于不同的 HVAC 系统，用来吸附气流中气载放射性碘。这些过滤器吸附分子碘的净化系数至少为 5000。

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

#### （4）主要通风系统如下：

##### a) 安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统冷却安全壳内的设备。

除设有独立通风的堆坑和控制棒驱动机构的热负荷外（见 CPV 和 RRV 系统），CCV 系统所考虑热负荷主要来自反应堆厂房内的设备。在反应堆厂房内，CCV 系统作为一个再循环系统运行。

##### b) 安全壳空气净化系统（CUP）

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

CUP 系统取用 CCV 系统的部分空气，经高效粒子空气过滤器（HEPA）和碘吸附器进行净化来确保其功能。为了防止 CUP 高效空气粒子过滤器（HEPA）过早阻塞，空气取自 CCV 送风干管，使其能利用安全壳连续通风系统（CCV）的预过滤器。只有在污染情况下，工作人员进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统。为维修人员提供保证安全工作的条件。

CUP 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由净化机组和两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100% 的净化回路组成，包括：

- 电动隔离阀；
- 电加热器；
- 高效空气粒子过滤器（净化系数 > 3000）；
- 碘吸附器（净化系数（对分子碘） > 5000）；
- 手动平衡阀。

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

## c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下四个子系统组成：

— 混合子系统，在 LOCA 后作为安全壳大气的循环系统运行。

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

·降低安全壳内空气放射性水平；

·在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差。

·安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa 时，进行安全壳排气。

— 泄漏试验子系统，使用压缩空气系统（WAS）的空气给安全壳加压。

— 安全壳大气监测子系统。本系统能够完成下述功能：

·监测安全壳大气的温度和压力。

·用 IRM（电厂辐射监测系统）辐射监测设备监测安全壳的空气放射性污染水平。

## d) 安全壳换气通风系统（CSV）

每个机组的反应堆厂房中，CSV 系统设计成：

— 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度。

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

— 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐（RVD 002BA）处在轻微负压状态下。

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

## e) 环形空间通风系统 CAV

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

在事故后为减少释放到周围环境中的放射性，设置了两个系列的事事故排风子系统（一用一备），满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

— 带有隔离阀和防火阀的排风管；

— 一个正常排风子系统；

— 两个事故排风子系统。

CAV 包括以下两个子系统：

1) 正常排风子系统由一台预过滤器（过滤效率：85%）、一台高效粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）和配有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%）；

— 一台高效粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；

— 一台碘吸附器（净化系数（对分子碘） $>5000$ ）；

— 一台 100%容量并联的排风机，并配有止回阀。

f) 安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

在正常运行期间，VMO 系统为直流式通风系统，对安全厂房机械设备区进行通风。

在事故工况下，VMO 系统以低流量碘排风过滤系统运行。

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能是为了保证安全厂房机械设备区的通风换气，在设备维修和定期试验时，保持电动机房的压力稍高于相应泵房的压力，以防电动机房被污染。即：

— 防止放射性产物释放到环境中去；

— 在安全壳喷淋系统（CSP）和安注系统（RSI）运行期间，容许维修人员进入。

VMO 系统由控制室远距离控制。

VMO 系统的正常通风子系统组成如下：

— 两台并联连接的 50%容量的空气处理机组（过滤器、冷却盘管、送风机），配有止回阀；

— 两台并联排风过滤器（预过滤器、高效粒子过滤器）；

— 三台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；

— 两台并联连接的 50%容量的排风机，配有止回阀；

— 送、排风管道；

— 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

— 两台串联的 100%容量的加热器；

- 排风过滤器（高效粒子过滤器、碘过滤器）；
- 两台并联连接的 100%容量的排风机，配有止回阀；
- 排风管道；
- 防火阀。

#### g) 核燃料厂房通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤系统运行。在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。在 LOCA 情况时，低流量排风与-5.30m 以下房间的通风相连接。

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

VFL 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

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

#### h) 核辅助厂房通风系统（VNA）

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

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

— 在厂房火灾的情况下，从核辅助厂房的电气房间排烟。

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

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

#### ① 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

- 四台并联的预过滤器（过滤效率：85%）（三用一备）；
- 四台并联的高效粒子空气过滤器（净化系数>3000）（三用一备）；
- 四台 50% 冗余设置的风机，并联连接，并配置逆止阀（两用两备）；
- 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

#### ② 碘排风机组

两个容量为 100% 的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

- 两台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效粒子空气过滤器（净化系数>3000）；
- 一台碘吸附器（净化系数>5000）；
- 一台配有逆止阀的风机；
- 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

#### ③ 排烟机组

排烟机组的组成：

- 一台过滤器机组，包括一台预过滤器（过滤效率：85%）和一台高效粒子空气过滤器（净化系数>3000）；
- 两台 100% 容量并联连接的风机，并配置逆止阀；
- 连接电气房间的排烟的管道，并配置排烟阀。

#### ④ 排风烟囱

排风烟囱固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 76.53m，高出反应堆厂房 3m。

在烟囱中设有一个监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

#### ⑤ 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电散热器和电加热器，以防止发生任何结晶的可能。

在固体废物处理系统（ZST）排风管出口处的预过滤器，是用来截留固体废物装桶系统运行时所产生的水泥粉尘。

#### i) 核废物厂房通风系统（VRW）

VRW 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

— 反应堆正常运行期间，维持核废物厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行和工作人员的健康要求；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

— 在厂房火灾的情况下，从核废物厂房的电气房间排烟；

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VRW 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统和排烟子系统组成。

##### ① 正常送风子系统

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

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效过滤器（净化系数 $>3000$ ）；

— 一台配有止回阀的风机。

##### ① 正常排风子系统

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

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；

— 一台配有止回阀的风机。

##### ② 碘排风子系统

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

— 一台电加热器；

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；
- 一台碘吸附器（净化系数 $>5000$ ）；
- 一台配有止回阀的风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

### ③ 排烟子系统

排烟子系统由 1 台 100% 容量的机组以及配有排烟阀的排烟管路组成，机组包括：

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；
- 两台 100% 容量并联连接的风机，并配置止回阀。

#### 4.6.3.3 放射性废气排放源项

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

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；
- 辅助厂房通风；
- 核废物厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放

气载放射性流出物排放源项也分现实排放源项和保守排放源项两种方法考虑，计算中使用主冷却剂比活度的假设与液态同。

现给出了华龙一号机组惰性气体、气载碘、气载粒子的年排放量。现实工况下一台机组的惰性气体排放量为  $1.04\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $9.10\text{E}-03\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为  $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为  $3.93\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，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  $5.74\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $7.06\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，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  $4.60\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为  $366\text{GBq/a}$ 。

#### 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（NX）和核废物厂房（QX）内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

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

##### 4.6.4.1.2 设计基准

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

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

本系统设计所采用的主要标准规范：

- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| — 《核动力厂环境辐射防护规定》          | GB 6249-2011  |
| — 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》 | GB 9132-2018  |
| — 《放射性物质安品运输规程》           | GB 11806-2019 |
| — 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》     | GB 12711-2018 |

- 《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》 EJ 1042-2014
- 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》 GB14589-93
- 《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》 GB 36900.2-2018

#### 4.6.4.1.3 系统描述

##### （1）ZST 系统组成

本工程的 ZST 系统由核辅助厂房（NX）内部分、核废物厂房（QX）内部分、废物处理中心（QS）内废物处理部分及放射性固体废物暂存库（QT）组成。其中，NX 厂房内湿废物收集部分及 QX 厂房内湿废物收集、处理部分为本工程新建，废物处理中心内废物处理部分及放射性固体废物暂存库为已建的厂址机组共用设施。根据不同类型废物的性质分别对其进行处理。

##### （2）废物处理工艺描述

ZST 系统对各种固体废物根据各自的性质进行处理。

ZLT 系统产生的浓缩液收集在 QX 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房和 QX 厂房的废树脂贮槽中，用屏蔽运输车送到废物处理中心的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在废物处理中心厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

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

将 NX 厂房和 QX 厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心将装有废过滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖和剂量检测后送至固体废物暂存库暂存。

通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控。

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

检测→送固体废物暂存库暂存。

### （3）固体废物暂存库

固体废物暂存库用于暂存六台机组五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯、TTB 废树脂桶的临时贮存场所。

固体废物暂存库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

废物暂存库贮存区域包括 HIC 废物包贮存室、HIC 废物包贮存区、200L 废物桶贮存室、200L 废物桶贮存区、TTB 废树脂桶贮存区、轻微污染设备贮存区。

表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 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 TTB 废树脂桶、轻微污染的大尺寸废物和通风过滤器芯。

贮存的放射性废物贮存一定年限后（不超过 5 年），转运到放射性固体废物处置场进行处置。

#### 4.6.4.1.4 系统运行

##### （1）浓缩液的处理

浓缩液收集于 QX 厂房的浓缩液贮槽内，随后用浓缩液泵装入 200L 钢桶进行桶内干燥，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车运送到固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

##### （2）废树脂和废活性炭的处理

产生在 NX 厂房的废树脂用水力输送至 NX 厂房的废树脂贮槽，产生在 QX 厂房的废树脂和废活性炭用水力输送至 QX 厂房的废树脂贮槽。转运废树脂时，先将废树脂输送到废树脂中间罐，再使用废树脂屏蔽运输槽车上的真空泵对运输槽车上的屏蔽容器抽真空，打开管路阀门，利用屏蔽容器中的真空将废树脂中间罐中的树脂吸入槽车上。输送完成用除盐水或压缩空气清洗相关管路。废树脂运输槽车从 NX 或 QX 厂房装载完毕后，运送到 QS 厂房。将废树脂槽车的软管与 QS 厂房的接口箱连接后，将 QS 厂房内的废树脂中间罐抽真空，利用真空将槽车上的树脂吸入废树脂中间罐，再泵送到废树脂接收罐。最后将废树脂和废活性炭用锥形干燥器干燥后装入 200L 钢桶，转运至固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

##### （3）废过滤器芯的处理

废过滤器芯是用一个过滤器芯更换转运容器（衬铅容器）来拆卸的，拆卸后通过下降

通道装入事先放置在辊道上的 200L 钢桶中，钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯定位，并保证均匀的生物防护，再通过屏蔽运输车和辊道送到水泥固定装置进行水泥固定。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。

#### 2) 杂项干废物

核电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和

金属部件等)，“华龙一号”核电厂单台机组年产生杂项干废物产量设计值为 140m<sup>3</sup>，其中 119 m<sup>3</sup> 为可压实废物，15.75m<sup>3</sup> 为可直接压实废物，5.25m<sup>3</sup> 为不可压实废物。它们在产生地分类收集在塑料袋内后送到废物处理中心厂房压实装桶或装桶水泥固定。

#### 4.6.4.2 废物最小化

##### 4.6.4.2.1 废物最小化原则

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

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

##### 4.6.4.2.2 设计阶段的废物最小化

###### 4.6.4.2.2.1 控制放射性废物产生的设计措施

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

###### (1) 源头控制

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

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

###### (2) 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，进行清洁解控。

— 将干废物根据不同的性质进行分类处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶水泥固定。

— 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

### (3) 改进处理工艺

- 浓缩液采用减容效果更为明显的处理工艺。浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块。
- 废树脂和废活性炭采用减容效果更为明显的处理工艺。废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶。
- RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用尺寸较小的过滤器芯，ZST 系统使用 200L 钢桶作为废过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

#### 4.6.4.3 废物最终处置

计划每两年向规划中的放射性废物处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为福建漳州核电厂的固体废物暂存库，运输终点为规划中的放射性废物处置场。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》。

由于目前阶段处置场尚未确定，待处置场确定后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。

#### 4.6.5 乏燃料贮存系统

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

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

##### 4.6.5.1 系统描述

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

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道关闭并隔离换料水池与转运舱，只有换料时才打开。

乏燃料贮存水池侧壁是混凝土屏蔽墙，使水池周围相邻区域的辐射水平满足相应辐射区域的设计标准。

在乏燃料贮存水池内设有乏燃料贮存格架，分为两个区。Ⅰ区用于装载新燃料组件、破损燃料组件、未达到规定燃耗限值的乏燃料组件和换料时全堆芯的燃料组件。Ⅱ区用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面有否渗漏。

在正常情况下乏燃料贮存水池充满含硼水，以保证乏燃料贮存水池内燃料组件的冷却和水面以上的辐射水平满足设计要求。在池底不设任何排水管道，防止池水流失。

在乏燃料贮存水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

以上三个水池彼此相通，水池之间的混凝土隔墙上有密闭的水闸门，平时是关闭的，使用时才打开。靠近容器装载井的另一侧还设有一个乏燃料运输容器准备井，用作乏燃料运输容器的准备工作。

#### 4.6.5.2 设计准则

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

(1) 乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站处于正常运行、预计运行事件期间，和事故工况（设计基准事故和设计扩展工况）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；

(2) 乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；

(3) 防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

(4) 贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；

(5) 贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

(6) 必须提供贮存破损燃料组件的设施；

(7) 贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；

- （8）应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；
- （9）乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；
- （10）乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；
- （11）乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；
- （12）乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；
- （13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部灾害的防护措施；
- （14）乏燃料贮存水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件；
- （15）在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全；
- （16）在乏燃料贮存水池中设有多道水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

#### 4.6.5.3 乏燃料水池的冷却和处理

乏燃料水池的冷却和处理系统用于保证对核电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为反应堆换料水池、堆内构件存放池、乏燃料贮存水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

##### 1) 系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料贮存水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

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

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

##### 2) 系统的设计基准

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 3、4 号机组的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理。

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 3、4 号机组使用化学药剂的主要环节有循环水处理系统、淡水处理系统、除盐水生产系统、凝结水精处理系统、二回路、闭式冷却水系统、硼酸的回收和排放等环节。

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，3、4 号机组安装一系列除盐水生产系统设备。

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。

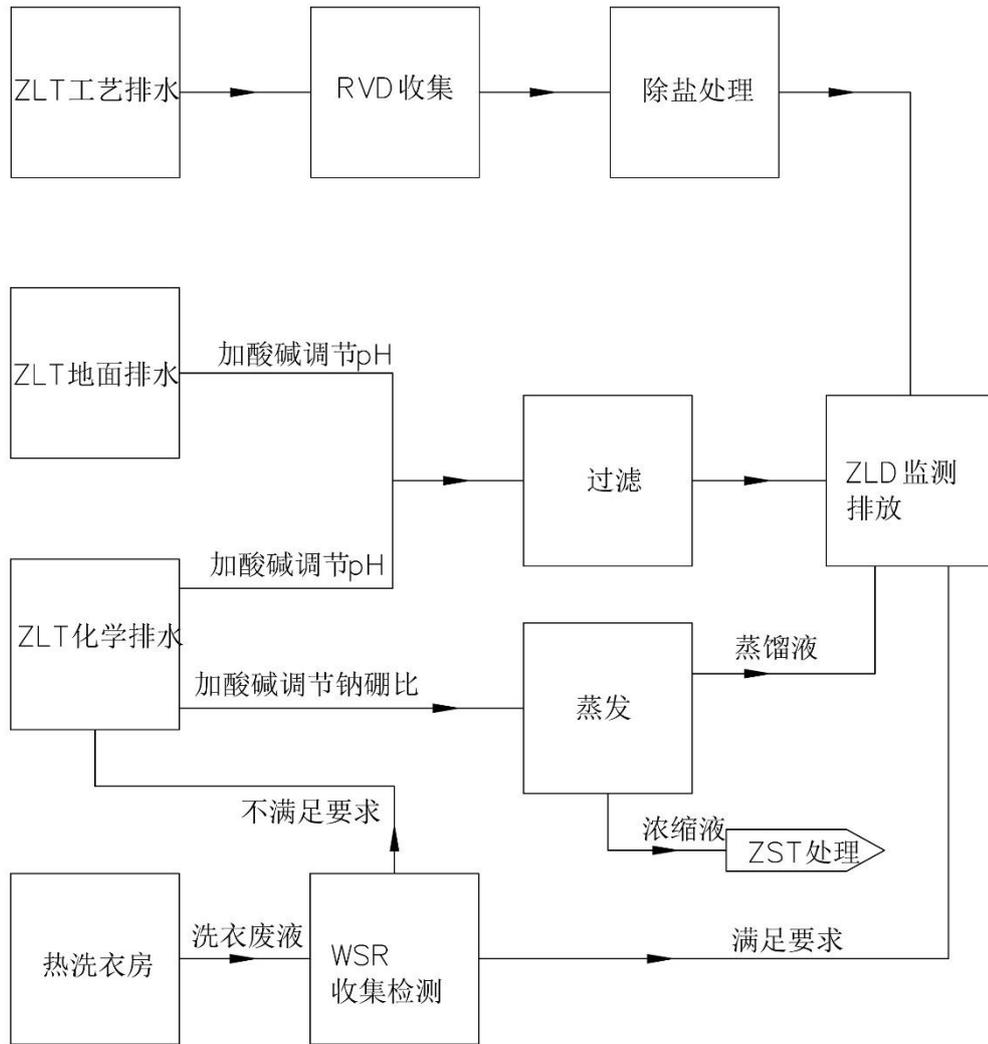
此外在除盐水的制取过程中还需加入其它一些化学物质，如聚合氯化铝，用于去除原水中的悬浮物；还原剂 NaHSO<sub>3</sub>，它用于除去进入反渗透系统中的余氯；阻垢剂，用于防止反渗透膜浓水侧结垢；氨水，用于调节混合离子交换器产水 pH。

循环水处理系统的功能为通过电解海水制取次氯酸钠溶液，向循环水系统、重要厂用水系统中投加次氯酸钠药液，防止海生物在设备、管道内和排放口繁殖，从而避免因繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。本工程的加药点设置在联合泵房，加药

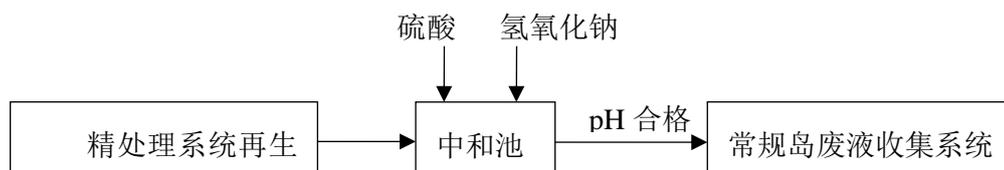
方式为连续投加，保证联合泵房入口水中次氯酸钠的浓度达到 1mg/L。

电解产生的次氯酸钠溶液储存于次氯酸钠储罐中，由次氯酸钠加药泵输送至-联合泵房。电解产生的氢气通过排氢风机排出至大气。

三废系统会排放少量化学物质。



凝结水精处理酸碱废水处理简易流程图如下：



#### 4.7.1.2 废水来源及排放

漳州核电厂 3、4 号机组排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

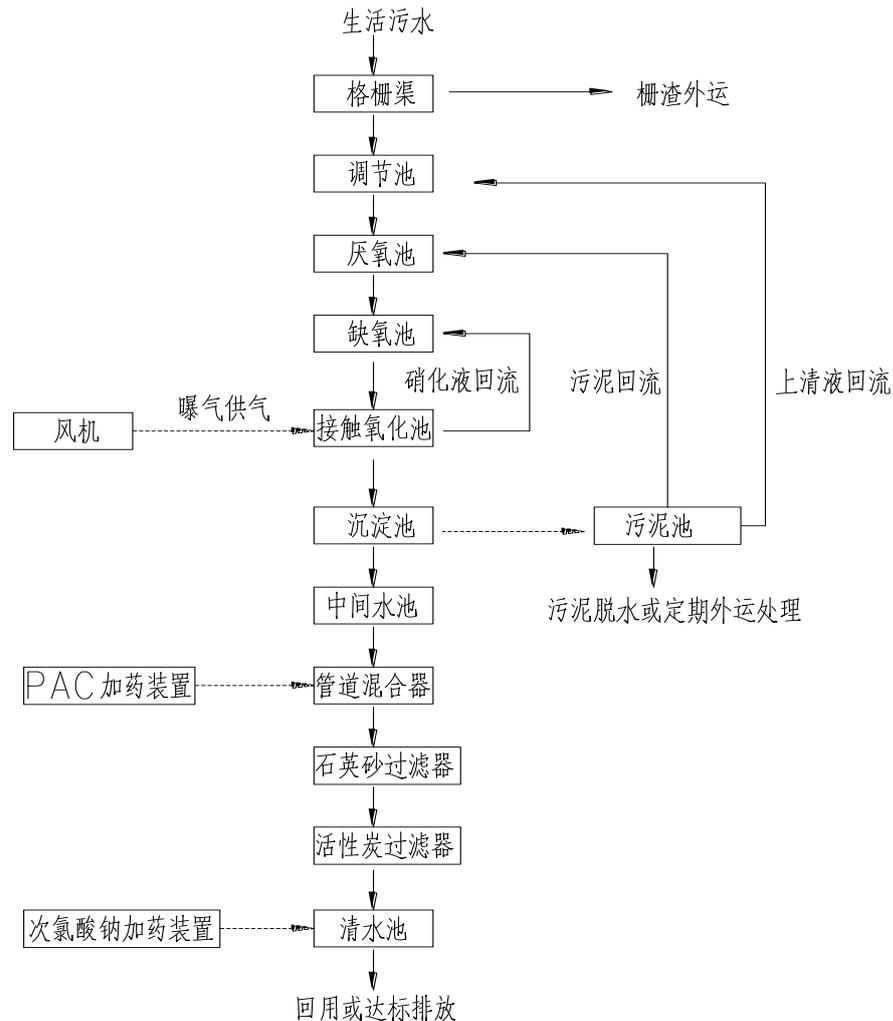
- 循环水处理系统；
- 除盐水生产系统；
- 厂址废物处理设施热洗衣房的排水；
- 核电站有关厂房液体流出物及系统排污水处理；
- 凝结水精处理系统；

#### 4.7.2 生活废物

福建漳州核电厂 3、4 号机组产生的生活废物包括非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾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 1.55 吨/天。

生活污水来自福建漳州核电厂 3、4 号机组厂前区、主厂区的各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备以及洗衣房等处的非放射性生活污水的排水。3、4 号机组主厂区的生活污水通过相应污水管网汇集至污水处理构筑物 2。生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海。污水处理构筑物 2 的设计规模为 450m<sup>3</sup>/d。福建漳州核电厂 3、4 号机组正常运行时生活污水产生量为 202m<sup>3</sup>/d，大修和启动时增加 202m<sup>3</sup>/d。生活污水处理站主要工艺流程图如下：



### 4.7.3 其他废物

#### 4.7.3.1 非放射性含油废水、废油

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至非放射性含油废水处理站。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m<sup>3</sup>/h，每套设备设计处理能力为 5m<sup>3</sup>/h。非放射性含油废水处理流程图如下：



·主要成份	UO <sub>2</sub>
· <sup>235</sup> U 富集度	
首炉装料	1.8%， 2.4%， 3.1%， 3.9%
平衡循环	4.45%， 4.95%
·每个燃料组件中燃料重量	约 460kg

根据 18 个月换料制以及每组 CF3 燃料组件含铀量约为 0.46 t 计，首循环堆芯装铀量约 81.42t,每台机组每次换料需装入约 33.12t 核燃料（铀）。

新燃料运输容器特性：

·货包类型	A（F）
·燃料组件装载后货包剂量率	
货包表面	$< 2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$
离货包表面 1 米处	$< 1 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

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，使用装载 21 组组件的乏燃料运输容器，2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB

11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

乏燃料运输的运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。如果后处理厂选在中核四〇四有限公司，运输方式拟采用陆路或公铁海联运的运输方式。如果选在沿海地区，待厂址确定后再确定运输方式及运输路线。

#### 4.8.3 放射性固体废物的运输

福建漳州核电厂 3、4 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 NX 和 QX 内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房和 QX 厂房的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到废物处理中心进行处理，产生的 200L 桶装废物用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废树脂、废活性炭的槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂通过软管输送过程发生放射性物质泄漏。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过  $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液收集在 QX 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，装有烘干盐的 200L 钢桶通过烘干盐桶屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用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 钢桶桶装废物用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。废过滤器芯和烘干盐桶屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个内置废滤芯定位装置的 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过  $2\text{mSv/h}$ ，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。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。

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 钢桶桶装废物通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。

福建漳州核电厂产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有烘干后的树脂和废活性炭、干燥后的浓缩液盐块的混凝土 HIC，装有水泥固定的废过滤器芯以及超级压实后水泥固定的杂项干废物的 200L 钢桶。厂外运输的是 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包。其中，表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$  的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$  的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。废物包的种类、总重量、数量、活度浓度、年总活度如表 4.8-1 所示。

计划每两年向规划中的放射性废物处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为福建漳州核电厂的固体废物暂存库，运输终点为规划中的放射性废物处置场。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。由于目前阶段处置场尚未确定，待处置场确定后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》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。

表 4.3-1 海水系统平均用水量

机组 编号	凝汽器冷却用水(m <sup>3</sup> /h)	辅助冷却用水(m <sup>3</sup> /h)	重要厂用水用水 (m <sup>3</sup> /h)	海水制氯用水 (m <sup>3</sup> /h)	冲洗用水 (m <sup>3</sup> /h)	总水量 (m <sup>3</sup> /h)
1	240460	6500	3800	200	600	251560
2	240460	6500	3800	200	600	251560
合计	480920	13000	7600	400	1200	503120



图 4.3-1 取排水工程方案布置图

## 第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

### 5.1 土地利用

- 5.1.1 施工建设对土地利用的影响
- 5.1.2 施工建设占用土地情况
- 5.1.3 施工活动对自然环境的影响
- 5.1.4 施工活动对社会环境的影响

### 5.2 水的利用

- 5.2.1 施工活动对水资源利用的影响
- 5.2.2 海域施工对水环境的影响
- 5.2.3 减轻施工过程对海域环境影响的措施
- 5.2.4 施工期监测

### 5.3 施工影响的控制

- 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施
- 5.3.2 施工扬尘的控制措施
- 5.3.3 施工噪声的控制措施
- 5.3.4 场地回填的控制措施
- 5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施
- 5.3.6 非放射性物质的控制措施
- 5.3.7 放射源的管理措施
- 5.3.8 设计地形地貌的改造措施
- 5.3.9 水土保持措施
- 5.3.10 施工期的节水措施
- 5.3.11 施工期监测

## 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临时和永久道路的建造、厂区土石方的开挖与回填、建构筑物的建造等陆域施工活动所产生的影响。

### 5.1.2 施工建设占用土地情况

本期工程 3、4 号机组用地 25.33 hm<sup>2</sup>。

### 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

本期工程使用的场地已在 1、2 号机组工程建设中进行过场地平整，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，对厂区周围生态是有利的。

#### 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，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境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，将根据现场施工情况采取相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也将采取相应的恢复措施，预计本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

#### 5.1.3.4 对大气环境的影响

施工过程中，由于负挖的爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

### 5.1.3.5 对声环境的影响

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。最近的居民点人家村距离 4 号反应堆 1.41km，距离较远，预计不会出现扰民现象。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

### 5.1.3.6 对水环境的影响

施工期间生产临建区（5、6 号机组冷却塔所在区域）、办公临建区（搅拌站区域）施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理。其他施工临建区视情况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建筑垃圾和生活垃圾。施工期间由指定的承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。

施工期间产生的危险废物主要包括：土建工程废物：废油漆桶；使用酸进行清洗产生的废酸液；显（定）影液；废弃机油、润滑油；失效油漆；废油漆桶。安装工程废物：丁醇、丙酮；废弃柴油、汽油；废弃机油、润滑油等；废显（定）影剂、胶片及废像纸；废腐蚀液、废洗涤液等；油漆桶；废弃的铅蓄电池；废电路板；废油漆；废酸。土建、安装施工产生的各类危险废物，分类临时存放，委托具有危废处理资质的单位统一外运处理。

因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

## 5.1.4 施工活动对社会环境的影响

### 5.1.4.1 对厂区周围历史古迹的影响

厂址半径 5km 范围内无省级以上文物古迹，建设活动对当地历史古迹及风景区没有影响。

#### **5.1.4.2 对风景名胜区的影晌**

厂址半径 5km 范围内没有风景名胜区及自然保护区。

#### **5.1.4.3 对居民生产生活的影晌**

本工程的建设将永久占用土地，所用土地均在辽宁徐大堡核电厂的拟征地范围内。厂址非居住区半径范围内没有居民点。对社会环境的影响十分有限。

本工程在建设期间需要大量的工程施工人员，这些外来施工人员进驻施工现场，并在该地区居住和生活，这将增加该地区的消费能力，增加当地居民的就业机会，一定程度上将促进该地区经济的发展，同时对当地居民的物价指数可能会带来一定影响。

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

#### （1）施工期用水

核电厂施工期用水主要为淡水，主要包括施工生产用水和施工生活用水。施工生产用水供给混凝土骨料清洗、生产、浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘、砌砖等施工用水。施工生活用水供给施工人员生活用水，其水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。

#### （2）施工期用水量

福建漳州核电厂 3、4 号机组施工期间施工生产用水最大日用水量为  $2215\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为  $550\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量为  $232\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为  $3304\text{m}^3/\text{d}$ 。

#### （3）供水水源

福建漳州核电厂 3、4 号机组施工期间所需的淡水由福建漳州核电厂淡水厂供给。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  $\text{m}^3$ ，97% 可供水量达  $2.13$  亿  $\text{m}^3$ ，在满足灌溉用水、生活生产用水及补充东山县用水外，尚有较富余水量，可保证核电厂的淡水用水量。

#### （4）施工期用水对周围水用户的影响

根据《漳州核电厂 3、4 号机组水资源论证报告书》（报批稿），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。本工程周围用水户淡水用水主要来自自来水厂和各自然村水井。因此，本工程施工期用水对周围用水户无影响。

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

目前 1、2 号机组取排水工程等海工构筑物正在实施建设。3、4 号机组与 1、2 号机组共用取水工程，排水工程考虑单独新建暗涵排水工程方案。

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自排水隧洞、排水头部、临时施工围堰等海工工程施工。海工构筑物的施工会造成厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域的环境造成一定的影响。

海域工程施工对水环境的影响主要表现为悬浮泥沙对海洋水质环境和生态的影响。工程施工将引起海域悬浮泥砂颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对

浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

### 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。

### 5.2.4 施工期监测

1、2 号机组工程施工期间已开展多次跟踪监测工作。中国水产科学研究院东海水产研究所于 2018 年 3 月完成了《漳州核电厂一期工程施工期海域环境监测及分析评价专题报告(最终稿)（2015-2017）》。经与本底数据初步相比，工程建设对海洋环境的影响主要表

现在海水水质、海洋生态方面，沉积物和海洋生物质量均符合第一类海水水质标准，变化不明显。

国家海洋局厦门海洋环境监测中心站于 2020 年 3 月完成了《福建漳州核电厂 1、2 号机组工程施工期海域环境监测及分析评价最终成果报告》。大部分水质参数均符合第一或第二类海水水质标准且浓度变化不大，且工程施工海域的悬浮物含量并未比外侧海域的含量发生明显增加。

现阶段已委托中国核电工程有限公司和青岛国茂环境检测有限公司开展福建漳州核电厂 1、2 号机组施工期海域环境监测及分析评价专题工作，并于 2021 年 8 月完成了《福建漳州核电厂 1、2 号机组工程施工期海域环境监测及分析评价中间成果报告（2020.08-2021.04）》。

### 5.3 施工影响的控制

本工程建设主要是场地平整、建构物负挖、运输等产生的噪声、粉尘以及施工安装等活动对周围环境的影响，为此需要采取一定的控制措施，以减少对环境造成的不利影响。

#### 5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

- 场地平整之前，先将具有肥力的地表土剥离并集中堆放，用于绿化；
- 严格按照设计要求进行施工；
- 土石方爆破应严格遵守《爆破安全规程（GB6722-2014）》的相关规定；
- 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- 控制土方爆破范围，不会影响循环冷却水取水地段的海域水文和海床条件；
- 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，避免水土流失；
- 雨季施工做好防护措施；
- 场地和边坡形成后，尽早进行绿化；
- 施工结束后，在全部厂址范围内，凡可进行绿化的用地均充分绿化。

#### 5.3.2 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。

#### 5.3.3 施工噪声的控制措施

为尽量减少对附近居民的影响，应总结前期施工降噪经验，用于本期工程施工建设中；应严格遵守土石方爆破《爆破安全规程（GB6722-2003）》的相关规定。施工期间将采取以下措施，确保将施工噪声控制在相关规定的限度内：

- 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。

#### 5.3.4 场地回填的控制措施

3、4 号机组工程施工期间没有大面积的场地回填工作。

#### 5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施

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。

施工期间生产临建区（5、6 号机组冷却塔所在区域）、办公临建区（搅拌站区域）施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理。其他施工临建区视情况设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。施工人员生活区设置在核电厂外，生活污水委托第三方清运。

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。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。

#### 5.3.6 非放射性物质的控制措施

对于需进行表面处理的设备、管道、钢材等，要求设备承包商在出厂前进行处理，必须要在现场处理的，由施工单位严格执行化学物品使用管理规定，对其使用量严格控制。

### 5.3.7 放射源的管理措施

施工期间主要用  $\gamma$  射线进行无损探伤检验及焊缝检查，依据国家颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，制订放射源管理制度。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

#### （1）放射源的使用

— 对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的，不得上岗；

— 施工期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时间要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作他用；

— 调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查；

— 根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收；

— 探伤作业前发布探伤通知，将探伤信息（包括探伤作业地点、警戒范围、时间等）告知各参建单位，避免发生误照射。在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查；

— 佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度；

— 为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

#### （2）放射源的贮存

— 放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品；

— 运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故；

— 放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库房外存放过夜或较长时间库外存放；

— 放射源存放在安全的房间或源库内，专设屏蔽厂房进行贮存，并对其防护墙根据最大辐照量进行计算，使工作人员和公众不会受到超限值的照射；

— 放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌，必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

### （3）放射源的处理

— 本项目产生的废源按采购合同约定的方式处理，优先考虑由供货方回收。

## 5.3.8 设计地形地貌的改造措施

— 严格按照设计要求进行施工；

— 选择合理的施工时间，尽量避开雨季施工。若不能避开，雨季施工应做好防护措施；

— 优化施工工序，对填方段新形成的不稳定边坡要及时护坡，避免长时间裸露，修建临时性排水沟以避免径流对场地的冲刷；

— 基础开挖的土、石方要集中堆放，并及时回填于需要填方的地点或指定场地，避免水土流失；

— 厂区施工中场地平整应与地下建筑施工相结合，统筹考虑，杜绝重复挖填，土石方运输避免乱流；

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

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

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

### 5.3.9 水土保持措施

#### 5.3.9.1 设计水平年

本期工程计划于2021年8月开始施工准备，至2028年4月完工，结合工程建设和运行的实际情况，本方案设计水平年确定为主体工程完工后的当年，即为2028年。

#### 5.3.9.2 水土流失防治责任范围

本期工程水土流失防治责任范围面积83.77hm<sup>2</sup>，其中永久占地面积27.75hm<sup>2</sup>，临时占地面积56.02hm<sup>2</sup>。

#### 5.3.9.3 水土流失预测

本期工程建设可能产生土壤流失总量约 40719t，新增土壤流失量约 38571t。项目建设可能造成水土流失的重点部位为厂区和施工生产区，发生的重点时段为施工期。

项目建设可能造成水土流失危害包括：加剧项目区水土流失、影响工程施工、影响临近海域水质、影响周边景观等。

#### 5.3.9.4 水土保持措施布设

根据水土流失防治责任范围内各部分地貌类型、主体工程布局、施工工艺以及水土流失特点等，本期工程水土流失防治区划分为厂区和施工生产区。

各防治分区的具体措施布设情况如下：

##### （1）厂区防治区

施工过程中，在本期工程主厂房区北侧和东侧沿道路一侧设置临时浆砌石排水沟，与厂区已有排水沟连接。施工后期，在本期工程厂区沿四周设置雨水管和雨水口；在厂区保护区围栏内铺设碎石。施工结束后，对可绿化区域进行表土回覆和全面整地，采取乔灌草结合的方式进行景观绿化。

##### （2）施工生产区防治区

施工过程中，在规划的 5、6 号机组北侧及沿施工道路一侧设置临时浆砌石排水沟；在临时堆土（石）料场周围设置临时干砌块石挡墙、土质排水沟、堆顶及堆面采取彩条布苫盖防护，出口设简易沉砂池。施工结束后，对施工生产区恢复植被区域进行表土回覆和全面整地，采取栽植灌木和撒播草籽的方式进行植被恢复。

#### 5.3.9.5 水土保持监测

监测的主要内容包括：水土流失自然影响因素、扰动土地情况、水土流失状况、水土流失防治成效、水土流失危害等。

水土保持监测时段为 2021 年 8 月~2028 年 12 月，监测时段总计 89 个月。监测方法主要采用地面观测、实地调查测量、遥感监测、资料分析和巡查调查监测相结合的方法进行监测。

本工程共设置水土保持定位观测点位 9 个，其中厂区 3 个，施工生产区 6 个。

### 5.3.10 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，降低了用水量。
- 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。

### 5.3.11 施工期监测

#### 5.3.11.1 大气环境

根据中国核电工程有限公司 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组施工期大气环境监测分析及评价方案研究报告》。

结合施工进度计划，按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期选择当季施工强度最大、大气污染最为严重的时段进行一次施工期环境空气质量监测，特别是在负挖、爆破施工比较频繁、大型施工车辆使用频率较高的施工阶段，可根据现场施工情况调整监测安排，适当增加监测频次，如改为每 2 个月进行一次监测。每次连续监测 7 天，实际监测时间应根据现场施工进度及其对环境影响的程度对每个季度的现场监测时间做灵活安排。

#### 5.3.11.2 声环境

根据中国核电工程有限公司 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组施工期噪声监测分析及评价方案研究报告》。

结合本项目施工进度计划，按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期选择当季施工强度最大、噪声污染最为严重的时段进行一次施工期噪声监测，特别是在负挖、爆破施工比较频繁、大型施工车辆使用频率较高的施工阶段，可根据现场施工情况调整监测安排，适当增加监测频次，实际监测时间会根据现场施工进度及其对环境影响的程度对每个季度的现场监测时间做灵活安排。

## 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物的影响

### 6.2 正常运行的辐射影响

- 6.2.1 流出物排放源项
- 6.2.2 照射途径
- 6.2.3 计算模式与参数
- 6.2.4 大气弥散和水体弥散
- 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度
- 6.2.6 公众的最大个人剂量
- 6.2.7 非人类生物的辐射剂量
- 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径
- 6.2.9 辐射影响评价

### 6.3 其它环境影响

- 6.3.1 化学污染物的环境影响
- 6.3.2 其它污染物的环境影响

### 6.4 初步退役计划

- 6.4.1 概述
- 6.4.2 退役策略
- 6.4.3 退役计划的制定
- 6.4.4 退役方案简述
- 6.4.5 便于退役的考虑
- 6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理
- 6.4.7 退役费用的考虑
- 6.4.8 退役管理设想
- 6.4.9 结论

**表**

表 6.2-1 气态途径核素剂量转换因子

表 6.2-2 气态途径元素浓集因子和转移系数

表 6.2-3 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.2-4（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 6.2-4（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 6.2-4（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 6.2-4（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 6.2-5 本工程气载流出物排放的各核素通过各途径对关键居民组剂量的贡献

表 6.2-6 本工程液态流出物排放的各核素通过各途径对关键居民组剂量的贡献

表 6.2-7 本工程气液态综合排放的各核素通过各途径对关键居民组剂量的贡献

表 6.3-1 福建漳州核电厂 3、4 号机组与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

**图**

图 6.1-1 取排水工程方案平面布置图

## 6.1 散热系统的环境影响

### 6.1.1 散热系统方案

漳州核电厂 3、4 号机组工程规划两台百万千瓦级压水堆核电机组，拟采用直流冷却方式，利用东山湾海域作为热阱，每台机组的冷却水量约为  $70\text{m}^3/\text{s}$ ，与 1、2 号机组共用取水明渠，排水工程考虑单独新建暗涵排水工程方案。

取排水总体方案是根据目前厂址工程水文研究资料，并结合厂址的实际地形情况和环境条件，经温排水的水力、热力特性和对电厂取水温升以及取水安全、土石方平衡、施工等多方面进行综合比较确定。取排水总体布置方案详见图 6.1-1。

取水工程采用明渠取水方案，由取水明渠北导流堤、取水明渠南导流堤、护岸及开挖渠道组成。取水明渠布置在厂址东侧，取水口门位于厂区东侧深槽附近水深约  $-7\text{m}$  的区域，明渠底标高开挖至  $-6.8\text{m}$ ；明渠设计底标高  $-6.8\text{m}$ ，明渠底宽约  $120\text{m}\sim 150\text{m}$ 。取水明渠北导流堤、取水明渠南导流堤、护岸均采用抛石斜坡堤结构型式。

根据现阶段海域使用论证情况，3、4 号机组考虑单独新建暗涵排水工程方案。漳州 3、4 号机组排水工程为暗管排水方案，排水口位置选择在厂址东南侧  $-6.0\text{m}$  等深线位置。每台机组设置一条排水隧洞，隧洞内径约为  $6.5\text{m}$ 。3 号机组排水隧洞长  $5215.7\text{m}$ ，其中陆域段长  $557.5\text{m}$ ，海域段长  $4658.2\text{m}$ 。4 号机组排水隧洞长  $5244.5\text{m}$ ，其中陆域段长  $557.5\text{m}$ ，海域段长  $4687.0\text{m}$ 。

### 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特殊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) 与 1、2 号机组取排水相比，3、4 号机组取排水工程方案实施后，取水明渠内及口门处平均流速增加  $0.05\sim 0.1\text{m/s}$ ，最大流速增加  $0.05\sim 0.17\text{m/s}$ 。3、4 号机组排水口不会对东山湾深槽和航道水动力有明显影响，主要影响排放口南北两侧  $1.5\text{km}$  左右范围，宽度与两端排放口距离相当。

(2) 一般天气条件下，漳州核电厂区、取排水工程建成后，取水明渠外深槽区、取水明渠南、北堤头外、排水口有所冲刷，取水明渠南北两侧滩面、排水明渠西侧滩面有所淤积，平均年淤积  $0.02\sim 0.1\text{m/a}$  左右。

(3) 冲淤平衡状态下，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  $0.2\sim 1.5\text{m}$ ，南侧滩面淤积  $0.2\sim 2.5\text{m}$ ，排水明渠西侧滩面淤积  $0.2\sim 0.8\text{m}$

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 0.2~0.5m，其中淤积 0.5m 范围约 250m。

### 6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排放对取水口温升及厂址附近海域的影响，委托中国水利水电科学研究院开展了温排水三维数模研究。根据温排水数模结果，1-4 号机组共同运行工况下：

a) 温排水影响区主体集中在“中水道”西侧，温度场形态总体呈现楔形分布。1、2 号机组和 3、4 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、4 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、4 号机组排水口附近 1℃（含 1℃）以上温升影响区呈现分离状态。

b) 1~4 号机组共同运行工况下，夏季半月潮条件下 3、4 号机组排水口附近 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 0.35km<sup>2</sup>，1℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 16.51km<sup>2</sup>；冬季半月潮条件下 3、4 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>，2℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 2.74km<sup>2</sup>。

c) 由于电厂取水明渠的阻挡作用，温排水向北上溯的影响范围较小，冬、夏季半月潮条件下，温排水 1℃温升线不会影响到漳江口红树林保护区、东山珊瑚礁自然保护区。

## 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

3、4 号机组营运期对海洋生物的卷载效应（*entrainment*），其定义为电厂取、排水过程对于水体中能通过滤网系统而进入冷凝器的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类幼体造成的损害。

3、4 号机组取排水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取排水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类幼体产生伤害，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

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。

### 6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

### （1）对保护区的影响

厂址所处的东山湾有 2 个保护区。东山湾湾顶，漳江入海口处有福建漳江口红树林国家级自然保护区，东山湾湾口处有福建省东山珊瑚礁海洋自然保护区。根据温排水三维数模计算结果，在 1~4 号机组共同运行工况下，1℃温升均未影响到上述 2 个保护区。

### （2）对海洋生态环境的影响

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，热排放对邻近水域鱼类的产卵活动产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。鱼类一般避开温升 1.0℃以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0℃）产卵。

综上所述，在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃的范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，其他海域，由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

### （3）对水体赤潮发生的潜在影响

赤潮的发生机理复杂，在化学、生物和物理三个方面的条件同时具备时才会可能发生。有关研究表明，水体温度升高会促进有机物的分解，使水体中营养盐浓度增高，同时，会造成水体中浮游植物繁殖加快，尤其是喜温的蓝、绿藻等，进而可能导致赤潮的发生。但温排水导致温度升高对赤潮爆发的其他条件影响有限，赤潮的发生与温度升高没有必然的联系，从水体高温的东南亚海域，到水体温度较低日本近海、法国近海、纽约湾都有赤潮发生。赤潮发生一般在春夏之交，可见，高温的夏季，低温的冬季都不是赤潮发生的季节。水温升高诱发赤潮爆发的可能性较小。

另外，我国核电厂和火电厂现有实际运行和现场监测表明，没有发现电厂正常运行期间向海域排放的温排水与赤潮的产生有直接的联系，没有证据表明核电厂的温排水对赤潮的发生有直接的诱发作用。

### （4）对海水养殖业的影响

温排水在不同季节对养殖的影响不同，有有利的一面，也有不利的一面，有直接影响，也有间接的影响。目前海域使用论证工作已取得预审意见，核电厂将来会按照海域使用行

政许可的要求对周边海域的养殖场进行补偿、征收等工作。

## 6.2 正常运行的辐射影响

### 6.2.1 流出物排放源项

#### (1) 气载流出物排放源项

本工程两台机组运行状态下，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）规定的气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.15E+14	1.20E+15	9.58%
碘	1.41E+09	4.00E+10	3.53%
粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	1.87E+08	1.00E+11	0.19%
氡	9.20E+12	3.00E+13	30.67%
碳-14	7.32E+11	1.40E+12	52.29%

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。

漳州核电厂 1-4 号机组（华龙一号）运行状态下，四台机组的排放量控制值为厂址控制值的 2/3，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	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	4 台机组总排放量设计值 Bq/a	4 台机组排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.17E+14	1.15E+14	2.32E+14	1.60E+15	14.50%
碘	1.92E+09	1.41E+09	3.33E+09	5.33E+10	6.25%
粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	1.40E+08	1.87E+08	3.27E+08	1.33E+11	0.25%
氡	9.02E+12	9.20E+12	1.82E+13	4.00E+13	45.55%
碳-14	7.32E+11	7.32E+11	1.46E+12	1.87E+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) 液态流出物排放源项

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

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台排放量控制值 Bq/a	比值
氡	9.20E+13	1.50E+14	61.33%
碳-14	5.38E+10	3.00E+11	17.93%
其余核素	1.42E+10	1.00E+11	14.20%

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。

漳州核电厂 1-4 号机组（华龙一号）运行状态下，四台机组的排放量控制值为厂址控制值的 2/3，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	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	4 台机组总排放量设计值 Bq/a	4 台机组排放量控制值 Bq/a	比值
氚	9.02E+13	9.20E+13	1.82E+14	2.00E+14	91.10%
碳-14	5.38E+10	5.38E+10	1.08E+11	4.00E+11	26.90%
其余核素	3.06E+10	1.42E+10	4.48E+10	1.33E+11	33.68%

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，漳州 3、4 号机组核岛及 BOP 的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 399.01Bq/L，在现实工况下为 63.40Bq/L，均满足 GB6249-2011 规定的排放控制值的要求。

## 6.2.2 照射途径

### （1）气态途径

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

### （2）液态途径

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

本工程所在厂址为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌溉的照射途径不予考虑。

## 6.2.3 计算模式与参数

### （1）气态途径

在计算气载流出物在大气中迁移和弥散时，使用了中国辐射防护研究院编制完成的《福建漳州核电厂厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析成果报告（2020.5~2021.4）》中给出的 70m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，扩散参数采用根据现场大气扩散试验研究的推荐值。

剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐

射源安全基本标准》（GB18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9，见表 6.2-1；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，见表 6.2-2。居民人口分布、食谱、生活习性数据详见本报告第二章 2.2 节和 2.3 节。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

## （2）液态途径

在计算运行状态下液态流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：食入有效剂量转换因子采用 GB 18871-2002 中的数据；地表沉积和水中浸没剂量转化因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993）；核素的 Kd 系数采用 IAEA 安全丛书 19 号报告的数据，各数据见表 6.2-3。

### 6.2.4 大气弥散和水体弥散

#### （1）大气弥散

根据中国辐射防护研究院编制完成的《福建漳州核电厂厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析成果报告(2020.5~2021.4)》，厂址附近以中性（D 类）天气为主，频率为 51.0%，不稳定的 A、B、C 三类天气的频率总和为 39.0%，稳定的 E、F 类天气频率总和为 10.1%。

厂址处于东山湾西岸，场地相对比较开阔，对气载流出物在大气中迁移和扩散有利。

年均大气弥散因子范围为  $2.36\text{E-}10\text{ s/m}^3\sim 2.42\text{E-}06\text{ s/m}^3$ 。

相对干沉积因子范围为  $1.05\text{E-}12\text{ m}^{-2}\sim 5.06\text{E-}08\text{ m}^{-2}$ 。

相对湿沉积因子范围均为  $2.94\text{E-}13\text{m}^{-2}\sim 1.50\text{E-}09\text{m}^{-2}$ 。

#### （2）水体弥散

中国水利水电科学研究院根据最新的取排水方案对不同工况下液态流出物在受纳海域稀释扩散情况进行了数模模拟。根据计算结果推荐了厂址附近海域各半径范围内全潮平均相对浓度。在液态剂量计算中各类核素的海水稀释因子选取最不利潮型—夏季典型小潮的相应结果。

### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 76.5m 的烟囱排入大气。气载流出物中的放射性核素经大气弥散作用后，在厂址半径 80km 范围内各子区空气中的年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 SSW 方位半径 0~1km 处，几种代表性核素的年均放射性活度浓度最大值分别为  $1.02\text{E-}06\text{Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $6.17\text{E-}05\text{Bq/m}^3$ （I-131）、 $1.40\text{E-}01\text{Bq/m}^3$

（Kr-85）。

本工程运行状态下，液态流出物排放是按照间歇排放方式进行的，液态流出物以槽式排放的方式与冷却水混合后排出。根据排放源项与排放参数计算得到的核电站总排放口处的放射性核素浓度（只考虑液态流出物与冷却水完全混合后的浓度）可知，本工程运行状态下排放海域的海水水质满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的放射性指标要求，即使考虑排放海域内放射性本底与核电站液态流出物排放的叠加效应，放射性核素的浓度也均符合 GB3097-1997 中相应的放射性指标要求。

### 6.2.6 公众的最大个人剂量

#### （1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $5.07\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $4.95\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $4.80\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $4.02\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

#### （2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为  $3.66\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $4.58\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.94\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.65\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

#### （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  $4.16\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $5.08\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.42\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $7.67\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。

4 台机组运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $8.07\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.02\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $7.16\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.63\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为  $1.02\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的 4.09%。其中气态途径剂量为  $1.20\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径剂量为  $9.04\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。

### 6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算漳州核电站 3、4 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站 1-4 号四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体的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、媒介、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

#### 6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

##### （1）漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

##### （2）漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-2}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

#### 6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

##### （1）漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

##### （2）漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，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，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

### 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

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  $9.47\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.19\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $8.17\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.21\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 NNW 方位 1~2km 处，此处居住的是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  $1.19\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，其中气载途径所致的剂量为  $1.51\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为  $1.04\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。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  $8.10\text{E-}02\text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

气态途径的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 65.49%；其次为地面沉积外照射途径，约占气态途径总剂量的 25.90%；吸入空气内照射和空气浸没外照射途径分别占气态途径的 5.48%和 3.15%。气态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占气态剂量的 51.20%；其它贡献较大的核素为 H-3、Co-60 和 Cs-137，分别占气态途径总剂量的 19.30%、11.20%和 8.80%。

液态途径的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，占液态途径总剂量的 99.95%，其次为岸边沉积外照射途径，约占液态途径总剂量的 0.05%。液态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 67.40%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 I-131，占液态途径总剂量的 16.82%和 5.02%。

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  $1.04\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 87.28%；其次为气载途径的食入农牧产品内照射途径，占气液态总剂量的 8.30%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $7.77\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 65.36%；另外，Co-60 和 I-131 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 16.11%和 4.39%。

4 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $1.57\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.93\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.37\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $4.35\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城内村的村民，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $1.93\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。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  $1.55\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 80.00%；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 12.87%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $1.24\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 64.32%；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

的 16.34%和 4.79%。

### 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 3、4 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；
- 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

循环水处理系统的功能为通过电解海水制取次氯酸钠溶液，向循环水系统、重要厂用水系统中投加次氯酸钠药液，防止海生物在设备、管道内和排放口繁殖，从而避免因繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。加药点设置在联合泵房，加药方式为连续投加，保证联合泵房入口水中次氯酸钠的浓度达到 1mg/L。

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，余氯浓度降到很低。

根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为 0.1mg/L 时，鱼的种类多样性指数下降 50%。根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为 0.05mg/L 时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于 0.3mg/L 时初生组织将完全受到抑制。浮游动物对氯化作用敏感性则较差，余氯浓度为 0.3mg/L 左右时，幼鲈的不孵化率为 36%，浓度为 0.05mg/L 时仅为 1%。可见，余氯浓度大于 0.05mg/L 时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所

致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。由于相关报告尚未完成，余氯的影响具体范围尚未确定。海水水量丰富，扩散稀释能力较好，根据经验初步判断余氯不会对受纳水体产生明显影响。

### 6.3.1.3 凝结水精处理系统

此类废水中的化学物质是精处理再生处理过程产生的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ （当碱化剂采用氨时）、乙醇胺硫酸盐（当碱化剂采用乙醇胺时）和 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 。

为了满足福建漳州核电厂 3、4 号机组的运行需要，本工程精处理再生处理过程中投加 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{NaOH}$ ，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生过程产生的废水排入废水中和池内，通过注入酸、碱及空气搅拌中和使废水 pH 值达到 6~9，然后通过排水泵送到常规岛废液收集系统。经处理，排入环境中的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、乙醇胺硫酸盐、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 盐溶液与海域内天然含盐量相比不高，且《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中对含盐量没有限制。

## 6.3.2 其他污染物的环境影响

### 6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程其它生产废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准，排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

福建漳州核电厂 3、4 号机组主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至新建的污水处理构筑物 2，经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海。部分与厂区距离较远的施工临建区的生活污水由施工承包商处理后排放，排放水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准。

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尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

### 6.3.2.2 噪声的影响

根据 Cadna/A 程序进行噪声的预测计算漳州核电厂 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)。因此，漳州核电厂 3、4 号机组运行后，声源对各厂界的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定 3 类标准限值，即昼间 65 dB(A) 和夜间 55 dB(A)。

综上所述，漳州核电厂 3、4 号机组运行后，对厂址周围声环境质量影响满足标准要求。

### 6.3.2.3 电磁辐射影响

福建漳州核电厂 3、4 号机组将与 1、2 号机组共用已建的 500kV 开关站，根据 HJ 24-2020 标准要求，采用类比法和已运行的田湾 1-4 号机组共用的 500kV 开关站、5-8 号机组共用的 500kV 开关站的电磁辐射强度和分布的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

本工程 500kV 开关站与田湾核电站现有开关站比较内容见表 6.3-1。

田湾核电厂厂址区域 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。

距离福建漳州核电厂厂址最近的自然村位于厂址 NNW 方位 1.3km 处，此处工频电场强度监测值为 0.1V/m，工频磁场监测值为 0.0119 $\mu$ T。工频电场及工频磁场监测值均小于田湾核电厂所有工频电场/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。

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 3、4 号机组建成投运后 500kV 开关站对周围环境的电磁辐射影响也能够满足国家相关标准的要求。

### 6.3.2.4 固体废物的影响

运行期产生的固体废物对环境的影响主要来源于除盐水处理过程中废弃的离子交换

树脂、生活污水处理过程中产生的污泥及危险废物。

除盐水生产工艺设计采用反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经除盐水生产工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

除盐水生产过程中废弃的离子交换树脂等，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。经除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

生活污水处理过程中产生的污泥经脱水后将泥饼外运处理。

本工程运行期产生的各类危险废物集中分类暂存后，委托有资质的单位对危险废物进行外运处理。

因此，运行期间产生的固体废物不会对附近区域的环境质量造成明显影响，是可以接受的。

## 6.4 初步退役计划

### 6.4.1 概述

对核电厂来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括源项调查、去污、厂内设备和系统的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废物进行处理、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对福建漳州核电厂 3、4 号机组将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

### 6.4.2 退役策略选择

目前国际原子能机构推荐的退役策略分为两种：立即拆除和延迟拆除。

- 1) 立即拆除是将被放射性污染的设备、结构和设施的污染部分移除或者去污至允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用水平的策略。在这种情

况下，退役执行活动在运行停止后的短时间内就开始进行。这个策略隐含指出退役项目应该立即完成，包括将设施中的所有放射性材料移除至另一个新的或者已经存在的有资质的设施中进行长期贮存或者处置。

- 2) 延迟拆除是将设施被放射性污染的部分处理或者放置在一定条件下一段足够的时间，直到可以进行后续的去污和/或拆除等操作，从而最终达到允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用的策略。

福建漳州核电厂 3、4 号机组在设计中充分考虑了各退役策略的退役方案的需求，使得对拆除技术和辐射防护水平要求相对较高的立即拆除策略的实现成为可能。如果采取延迟拆除的策略，需要注意在封存期间保证足够的监护措施，确保设施安全。而封存之后的拆除由于放射性在一定程度上的衰变，可能会带来拆除技术上的简化。

综合比较各策略并考虑到国际上退役领域的发展趋势以及退役拆除技术的水平，在具备废物管理能力，存在便于退役开展的设计考虑，保护工作人员，国家政策支持及充足的资金保证，退役技术的不断发展等方面可以证明，福建漳州核电厂 3、4 号机组退役选择立即拆除的退役策略是合适的。

### 6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部门要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。核电厂退役计划分三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。其中安全分析和环境影响评价是退役计划安全实施的关键。

#### 6.4.3.1 初始退役计划

初始计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期间需使用的现有设施、系统和设备。

#### 6.4.3.2 中期退役计划

核电厂运行期间需要对初始退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计划（若发生重大事故时应立即制定）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计划的系统和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

#### 6.4.3.3 最终退役计划

核电厂安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文

件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

#### 6.4.4 退役方案简述

##### 6.4.4.1 退役方案

福建漳州核电厂 3、4 号机组的退役，考虑需要经历安全关闭——厂房内放射性物项拆除——建（构）筑物去污、拆毁——场址清理等几个主要步骤，下面对退役方案简要介绍如下：

在安全关闭阶段进行必要的系统倒空、系统串洗等工作，有效降低待拆除物项的放射性水平。

退役拆除阶段，按照退役方案中确定的退役顺序，对存在放射性的厂房内物项进行拆除。拆除时对于放射性水平较高的部件采取远距离遥控或水下解体的拆除方式；对于大型设备，可将其移至新建废物处理设施进行解体，尽量选择冷切割工具，当冷切割不能满足切割要求时，辅以热切割方式，并在热切割工位旁设置移动式通风装置，为了减少人员辐照剂量或降低工作人员劳动强度，可选择使用机器人或自动切割设备进行切割拆除等操作；对于轻微污染的设备，经必要的擦拭去污后进行拆除，经检测达到解控标准后暂存，经审管部门认可后解控；对于电缆及其架桥等物项，经表面擦拭去污后，送至新建废物处理设施进行剥离等处理，达到解控标准的可解控。

当厂房内物项全部拆除完毕后，对建（构）筑物墙、地面的放射性进行调查，根据调查结果制定相应的去污方案。最后对整个厂房建（构）筑物进行表面去污，直至解控。

最后，当厂房全部去污完毕后，进行场址清理工作，对场址内污染地面的土壤进行分类收集。根据退役目标对建（构）筑物进行拆毁，并对污染土壤进行清理直至达到退役目标值。

##### 6.4.4.2 环境本底辐射水平调查

本厂址的环境本底辐射水平调查需要在首堆建造前完成，根据国家相关标准的要求，福建漳州核电厂 1、2 号机组首次装料前，必须完成环境本底辐射水平调查，至少应获得最近两年的调查数据。本底调查包括环境 $\gamma$ 辐射、陆地环境介质监测和海洋介质监测。环境 $\gamma$ 辐射的监测范围为以反应堆厂房为中心，半径 50km 范围内，其余陆地环境介质的监测项目一般取 20~30km，海洋介质的监测范围为排放口为中心，半径 10km 范围内。主要监测内容为：

- (1) 厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；
- (2) 两年本底调查的环境放射性监测项目，主要包括以下几类：
  - 环境 $\gamma$ 辐射： $\gamma$ 辐射剂量率瞬时定点测量； $\gamma$ 辐射累积剂量测量。

- 陆地介质：大气及沉降物、土壤和底泥以及陆生生物
- 海洋介质：海水、海洋沉积物、海洋生物

(3)  $^{14}\text{C}$  本底调查的项目，主要包括以下几类：

- 陆域介质：水、生物
- 海洋介质：海水、生物

#### 6.4.4.3 退役废物管理

在福建漳州核电厂 3、4 号机组退役过程中，应根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）、《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）等废物管理相关标准的规定对各类废物进行分类，并进行相关的处理处置工作。

##### (1) 放射性固体废物

对退役过程中产生的高放废物进行包装和暂存，最终进行深地质处置；中放废物根据其材质及放射性水平分别装入标准容器内，送新建废物处理设施进行检测、处理、整备，最终送中等深度处置场处置；低放废物进行收集及必要包装后，送至新建废物处理设施进行处理整备，最终可以在具有工程屏障的近地表处置设施中处置；极低放废物根据其材质及放射性水平分别进行收集和包装，经检测送至极低放填埋场填埋。

##### (2) 放射性液体废物

系统倒空、系统串洗过程中产生的放射性废液，用原废液处理系统进行处理。

设备离线去污产生的废液，通过去污设施内配建的废液处理系统进行处理。

退役过程中工作人员产生的洗澡水等放射性水平较低的废液，利用原有系统进行收集、处理及最终排放；当原有系统拆除后，利用新建的废物处理设施的相关系统进行收集、处理和排放。

##### (3) 放射性气载废物

退役过程中，放射性气载废物产生于使用热切割工具的拆除过程和对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房原有的通风系统。

#### 6.4.5 便于退役的考虑

目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来

核电厂的退役进行充分考虑。尽可能在场址选择、总图布置、材料选择、系统设备布置等方面考虑利于退役的因素，以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，从退役废物产生源头进行控制，贯彻废物最小化原则，有效减少退役施工难度和费用。

福建漳州核电厂 3、4 号机组在最初设计时考虑了将来退役的便利性，并遵循以下原则：

- 1) 任何为方便退役所采取的设计措施，都应符合现有国家法规和标准的要求。
- 2) 方便退役的措施应遵循放射性废物最小化的原则。
- 3) 对材料选择、系统和设备、厂房布局和设备布置的设计，应方便去污、拆除，方便退役操作、设备的转移。
- 4) 为核电厂退役而考虑的措施，应避免与设施安全可靠运行及维护等主要目的相互抵触。
- 5) 必要时进行利益代价分析，确保方便退役措施的合理性。

#### 6.4.5.1 材料选择

在核电厂设计建造期间，为便于今后核电厂的退役和拆除，在材料选用上采取了必要的措施，如：

- 反应堆运行中，易活化材料造成的辐射剂量直接影响反应堆退役时工作人员的受辐照水平，设计上对与反应堆冷却剂接触的材料种类及杂质含量进行了严格控制，特别是易活化元素如钴、铯等都严格控制其使用范围，同时对容易进入食物链的银元素杂质含量也提出了控制要求。
- 考虑在可能受到污染的区域避免使用多孔渗水材料（非惰性材料）。
- 尽量减少使用可能有害的物质，如腐蚀性物质、有毒物质、易燃金属等。
- 设计中考虑可循环利用材料的可回收性，不仅对受到污染或活化的区域以外使用的材料进行回收，在一定条件下也对区域内的材料进行回收。

#### 6.4.5.2 主要系统和设备设计

##### 1) 易清洁性

为了减少污染积累和方便去污，系统设备、管道及部件选用耐腐蚀、易清洁去污的材料。例如与放射性废液接触的设备一般采用不锈钢材料。贮槽及其他设备设计尽量采用了简单设计，避免设备有较复杂的内部构件以减少可能的放射性物质的沉积。

接触和处理放射性液体的系统管道在设计上尽量减少弯管存在和避免液封存在，减少了放射性物质的沉积。并且管道尽量采用焊接，尽量减少法兰、接头及弯头等可能造成放射性物质沉积部件的使用。管道设有足够的坡度，并且管道设有疏排管线以保证管道内液

体的排空。

## 2) 可拆除性

核岛内工艺设备在核岛厂房内的安装位置、安装方式以及安装路径均由核岛设备运输安装路径文件规定。退役期间可以参考核岛设备运输安装路径文件对涉及的核岛工艺设备进行整体拆除、吊运出核岛厂房，或根据设备实际状况进行合理的拆除方案。

### 6.4.5.3 系统设备布置

- 大部分的放射性阀门和设备被集中布置在单独的隔间内实现实体隔离，将放射性尽量集中到某一处，方便快速集中处理。
- 为便于操作位于放射性控制区的阀门，设置必要的阀门远传装置。
- 设计时考虑了设备运输通道、吊装设备以及检修空间，这些都有利于退役时设备的拆除。
- 反应堆厂房设置有大型设备安装洞，方便拆除大设备时使用。
- 输送反应堆冷却剂或其它放射性液体管道尽量减少产生死区，以防止系统中杂质的沉积。尽可能缩短放射性管道长度。
- 管道保温材料采用易于拆除的结构型式。

### 6.4.5.4 限制系统污染主要采取了以下措施：

- 在设计阶段划分辐射分区，识别在正常和事故情况下可能受到污染的区域，放射性系统和非放射性系统分开布置。
- 放射性废液储罐所在房间设置滞留池，防止废液漫延。
- 所有带有放射性的房间地面在设计时均设计有一定的坡度，在地面的最低点设置有集水疏水地漏，通过专门的系统管线将废水收集到一起集中处理。
- 系统管道设置合理的坡度及疏水阀，保证实现系统的完全疏水。

### 6.4.5.5 便于房间和设备去污的布置

- 反应堆厂房内层安全壳内侧衬以碳钢衬里，大大方便了该厂房的清洁作业和后续拆除。
- 所有带有放射性的房间墙面、地面以及天花板均采用耐辐照的涂层，这种表面涂料可以方便去污和清除，而且可以防止污染下层的混凝土表面。
- 所有的水下壁面均提供涂层或不锈钢覆面设计，保证废水不会对混凝土造成污染，这些混凝土可以重复使用。换料水池和乏燃料水池均设置了不锈钢覆面。
- 采取措施防止设备表面污染物沉积；设备周围设置足够空间，方便去污操作。

### 6.4.5.6 便于拆除阶段人员进出的措施

- 主要设备周围均设置通行区域，可以快速的将设备拆除运走，放射性装备均有专门的运输路径，在拆除时可以按照设计好的路径快速移除。所有这些措施都可以大大减少人工操作时的辐照水平和操作时间。
- 为运行和检修设计的人员通道，可在退役阶段使用。

#### 6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：核电厂设计、竣工文件，所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在核电厂运行的几十年期间，因核电厂的变更和改进，这些文件与核电厂的真实状况的吻合性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。相对应的措施包括：

- 从设计和竣工文件中转化的机组基准文件应该随时更新；
- 应确保在核电厂寿期内这些文件的可用性。必须采取措施防止数据丢失（例如，保存副本）；
- 应记录可能对未来有影响的非常规事件（如，有关污染物溢出或泄漏的信息）。

需要采取措施来确保可以储存和查阅的退役所需的文件，主要包括：

- 与运行相关的图纸和图表；
- 对于选择性操作，允许使用和修改设备和建（构）筑物的其他文件；
- 照片和录像（有字幕、日期和注释），有利于说明设备的组装和安装，土方工程和埋入地下的部分结构的施工，部件吊装方法，道路规划，同时关注那些将承受高放射性和污染的部件；
- 数量清单；
- 保留反应堆施工材料（钢材，混凝土等）的样本和标本；
- 所有运行事件的记录及其评价，以及对原设备所做的所有改造的记录；
- 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件；
- 厂址放射性生态参考调查（陆地和海洋环境）也有益于形成最终退役报告。

#### 6.4.7 退役费用的考虑

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第 27 条的规定，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，并列入投资概算或生产成本。

根据 NT/B20048-2011《核电厂建设项目经济评价方法》，退役基金指核电站运行寿命结束后，对电站采取拆除或封闭等措施准备的资金。

#### 6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应有相关部门负责完成此项工作。

安全关闭期是从设施运行到退役主要拆除活动实施之间的一个重要阶段，该阶段从运行阶段末期启动。

这一阶段的任务主要是尽量完成需要类似运行期操作的系统作业，如全系统在线去污（如果需要），还应将运行期间堆放的废物收集做妥善处理整备，另外应对设施系统的放射性盘存量进行调查。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和厂址清理，使厂址最终无限制开放。

#### 6.4.9 结论

通过上述分析，得出如下结论：

- 1) 核电厂退役策略选择受多种因素影响，在本核电厂建造可行的前提下，从目前的国家政策、费用来源、废物出路以及退役技术方面来看，建议将来采用立即拆除策略。
- 2) 福建漳州核电厂 3、4 号机组在设计阶段已考虑方便退役工作的多项措施，将来建造阶段也应继续对退役工作进行充分考虑。
- 3) 在核电厂安全关闭期，建议指定有关责任部门负责考虑、实施退役的前期工作。

核电厂退役将涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在核电厂运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在专门的退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。

表 6.2-1 (1/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	地表沉积 Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
			Sv/Bq							
H-3	3.31E-19	0.00E+00	4.20E-11	5.70E-11	7.30E-11	1.20E-10	2.70E-11	3.45E-11	4.65E-11	9.60E-11
C-14	2.65E-18	1.68E-20	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	6.20E-12	8.90E-12	1.10E-11	1.90E-11
Kr-85m	6.83E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.55E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	3.94E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	9.72E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.27E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.39E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.11E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	5.44E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	1.85E-14	3.82E-16	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	7.40E-09	1.90E-08	3.70E-08	7.20E-08
I-132	1.14E-13	2.29E-15	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	9.40E-11	2.20E-10	4.50E-10	1.10E-09
I-133	3.00E-14	6.43E-16	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	1.50E-09	3.80E-09	8.30E-09	1.90E-08
I-134	1.32E-13	2.63E-15	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	4.50E-11	1.10E-10	1.80E-10	4.80E-10
I-135	8.09E-14	1.52E-15	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	3.20E-10	7.90E-10	1.70E-09	4.10E-09
Cr-51	1.53E-15	3.12E-17	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	3.70E-11	6.59E-11	1.00E-10	2.60E-10
Mn-54	4.14E-14	8.22E-16	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	1.50E-09	2.40E-09	3.81E-09	7.51E-09
Co-57	5.68E-15	1.16E-16	2.10E-10	5.80E-10	8.90E-10	2.90E-09	1.00E-09	1.50E-09	2.30E-09	4.40E-09
Co-58	4.82E-14	9.61E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.10E-09	3.10E-09	4.50E-09	9.00E-09
Co-60	1.27E-13	2.38E-15	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	3.10E-08	4.00E-08	5.90E-08	9.20E-08
Fe-59	6.04E-14	1.13E-15	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	3.70E-09	5.50E-09	7.90E-09	1.80E-08
Sr-89	4.46E-16	6.89E-17	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08

表 6.2-1 (2/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	地表沉积 Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
			Sv/Bq							
Sr-90	4.46E-16	6.89E-17	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08
Zr-95	3.65E-14	7.32E-16	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	4.80E-09	6.80E-09	9.70E-09	2.00E-08
Nb-95	3.78E-14	7.57E-16	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	1.50E-09	2.20E-09	3.10E-09	6.80E-09
Ru-103	2.28E-14	4.69E-16	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	2.40E-09	3.50E-09	5.00E-09	1.10E-08
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	2.80E-08	4.10E-08	6.40E-08	1.40E-07
Sb-125	2.05E-14	4.31E-16	1.10E-09	2.10E-09	3.40E-09	1.10E-08	4.80E-09	6.80E-09	1.00E-08	2.00E-08
Cs-134	7.66E-14	1.54E-15	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	2.00E-08	2.80E-08	4.10E-08	7.00E-08
Cs-136	1.07E-13	2.12E-15	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	2.80E-09	4.10E-09	5.70E-09	1.50E-08
Cs-137	2.92E-14	6.03E-16	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.90E-08	4.80E-08	7.00E-08	1.10E-07
Ba-140	8.83E-15	2.00E-16	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.10E-09	7.60E-09	1.10E-08	2.70E-08
Ce-141	3.53E-15	7.51E-17	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	3.20E-09	4.60E-09	6.30E-09	1.40E-08

表 6.2-2 气态途径元素浓集因子和转移系数

核素\途径	浓集因子		转移系数	
	牧草	农作物可食部分	奶 d/L	肉 d/kg
Ba	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-03	2.00E-03
Ce	1.00E-01	5.00E-02	3.00E-04	2.00E-04
Co	2.00E+00	8.00E-02	1.00E-02	7.00E-02
Cr	1.00E-01	1.00E-03	2.00E-04	9.00E-02
Cs	1.00E+00	4.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Fe	1.00E-01	1.00E-03	3.00E-04	5.00E-02
I	1.00E-01	2.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Mn	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-04	7.00E-04
Nb	2.00E-01	1.00E-02	4.00E-06	3.00E-06
Ru	2.00E-01	5.00E-02	3.00E-05	5.00E-02
Sb	1.00E-01	1.00E-03	2.50E-04	5.00E-03
Sr	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-03	1.00E-02
Zr	1.00E-01	1.00E-03	6.00E-06	1.00E-05

表 6.2-3 (1/2) 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m <sup>3</sup> /kg
H-3	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-11	2.30E-11	3.10E-11	6.40E-11	1.00E-04
C-14	1.68E-20	2.99E-21	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	2.00E-01
Cr-51	3.12E-17	3.34E-18	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	5.00E+00
Mn-54	8.22E-16	8.98E-17	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	1.53E-02*
Fe-59	1.13E-15	1.31E-16	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	5.00E+00
Co-58	9.61E-16	1.04E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.54E-01*
Co-60	2.38E-15	2.77E-16	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	2.54E-01*
Sr-89	6.89E-17	5.43E-19	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	4.22E-03*
Sr-90	1.68E-18	1.12E-19	2.80E-10	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	4.22E-03*
Sr-91	7.52E-16	7.61E-17	6.50E-10	1.20E-09	2.10E-09	5.20E-09	4.22E-03*
Sr-92	1.27E-15	1.49E-16	4.30E-10	8.20E-10	1.40E-09	3.40E-09	4.22E-03*
Y-90	1.10E-16	1.03E-18	2.70E-09	5.90E-09	1.00E-08	3.10E-08	1.00E+03
Y-91	7.49E-17	9.56E-19	2.40E-09	5.20E-09	8.80E-09	2.80E-08	1.00E+03
Zr-95	7.32E-16	7.91E-17	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	1.00E+02
Nb-95	7.57E-16	8.20E-17	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	5.00E+01
Mo-99	1.85E-16	1.62E-17	6.00E-10	1.10E-09	1.80E-09	5.50E-09	0.00E+00
Tc-99m	1.22E-16	1.33E-17	6.40E-10	1.30E-09	2.30E-09	1.00E-08	1.00E-02
Ru-103	4.69E-16	4.95E-17	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	4.35E-01*
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	4.35E-01*
Ag-110m	2.68E-15	2.97E-16	2.80E-09	5.20E-09	7.80E-09	2.40E-08	1.80E+00*
Sb-124	1.76E-15	2.00E-16	2.50E-09	5.20E-09	8.40E-09	2.50E-08	1.00E-01
Te-131m	1.39E-15	1.54E-16	1.90E-09	4.30E-09	7.80E-09	2.00E-08	1.00E-01
Te-131	4.94E-16	4.54E-17	8.70E-11	1.90E-10	3.50E-10	9.00E-10	1.00E-01
Te-132	2.31E-16	2.31E-17	3.80E-09	8.30E-09	1.60E-08	4.80E-08	1.00E-01
Te-134	8.89E-16	9.36E-17	1.10E-10	2.20E-10	3.90E-10	1.10E-09	1.00E-01

\*：数据取自华东师范大学 2020 年 12 月完成的《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报告》。

表 6.2-3 (2/2) 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m <sup>3</sup> /kg
I-131	3.82E-16	4.04E-17	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	2.00E-03
I-132	2.29E-15	2.46E-16	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	2.00E-03
I-133	6.43E-16	6.49E-17	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	2.00E-03
I-134	2.63E-15	2.86E-16	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	2.00E-03
I-135	1.52E-15	1.75E-16	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	2.00E-03
Cs-134	1.54E-15	1.66E-16	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	4.45E-01*
Cs-136	2.12E-15	2.34E-16	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	4.45E-01*
Cs-137	3.04E-18	6.70E-17	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	4.45E-01*
Cs-138	2.34E-15	2.66E-16	9.20E-11	1.70E-10	2.90E-10	1.10E-09	4.45E-01*
Ba-140	2.00E-16	1.91E-17	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.00E-01
La-140	2.24E-15	2.57E-16	2.00E-09	4.20E-09	6.80E-09	2.00E-08	0.00E+00
Ce-141	7.51E-17	7.78E-18	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	2.00E+02
Ce-143	3.19E-16	2.89E-17	1.10E-09	2.40E-09	4.10E-09	1.20E-08	2.00E+02
Ce-144	2.06E-17	1.95E-18	5.20E-09	1.10E-08	1.90E-08	6.60E-08	2.00E+02
Pr-143	2.07E-17	2.27E-19	1.20E-09	2.60E-09	4.30E-09	1.40E-08	0.00E+00
Pr-144	1.65E-16	5.07E-18	5.00E-11	9.50E-11	1.70E-10	6.40E-10	0.00E+00

\*：数据取自华东师范大学 2020 年 12 月完成的《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报告》。

表 6.2-4（1/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				8.20E-07	5.03E-08	1.55E-08	3.40E-09	2.96E-09	2.77E-09	2.66E-09	2.59E-09	2.53E-09
NNE						1.76E-08	4.46E-09	3.67E-09	3.29E-09	3.08E-09	2.93E-09	2.84E-09
NE						2.02E-08	5.63E-09	4.38E-09	3.80E-09	3.49E-09	3.28E-09	3.13E-09
ENE						1.88E-08	4.90E-09	3.83E-09	3.35E-09			
E						1.91E-08						
ESE						1.78E-08						
SE						1.60E-08						
SSE						1.54E-08						
S						1.78E-08						
SSW						2.83E-08	8.84E-09					
SW				3.53E-07	8.82E-08	2.62E-08	8.00E-09	5.68E-09	4.67E-09	4.17E-09	3.82E-09	3.58E-09
WSW			4.01E-07	2.76E-07	6.43E-08	1.95E-08	5.29E-09	4.16E-09	3.65E-09	3.37E-09	3.19E-09	3.05E-09
W				2.27E-07	5.08E-08	1.60E-08	3.82E-09	3.28E-09	3.02E-09	2.87E-09	2.78E-09	2.70E-09
WNW		8.99E-07		8.08E-07	4.73E-08	1.51E-08	3.40E-09	3.02E-09	2.84E-09	2.73E-09	2.65E-09	2.60E-09
NW		9.27E-07	8.38E-07			1.47E-08	3.16E-09	2.85E-09	2.69E-09	2.61E-09	2.55E-09	2.51E-09
NNW		9.47E-07	8.50E-07		4.91E-08	1.52E-08	3.33E-09	2.93E-09	2.75E-09	2.65E-09	2.58E-09	2.53E-09

表 6.2-4（2/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				1.07E-06	3.67E-08	1.15E-08	2.96E-09	2.55E-09	2.36E-09	2.26E-09	2.19E-09	2.14E-09
NNE						1.35E-08	3.95E-09	3.20E-09	2.84E-09	2.65E-09	2.51E-09	2.41E-09
NE						1.60E-08	5.07E-09	3.88E-09	3.34E-09	3.04E-09	2.84E-09	2.70E-09
ENE			8.77E-08			1.48E-08	4.42E-09	3.39E-09	2.92E-09			
E						1.51E-08						
ESE						1.38E-08						
SE						1.21E-08						
SSE						1.15E-08						
S						1.38E-08						
SSW						2.37E-08	8.11E-09					
SW				4.10E-07	7.25E-08	2.16E-08	7.29E-09	5.10E-09	4.16E-09	3.68E-09	3.36E-09	3.13E-09
WSW			4.56E-07	3.35E-07	4.99E-08	1.53E-08	4.73E-09	3.67E-09	3.19E-09	2.93E-09	2.75E-09	2.62E-09
W				2.88E-07	3.71E-08	1.20E-08	3.33E-09	2.83E-09	2.59E-09	2.46E-09	2.36E-09	2.30E-09
WNW		1.14E-06		1.05E-06	3.38E-08	1.11E-08	2.94E-09	2.59E-09	2.41E-09	2.31E-09	2.24E-09	2.19E-09
NW		1.17E-06	1.08E-06			1.08E-08	2.74E-09	2.44E-09	2.29E-09	2.21E-09	2.16E-09	2.12E-09
NNW		1.19E-06	1.10E-06		3.56E-08	1.13E-08	2.89E-09	2.51E-09	2.35E-09	2.25E-09	2.18E-09	2.14E-09

表 6.2-4 (3/4) 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				7.00E-07	2.48E-08	7.94E-09	2.46E-09	2.06E-09	1.88E-09	1.79E-09	1.72E-09	1.67E-09
NNE						9.82E-09	3.39E-09	2.67E-09	2.34E-09	2.15E-09	2.03E-09	1.94E-09
NE						1.22E-08	4.46E-09	3.33E-09	2.81E-09	2.53E-09	2.34E-09	2.20E-09
ENE						1.11E-08	3.85E-09	2.86E-09	2.43E-09			
E						1.14E-08						
ESE						1.02E-08						
SE						8.47E-09						
SSE						7.95E-09						
S						1.01E-08						
SSW						1.95E-08	7.36E-09					
SW				3.11E-07	5.88E-08	1.76E-08	6.57E-09	4.48E-09	3.59E-09	3.13E-09	2.83E-09	2.62E-09
WSW			3.56E-07	2.40E-07	3.73E-08	1.16E-08	4.14E-09	3.13E-09	2.67E-09	2.42E-09	2.25E-09	2.13E-09
W				1.95E-07	2.51E-08	8.39E-09	2.82E-09	2.33E-09	2.11E-09	1.98E-09	1.89E-09	1.82E-09
WNW		7.72E-07		6.89E-07	2.20E-08	7.54E-09	2.43E-09	2.10E-09	1.93E-09	1.84E-09	1.77E-09	1.72E-09
NW		7.98E-07	7.17E-07			7.28E-09	2.24E-09	1.95E-09	1.82E-09	1.74E-09	1.69E-09	1.65E-09
NNW		8.17E-07	7.28E-07		2.37E-08	7.71E-09	2.39E-09	2.03E-09	1.86E-09	1.78E-09	1.72E-09	1.67E-09

表 6.2-4（4/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				1.42E-07	1.32E-08	4.28E-09	1.47E-09	1.21E-09	1.08E-09	1.02E-09	9.74E-10	9.43E-10
NNE						5.65E-09	2.16E-09	1.67E-09	1.43E-09	1.30E-09	1.21E-09	1.14E-09
NE						7.21E-09	2.85E-09	2.08E-09	1.73E-09	1.54E-09	1.41E-09	1.32E-09
ENE						6.11E-09	2.28E-09	1.67E-09	1.40E-09			
E						6.13E-09						
ESE						5.49E-09						
SE						4.41E-09						
SSE						4.15E-09						
S						5.47E-09						
SSW						1.20E-08	4.75E-09					
SW				1.25E-07	3.65E-08	1.09E-08	4.32E-09	2.89E-09	2.27E-09	1.95E-09	1.74E-09	1.59E-09
WSW			1.57E-07	7.91E-08	2.21E-08	6.86E-09	2.67E-09	1.96E-09	1.64E-09	1.47E-09	1.35E-09	1.27E-09
W				4.93E-08	1.37E-08	4.67E-09	1.75E-09	1.42E-09	1.26E-09	1.16E-09	1.10E-09	1.06E-09
WNW		1.92E-07		1.35E-07	1.17E-08	4.14E-09	1.52E-09	1.28E-09	1.16E-09	1.09E-09	1.04E-09	1.00E-09
NW		2.09E-07	1.53E-07			3.85E-09	1.33E-09	1.13E-09	1.04E-09	9.91E-10	9.55E-10	9.31E-10
NNW		2.21E-07	1.60E-07		1.25E-08	4.13E-09	1.42E-09	1.18E-09	1.07E-09	1.01E-09	9.72E-10	9.44E-10

表 6.2-5 本工程气载流出物排放的各核素通过各途径对关键居民组剂量的贡献

单位：Sv/a

核素	吸入	空气浸没	地面照射	农牧产品 食入	总计	份额
H-3	8.17E-09	3.92E-13	0.00E+00	2.10E-08	2.92E-08	19.30%
C-14	2.63E-11	4.41E-14	8.02E-09	6.92E-08	7.72E-08	51.20%
Kr-85m	0.00E+00	6.89E-11	0.00E+00	0.00E+00	6.89E-11	0.05%
Kr-87	0.00E+00	4.94E-10	0.00E+00	0.00E+00	4.94E-10	0.33%
Kr-88	0.00E+00	2.27E-09	0.00E+00	0.00E+00	2.27E-09	1.51%
Xe-133	0.00E+00	2.37E-10	0.00E+00	0.00E+00	2.37E-10	0.16%
Xe-135	0.00E+00	8.16E-10	0.00E+00	0.00E+00	8.16E-10	0.54%
Xe-138	0.00E+00	8.63E-10	0.00E+00	0.00E+00	8.63E-10	0.57%
I-131	2.57E-12	2.51E-14	1.18E-11	5.84E-11	7.28E-11	0.05%
Mn-54	2.44E-13	2.66E-14	4.62E-10	5.42E-12	4.68E-10	0.31%
Co-58	2.87E-12	2.58E-13	1.03E-09	1.36E-10	1.17E-09	0.78%
Co-60	1.00E-11	1.62E-13	1.63E-08	6.30E-10	1.69E-08	11.20%
Fe-59	2.04E-13	1.86E-14	4.40E-11	9.72E-12	5.39E-11	0.04%
Sr-89	3.58E-12	7.95E-16	1.75E-11	4.43E-11	6.54E-11	0.04%
Sr-90	2.88E-11	7.05E-17	2.18E-11	4.80E-09	4.85E-09	3.22%
Zr-95	1.41E-13	4.13E-15	1.50E-11	7.05E-13	1.59E-11	0.01%
Nb-95	1.55E-13	1.91E-14	3.80E-11	1.53E-12	3.97E-11	0.03%
Ru-103	2.81E-13	4.25E-15	9.74E-12	2.12E-12	1.21E-11	0.01%
Cs-134	2.73E-12	4.11E-14	1.76E-09	6.41E-10	2.40E-09	1.59%
Cs-136	2.59E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.18E-10	2.18E-10	0.15%
Cs-137	9.94E-12	2.93E-14	1.13E-08	1.96E-09	1.33E-08	8.80%
总计	8.26E-09	4.75E-09	3.90E-08	9.87E-08	1.51E-07	100.00%
份额	5.48%	3.15%	25.90%	65.49%	100.00%	

贡献率小于 0.01%的核素未列出。

表 6.2-6 本工程液态流出物排放的各核素通过各途径对关键居民组剂量的贡献

单位：Sv/a

核素\途径	食入海产品				岸边活动	海上活动	总计	份额
	鱼	甲壳	软体	藻				
H-3	5.92E-09	3.11E-09	2.18E-09	9.85E-10	0.00E+00	0.00E+00	1.22E-08	1.17%
C-14	3.77E-07	1.65E-07	1.16E-07	4.18E-08	3.56E-14	3.01E-16	7.00E-07	67.40%
Cr-51	1.43E-11	3.75E-12	5.25E-11	7.11E-11	4.30E-12	8.01E-15	1.46E-10	0.01%
Mn-54	3.14E-11	1.32E-10	1.72E-10	5.58E-11	7.58E-14	7.54E-15	3.91E-10	0.04%
Fe-59	2.93E-09	2.57E-08	1.80E-08	3.25E-10	5.63E-12	7.06E-15	4.69E-08	4.51%
Co-58	1.27E-08	2.15E-09	4.26E-09	7.94E-10	2.41E-11	3.60E-13	2.00E-08	1.92%
Co-60	1.11E-07	1.88E-08	3.73E-08	6.95E-09	2.75E-10	1.28E-12	1.75E-07	16.82%
Ag-110m	3.62E-09	1.05E-08	1.47E-08	2.70E-10	1.96E-10	1.83E-13	2.93E-08	2.82%
Sb-124	4.45E-10	1.43E-09	3.78E-10	5.15E-11	4.18E-12	1.94E-13	2.30E-09	0.22%
I-131	2.71E-10	1.43E-10	3.88E-10	5.14E-08	1.03E-14	1.63E-13	5.22E-08	5.02%
Cs-134	1.32E-10	3.30E-11	3.72E-11	3.05E-11	1.71E-11	4.66E-14	2.49E-10	0.02%
Cs-137	1.40E-10	3.50E-11	3.95E-11	3.24E-11	1.16E-11	2.79E-14	2.58E-10	0.02%
总计	5.15E-07	2.27E-07	1.93E-07	1.03E-07	5.38E-10	2.28E-12	1.04E-06	100.00%
份额	49.56%	21.89%	18.60%	9.89%	0.05%	0.00%	100.00%	

贡献率小于 0.01%的核素未列出。

表 6.2-7 本工程气液态综合排放的各核素通过各途径对关键居民组剂量的贡献

单位：Sv/a

核素\途径	气载途径				液态途径						总计	份额
	空气浸没	地面照射	吸入	农牧产品 食入	食入海产品				岸边活动	海上活动		
					鱼	甲壳	软体	藻				
H-3	8.17E-09	3.92E-13	0.00E+00	2.10E-08	5.92E-09	3.11E-09	2.18E-09	9.85E-10	0.00E+00	0.00E+00	4.14E-08	3.48%
C-14	2.63E-11	4.41E-14	8.02E-09	6.92E-08	3.77E-07	1.65E-07	1.16E-07	4.18E-08	3.56E-14	3.01E-16	7.77E-07	65.36%
Cr-51					1.43E-11	3.75E-12	5.25E-11	7.11E-11	4.30E-12	8.01E-15	1.46E-10	0.01%
Mn-54	2.44E-13	2.66E-14	4.62E-10	5.42E-12	3.14E-11	1.32E-10	1.72E-10	5.58E-11	7.58E-14	7.54E-15	8.59E-10	0.07%
Fe-59					2.93E-09	2.57E-08	1.80E-08	3.25E-10	5.63E-12	7.06E-15	4.69E-08	3.94%
Co-58	2.87E-12	2.58E-13	1.03E-09	1.36E-10	1.27E-08	2.15E-09	4.26E-09	7.94E-10	2.41E-11	3.60E-13	2.11E-08	1.78%
Co-60	1.00E-11	1.62E-13	1.63E-08	6.30E-10	1.11E-07	1.88E-08	3.73E-08	6.95E-09	2.75E-10	1.28E-12	1.92E-07	16.11%
Ag-110m					3.62E-09	1.05E-08	1.47E-08	2.70E-10	1.96E-10	1.83E-13	2.93E-08	2.46%
Sb-124					4.45E-10	1.43E-09	3.78E-10	5.15E-11	4.18E-12	1.94E-13	2.30E-09	0.19%
I-131	2.57E-12	2.51E-14	1.18E-11	5.84E-11	2.71E-10	1.43E-10	3.88E-10	5.14E-08	1.03E-14	1.63E-13	5.22E-08	4.39%
Cs-134	2.73E-12	4.11E-14	1.76E-09	6.41E-10	1.32E-10	3.30E-11	3.72E-11	3.05E-11	1.71E-11	4.66E-14	2.65E-09	0.22%
Cs-137	9.94E-12	2.93E-14	1.13E-08	1.96E-09	1.40E-10	3.50E-11	3.95E-11	3.24E-11	1.16E-11	2.79E-14	1.35E-08	1.14%
Kr-87	0.00E+00	4.94E-10	0.00E+00	0.00E+00							4.94E-10	0.04%
Kr-88	0.00E+00	2.27E-09	0.00E+00	0.00E+00							2.27E-09	0.19%
Xe-133	0.00E+00	2.37E-10	0.00E+00	0.00E+00							2.37E-10	0.02%
Xe-135	0.00E+00	8.16E-10	0.00E+00	0.00E+00							8.16E-10	0.07%
Xe-138	0.00E+00	8.63E-10	0.00E+00	0.00E+00							8.63E-10	0.07%
Sr-89	3.58E-12	7.95E-16	1.75E-11	4.43E-11							6.54E-11	0.01%
Sr-90	2.88E-11	7.05E-17	2.18E-11	4.80E-09							4.85E-09	0.41%
Cs-136	2.59E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.18E-10							2.18E-10	0.02%
总计	8.26E-09	4.75E-09	3.90E-08	9.87E-08	5.15E-07	2.27E-07	1.93E-07	1.03E-07	5.38E-10	2.28E-12	1.19E-06	100.00%
份额	0.69%	0.40%	3.28%	8.30%	43.28%	19.11%	16.25%	8.64%	0.05%	0.00%	100.00%	

贡献率小于 0.01%的核素未列出。

表 6.3-1 福建漳州核电厂 3、4 号机组与田湾核电 1-6 号机组电磁辐射环境情况对比

	福建漳州3、4号机组	田湾1-6号机组
建设规模	2*1200 MW	田湾一、二期工程2*1060 MW 田湾5、6号机组2*1000 MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内电磁辐射源	1个35kV施工进线开关站、 1台施工35kV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	3条500kV输电线，1条220 kV 输电线，2条110 kV输电线

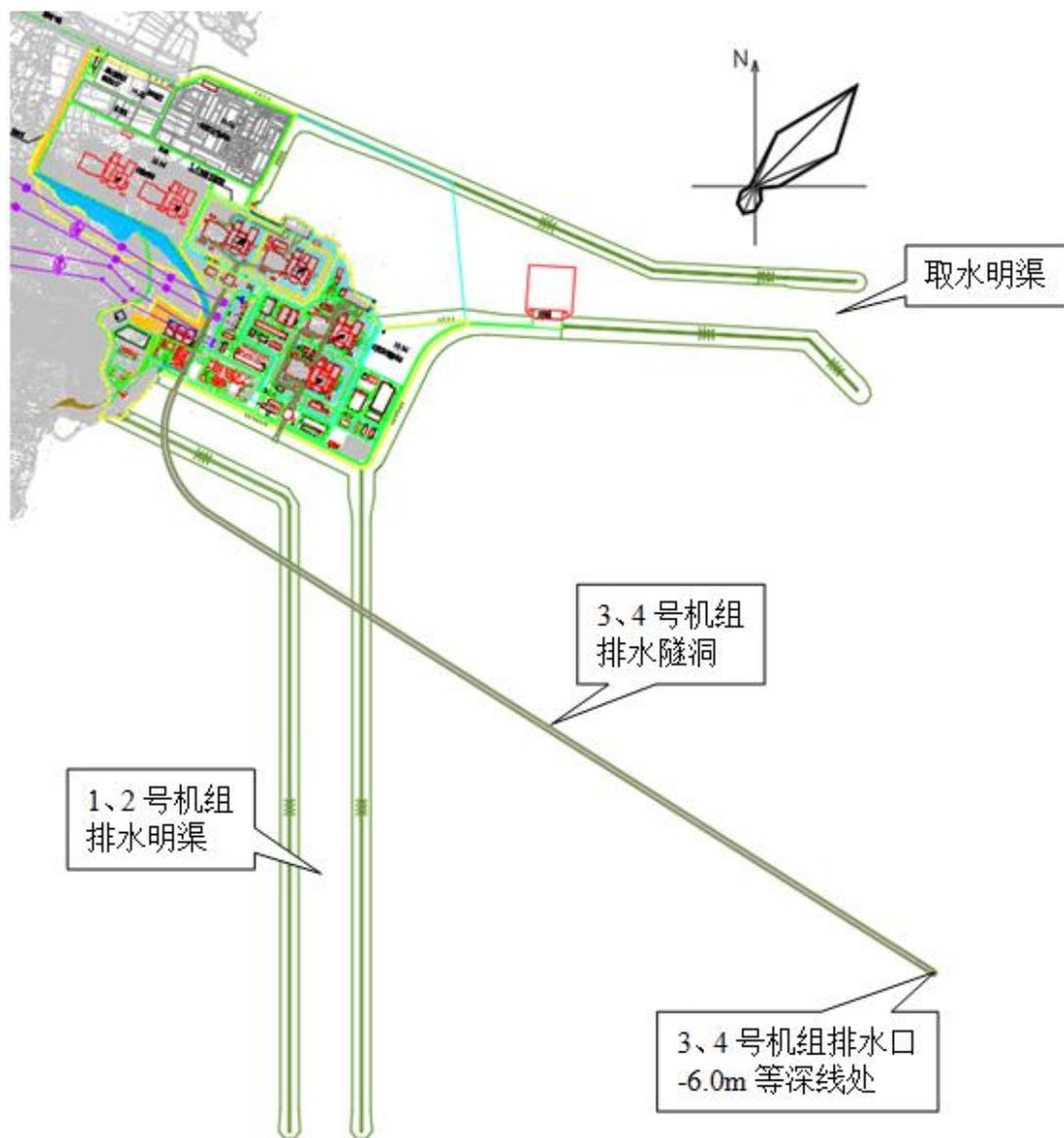


图 6.1-1 取排水工程方案平面布置图

## 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

### 7.1 核电厂放射性事故和后果评价

#### 7.1.1 事故描述和事故源项

#### 7.1.2 事故后果计算

#### 7.1.3 事故后果评价

### 7.2 严重事故

#### 7.2.1 事故描述及源项

#### 7.2.2 事故后果

#### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

### 7.3 厂内运输事故

#### 7.3.1 新燃料运输事故

#### 7.3.2 乏燃料运输事故

#### 7.3.3 放射性固体废物运输事故

### 7.4 其他事故

#### 7.4.1 化学物爆炸

#### 7.4.2 火灾

#### 7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

#### 7.4.3 化学物质被盗

### 7.5 事故应急

#### 7.5.1 制定应急预案的主要依据

#### 7.5.2 应急组织

#### 7.5.3 应急状态分级

#### 7.5.4 应急设施的配备

#### 7.5.5 应急响应能力的维持

#### 7.5.6 5km 范围内重要居民点分布与道路条件分析

#### 7.5.7 应急计划区

## 7.1 核电厂放射性事故和后果评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2011 中事故工况下的辐射防护要求，需要对核电厂设计基准事故的潜在照射后果进行评价。福建漳州核电厂 3、4 号机组采用华龙一号技术方案，本章根据华龙一号机组设计基准事故源项，采用漳州核电厂厂址气象数据，计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果，并评价各事故的剂量后果是否满足 GB 6249-2011 的要求。

福建漳州核电厂 3、4 号机组所考虑的主要设计基准事故如下：

- 失水事故
- 控制棒弹出事故
- 蒸汽发生器传热管破裂事故
- 卡轴事故
- 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故
- 主蒸汽管道破裂事故
- 废气处理系统衰变箱破裂事故
- 化学容积控制系统容控箱破裂事故
- 燃料操作事故

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB6249-2011 的相关规定，将失水事故、控制棒弹出事故、蒸汽发生器传热管破裂事故（事故前碘峰）、卡轴事故、主蒸汽管道破裂事故、燃料操作事故按照极限事故进行评价；蒸汽发生器传热管破裂事故（事故触发碘峰）、安全壳外含有一次侧冷却剂的小管道破损事故、废气处理系统衰变箱破损事故、化学和容积控制系统容控箱破裂事故按照稀有事故进行评价。

### 7.1.1 事故描述

#### 7.1.1.1 失水事故

一回路系统中等效直径大于 34.5cm 的破裂定义为大破口失水事故。

大破口失水事故通常可分为四个阶段：

- 喷放阶段，破裂开始到安注箱注射开始的阶段。
- 喷放结束/再灌水阶段，安注箱开始注射并持续直到堆芯底部开始淹没的过程。
- 早期再淹没阶段，直到安注箱注射结束。
- 晚后期再淹没阶段，直到堆芯完全骤冷和长期冷却建立。

大破口失水事故属于极限事故。

#### 7.1.1.2 控制棒弹出事故

控制棒弹出事故是由于控制棒驱动机构耐压壳机械损坏，导致控制棒组件和驱动轴弹出堆芯外。这种机械损坏将导致正反应性的快速引入和堆芯不利的功率分布畸变。事故中可能引起局部的燃料棒损坏。

控制棒弹出事故属于极限事故。

#### 7.1.1.3 蒸汽发生器传热管破裂事故

蒸汽发生器传热管破裂事故(SGTR)考虑一根传热管完全双端剪切断裂。

假定事故出现在功率运行时，反应堆冷却剂被裂变产物污染的程度相当于具有有限数量破损燃料棒连续运行的情况。由于该事故使放射性冷却剂从 RCS 向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或蒸汽向冷凝器的排放系统失效，则放射性活度将通过蒸汽发生器的安全阀和(或)大气释放阀向大气排放。

本事故分析考虑两种情况：工况 A，验证破损蒸汽发生器不发生满溢，不会有向环境的放射性液体释放；工况 B，计算向环境的最大放射性蒸汽释放。

蒸汽发生器传热管破裂(事故触发碘尖峰)属于稀有事故，蒸汽发生器传热管破裂(事故前碘尖峰)属于极限事故。

#### 7.1.1.4 卡轴事故

该假想事故假设反应堆冷却剂泵转子瞬间卡住，受影响反应堆冷却剂环路的流量快速降低，导致反应堆在流量低信号下触发紧急停堆。如果事故发生时反应堆正在功率运行状态，堆芯流量降低会导致冷却剂温度快速升高。这种温度升高可能使燃料棒发生 DNB，此时如果反应堆没有紧急停堆，就可能导致燃料损伤。

卡轴事故属于极限事故。

#### 7.1.1.5 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故

这类事故是同反应堆冷却剂系统相连接并贯穿安全壳的小管道(例如取样管)破裂引起的。这类小截面管道破裂引起的冷却剂排放流量可以由一台上充泵来补充，稳压器内维持运行水位，允许操作员实施正常停堆。排放物所含放射性核素浓度与一次冷却剂的相同。

安全壳外含有一次冷却剂的小管道破裂事故属于稀有事故。

#### 7.1.1.6 主蒸汽管道破裂事故

蒸汽系统管道损坏最保守的假设是导致最快降温冷却的双端剪切断裂。

蒸汽系统管道破裂引起的蒸汽排放，最初将使蒸汽流量增加，而后在事故期间由于蒸汽压力下降，蒸汽流量减小。从一回路导出能量导致冷却剂的温度和压力下降。在存在负的慢化剂温度系数的情况下，降温导致正反应性引入。

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。

### 7.1.1.7 废气处理系统衰变箱破裂事故

废气处理系统(ZGT)的用途是从反应堆冷却剂中排除气体裂变产物，并处理和控制在厂址环境的放射性流出物向厂址环境的释放。

处理废气使用了气体缓冲罐、过滤器和压缩机。在换料前反应堆先停堆，此时 ZGT 系统的废气总量最大。

ZGT 系统破损可能有各种起因，例如缓冲罐或贮存罐破裂、操作员差错或阀门失效等。

一个罐完全破裂导致事故发生时该罐内所含的所有气体和碘排放，并使得供给该破裂罐的管线在操纵员将其隔离前继续释放放射性活度。

废气处理系统衰变箱破裂事故属于稀有事故。

### 7.1.1.8 化学容积控制系统容控箱破裂事故

某些液体罐也装有放射性气体，这些罐破损也会使气体向环境释放。

这类事故中的设计基准事故是化学和容积控制系统（RCV）罐破损。

在正常运行条件下，化学和容积控制系统 RCV 罐内贮存的放射性活度，尤其是气态活度是最大的放射性活度。

容积控制罐如果完全破损，该罐中全部液体和气体就释放到罐所在的房间中，并且在操纵员隔断 RCV 下泄管线之前，还会有一定量的液体继续释放出来。

化学容积控制系统容控箱破裂事故属于稀有事故。

### 7.1.1.9 燃料操作事故

燃料操作事故是指一组乏燃料组件跌落在乏燃料水池内，导致经过辐照的这组乏燃料组件燃料棒包壳破损。假定事故发生在停堆后 100h，这是停堆后将乏燃料送至贮存池的最短时间。事故导致组件内所有的燃料棒包壳破损，包壳间隙中的放射性物质全部立即释放到乏燃料水池中。裂变产物中惰性气体不滞留水中，乏燃料水池对不同形态碘的滞留因子不同。

燃料操作事故属于极限事故。

## 7.1.2 事故后果计算

### 7.1.2.1 事故大气弥散条件

应用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子，按照《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》（NB/T 20182-2012）推荐的模式进行计算。

采用福建漳州核电厂址 2020.5~2021.4 的 10m 高度的三维联合频率，以及厂址实测大气扩散参数。对于保守模型，计算全厂址概率水平为 95% 以及各方位概率水平为 99.5% 的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子，取各方位的最大值与全厂址 95% 概率水平的值

比较，取其中较大值作为 0~2 小时保守的大气弥散因子；对于现实模型，取全厂址 50% 概率水平的小时大气弥散因子作为 0~2 小时现实的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

计算厂址非居住区边界（600m）和规划限制区边界（5km）各方位 0-2h、2-8h、8-24h、24-96h、96-720h 五个时段的保守及现实模型大气弥散因子。

### 7.1.2.2 事故剂量

对各类设计基准事故分别计算了非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：

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

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

从计算结果可以看出，当采用现实大气弥散因子或保守大气弥散因子时，福建漳州核电厂 3、4 号机组的设计基准事故所导致的剂量后果均小于 GB6249-2011 中相关的剂量控制值。

综上所述，福建漳州核电厂 3、4 号机组设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2011 的要求。

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

对于严重事故，华龙一号机组设计上考虑了完善的严重事故预防及缓解措施，可以防止大量放射性向环境释放的严重事故发生。在本阶段参考漳州核电厂 1、2 号机组现阶段的二级 PSA 分析成果，评价严重事故的放射性后果。

### 7.2.2 事故后果

采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模式计算严重事故造成的放射性后果。NUREG/CR-4691 模拟了放射性物质释放入大气的严重事故的场外后果。

采用福建漳州核电厂厂址 2020.5~2021.4 整年的逐时气象监测数据和厂址实测大气扩散参数。剂量转换因子采用 NUREG/CR-4691 评价模式的默认值。释放高度均保守考虑为地面释放。

利用福建漳州核电厂厂址 2020.5~2021.4 的逐时气象监测数据，采用 NUREG/CR-4691 评价模式，计算二级 PSA 全事故谱 2 天、7 天、1 个月和 1 年内不同距离处超越指定有效剂量的概率。

采用 GB 18871-2002 附录 E 规定的通用优化干预水平作为 2 天、7 天、1 月、1 年的指定有效剂量，即隐蔽的通用优化干预水平是 2 天内可防止剂量为 10mSv，临时撤离的通用优化干预水平是 7 天内可防止剂量为 50mSv，开始临时避迁的通用优化干预水平是 1 个月内可防止剂量为 30mSv。考虑到最佳情况下，防护行动可以避免全部的人员剂量，即采取防护行动后的剩余剂量为 0，此时可防止剂量值达到最大，与事故的预期剂量相当，即可防止剂量的上限，在数值上等于预期剂量。此外，由于无法精确得到应急防护措施的效益来计算可防止剂量，因此，采用预期剂量来代替准则中对可防止剂量的要求。距离反应堆中心 2km 处，2 天有效剂量超过 10mSv 的概率、7 天有效剂量超过 50mSv 的概率均小于 10%；距离反应堆中心 2km 处，1 个月和一年有效剂量超过 30mSv 的概率均小于 10%。

### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

“华龙一号”三代核电技术设计上满足“纵深防御”原则，运行管理上考虑了多个防御层次，限制事故发展，防止堆芯熔化，缓解严重事故，包容放射性物质，减轻放射性物质释放后果。安全设施遵循多重性、多样性、独立性、保守性等设计原则。基于国际上对严重事故的研究成果和我国核安全法规的要求，考虑了完善的严重事故预防与缓解措施。

为了贯彻纵深防御原则，事故预防阶段的基本思路就是确保反应堆的三个安全功能：为了防止或及早终止堆芯损坏过程，需要保证对堆内反应性的控制，保证反应堆能够及时停堆，同时确保反应堆能够长期处于次临界状态，防止出现重返临界现象。同时，为了避

免由于过热而引起的燃料元件损坏，事故情况下就必须导出核燃料的释热，确保对堆芯的冷却。为此可采用的方法有二次侧降温降压、一回路充排冷却及余热排出系统的导热等。为了避免放射性物质扩散到环境中，需要确保对放射性的包容能力，保证安全壳的完整性。可考虑的措施主要是安全壳隔离以及必要的减压措施等。

“华龙一号”机组作为第三代核电厂，在发生堆芯损坏的超设计基准事故情况下，有以下措施用于缓解严重事故后果：防止高压熔堆；可燃气体控制；安全壳过滤排放；反应堆堆腔注水防止压力容器失效；非能动安全壳冷却。

### 7.3 厂内运输事故

#### 7.3.1 新燃料运输事故

本项目选用的新燃料组件运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

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

#### 7.3.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国每年都进行大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

#### 7.3.3 放射性固体废物运输事故

福建漳州核电厂 3、4 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 NX 和 QX 内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房和 QX 厂房的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到废物处理中心进行处理，产生的 200L 桶装废物用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废树脂、废活性炭的槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接，确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂通过软管输送过程发生放射性物质泄漏。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过  $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液收集在 QX 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，装有烘干盐的 200L 钢桶通过烘干盐桶屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。废过滤器芯用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 钢桶桶装废物用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。废过滤器芯和烘干盐桶屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个内置滤芯定位装置的 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过  $2\text{mSv/h}$ ，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。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。

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 钢桶桶装废物通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。

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

#### 7.4 其他事故

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。

#### 7.4.1 化学物爆炸

厂区内贮存的化学物品中除了氢气以外，都不是直接易爆的化学物。氢气和氮气是一起作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧。清除覆盖气体时，是将这些气体排入放射性废气处理系统的衰变箱内。废气处理系统中配备有氢氧监测器，氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量，因而不会发生氢气爆炸事故。

#### 7.4.2 火灾

福建漳州核电厂的防火设计严格执行有关的设计规范，例如《核动力厂设计安全规定》HAF102-2016；《核电厂防火》HAD102/11（1996）；《压水堆核电站防火设计和建造规则 RCC-I》（1997），贯彻以防为主，消防结合的方针。通过预防火灾、限制火灾蔓延、火灾探测以及通过自动的或由电站运行人员操作的灭火措施来实现防火的目的。尽量使用非易燃的建筑材料和设备，对易产生火灾的物品要选择好安全贮存的位置。在设计中要考虑限制火灾蔓延的措施和设施。

#### 7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

根据福建漳州核电厂危险化学品存储和使用情况，针对非放化学品的环评风险，按照《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）的相关要求，根据漳州项目涉及的危险物质及工艺系统危险性和环境敏感程度确定环境风险潜势，并根据风险潜势确定评价工作等级。

根据 HJ169-2018 中表 2 确定本项目的环境风险潜势为 I，仅需要开展简单分析。

本项目仅涉及危险物质的使用与贮存，危险物质主要包括乙炔、次氯酸钠、硝酸、氨水、盐酸以及易燃液体。针对危险化学品的物理化学性质，在其使用过程中均采取相应的防护措施。

液体状态的酸碱溶液，用槽车运入电厂内，盛装在专用贮槽或贮罐内。运输和装卸采取一些保护措施，确保不会发生溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料和保守的设计，保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面，即使发生泄漏，泄漏液也能被收集，不会释放到环境中。因此酸碱溶液在运输、装卸和贮存期间，预期不会导致环境风险。

厂区内不会有危险数量的汽油贮存。柴油发电机厂房及主贮油罐区贮存有一定量的柴油，对此设计了安全防火系统，确保不会发生危及环境安全的火灾。

#### 7.4.4 化学物质被盗

福建漳州核电厂 3、4 号机组可能发生化学物质被盗，一旦被盗可能用于制毒、投毒、制爆等导致污染环境的事件发生，因此，在设计中应考虑技防、人防、物防等措施和设施，满足安防保卫要求。

## 7.5 事故应急

### 7.5.1 制定应急预案的主要依据

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急预案审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急预案提出了相应的要求。

核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

按照国家核事故应急条例、核应急法规要求，电厂应急预案应该在首次装料前六个月完成。漳州核电厂将根据要求适时完成《漳州核电厂场内应急预案》编写并上报评审。

### 7.5.2 应急组织

福建漳州核电厂 1-4 号机组将建立统一的应急组织体系，确定场内外应急联系渠道。初步考虑 4 台机组场内应急响应组织由应急指挥部及其领导下的专业组组成。

现阶段暂未针对 3、4 号机组制定详细的应急行动水平，根据《核动力厂营运单位的应急准备核应急响应》（HAD002/01-2019）中相关规定，将在申请首次装料批准书时，提出本工程初步制定的应急行动水平。

### 7.5.3 应急状态分级

应急等级是指按照国家有关安全法规，对核电厂偏离正常运行工况的事件或事故，按其所造成的放射性后果的严重程度以及所采取的相应的应急响应行动进行分类、分级的类别或级别。根据我国有关法规，参照国外核事故分级的技术标准，按照漳州核电厂 3、4 号机组可能发生的事故和可能导致事故之事件的性质、特征、后果或可能的后果及其严重程度，将核电厂的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个级别。

### 7.5.4 应急设施的配备

漳州核电厂 3、4 号机组配备的应急设施主要包括：主控制室、远程停堆站、应急指挥中心、技术支持中心、运行支持中心、应急通讯系统、应急监测和评价设施、保卫消防设施、急救和医疗设施、公众信息中心、应急撤离路线等。其中，将与 1、2 号机组共用应急指挥中心、运行支持中心、公众信息中心、保卫消防设施、急救和医疗设施、部分应

急监测和评价设施、气象站等。同时，根据国家有关核应急法规的要求，遵循积极兼容的原则，3、4 号机组将还将新建部分应急响应设施，如 3、4 号机组的主控制室、远程停堆站、技术支持中心、应急通讯系统、厂区连接道路、部分应急监测和评价设施等。

### 7.5.5 应急响应能力的维持

尽管需要启动核事故应急预案的事故很少，但核电厂的应急准备却必须常备不懈，为了能在需要时顺利实施核事故应急预案，则应维持必要的应急响应能力，主要包括：

#### （1）核事故应急预案的修订和完善

根据应急演习及运行中实际出现过的应急状态，认真总结经验及教训，对核事故应急预案及相关执行程序加以完善，核电厂的场内核事故应急预案至少每两年要进行一次必要的修订并上报国家核安全局审评。

#### （2）建立并坚持应急工作人员培训制度

对所有应急工作人员进行定期培训，包括新人的岗前培训及原有应急工作人员的定期复训。

#### （3）应急设施、设备及通讯等系统的维护

所有应急设施、设备及通讯、监测、评价等系统都必须妥善维护，并有严格的保养及试验制度，以保证其处于随时可用状态。

#### （4）按法规要求定期进行各种类型及规模的应急演习

应急演习是检验应急准备状况的主要手段之一。核电厂应急响应的过程十分复杂，因此应急演习也多种多样，一般按演习涉及的范围可分为：单项演习、综合演习和联合演习。

### 7.5.6 5km 范围内重要居民点分布与道路条件分析

厂址半径 5km 范围内无万人以上集中居民点。厂址半径 5km 范围内有幼儿园 5 所、学校 5 所、1 所卫生院（列屿卫生院）。厂址半径 5km 范围内没有监狱、拘留所、看守所等其他难以撤离的特殊人群。

厂址半径 15km 范围内交通便利，交通条件主要是公路。其中，高速公路 1 条，国道 1 条，省道 3 条。厂址半径 15km 范围内还包含有县道，为交通战备公路，目前可以通过该县道进入核电厂址，该线为三级公路。厂址半径 5km 范围内涉及交通道路为公路、县道和沿海大通道，另外包含乡道 19 条。

漳州核电厂 3、4 号机组施工和运行期间对外交通运输利用 1、2 号机组工程时建设的主要进厂道路、次要进厂道路和大件码头等运输设施。

漳州核电厂发生事故需撤离时，分别由主要或次要进厂道路撤离至云霄县城。

综上，厂址有两条不同方向的撤离路线供应急撤离行动的实施，并实现了与当地交通

路网的有效衔接，现有的交通条件可满足核事故应急撤离的要求。

### 7.5.7 应急计划区

核电厂应急计划区范围的测算需要满足《核电厂应急计划与准备准则 第 1 部分：应急计划区的划分》GB/T 17680.1-2008 的相关要求：

(1) 既应考虑设计基准事故，也应考虑严重事故，以使在所确定的应急计划区内所做的应急准备能应对严重程度不同的事故后果。

(2) 对于发生概率极小的事故，在确定核电厂应急计划时可以不予考虑，以免使所确定的应急计划区的范围过大而带来不合理的经济负担。

(3) 在确定应急计划区范围时，根据核电厂的设计，所考虑的最严重的事故的放射性后果不超过发生确定性健康效应剂量阈值；并考虑选用能代表各种设计基准事故和大多数严重事故序列的事故，计算其后果并与通用干预水平的数值相比较。

依据国标 GB/T 17680.1-2008，漳州核电厂 3、4 号机组烟羽应急计划区的划分准则为：

(1) 在烟羽应急计划区之外，对于各种设计基准事故的预期剂量不超过 GB18871 所规定的通用优化干预水平，见表 7.5-1。其中，烟羽应急计划区内区预期剂量应小于撤离的通用优化干预水平，外区预期剂量应小于隐蔽和碘防护的通用优化干预水平。

(2) 在烟羽应急计划区之外，大多数严重事故序列的预期的剂量不超过 GB18871 所规定的通用优化干预水平。即内区预期剂量应小于撤离的通用优化干预水平，外区预期剂量应小于隐蔽和碘防护的通用优化干预水平。

(3) 在烟羽应急计划区之外，所考虑的后果最严重的严重事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不应超过 GB18871 所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平。

漳州核电厂 3、4 号机组食入应急计划区的划分准则为：

在食入应急计划区之外，大多数严重事故序列所造成的食品和饮用水的污染水平不应超过 GB18871 所规定的食品和饮用水的通用行动水平。

目前漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域核应急方案已完成编制并通过国家核应急办的审批。其中对应急计划区进行了初步测算，漳州核电厂 3、4 号机组采用“华龙一号”（融合版）技术方案，应急计划区的测算考虑了设计基准事故和严重事故。从剂量计算后果的角度推荐 3、4 号机组的烟羽应急计划区半径为 10 公里，其中内区半径为 5 公里，推荐食入应急计划区半径为 50km。有关的详细计算及论证结果将在场内应急预案中描述。

## 第八章 流出物监测与环境监测

### 8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

### 8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

### 8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

### 8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

## 8.1 辐射监测

### 8.1.1 流出物监测

福建漳州核电厂 3、4 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）》  |
| ANSIN13.1-2011    | 《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) 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；

(4) 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“华龙一号”核电技术，均为单堆布置，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安全 1E 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、H-3 及 C-14。惰性气体为定期取样，气溶胶、碘、H-3 及 C-14 均为连续取样。

#### 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3、4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。液态放射性流出物样品的分析项目包括 $\gamma$ 谱分析、氡、碳-14等活度浓度测量。

### (2) 液态放射性流出物连续监测

在 QA、QB 厂房各设置一套低放液体排放监测道，其功能是连续监测贮罐排放管道

中的废液浓度，以验证实验室所分析的排放前贮罐中的样品浓度，同时监视已分析过的废液贮罐废液是否在排放。当排放废液活度浓度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。

#### 8.1.1.5 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，本工程将采取一系列措施，以满足地方环保部门进行流出物监督性监测。这些措施主要包括：

- (1) 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；
- (2) 流出物在线监测数据传输至环保部门指定地点；
- (3) 经常保持与地方环保部门联系，接受地方环保部门的监督与指导；
- (4) 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：
  - 可根据需要向地方环保部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；
  - 提供烟囱中  $^{14}\text{C}$  和  $^3\text{H}$  样品给地方环保部门进行测量；
  - 从排放废液罐中提取废液样品时，同时为地方环保部门提取平行样品。
- (5) 向地方环保部门及时提供流出物监测月报表；
- (6) 流出物监测及样品测量分析数据可随时供地方环保部门查询；
- (7) 定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

#### 8.1.2 辐射环境监测

本工程为了确保运行期间的放射性流出物对周围环境和居民的影响符合国家的有关规定，将在首次装料前制定环境监测大纲，并按照大纲开展运行期间的环境监测。环境监测大纲初稿将在运行阶段的环评报告中提供。本阶段的环评报告简要描述本工程运行后拟建设的环境监测设施及监测方案。

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》
GB 12379-1990	《环境核辐射监测规定》
GB/T 14583-1993	《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》
GB 8999-2021	《电离辐射监测质量保证一般规定》
国核安发[2012]98 号文	《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》

##### 8.1.2.1 监测目的

运行期间环境监测的目的是：

- （1）测定环境介质中核素浓度及大气中  $\gamma$  辐射水平的变化，以评估本工程排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- （2）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；
- （3）监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- （4）事故应急响应期间执行应急监测。

#### 8.1.2.2 监测方案

详细环境监测大纲初稿将在运行阶段的环评报告中提供。

#### 8.1.2.3 监测范围

根据国家有关法规，运行期间拟进行环境辐射监测的范围如下：

（1）环境  $\gamma$  辐射水平监测范围为以反应堆厂房为中心半径 20km 范围内，其余陆地环境放射性监测项目的监测范围为 10km。

（2）海洋环境放射性监测以本工程排水口为中心，最远半径为 10km，重点监测排水口 2km 以内的海域。

#### 8.1.2.4 布点原则

本工程运行期间环境监测布点将结合运行前连续两年的放射性本底调查结果具体制定。同时为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则有：

- （1）依据相关标准及技术规范，并充分结合厂址区域附近地区的地形等条件；
- （2）与运行前本底调查保持适当比例的同位点；
- （3）陆地监测点以反应堆厂房为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- （4）对居民密集地区、主导风下风向及环境敏感点布设监测点；
- （5）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，周围没有高大的树木、建筑物；
- （6）海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- （7）土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- （8）气象塔的位置应适当地远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况。位置尽量能与大气扩散试验站址一致，保持数据的可延续性；
- （9）充分利用运行前本底调查所获得的资料，并在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。

#### 8.1.2.5 监测项目

本工程运行期间主要进行以下项目的监测工作：

(1) 气象要素的监测

风速、风向，空气温度，相对湿度，降雨量，大气压，天空总辐射及净辐射。

(2) 环境  $\gamma$  辐射水平监测

主要测量项目有：

- 大气中环境  $\gamma$  辐射水平的连续监测（自动连续监测装置）；
- 累积剂量监测（使用 TLD 热释光剂量计）；
- 非连续监测（使用便携式仪表），得到瞬时剂量率。

(3) 环境介质放射性核素浓度监测

● 大气

气溶胶： $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  谱分析；

大气沉降物： $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  核素分析；

空气中  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $^{131}\text{I}$ 。

● 水监测

降水： $^3\text{H}$ ；

饮用水：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析；

地表水（水库、河流等）：总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  及  $\gamma$  能谱；

地下水： $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  能谱，可选择部分点位分析  $^{14}\text{C}$ 。

● 陆生生物

肉类、水果、粮食、蔬菜等样品： $^3\text{H}$ (TFWT,OBT)、 $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  核素分析，每类至少选择一个样品进行  $^{90}\text{Sr}$  分析；

指示生物： $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素分析。

● 海洋介质

海水：总  $\beta$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^3\text{H}$ ，可选择部分点位分析  $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  能谱；

海洋沉积物： $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  谱分析，在排放口方位 5km 范围内选择点位加测  $^{239+240}\text{Pu}$ ；

海洋生物样品： $^3\text{H}$ (TFWT,OBT)、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  及  $\gamma$  谱分析，部分点位测  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

● 土壤及底泥

- $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  核素分析，每个方位最近的 1 个点加测  $^{239+240}\text{Pu}$ 。

### 8.1.2.6 测量方法

根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法：

(1) 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。

### （2）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。

### （3）气象观测

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

#### 8.1.3 应急监测

事故工况下的环境应急监测是核电厂应急计划的重要组成部分，本工程将制定应急环境监测大纲，对监测原则、监测方法和步骤、监测项目、监测路线、监测组织机构、监测数据发布等做出规定。在事故工况下，根据应急监测大纲对环境中  $\gamma$  辐射水平及大纲中规定的环境介质进行快速取样，样品根据大纲要求和有关测量程序进行放射性测量。

可参与应急环境监测的监测设施和设备主要包括：

##### （1）环境辐射与气象监测系统：

- 固定式环境  $\gamma$  辐射监测站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 72 小时的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。
- 环境监测车/应急监测车和环境介质取样车：监测车内配备便携式放射性测量和取样设备以及气象设备，可以快速给出环境  $\gamma$  辐射水平、表面污染、空气中主要放射性

核素等。

- 气象站：气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及设置在厂外固定式环境  $\gamma$  辐射监测站的风速风向传感器。
- 移动式环境  $\gamma$  辐射监测子系统：考虑到极端外部事件下固定式环境  $\gamma$  辐射监测站可能受到损坏，因此考虑设置可在事故后投入使用的移动式环境  $\gamma$  辐射监测子系统，作为环境  $\gamma$  辐射水平监测的补充手段，以快速恢复环境监测能力。

## （2）环境实验室

环境实验室拟建设在本工程烟羽应急计划区以外，以避免事故情况下对环境实验室测量的影响，使其在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

## 8.2 其他监测

### 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

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物和生活污水对水环境的影响，计划在废水处理工艺末端排放口进行非放射性污染物的监测，主要监测项目包括水温、pH 值、COD、BOD<sub>5</sub>、硼、余氯、氨氮、总氮、总磷、石油类、悬浮物、阴离子表面活性剂、色度、盐度等。

### 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。

厂址原有气象站建成于 2008 年 5 月，2014 年 11 月气象设备老化停测。由于原气象站站址地处项目施工区，为避免气象观测数据质量受到影响，新建气象铁塔和地面站于 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。

地面气象观测系统构成，其中地面气象观测的直接观测要素包括：风向、风速、温度、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量、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、温度和湿度（100m）。

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 97.9%，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 97.9%。数据获取率满足 HAD101/02 规定的大于 90%的要求。

#### 8.2.4 水文观测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。

### 8.3 监测设施

#### 8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于监测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。本工程流出物实验室处于辐射防护控制区，人员进出需要通过卫生出入口进行管理。

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 Sr-90。

#### 8.3.2 环境监测设施

##### 8.3.2.1 环境辐射与气象监测系统

本工程将建设环境辐射与气象监测系统（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：

（1）气象观测

漳州核电厂运行期间将沿用现有气象站。对厂址所在区域的各气象要素进行实时监测、记录，主要的设施包括气象观测塔和地面气象站，所配置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

漳州核电厂拟在厂区内设置 6 个环境  $\gamma$  辐射监测站、在厂区外 10km 范围内设置 8 个环境  $\gamma$  辐射监测站。站址位置将与监督性监测子站互补覆盖漳州核电厂周围 16 个方位角的陆域范围。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。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、H-3、C-14 和 I-131 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

漳州核电厂将设置 1 辆环境监测车、1 辆介质采样车及 1 辆应急监测车。车辆放置和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；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：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：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：中央数据处理站将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

漳州核电厂将建设环境实验室，初步定在漳州市东山县，距离漳州核电厂直线距离约 19.3km，在烟羽应急计划区以外，与周围环境互不构成影响，场址周围交通便利，配套设施齐全，满足建设需求。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  $\beta$ 、H-3、C-14、Sr-90、累积剂量测量分析等。

环境实验室内设置低本底物理测量房间、样品预处理及制备房间、化学制样及分析房间及其他辅助房间，并主要配置以下几类设备：

- 放射性分析测量仪器：低本底  $\alpha/\beta$  测量仪、低本底液体闪烁计数器、高纯锗  $\gamma$  谱仪和累积剂量测量设备等；
- 制样设备：马福炉、烘箱、电子天平等；
- 实验室家具：通风柜、实验台等。

### 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。针对福建漳州核电厂 3、4 号机组，目前拟按照每两个机组设置 3 口监测井考虑。

## 8.4 质量保证

为了保证环境监测和流出物监测结果达到足够的可信度，确保获取的数据的有效性和可靠性，本工程将按照国家和行业标准规范的要求，制订环境监测大纲和放射性废物管理大纲，对流出物及周围环境的监测进行质量控制和质量管理。

### 8.4.1 质量控制

#### 8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

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

- 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。
- 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

术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录。各种记录均有责任者签名。

- 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。
- 操作样品时具有防止交叉污染的措施。
- 采样时的样品数量包括分析样品总数 5% 的质量控制样品及分析样品总数的 20% 的保留样品。
- 原始样品或经过预处理的样品需保存备查，运行前环境本底调查的样品应保存到退役后十年。对可保存的各类常规样品数的百分之一保存十年；强沾污样品及有特殊情况的样品应保存到处理后得出结论。

#### 8.4.1.2 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中的质量控制措施包括：

- 样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注意检查载体和标准溶液的质量。严格制备供放射性测量的样品。
- 在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染。
- 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。
- 比对：为了发现监测设备和监测中可能存在的缺陷，验证环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性和可比性，参加国家和环境监测系统主管部门组织的实验室之间分析测量的比对和国际比对。
- 仪器的刻度和检验：对环境监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。

#### 8.4.1.3 数据处理中的质量控制

数据处理中的质量控制包括：

- 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并有责任者签字。原始记录和环境监测结果将永久保存。
- 详细、准确的质量控制记录。
- 进行数据统计学处理，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。

- 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。
- 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准。
- 对不符合质量保证要求的监测结果，必须进行审查、评价，并确定是否使用，还是废弃或采取补救办法。

## 8.4.2 质量管理

### 8.4.2.1 组织机构

- 编制组织管理程序，明文规定管理和实施质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责、权限等级。
- 制定组织机构，分工明确，对本工程的环境监测及流出物监测统一管理。

### 8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，拟制定下列措施：

- 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环境监测专业知识和工作能力。
- 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训，要求熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。
- 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。

## 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 3、4 号机组是由中国核能电力股份有限公司和原中国国电集团公司（现已合并重组为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 2×1212MW 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，每年可向华东电网送电约 157.12 亿度。同时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 3、4 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，但是，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 3、4 号机组 2×1212MW 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 3、4 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，推动当地的经济的发展，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，核电站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 3、4 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 3、4 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间接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大量燃煤，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。以本项目 2×1212MW 规模计算，每年可少排放大量 SO<sub>2</sub>、烟尘、灰渣。

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 3、4 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 2.9% 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、控制区出入监测系统、安全壳泄露监测系统等监测系统费用；环境整治包括厂区绿化、边坡、截排洪沟等费用；施工期环保投入包括 HSE 环境保护费以及施工期大气环境和噪声监测、海域

环境监测及爆破震动监测等费用。

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 3、4 号机组厂区、生活区需要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 3、4 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，本机组对于漳州地区的公众舆论、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。公众参与的目的和作用，是为了广泛了解社会各界人士，特别是厂址周围受影响的公众对福建漳州核电厂 3、4 号机组工程建设的意见和建议，最大限度地降低工程建设可能对周边环境带来的不利影响，以发挥工程最大的社会、环境和经济效益。

### 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 3、4 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 3、4 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 3、4 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 3、4 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

### 10.3 放射性排放

### 10.4 辐射环境影响评价结论

#### 10.4.1 运行状态下对公众的辐射影响

#### 10.4.2 正常运行对非人类生物的辐射影响

#### 10.4.3 事故工况下的环境影响

### 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，西南距列屿镇约 2km。

漳州核电厂的规划容量按 6 台百万千瓦级压水堆核电机组考虑，一次规划，分期建设。本工程建设规模为 2 台“华龙一号”自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组。福建漳州核电厂 3 号机组计划 2023 年 6 月 30 日浇筑第一罐混凝土，单台机组建设工期为 58 个月，两台机组间隔 10 个月，3 号机组将在 2028 年 4 月投入商业运行，4 号机组将在 2029 年 2 月投入商业运行。

本工程采用“华龙一号”三代核电技术，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颁布的最新安全标准的要求；兼顾机组的安全性和经济性，满足三代核电技术的指标要求，吸收福岛核电站事故的经验反馈，考虑应对福岛核电站事故的相关改进和措施；具备能动与非能动相结合的安全特征，全面的严重事故预防与缓解措施、强化的外部事件的防护能力和改进的应急响应能力，具有技术成熟性和完整自主知识产权。

## 10.2 环境保护设施

本工程配套建设放射性废物处理设施，对“三废”进行处理。“三废”处理设施采用成熟可靠技术，可以保证放射性废液和放射性废气处理后达标排放，放射性固体废物处理后满足安全处置要求，可以满足放射性废物最小化要求。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。主厂区和厂前区生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入厂区雨水管网，最终排入大海。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，排入室外雨水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

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

漳州核电厂 3、4 号机组和 1-4 号机组运行状态下，气载流出物和液态流出物排放量

均满足 GB 6249-2011 中所规定的年排放量控制值及厂址年排放量控制值要求。3、4 号机组运行状态下，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

### 10.4.1 运行状态下对公众的辐射影响

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别为  $4.16\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $5.08\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.42\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $7.67\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。公众所受到的最大个人剂量  $5.08\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.06\text{mSv/a}$ ）的 8.47%。

厂址 1-4 号 4 台机组运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $8.07\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.02\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $7.16\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.63\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。厂址周围公众受到的最大个人有效剂量为  $1.02\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的 4.09%。

“三关键”分析：

3、4 号机组运行状态下采用现实排放源项计算周围的关键人群组、关键核素和关键照射途径。最大个人有效剂量出现在厂址 NNW 方位 1~2km 处，此处居住的是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  $1.19\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，其中气载途径所致的剂量为  $1.51\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为  $1.04\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。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  $1.04\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 87.28%；其次为气载途径的食入农牧产品内照射途径，占气液态总剂量的 8.30%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $7.77\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 65.36%；另外，Co-60 和 I-131 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 16.11% 和 4.39%。

厂址 1-4 号 4 台机组运行状态下，最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城内村的村民，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为  $1.93\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。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  $1.55\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 80.00%；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 12.87%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $1.24\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 64.32%；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 16.34% 和 4.79%。

### 10.4.2 正常运行对非人类生物的辐射

水生生物：从影响率的结果来看，漳州核电厂 3、4 号两台机组及 1-4 号四台机组正常运行时，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分别在  $10^{-3}$  和  $10^{-2}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 3、4 号两台机组及 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

陆生生物：从影响率的结果来看，漳州核电站 3、4 号机组及 1-4 号四台机组正常运行时，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，漳州核电站 3、4 号机组及 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

### 10.4.3 事故工况下的环境影响

在各类极限事故中，放射性后果最严重的是燃料操作事故。在一系列的保守假设下，该事故在非居住区边界和规划限制区边界处的有效剂量分别为  $1.05\text{E-}02\text{Sv}$  和  $9.09\text{E-}04\text{Sv}$ ，分别占事故剂量控制值的 10.5% 和 0.91%，甲状腺当量剂量分别为  $1.49\text{E-}01\text{Sv}$  和  $1.29\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占事故剂量控制值的 14.9% 和 1.29%。

在各类稀有事故中，放射性后果最严重的是安全壳外含有一次侧冷却剂的小管道破损事故，当采用保守大气弥散因子时，该事故在非居住区边界和规划限制区边界处的有效剂量分别为  $1.24\text{E-}03\text{Sv}$  和  $1.08\text{E-}04\text{Sv}$ ，分别占事故剂量控制值的 24.8% 和 2.16%；甲状腺当量剂量分别为  $1.00\text{E-}02\text{Sv}$  和  $8.68\text{E-}04\text{Sv}$ ，分别占事故剂量控制值 20.0% 和 1.74%。

综上所述，福建漳州核电厂 3、4 号机组设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2011 的要求。

## 10.5 非辐射环境影响评价结论

### 10.5.1 施工期间的环境影响

#### （1）对地形地貌的影响

本期工程使用的场地已在 1、2 号机组工程建设中进行过场地平整，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，对厂区周围生态是有利的。

#### （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。

### （3）对生态环境的影响

工程施工需要对厂址场地进行平整，需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作也将破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，将根据现场施工情况采取相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也将采取相应的恢复措施，预计本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

### （4）对大气环境的影响

施工过程中，由于负挖的爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

### （5）对声环境的影响

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。最近的居民点人家村距离 4 号反应堆 1.41km，距离较远，预计不会出现扰民现象。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

### （6）对水环境的影响

施工期间生产临建区（5、6 号机组冷却塔所在区域）、办公临建区（搅拌站区域）施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理。其他施工临建区视情况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。

#### （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建筑垃圾和生活垃圾。施工期间由指定的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。

#### （8）海域施工的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取排水口工程施工，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。取排水口工程施工及明渠基槽开挖的悬沙等影响主要集中在明渠之内；船舶产生的含油废水自行处理达标后排放或带至岸上排放。通过采取措施，有序排放，能够尽量减小海域施工的影响。

此外，施工期间，安排了大气、噪声、海洋生态环境等的施工期监测，发现问题，将及时解决，确保施工期间对环境的影响可以接受。

### 10.5.2 运行期间的环境影响

#### （1）温排水的影响

厂址所处的东山湾有 2 个保护区。东山湾湾顶，漳江入海口处有福建漳江口红树林国家级自然保护区，东山湾湾口处有福建省东山珊瑚礁海洋自然保护区。根据温排水三维数模计算结果，在 1~4 号机组共同运行工况下，1℃温升均未影响到上述 2 个保护区。

在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃的范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，其他海域，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。

#### （2）机械损伤和卷吸效应

核电厂的取水方式为引水明渠取水，电厂运行期间会对浮游生物、鱼卵仔鱼等能通过滤网系统的生物造成一定的损失影响。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。后续也将充分借鉴其他电厂运

行的良好经验反馈，进一步考虑优化取水工程海生物拦截措施的可能，尽量降低由于取水卷载对水生物造成的影响。

### （3）化学污染物的环境影响

经处理，核电厂运行期间排放的各种废水中所含盐类数量较少，与海域内天然含盐量相比不高，《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。

余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。由于相关报告尚未完成，余氯的影响具体范围尚未确定。海水水量丰富，扩散稀释能力较好，根据经验初步判断余氯不会对受纳水体产生明显影响。

### （4）生产废水和生活污水的影响

本工程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》（GB8978-1996）中一级标准，二者均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。且生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入大海。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。

## 10.6 公众意见采纳情况总结

公众参与内容由业主单独提交。

## 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，积极施工方沟通，尽量采取对环境影响小的施工方式；

——营运单位密切关注人口增长情况，严格限制规划限制区内的人口机械增长，以便于本项目运行期间应急计划的实施。

中华人民共和国



建设项目  
用地预审与选址意见书

中华人民共和国自然资源部监制

# 附件一

## 中华人民共和国 建设项目 用地预审与选址意见书

用字第 350000202100001 号

根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，经审核，本建设项目符合国土空间用途管制要求，核发此书。

核发机关

云霄县自然资源局

日期

2021-06-24



基 本 情 况	项目名称	漳州核电项目3-6号机组※
	项目代码	2017-000052-44-02-000751※
	建设单位名称	中核国电漳州能源有限公司※
	项目建设依据	核电中长期发展规划（2011—2020年）※
	项目拟选位置	福建省漳州市云霄县列屿镇※
	拟用地面积 (含各地类明细)	总面积47.8803公顷，其中农用地40.4011公顷（耕地8.1240公顷、林地21.2426公顷、园地8.9019公顷、其他农用地2.1326公顷，基本农田0.4095公顷）、建设用地5.0639公顷、未利用地2.4153公顷※
拟建设规模	3-6号机组装机规模为4*1220MW※	
附图及附件名称 ①建设项目:附图XZ21015号; ②建设项目:附件用字第350000202100001号。		

### 遵守事项

- 一、本书是自然资源主管部门依法审核建设项目用地预审和规划选址的法定凭据。
- 二、未经依法审核同意，本书的各项内容不得随意变更。
- 三、本书所需附图及附件由相应权限的机关依法确定，与本书具有同等法律效力，附图指项目规划选址范围图，附件指建设用地要求。
- 四、本书自核发起有效期三年，如对土地用途、建设项目选址等进行重大调整的，应当重新办理本书。

## 建设项目用地预审与选址意见书附件

根据云霄县国土空间规划和《关于中核国电漳州能源有限公司一漳州核电项目 3—6 号机组的复函》，提出以下建设用地要求：

一、该项目用地符合云霄县国土空间规划（土地利用总体规划、城乡规划等），不涉及占用永久基本农田，用地指标应纳入年度土地利用计划/不符合土地利用总体规划，已按规定编制土地利用总体规划局部修改方案。

二、建设单位（中核国电漳州能源有限公司）应本着节约集约用地的原则，按照项目有关建设标准或建设用地指标的规定优化设计方案，从严控制建设用地规模。

三、建设项目占用耕地，应按照以补定占、先补后占的有关规定，应依法落实耕地占补平衡。项目征地补偿费用按《土地管理法》及国家和省有关规定做好核算，确保补偿安置资金足额到位。

四、项目建设单位（中核国电漳州能源有限公司）应根据地质灾害危险性评估报告和矿产资源压覆情况证明采取相应的措施。

五、项目涉及林地、海域、重要河流、水域、湿地、水源保护地等各类保护地、文物点、历史建筑、环保、安全等的（涉及以上各类的，应明确具体名称），应严格按照法律法规和有关规定，依法办理相关手续。

六、项目经有关部门批准后，按规定办理建设用地审批和规划许可手续，未取得建设用地批准和建设项目规划许可手续的不得开工建设。

## 附件二

# 福建省自然资源厅

闽自然资函〔2021〕272号

## 福建省自然资源厅关于漳州核电项目 3-6号机组建设用地预审意见的函

漳州市自然资源局：

《关于漳州核电项目3-6号机组项目建设用地预审初审意见的报告》（漳自然资〔2021〕67号）及相关材料收悉。经审查，现函复如下：

一、漳州核电项目3-6号机组（项目代码：2017-000052-44-02-000751）已列入《核电中长期发展规划（2011-2020年）》。项目建设对推动构建国内大循环、实现碳达峰、碳中和，促进当地经济社会发展具有重要意义。该项目用地符合供地政策，原则同意通过用地预审。

二、该项目拟用地总面积47.8804公顷，其中农用地40.4014公顷，耕地8.1238公顷（不含永久基本农田），建设用地5.0639公顷，未利用地2.4151公顷。在初步设计阶段，必须严格保护耕地，节约集约用地，按照《电力项目建设用地控制指标》的规定，从严控制用地规模。

三、项目经审批（核准、备案）后，必须按照《中华人民共和国土地管理法》及有关规定，依法办理建设用地审批手续。未

获批准的不得开工建设。已通过用地预审的项目，如对土地用途、建设项目选址等进行重大调整的，应当重新办理用地预审。

四、项目用地符合法律法规规定的公共利益情形、确需征收土地的，有关地方人民政府和建设单位应依法落实征地补偿安置途径，保证被征地农民原有生活水平不降低、长远生计有保障，切实维护被征地农民的合法权益。市级自然资源主管部门应督促有关地方人民政府和建设单位，在用地报批前按规定程序和要求做好征地补偿安置有关工作。

五、你局应督促地方人民政府和建设单位在用地报批前，足额落实补充耕地费用，按照“数量相同、质量相当”的要求落实耕地占补平衡，并按照法律规定，做好耕土层土壤剥离利用。

六、建设单位应对项目是否位于历史文化保护区、地质灾害易发区，是否压覆重要矿产资源进行查询核实；应避让历史文化保护区域，位于地质灾害易发区或者压覆重要矿产资源的，应当依据相关法律法规的规定，做好地质灾害危险性评估、压覆矿产资源登记等。

七、依据《建设项目用地预审管理办法》的规定，建设项目用地预审文件有效期为三年，本文件有效期至二〇二四年五月二十四日。



抄送：中核国电漳州能源有限公司。



# 附件三

## 福建省漳州市人民政府

---

### 漳州市人民政府关于福建漳州核电厂 3、4号机组社会稳定风险评估意见的函

省发改委：

漳州核电厂位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾，项目规划建设我国具有完整自主知识产权的百万千瓦级“华龙一号”核电机组。其中核电1、2号机组于2019年获得国务院核准并开工建设，3-6号机组已列入国家核电中长期发展规划，3、4号机组计划2021年底核准，2022年开工建设。漳州核电项目的建设，对调整和改善漳州乃至福建省能源结构将起到重要作用，助力漳州打造为东南沿海最大的清洁能源基地的发展目标。

为推动漳州核电厂社会稳定风险防控工作，促进项目审批提速，按照《福建省发展改革委关于印发重大固定资产投资项

目社会稳定风险评估暂行办法的通知》（闽发改投资〔2013〕826号）以及《福建省发展和改革委员会关于漳州核电厂3、4号机组社会稳定风险评估有关事宜的复函》（闽发改核电函〔2021〕53号）的要求，项目业主中核国电漳州能源有限公司委托北京达飞安评管理顾问有限公司编制了《福建漳州核电厂3、4号机组社会稳定风险分析报告》。经我市发改委委托福建省电力勘察设计院（福建省能源规划研究中心）对分析报告进行评估论证

---

后，福建省电力勘察设计院于2021年4月22日，在福州组织召开分析报告评审及专家评估座谈会，经与会的省发改委、自然资源厅、生态环境厅、水利厅、应急管理厅、海洋渔业局以及漳州市相关部门代表、5位特邀专家进行质询和充分讨论，会上形成该项目社会稳定风险为低风险的评估结论。

鉴于该项目已列入国家核电中长期规划（2011-2020），且经委托福建省电力勘察设计院开展风险评估以及组织专家评审和部门审查，该项目社会稳定风险评估结论为低风险级别。我市认为该项目的社会稳定风险因素分析合理，且风险防控措施可靠，在项目相关责任主体和协助单位落实了评估报告提出的社会稳定风险防范和化解措施后，社会稳定风险等级为低风险等级。今后我市将继续做好该项目的监管和应急等方面工作，进一步降低项目社会稳定风险。

专此函达。



## 附件四

# 水利部行政许可文件

水许可决〔2021〕24号

---

### 福建漳州核电厂3、4号机组水土保持方案 审批准予行政许可决定书

中核国电漳州能源有限公司：

我部于2021年4月19日受理你公司提交的福建漳州核电厂3、4号机组水土保持方案审批申请（中核漳能市场函〔2021〕74号）。经审查，该申请符合法定条件，根据《中华人民共和国行政许可法》第三十八条第一款、《水行政许可实施办法》第三十二条第一项，决定准予行政许可。

#### 一、水土保持方案总体意见

（一）基本同意建设期水土流失防治责任范围为83.77公顷。

(二)同意水土流失防治执行南方红壤区一级标准。

(三)基本同意水土流失防治目标为:水土流失治理度 98%,土壤流失控制比 1.00,渣土防护率 97%,林草植被恢复率 98%,林草覆盖率 27%。

(四)基本同意水土流失防治分区及分区防治措施安排。

## **二、生产建设单位在项目建设中应全面落实《中华人民共和国水土保持法》的相关要求,并重点做好以下工作**

(一)按照批准的水土保持方案,做好水土保持初步设计和施工图设计,加强施工组织管理,切实落实水土保持“三同时”制度。

(二)严格按方案要求落实各项水土保持措施。各类施工活动要严格限定在用地范围内,严禁随意占压、扰动和破坏地表植被。根据方案要求合理安排施工时序和水土保持措施实施进度,严格控制施工期间可能造成水土流失。

(三)切实做好水土保持监测工作,加强水土流失动态监控,并按规定向水利部太湖流域管理局、福建省水利厅提交监测季度报告及总结报告。

(四)依法依规足额缴纳水土保持补偿费。

## **三、本项目的地点、规模如发生重大变化,或者水土保持方案实施过程中水土保持措施发生重大变更,应补充或者修改水土保持方案,报我部审批。需要新设弃渣场的,应当编制水土保持方案(弃渣场补充)报告书,报我部审批。**

## **四、本项目在竣工验收或投产使用前应通过水土保持设施自**

主验收;生产建设单位应当在水土保持设施自主验收通过后3个月内,向我部报备水土保持设施验收材料。水土保持设施未经验收或者验收不合格的,生产建设项目不得投产使用。

联系人:张春亮 电话:010-63204575

附件:关于福建漳州核电厂3、4号机组水土保持方案报告书  
技术评审意见的报告(水保监方案[2021]9号)



附件

## 附件四

水利部

# 水土保持监测中心文件

水保监方案〔2021〕9号

签发人：莫沫

### 关于福建漳州核电厂3、4号机组 水土保持方案报告书技术评审意见的报告

水利部：

2021年4—5月，我中心对《福建漳州核电厂3、4号机组水土保持方案报告书》进行了技术评审，基本同意该水土保持方案报告书，现将技术评审意见报部。

(此页无正文)



水利部水土保持监测中心

2021年5月8日

# 福建漳州核电厂 3、4 号机组 水土保持方案报告书技术评审意见

福建漳州核电厂位于福建省漳州市云霄县列屿镇境内，规划容量为 6 台百万千瓦级核电机组，统一规划，分期实施，一期工程统一完成场平和表土剥离工作，本期在一期工程场平的基础上新建 2 台华龙一号机组及其配套辅助设施。项目建设主要涉及厂区和施工生产区，厂区包括主厂房区、循环冷却水设施区、部分辅助生产设施区、实物保护区等，采用平坡式竖向布置形式；施工生产区包括一体化施工生产临建区、混凝土搅拌站、砂石料加工厂、临时仓储区、大件设备中转储存场和临时堆土（石）料场，均利用一期工程施场地和生产区；施工生活区就近租用列屿镇周边设施。进厂道路、大件码头、海堤护岸、取排水设施、施工用水用电、配电装置区、厂前建筑及其他设施区等均依托利用一期工程的相关建设内容。

项目总占地 83.77 公顷，其中永久占地 27.75 公顷，临时占地 56.02 公顷；土石方挖填总量 166.08 万立方米，其中挖方 160.00 万立方米（全部用作骨料综合利用）、填方 6.08 万立方米（为回覆表土），借方 11.08 万立方米（包括表土 6.08 万立方米，石方骨料 5.00 万立方米，来源于一期工程已剥离的表土和开挖的

石方)。项目总投资 378.83 亿元；计划于 2021 年 8 月开工，2028 年 4 月完工，总工期 81 个月。

项目区地貌类型主要为丘陵、海岸和海积地貌；气候类型属南亚热带海洋性季风气候，年降水量 1194.3 毫米，年蒸发量 1750.6 毫米，年均风速 6.2 米每秒；土壤类型主要为水稻土、砖红壤性红壤、红壤等；植被类型主要为南亚热带常绿阔叶林，林草覆盖率为 78.7%；土壤侵蚀以微度水力侵蚀为主；属闽南省级水土流失重点治理区。

2021 年 4 月 28 日，我中心采用视频会议的形式对该项目水土保持方案进行了技术评审。参加评审工作的有水利部太湖流域管理局，福建省水利厅，漳州市水利局，云霄县水利局，建设单位中核国电漳州能源有限公司，主体设计单位中国核电工程有限公司，水土保持方案编制单位福建省水利水电勘测设计研究院的代表，以及 5 名水土保持方案评审专家组成的专家组。专家和代表观看了现场影像、审阅了水土保持方案报告书等资料，听取了建设单位关于项目前期工作进展情况的介绍、主体设计单位关于项目设计概况和水土保持方案编制单位关于水土保持方案报告书内容的汇报。经评议，专家组建议通过技术评审。

经我中心主任专题会议研究，该水土保持方案报告书基本符合水土保持法律法规、技术标准及有关文件的规定，基本同意该水土保持方案报告书，现提出技术评审意见如下：

## 一、主体工程水土保持分析与评价

(一)基本同意主体工程选址水土保持制约性因素的分析与评价。本项目涉及水土流失重点治理区,本次在一期工程已经平整的场址上进行建设,水土流失防治执行一级标准,利用一期工程已建设施布置施工生产生活区等措施,基本满足水土保持法律法规和技术标准的要求。

(二)基本同意对项目占地、土石方平衡、施工工艺与方法的水土保持分析与评价。

(三)基本同意对主体工程中具有水土保持功能工程的评价与界定。

## 二、水土流失防治责任范围

基本同意建设区水土流失防治责任范围为 83.77 公顷。

## 三、水土流失预测

同意水土流失预测内容和方法。经预测,项目建设可能造成新增水土流失量 3.86 万吨。厂区和施工生产区是本项目水土流失防治的重点区域。

## 四、水土流失防治目标

同意本项目水土流失防治执行南方红壤区一级标准。基本同意设计水平年水土流失防治目标结合项目实际情况确定为:水土流失治理度 98%,土壤流失控制比 1.00,渣土防护率 97%,林草植被恢复率 98%,林草覆盖率 27%。鉴于本期工程在完成场

平的基础上进行建设，表土资源已经剥离，并纳入一期工程，基本同意本期工程不设表土保护率指标。

## 五、防治分区及防治措施体系和总体布局

(一) 同意将水土流失防治区划分为厂区和施工生产区共 2 个区。

(二) 基本同意水土流失防治措施体系和总体布局。

## 六、分区防治措施布设

基本同意分区防治措施布设及各项防治措施的等级与标准。

### (一) 厂区

基本同意施工期场地内部布设临时排水措施，厂区四周布设雨水排水措施；施工结束后，厂区保护区内采取碎石压盖措施，可绿化区域采取土地平整、表土回覆、景观绿化措施。

### (二) 施工生产区

基本同意施工期场地四周布设临时排水措施，临时堆土(石)料场四周布设临时拦挡、苫盖、排水、沉沙措施；施工结束后，可恢复植被区域采取土地平整、表土回覆、栽植灌草恢复植被措施。

## 七、施工组织

基本同意水土保持施工组织和进度安排。

## 八、水土保持监测

基本同意水土保持监测时段、内容和方法。本项目主要采用地面观测、调查监测和遥感监测相结合的方法。监测重点区域为厂区和施工生产区。

#### **九、水土保持投资估算**

基本同意水土保持投资估算编制依据、方法和成果。基本同意水土保持补偿费 0.67 万元。

#### **十、水土保持效益分析**

基本同意水土保持效益分析。水土保持方案实施后，建设区水土流失可基本得到控制，生态环境得到保护和恢复。

本技术评审意见仅限于生产建设项目水土流失预防和治理范畴。因之发生的相关赔偿、补偿，由生产建设项目法人负责。



---

抄送：国家发展改革委、国家能源局，水利部水土保持监测中心、太湖流域管理局，福建省水利厅，福建省水利水电勘测设计研究院。

---

水利部办公厅

2021年5月19日印发

---

# 附件五

## 水利部太湖流域管理局 准予行政许可决定书

太许可决〔2021〕3号

中核国电漳州能源有限公司：

本机关于2021年1月21日受理你单位提出的福建漳州核电厂3、4号机组取水许可申请。经审查，该申请符合法定条件，根据《中华人民共和国行政许可法》第三十八条第一款、《水行政许可实施办法》第三十二条第（一）项，决定准予福建漳州核电厂3、4号机组取水许可。具体意见如下：

一、原则同意福建漳州核电厂3、4号机组（以下简称“本工程”）取水水源为峰头水库，取水用于施工期和运行期生产、生活用水，取水口设在峰头水库坝后电站引水管，分别取自左右岸电站压力水管；施工期取水总量282.9万立方米，最大年取水量64.4万立方米，供水保证率为90%；运行期最大年取水量245万立方米，供水保证率为97%。

二、你单位应严格落实各项节水和水资源保护措施，取水计量、节水、水资源保护等设施应与取水工程同时设计、同时施工、同时投入运行。加强取用水水量水质监测和取水设施维护，及时编制应急供水预案，建设应急备用水源，保障供水安全。

三、本工程取水设施建成并试运行满30日后，你单位应向本机关报送取水设施核验申请材料，经本机关验收合格，领取取水许可证后方可取水。



四、你单位应按时向本机关申报年度取水计划，经批准后须严格按照计划取水。及时填报取用水报表，配合本机关及有关地方水行政主管部门开展取水许可监督管理工作，依法及时向福建省水利厅足额缴纳水资源费。

五、你单位应按照创建节水型企业要求，对用水过程进行实时监测与调控，优化用水工艺，强化节水措施，提高水资源回用和循环利用水平。定期组织开展水平衡测试，核定全厂及各用水系统的用水量。遇到重大旱情以及其它需要限制取水的情形，有关单位将对取水实行限制。

六、本取水许可申请自批准后3年内，取水设施未开工建设，或者本工程未取得国家审批、核准的，本取水申请批准文件自行失效。

本工程取水事项有较大变更的，你单位应当重新进行建设项目水资源论证，并重新申请取水。

如对本决定不服，可以自收到本决定之日起六十日内依法向水利部申请行政复议，或者在六个月内向上海铁路运输法院提起行政诉讼。

联系人及联系方式：孙志，021-25101067。



## 附件六

# 福建省人民政府文件

闽政文〔2014〕48号

---

### 福建省人民政府关于漳州核电厂 近厂区范围限制发展的批复

漳州市人民政府：

你市《关于请求出具漳州核电项目近厂区范围限制发展承诺函的请示》（漳政〔2014〕6号）收悉。根据核电厂核安全法规、导则的要求，同意你和云霄县人民政府提出的关于漳州核电厂近厂区范围限制发展的意见，即：设置以反应堆为中心半径不小于800米的非居住区，设置以反应堆为中心半径不小于5公里的规划限制区。严格控制规划限制区内的规划发展，限制人口的机械增长，在规划限制区内不应有1万人以上的乡镇，不新建扩建大的企事业单位、人员密集场所和生活居住区、大的医院或疗养

院、旅游景点等，不宜建设危及核电厂安全的易燃、易爆的化工及其它工矿企业或其他危险品贮存单位。



---

抄送：省发改委、环保厅、核电办，云霄县人民政府，中核国电漳州能源有限公司。

---

福建省人民政府办公厅

2014年2月17日印发

---



# 附件七

## 国家核安全局文件

国核安发〔2016〕247号

---

### 漳州核电厂一期工程厂址选择审查意见书

中核国电漳州能源有限公司：

你公司《关于报送漳州核电厂一期工程厂址安全分析报告的请示》(中核漳能设计发〔2015〕4号)及相关附件收悉。

根据《民用核设施安全监督管理条例》及其实施细则和核安全相关法规,我局对你公司提交的《漳州核电厂一期工程厂址安全分析报告》(以下简称《厂址安全分析报告》)及相关文件进行了审评,现批复如下:

一、漳州核电厂一期工程位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾,拟建设四台 AP1000 型压水堆核电机组。在《厂址安全分析报告》及有关文件的审评中,未发现漳州核电厂一期工程厂址存在

影响核电厂安全且不能采取工程措施解决的颠覆性因素,该厂址是可以接受的。

二、你公司应在核电厂设计阶段进一步开展抗震裕度评价工作,并根据分析结果采取必要的措施。

三、你公司应遵守相关核安全法规及厂址审查过程中的各项承诺,并跟踪厂址条件变化情况,如发现与《厂址安全分析报告》不一致的重大问题,应及时向我局报告。



---

抄 送:发展改革委、能源局,环境保护部华东核与辐射安全监督站、核与辐射安全中心,中国核工业集团公司。

---

环境保护部办公厅

2016年10月11日印发

---

# 附件八

# 国家核安全局

---

---

国核安函〔2018〕94号

## 关于认可《漳州核电厂一期工程（华龙一号） 厂址安全分析复核报告》的函

中核国电漳州能源有限公司：

你公司《关于申请漳州核电厂一期工程厂址安全分析复核（华龙一号融合技术）的请示》（中核漳能设计发〔2018〕152号）收悉。经研究，函复如下：

漳州核电厂一期工程位于福建省云霄县列屿镇刺仔尾。2016年10月10日，我局以国核安发〔2016〕247号文出具了基于AP1000技术路线的漳州核电厂一期工程厂址选择审查意见书。2018年6月，你公司将技术路线由AP1000技术调整为“华龙一号”融合技术。

我局对你公司提交的基于“华龙一号”融合技术的《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址安全分析复核报告》进行了审评，认为漳州核电厂一期工程采用“华龙一号”融合技术的厂址适宜性是可以接受的。我局原批复的厂址选择审查意见书对“华龙一号”融合技术工程项目依然有效。

---

---

你公司应严格遵守我国核安全法规和审评中的各项承诺，并跟踪厂址条件变化情况，如发现与《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址安全分析复核报告》不一致的重大问题，应及时向我局报告。



抄送：国家能源局，华东核与辐射安全监督站，核与辐射安全中心，福建省生态环境厅，中国核工业集团有限公司。

# 中国地震局

---

中震安评〔2009〕89号

## 附件九

### 对国电漳州核电厂可行性研究阶段 地震安全性评价报告的批复

国电漳州核电项目筹备处：

国家地震安全性评定委员会于2009年4月14日在北京召开评审会，对中国地震局地球物理研究所和福建地震地质工程勘察院共同承担完成的《国电漳州核电厂可行性研究阶段地震安全性评价报告》进行了评审，认为该报告符合国家标准GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》的要求。根据国家地震安全性评定委员会的评审意见，经研究，批复如下：

一、同意该报告对区域和近场区地震活动性、地震构造环境及场区主要断裂活动性的分析评价意见。

二、同意该报告提供的厂址SL-2级设计基准地面运动峰值加速度（水平向为0.30g、竖向向为0.20g）及相应的反应谱。

三、同意该报告对工程场地地震地质灾害的评价意见。

该报告结果为国电漳州核电厂工程的抗震设防要求，供建设

---

工程抗震设计使用。



二〇〇九年七月十五日

主题词：地震 安全性评价 批复

抄送：福建省地震局、中国地震局地球物理研究所、福建地震地质工程勘察院。

# 福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址地震安全性评价复核报告

## 评审意见

2020 年 9 月 22 日，中国地震局震害防御司在北京主持召开了《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址地震安全性评价复核报告》评审会，会议组成了评审专家组（名单附后）。评审专家审阅了报告，听取了项目承担单位中国地震局地球物理研究所的成果汇报，并就相关问题进行了质询和讨论，形成评审意见如下：

1、在 2009 年完成的“国电漳州核电厂可行性研究阶段地震安全性评价”工作基础上，补充收集了本地区的地震地质、地震活动等新资料，对区域及近区域地震构造和地震活动环境进行了复核评价。

2、在根据最新资料确定的地震构造模型的基础上，采用与最新研究成果相适应的地震动峰值加速度和加速度反应谱衰减关系，通过概率地震危险性分析计算，给出了厂址 50 年超越概率 10% 的基岩峰值加速度及厂址地震基本烈度；通过确定性地震危险性和概率地震危险性分析，给出了厂址 SL-2 级设计基准地面运动峰值加速度（水平向为：0.29g，竖向向为：0.20g）与加速度反应谱，并拟合了厂址设计地震动时程。

3、厂址附近范围不存在能动断层，厂址区不存在影响厂址适宜性的地震地质灾害。

报告基础资料扎实，工作方法和思路正确，符合国家标准 GB17741—2005《工程场地地震安全性评价》的要求，结论可信，评审专家组同意通过评审。同时，要求项目承担单位根据评审专家意见，对报告进一步补充、修改和完善。

评审专家组组长： 

2020 年 9 月 22 日

# 附件十

## 中华人民共和国环境保护部

环审〔2016〕131号

---

### 关于漳州核电厂一期工程 环境影响报告书(选址阶段)的批复

中核国电漳州能源有限公司：

你公司《关于报送漳州核电厂一期工程环境影响报告书(选址阶段)的请示》(中核漳能设计发〔2015〕3号)及相关文件收悉。经研究,现批复如下：

一、漳州核电厂一期工程位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾,拟建四台 AP1000 型压水堆核电机组及配套设施。《漳州核电厂一期工程环境影响报告书(选址阶段)》(以下简称《报告书》)符合《核电厂环境影响报告书格式和内容》(NEPA—RG1)的要求,编制依据充分,适用的评价标准恰当,所执行的标准级别明确。

《报告书》对厂址环境及电厂描述清楚,采用的评价模式成熟,选取的参数能够反映厂址的实际情况,对施工及运行期间的环境影响分析合理,流出物监测和环境监测的方案考虑适当,公众参与符合相关规定的要求。

环境影响分析评价结果表明,漳州核电厂一期运行状态和事故工况下对公众和环境的影响满足国家标准要求。我部同意你公司按照《报告书》所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。

## 二、在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作

(一)加强漳州核电厂一期工程施工期间管理,落实施工期间环境监测方案。

(二)进一步推动落实中低放废物处置场的选址建设工作。

(三)加强公众沟通,有序推进项目的科普宣传、公众参与及信息公开等工作。

三、项目应严格执行配套建设的环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

四、《报告书》经批准后,项目的性质、规模、地点或者采取的环境保护措施发生重大变动的,应当重新报批项目环境影响报告书。

五、我部委托福建省环境保护厅配合我部华东核与辐射安全

监督站,负责该项目的环境保护监督检查工作。

六、你公司应在收到本批复后 20 个工作日内,将批准后的《报告书》分送我部华东核与辐射安全监督站、福建省环境保护厅。



---

抄 送：发展改革委、能源局，环境保护部华东核与辐射安全监督站、核与辐射安全中心，福建省环境保护厅，中国核工业集团公司。

---

环境保护部办公厅

2016年10月9日印发

---



# 附件十一

# 中华人民共和国生态环境部

环核电函〔2018〕169号

## 关于认可《漳州核电厂一期工程（华龙一号） 环境影响复核报告（选址阶段）》的函

中核国电漳州能源有限公司：

你公司《关于申请漳州核电厂一期工程选址阶段环境影响复核（华龙一号融合技术）的请示》（中核漳能设计发〔2018〕153号）收悉。经研究，函复如下：

漳州核电厂一期工程位于福建省云霄县列屿镇刺仔尾。2016年10月9日，原环境保护部以环审〔2016〕131号文批复了基于AP1000技术路线的漳州核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）。2018年6月，你公司将技术路线由AP1000技术调整为“华龙一号”融合技术。

我部对你公司提交的基于“华龙一号”融合技术的《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》进行了审评，认为采用“华龙一号”融合技术的漳州核电厂一期工程的环境影响是可以接受的，同意你公司按照复核报告所列的建设项目的性质、规模、地点、技术路线以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。

你公司应严格遵守我国环境保护法规标准和审评中的各项承诺，确保配套建设的环境保护措施得到落实。



抄送：国家能源局，华东核与辐射安全监督站，核与辐射安全中心，福建省生态环境厅，中国核工业集团有限公司。



## 附件十二

# 国家核事故应急办公室文件

国核应办〔2021〕17号

### 国家核事故应急办公室关于福建漳州 核电厂3、4号机组厂址区域 核应急方案审查意见的通知

中核国电漳州能源有限公司：

你公司《关于报送〈福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域核应急方案〉的请示》（报审稿）（中核漳州生产发〔2021〕47号）和《关于报送〈福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域核应急方案〉的请示》（报批稿）（中核漳州生产发〔2021〕144号）均悉。经研究，现通知如下：

根据《国家核事故应急协调委员会关于进一步加强核电工程项目建设前期核应急管理工作的通知》要求，我办组织审查了你

公司提交的《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域核应急方案》，认为该方案基本满足相关法律法规要求。

请你公司在后续工作中扎实做好各项核应急准备工作，并注重 3 个方面工作：**一是**主动加强与福建省各级核应急组织的沟通，落实场内场外核应急工作接口；**二是**配合做好场外核应急基础设施建设、专业队伍共建、公众科普宣传等工作；**三是**结合 3、4 号机组在建阶段期间，1、2 机组处于在运状态的实际情况，深化研究建设高峰期的人员撤离等核应急工作。

特此通知。



---

抄送：福建省核应急办，中国核工业集团有限公司。

---

国家核事故应急办公室

2021年7月13日印发

---

# 附件十三

## 漳州市环境保护局

漳环审函〔2016〕8号

### 关于重新确认漳州核电厂一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意见函

中核国电漳州能源有限公司：

你单位关于《关于请求重新确认环境质量和非放射性污染物排放执行标准的函》（中核漳能设计函〔2016〕43号）收悉。根据区域环境特征、有关环境规划以及云霄县环保局的审查意见，经审查，现函告如下：

#### 一、环境质量标准

##### 1、海水水质标准

漳州核电厂附近海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第三类标准，其中，温排水混合区不得影响邻近功能区的水质和鱼类回游通道，除水温指标外，其余指标仍按海水水质三类标准执行。

##### 2、环境空气质量标准

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。

##### 3、声环境

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）的4a类标准。

#### 二、污染物排放标准

##### 1、污水排放标准

本项目主厂区、厂前区和部分施工临建区的生活污水回用执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）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。

其它非放射性废水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中的一级标准。

## 2、大气排放标准

常规大气污染物执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 中二级排放标准。

## 3、噪声排放标准

运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 3 类标准。

施工期施工场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。

## 4、电磁辐射标准

厂址电磁辐射执行《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 的相关标准限值。

以上环境影响评价执行标准的意见供上级审核审批部门参考，并以上级审核审批部门最终意见为准。

专此函复。

漳州市环境保护局  
项目审批专用章  
2016年3月15日

# 附件十四

## 云霄县人民政府

云政函（2014）65号

### 云霄县人民政府关于 同意在漳州核电厂址周围设置非居住区的函

中核国电漳州能源有限公司：

贵公司《关于漳州核电厂周围非居住区相关事项的函》（中核漳能前期函（2014）4号）收悉。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）要求中，考虑核电厂的运行安全，经县政府研究，同意在漳州核电厂址的周围设置非居住区，并授权中核国电漳州能源有限公司对该区域进行有效管辖。

专此函往。



# 附件十五

# 福建省人民政府文件

闽政文〔2018〕205号

---

## 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

漳州市人民政府：

你市《关于再次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（2017-2020年）的请示》（漳政〔2018〕30号）收悉。经研究，现批复如下：

一、原则同意你市提出的漳州核电项目近岸海域环境功能区划调整方案。

二、调整范围

（一）东山湾二类区（标识号：FJ-137-B-II）近岸海域环境功能区划类别、主导功能、辅助功能、执行海水水质标准等不

变，面积增加 1.09km<sup>2</sup>。

（二）东山湾漳州核电三类区（标识号：FJ-152-C-II）近岸海域环境功能区划类别、主导功能、辅助功能、执行海水水质标准等不变，面积减少 1.09km<sup>2</sup>。（具体见附件）

三、你市要认真贯彻落实习近平生态文明思想，坚持新发展理念，坚决打好污染防治攻坚战，强化近岸海域污染防治，遵守海洋环境保护有关法律法规，认真落实环境功能区划调整后的管理与保障措施，严格执行有关污染物排放标准，强化近岸海域环境功能区水环境监测分析，切实处理好开发与保护的关系，确保近岸海域生态环境安全。

附件：福建省近岸海域环境功能区划图（漳州核电项目近岸海域）

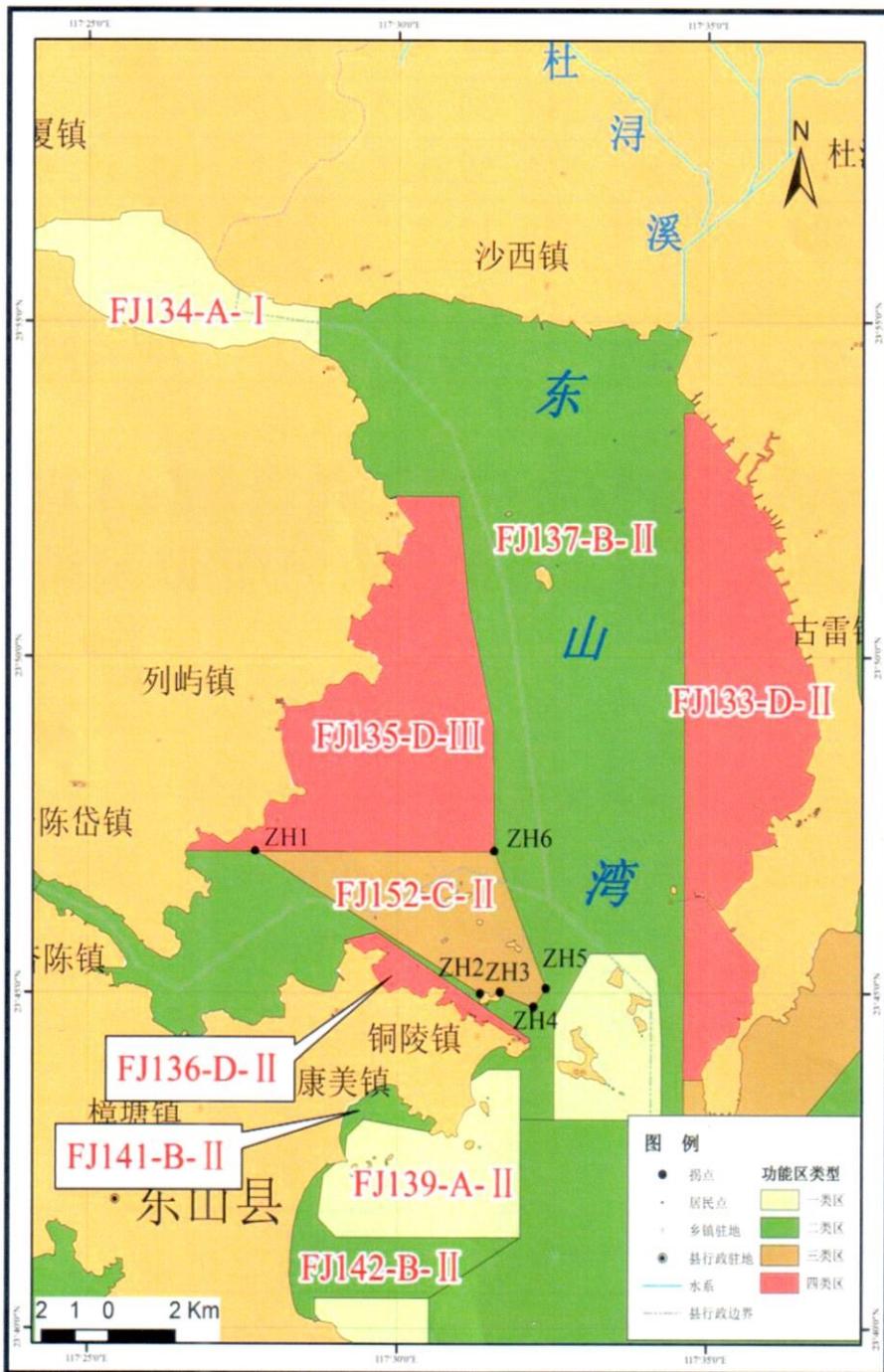


（此件主动公开）

附件

# 福建省近岸海域环境功能区划图

(漳州核电项目近岸海域)



## 拐点坐标一览表

编号	经度	纬度
ZH1	117° 27' 42.02"	23° 47' 5.79"
ZH2	117° 31' 20.26"	23° 44' 58.66"
ZH3	117° 31' 39.12"	23° 44' 59.45"
ZH4	117° 32' 17.83"	23° 44' 45.03"
ZH5	117° 32' 24.07"	23° 45' 3.87"
ZH6	117° 31' 33.60"	23° 47' 6.00"

---

抄送：省环保厅、海洋渔业厅。

---

福建省人民政府办公厅

2018年8月23日印发

