


福建漳州核电厂 5、6 号机组
环境影响报告书
(选址阶段)

中核国电漳州能源有限公司
二〇二六年一月



图册（文件）编号	
2011-J00HYK02	
共 1 册 第 1 册	
版次：A	状态：CFC

福建漳州核电厂 5、6 号机组

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

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


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

中国核电工程有限公司

工程咨询单位甲级资信证书：甲 012024010521

二〇二六年一月

编制单位和编制人员情况表

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

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

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

总 目 录

第一章 概述

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

第二章 厂址与环境

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

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

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

4.7	非放射性废物处理系统
4.8	放射性物质厂内运输
第五章	核电厂施工建设过程的环境影响
5.1	土地利用
5.2	水的利用
5.3	施工影响控制
第六章	核电厂运行的环境影响
6.1	散热系统的环境影响
6.2	正常运行的辐射影响
6.3	其他环境影响
第七章	核电厂事故的环境影响和环境风险
7.1	核电厂放射性事故和后果评价
7.2	场内运输事故
7.3	其它事故
7.4	事故应急
第八章	流出物监测与环境监测
8.1	辐射监测
8.2	其他监测
8.3	监测设施
8.4	质量保证
第九章	电厂建设和运行的效益分析
9.1	利益分析
9.2	代价分析
第十章	结论与承诺
10.1	核电厂建设项目
10.2	环境保护设施
10.3	放射性排放
10.4	辐射环境影响评价结论
10.5	非辐射环境影响评价结论
10.6	公众意见采纳情况总结

10.7 承诺

第一章 概 述

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

1.1.2 建设性质

1.2 建设规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.9.1 放射性废物处理系统

1.9.2 非放射性影响防治措施

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

1.10.2 非放射性环境影响评价范围

图：

图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

项目名称：福建漳州核电厂 5、6 号机组。

项目建设和营运单位：中核国电漳州能源有限公司。

1.1.2 建设性质

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

1.2 建设规模和厂址总体规划

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。1~4 号机组建设四台“华龙一号”机组及其配套辅助设施；本期工程 5、6 号机组规划建设两台“华龙一号 2.0 版”机组及其配套辅助设施。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

本项目规划建设 2 台百万千瓦级压水堆核电机组。按照工程固定价总投资资金需求，项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资（包含换汇所需资金）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。其中，直接和间接用于环境保护的费用的建设投资约占总项目计划总资金的 3.19%。

1.4 建设目的

（1）安全高效发展核电是我国的能源战略

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

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

福建省作为东南沿海能源枢纽，拥有优良核电厂址资源，且漳州核电已成为“华龙一号”批量化建设始发地，1、2 号机组已投产发电，3、4 号机组推进顺利，5、6 号机组的建设既是对国家核电发展战略的精准承接，也是“华龙一号 2.0 版”技术规模化应用的必然延伸，将进一步巩固我国核电技术的国际竞争力。

（2）减轻环境压力、推进节能减排

福建省虽 2025 年环境空气质量稳居全国前列，但以燃煤为主的能源结构仍给大气治理带来潜在压力。尽管全省已推进钢铁、水泥等行业废气深度治理，但能源结构转型尚未完成，若电力需求持续增长仍依赖煤电，将直接影响空气质量稳定改善态势。核电作为零污染气体排放的清洁能源，其环境效益已得到充分验证，单台机组每年可减少二氧化碳排放 816 万吨、标准煤消耗 312 万吨，相当于植树造林 7000 多万棵。

漳州核电 5、6 号机组投产后，与已投产的 1、2 号机组及在建的 3、4 号机组形成合力，将进一步替代煤电份额，助力福建省深化“蓝天保卫战”成果，巩固空气质量优良态势，为全域“无废城市”建设、近岸海域污染防治等生态任务腾出环境容量，契合“生态环境质量只能更好、不能变坏”的底线要求。

（3）满足电力需求，改善电源结构，提高供电可靠性

福建省经济持续高质量发展带动电力需求刚性增长，2024 年全省电力装机达 8974.7 万千瓦、发电量增长 9.5%，仍需强化保供能力以应对未来负荷增长。从区域分布看，福建南部（泉州、厦门、漳州、龙岩）新增多项大用户项目，集中于化工、电子、钢铁等高耗能行业，新增用电负荷达 5260MW；从长远预测，仅依靠现有及已核准电源，2030-2035 年全省电力系统将出现较大缺额，能源保供压力突出。

福建省清洁能源装机中水电占比达 20%，但受季节、天气影响波动较大，制约电网供电可靠性。而核电作为稳定基荷能源，不受自然条件限制，可提供持续稳定的电力供应。漳州核电全面建成后每年可供电超 600 亿千瓦时，能满足福建南部厦漳两市用电总和的 75%，5、6 号机组的建设将有效填补区域电力缺口，破解“北电南送”格局制约，保障重点产业用电需求，强化电网稳定运行能力。

福建省 2025 年国民经济和社会发展规划明确提出“加快核电、风电、抽蓄等清洁能源建设，推动能源高质量发展”，将核电作为保障能源安全、推进绿色低碳转型的核心抓手，漳州核电 5、6 号机组建设完全契合省级发展规划要求。

（4）发展核电是保障地区电力供应和拉动地方经济发展的重要举措

核电产业产业链长、覆盖面广，涉及数十个工业行业，其建设与运营能有效扩大内需、

促进产业结构升级。漳州核电作为地方“重中之重”项目，5、6 号机组建设将带动反应堆压力容器、蒸汽发生器等核心设备的国产化制造，进一步提升我国核电装备自主化水平，目前主设备制造工艺及原材料已实现国产化，安全级 DCS “龙鳞”系统等关键技术成功应用，项目建设将为上下游企业提供技术创新与产能释放的契机。

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

本工程采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组（华龙一号 2.0 版），同时参照国际原子能机构所颁布的最新安全标准的要求，满足三代核电技术的指标要求，具备完善的严重事故预防与缓解措施，并考虑了应对福岛核电站事故的相关改进和措施，满足全面参与国内和国际核电市场的竞争要求。

1.5 建设项目的进度

本期工程5号机组预计2028年1月FCD，2032年7月投入商业运行；6号机组预计2028年11月FCD，2033年5月投入商业运行。

1.6 环境影响报告书编制依据

本工程为满足编制报告书的要求开展了相关专题的研究工作。

本报告遵循的主要法规、标准和导则如下：

1) 主要法规

- (1) 《中华人民共和国原子能法》（2026 年 1 月 15 日）；
- (2) 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (3) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (4) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (5) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- (6) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月 1 日）；
- (7) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）；
- (8) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (9) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日）；
- (10) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）；
- (11) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日）；
- (12) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；

- （13）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）中华人民共和国国务院令 682 号；
- （14）《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）中华人民共和国国务院令 562 号；
- （15）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日）中华人民共和国国务院令 698 号；
- （16）《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）中华人民共和国国务院令 第 612 号；
- （17）《近岸海域环境功能区管理办法》（2010 年 12 月 22 日）；
- （18）《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011）；
- （19）《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）；
- （20）《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997）。

2) 技术导则、标准

- （1）《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）；
- （2）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- （3）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- （4）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；
- （5）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- （6）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- （7）《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；
- （8）《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）；
- （9）《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03，1987）；
- （10）《核电厂厂址评价中的外部人为事件》（HAD101/04，2025）；
- （11）《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05，1991）；
- （12）《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06，1991）；
- （13）《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09，1990）；
- （14）《核电厂厂址选择的极端气象事件》（HAD101/10，1991）；
- （15）《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11，1991）；
- （16）《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01，2019）；

- (17) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）；
- (18) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (19) 《海洋调查规范》（GB/T12763.1~2, 4~11-2007）；
- (20) 《海洋调查规范》（GB/T12763.3-2020）；
- (21) 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；
- (22) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (23) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (24) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- (25) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
- (26) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (27) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (28) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- (29) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (30) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (31) 《海水冷却水排放要求》（GB/T39361-2020）；
- (32) 《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017）；
- (33) 《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ1083-2020）；
- (34) 《环境空气质量标准》（GB3095-2026）；
- (35) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (36) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (37) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (38) 《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）；
- (39) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (40) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
- (41) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ1186-2005）；
- (42) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）；
- (43) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- (44) 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）；
- (45) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ1037-2019）等。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

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

(1) 运行状态下的公众剂量和排放量、排放浓度控制值

正常运行工况下的公众剂量，遵循 GB6249-2025 第 6.1 条的规定：“任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。”因此确定本厂址向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量不得超过 0.25mSv/a。厂址规划建设 6 台核电机组，本工程 2 台机组向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量不得超过 0.08mSv/a。

根据 GB6249-2025 第 6.2 条的规定，核动力厂必须按每堆实施流出物年排放量控制，对于 3000MW 热功率的反应堆，其控制值如下：

气态流出物：

- 惰性气体： 1.0×10^{14} Bq/a；
- 碘： 3.0×10^9 Bq/a；
- 粒子（半衰期 ≥ 8 d）： 9.0×10^9 Bq/a；
- 碳-14： 7×10^{11} Bq/a；
- 氚： 1.5×10^{13} Bq/a。

液态流出物：

- 氚： 7.5×10^{13} Bq/a；
- 碳-14： 1.5×10^{11} Bq/a；
- 其余核素： 9.0×10^9 Bq/a。

根据 GB6249-2025 第 6.3 条的规定，对于全厂址 6 台机组运行时的流出物年排放量，其控制值如下：

气态流出物：

- 惰性气体： 6.0×10^{14} Bq/a；
- 碘： 2.0×10^{10} Bq/a；
- 粒子（半衰期 ≥ 8 d）： 5.0×10^{10} Bq/a；
- 碳-14： 2.8×10^{12} Bq/a；
- 氚： 6.0×10^{13} Bq/a。

液态流出物：

- 氚： $3.0 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；
- 碳-14： $6.0 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 其余核素： $5.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

本厂址液态流出物受纳水体为海洋，液态流出物排放浓度执行 GB6249-2025 第 6.5 条规定的要求，即：“对于受纳水体为海洋的核动力厂场址，其槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的活度浓度不应超过 $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L ，各核素活度浓度应满足附录 D 的要求。”

（2）事故工况下剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv ；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv 。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 $2 \times 10^4 \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。

（3）运行状态下海水水质要求

本工程执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中对受纳海域中放射性核素的规定，即

Co-60： 0.03Bq/L ；

Sr-90： 4.0Bq/L ；

Ru-106： 0.2Bq/L ；

Cs-134： 0.6Bq/L ；

Cs-137： 0.7Bq/L 。

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

本工程非放射性评价标准如下：

（1）大气

大气环境质量：厂址周边地区环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）的二级标准。

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

（2）近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

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

（3）污水排放标准

生活污水经收集后采用管道外运处理，处理达标后排放；其他非放射性生产废水排放执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准。海水冷却水排放执行《海水冷却水排放要求》（GB/T 39361-2020）。

（4）噪声

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

排放标准：施工期噪声执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025），即昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）；运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类标准。

（5）电磁辐射

a) 工频电场、工频磁场强度

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

b) 射频综合场强

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

1.8 工程组成

本项目主体工程为核岛、常规岛和 BOP 工程，具体工程组成详见第四章。

1.9 环境保护措施

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

1.9.1 放射性废物处理系统

（1）辐射影响防治措施

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

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

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

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

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

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

1.9.2 非放射性影响防治措施

（1）污水处理措施

本工程拟建设旱厕或移动式环保厕所、非放含油废水处理站等污水处理设施。

施工期生活污水通过生活污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池后，采用管道外运处理。

施工期临建区的生活污水由施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理外运处理；或设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

施工期土建阶段的混凝土养护废水和地面清洗废水不收集，自然蒸发；车辆清洗废水沉淀后循环使用。安装阶段管道冲洗废水主要污染物为悬浮物，收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则直接经 CC 井排放，检测不合格则采用管道外运处理；调试阶段非加药生产废水收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则直接排放；监测不合格则采用管道外运处理。对于加药量低，现场可处置的调试废水排放至凝结水精处理系统中和池先进行中和处理，并检测水质指标，满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准可排海，若超标则采用管道外运处理；对于加药量高，现场无法处置的调试废水采用管道外运处理。

运行期生活污水通过生活污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池后，采用管道外运处理。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至非放含油废水处理站。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（石油类 $\leq 5\text{mg/L}$ ）后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，委托有资质的厂家处置。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，共 2 套，每套设备设计处理能力为 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

本工程非放射性生产废水经非放射性生产废水系统收集后排至 3、4 号机组虹吸井前的暂存池监测，监测达标直接排海，监测超标则采用管道外运处理。

（2）噪声污染防治措施

本工程通过合理布置总平面，使重点噪声源尽量布置在厂区中部，并充分利用其他辅助建筑物进行屏蔽。发电机、汽轮机、水泵、空压机等设备在招标过程中提出设备噪声水平要求，并布置在室内、对设备基础采取减震处理、必要时加装消声器。厂房四周墙体选用隔声较好的结构，必要时采用吸声材料，使厂房的建筑物起到一定的隔声效果。从而

使厂区边界处噪声满足国家标准要求。

（3）固体废物污染防治措施

a. 一般工业固体废物

一般工业废物主要为循环水补水预处理过程中产生的污泥及膜组件及废弃的离子交换树脂等。循环水补水预处理设置污泥池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

b. 危险固体废物

运行期间可能产生的危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，废弃铅蓄电池，废油漆，废润滑油和废油布等，将其归类后，暂存在危险废物暂存库中，委托具有危险废弃物处置资质的单位对其处置。

c. 生活垃圾

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。

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

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），本次评价范围以福建漳州核电厂 6 号机组反应堆为中心，半径 80km 的地域范围。为进行剂量估算，将此区域分别以 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80km 为半径画 12 个同心圆，与圆心角为 22.5°的 16 个方位相交划分扇形区，共 192 个评价子区。厂址半径 80km 评价子区划分示意图见图 1.10-1。

1.10.2 非放射性环境影响评价范围

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

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

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

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

射频综合场强的评价范围为：厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

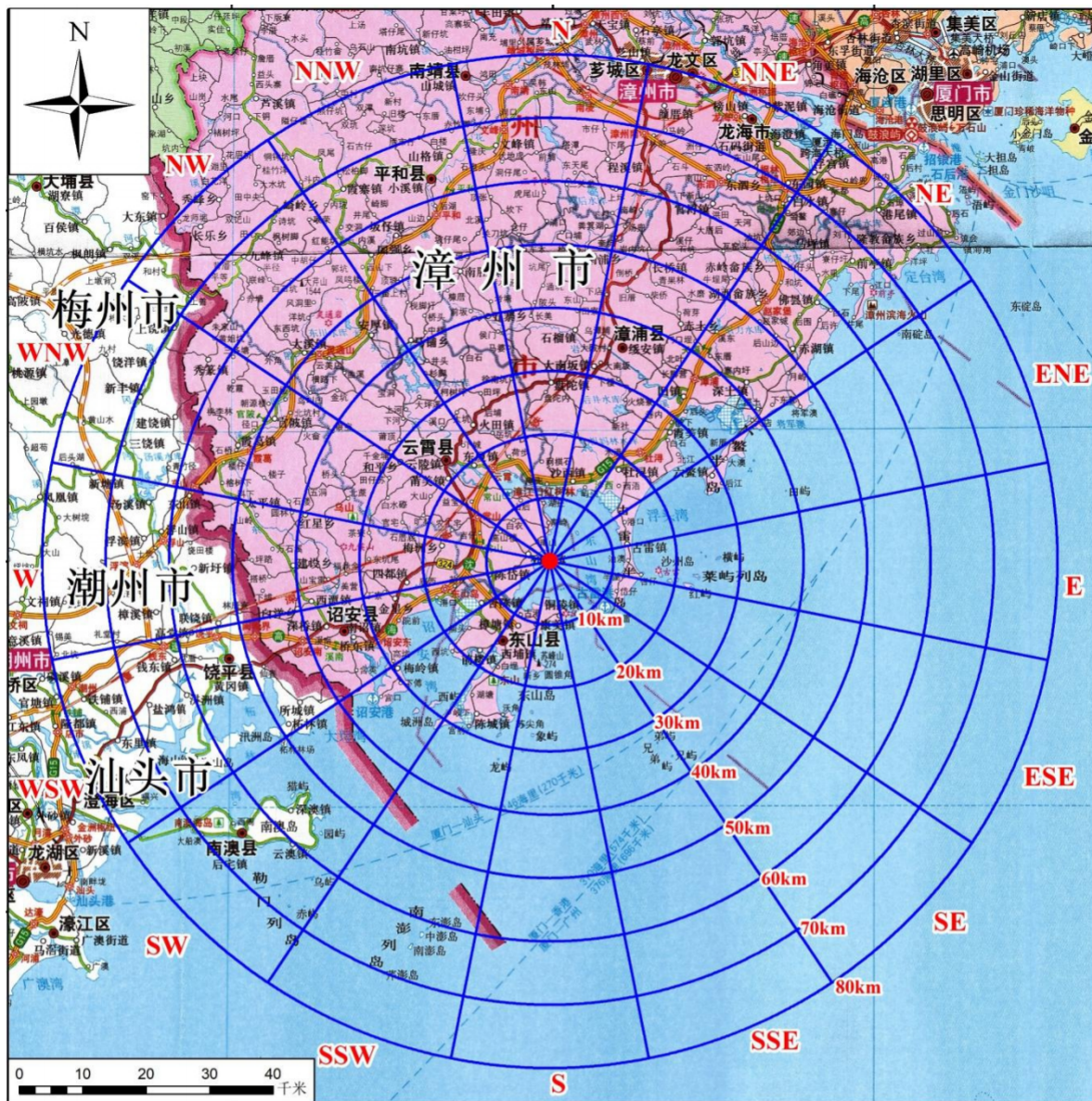


图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及大气扩散参数值

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 厂址周边气象站的基本信息

表 2.4-2 厂址推荐的大气扩散参数 ($\sigma_z = cx^d$, $\sigma_y = ax^b$)

表 2.4-3 铁塔和地面站气象观测要素技术指标一览表

图

图 2.4-1 东山站四季与全年风向玫瑰图

图 2.4-2 铁塔各高度年风向玫瑰图（2023.9~2025.8）

图 2.4-3 地面气象站各季及年风向玫瑰图（2023.9~2025.8）

图 2.4-4 地面气象站各季和年不同风向降水量玫瑰图（2023.9~2025.8）

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。

厂址北距漳州市政府约 82km（直线距离，下同），东北距厦门市政府约 100km，西北距云霄县政府约 21km，西南距东山县政府约 15km、距列屿镇政府约 2km。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.1.2.1 厂址边界

本工程用地面积为 69.50hm²，其中厂区用地面积为 43.25hm²，厂区外地下管沟用地 0.17hm²，预留用地 2.08hm²，施工用地面积为 24.00hm²。本工程陆域拟征地 23.43hm²，均为建设用地。

2.1.2.2 非居住区及规划限制区

福建漳州核电厂非居住区为以核电厂 1、2 号机组反应堆为中心半径 800m 及 3~6 号机组反应堆为中心半径 600m 的包络范围，规划限制区为以核电厂各核反应堆为中心半径 5km 的包络范围。

本工程不存在移民搬迁。

2.2 人口分布与饮食习惯

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

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

资料来源为：厂址半径 80km 范围内各市、县（市、区）提供的 2023 年统计年鉴、统计公报等；厂址半径 15km 范围内漳州市相关统计部门提供的 2023 年和 2024 年有关统计数据、相关单位正式出版的书刊、图件等；核电厂址周围实地调查、定位数据。

人口分布资料以漳州核电厂 6 号机组为调查中心，分别以 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80km 为半径画出 12 个同心圆，然后再在圆心处以 16 个罗盘方位作为中心线，将这些同心圆等分成 22.5°的圆周角，由相邻辐向线和圆弧组成的扇形即称之为子区（共计 192 个）进行统计。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布

厂址半径 5km 范围内涉及 2 个镇的 14 个行政村的 18 个自然村，2023 年有常住人口约 2.24 万人。距离厂址最近的自然村为列屿镇的南山村，位于厂址 WNW~NW 方位 0.61km，常住人口约 1.2 千人；常住人口最多的自然村为列屿镇的山前村，位于厂址 SW 方位 3.14km 处，常住人口约 3 千人。

厂址半径 5km 范围内规模以上（产值 2000 万）企业有 4 家，学校（幼儿园）8 所，医院 1 家，没有监狱、拘留所、看守所，没有旅游景区。

厂址半径 5km 范围有 1 处人口集中地区，为列屿镇镇政府所在地，包括列屿镇城内村、城外村、宅坂村、顶城村（不含山内村），2023 年共有常住人口约 8 千人，该处也是厂址半径 5km 范围内人口最多的人口集中居住区。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区。

对于城内村、城外村、顶城村和宅坂村集中居住点，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 日给出了回复，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。根据《云霄县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，云霄县将严格控制列屿镇城镇人口机械增长，人口集中区规模不得突破 1 万人。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围全部位于漳州市境内，共涉及 4 个区县的 12 个乡镇/经济开发区下辖的 114 个行政村/社区，2023 年常住人口总数约为 25.7 万人。其中，距离厂址最近的行政村是南山村，位于厂址 WNW~NW 方位 0.61km 处，2023 年常住人口总数约为 1.2 千人；常住人口最多的是东山县康美镇的龙潭社区，位于厂址 SSE 方位 11.47km 处，有常住人口约 9.4 千人。

厂址半径 10km 范围内 2023 年共有学校 26 所，医院 2 家，敬老院 2 家，规模以上（产值 2000 万）企业 22 家。厂址半径 10km 范围内没有监狱。

根据《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，云霄县规划构建“中心城区、重点镇、一般镇”的三级城镇等级结构，形成 1 个中心城区、2 个重点镇和 5 个一般镇，

其中厂址半径 10km 涉及陈岱镇和列屿镇相关规划，人口规模分别为 3~5 万人和 1 万人以下，分别距离厂址 8.7km 和 3.1km。厂址半径 10km 范围内涉及云霄经济开发区和常山华侨经济开发区，未规划大的居住片区，其中的主要人口为各企业的务工人员。综上，预计不会发生大规模的人口机械增长。

厂址半径 10km 陆域范围有 1 处风景区（云霄县金汤湾旅游区），距离厂址 9.81km，日高峰旅游人数为 700 人次。

2.2.1.3 流动人口

漳州市公安局仅登记流入人口，未统计流出人口情况。厂址半径 15km 范围内流动人口主要以海水养殖业、农业和工业为主，没有大中专院校，大部分乡镇人口的流动方式主要是务工、经商、随迁。厂址半径 15km 范围内流动人口（流入）总数约 8 万人。

厂址半径 5km 范围内流入人口数据来源于云霄县公安局，云霄县公安局未区分长期/短期流入人口，也未统计流出人口数。厂址半径 5km 范围内主要以海水养殖业、农业和工业为主，各行政村流动人口的主要流入目的是务工、经商、随迁等，且多以省外流入为主，厂址半径 5km 范围内流动（仅流入）人口总数约为 1.36 万人，主要集中在漳州核电厂址附近的人家村、南山村及油车村。经调查，这三处自然村的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。

厂址半径 15km 范围内的主要旅游景点有 4 处，包括云霄县金汤湾旅游区、东山县风动石景区、东山县马銮湾景区和东山县东门屿景区，旅游旺季为 5-10 月份。距离厂址最近的景区为云霄县金汤湾旅游区，位于厂址 SW 方位 9.81km 处，2023 年共接待游客 10 万人次。游客人数最多的景区为东山县马銮湾景区，位于厂址 S 方位 12.41km 处，2023 年共接待游客 155.3 万人。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围内 2023 年底常住总人数约 541.5 万人。厂址半径 80km 范围内包括福建省漳州市、广东省汕头市、潮州市、梅州市共 2 个省份的 4 个地级市。厂址半径 80km 范围内无百万人口以上的大城市，有 8 个十万人以上的城镇，其中距离最近的是云霄县县城，位于厂址 NW 方位，人口中心边界距厂址 19.0km，常住人口为 16.6 万人。常住人口最多的人口中心为漳州市市区，由芗城区、龙文区的所有街道组成，共有常住人口 75.2 万人。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

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

厂址所在区域的土地利用类型为工业用地。根据《漳州市国土空间规划（2021-2035）》中的市域国土空间规划，厂区范围规划为城镇发展区。

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

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

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

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

根据《漳州市国土空间总体规划（2021~2035）》，厂址区域不涉及生态保护红线，厂址位于城镇开发边界内，厂址半径 10km 陆域范围分布有一定数量的陆域生态保护红线，最近点位于厂址 S~NNW 方位距离 0.5km，为“滨海防风固沙生态保护红线”。

根据漳州市生态环境局提供的福建省“三线一单”数据应用系统最新矢量文件（2024 年 12 月）。厂址半径 10km 陆域范围内涉及优先保护单元 10 处，重点管控单元 6 处，一般管控单元 1 处。距离厂址最近的优先保护单元为“云霄县水土保持一般生态空间”，最近距离为 0.3km。厂区范围处于“云霄县重点管控单元 1”重点管控单元内。

厂址半径 50km 范围内有中型以上水库 10 座，7 座饮用水水源的小型水库。其中有大中型水库 1 座，为眉力水库。距离最近的是五谷王水库，位于厂址 NW 方位，距离 2.2km。厂址半径 50km 范围内不涉及主要湖泊。

厂址半径 15km 范围涉及主要河溪 4 条，分别为漳江、山美溪、梅州溪和杜浔溪。厂址半径 15km 范围涉及 56 座小型水库，主要功能为防洪、灌溉和供水，最近的水库位于厂址 NW 方位距离 2.2km。

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

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

2.3.2 陆生资源及生态概况

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

2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围涉及的区县种植的粮食作物主要是水稻、薯类和玉米，粮食作物一年三季；经济作物有油菜籽、花生、芝麻、药材、茶叶和烟叶等；水果种类包括柑橘类、柚、香蕉、龙眼、荔枝等。蔬菜种类包括叶菜类、白菜类、瓜菜类、根类、茄果类、葱蒜类、菜用豆类、水生菜类。

2.3.2.2 畜牧业情况

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

牛、羊的养殖方式主要为圈养，饮用水主要为自来水；饲料品种有草和袋装饲料，牛的饲料日均消耗量为 10-20kg，羊的消耗量为 2kg；屠宰后的肉的贮存期最短为 3 天，最长为 7 天，肉主要为本地销售。

厂址半径 50km 范围内有大规模奶牛场 1 家。

2.3.2.3 距厂址最近的种植区、养殖场

厂址半径 10km 范围内，最近的种植区位于厂址 NW 方位，最近的养殖场位于厂址 WNW 方位。

2.3.2.4 林业资源与自然资源情况

2.3.2.4.1 林业资源

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

万亩，按地类分，乔木林地 9.2 万亩，其他林地 1.2 万亩。

2.3.2.4.2 矿产资源

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

2.3.2.5 陆生生态系统状况

2.3.2.5.1 植物

（1）苔藓植物

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

（2）维管植物

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

本次现场调查和资料收集未发现国家重点保护野生植物。

2.3.2.5.2 动物

（1）鸟类

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

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

（2）哺乳动物

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

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

（3）两栖动物

调查区域共记录有两栖动物种类 1 目 7 科 8 种。调查样线区域内未发现国家重点保护两栖动物，根据资料调查，项目调查区分布有国家二级重点保护虎纹蛙 1 种。

（4）爬行动物

调查区域共记录爬行动物种类 1 目 7 科 14 种。调查区域未发现国家重点保护爬行动物和福建省重点保护爬行动物。

（5）腹足纲软体动物

本次调查在整体调查区共记录有腹足纲软体动物 1 纲 2 目 6 科 8 种。

（6）环节动物

本次在调查区共记录有环节动物 2 个目 3 个科 6 种。

（7）食腐类节肢动物

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

（8）飞行类昆虫

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

2.3.2.6 陆域生态保护红线

根据《漳州市国土空间总体规划（2021~2035）》，厂址区域不占用生态保护红线，厂址半径 10km 陆域生态保护红线有滨海防风固沙生态保护红线、闽东南沿海水土保持与防风固沙生态保护红线、福建漳江口红树林国家级自然保护区，最近的为滨海防风固沙生态保护红线。本厂址不占用陆域生态保护红线，与其管控要求相符。

2.3.2.7 陆域生态环境分区管控单元

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

2.3.3 水产资源及水生态概况

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

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

2.3.3.1 厂址附近海洋环境条件概况

对沉积物中有机碳、硫化物、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As、六六六、滴滴涕按照《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）进行评价，评价结果表明所有指标均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）第一类，表明监测期间调查海域沉积物环境总体质量较好，能满足海洋渔业水域及海水养殖区等功能区划对海洋沉积物质量标准的要求。

2.3.3.2 厂址邻近海域中的海洋生物

（1）微生物

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

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

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

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

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

（2）叶绿素 a 和初级生产力

春季排水口 15 公里范围内叶绿素 a 平均值为 4.39 mg/m^3 ，初级生产力平均值为 $232.09 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

夏季大潮期排水口 15 公里范围内叶绿素 a 平均值为 8.62 mg/m^3 ，初级生产力平均值为 $484.01 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

夏季小潮期排水口 15 公里范围内叶绿素 a 平均值为 7.95 mg/m^3 ，初级生产力平均值为 $407.80 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

秋季排水口 15 公里范围内表层叶绿素 a 平均值为 3.29 mg/m^3 ，秋季初级生产力平均值为 $407.80 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

冬季排水口 15 公里范围内表层叶绿素 a 平均值为 1.84 mg/m^3 ，冬季初级生产力平均值为 $114.02 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

（3）浮游植物和赤潮生物

1) 浮游植物

春季排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 3 门 44 属 93 种。其中，硅藻 39 属 82 种，甲藻 4 属 10 种，裸藻门 1 属 1 种。

夏季大潮排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 4 门 55 属 130 种。其中，硅藻 47 属 113 种，甲藻 6 属 15 种，金藻门 1 属 1 种，蓝藻门 1 属 1 种。

夏季小潮排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 6 门 53 属 124 种。其中，硅藻 39 属 90 种，甲藻 10 属 30 种，金藻门 1 属 1 种，蓝藻门 1 属 1 种，裸藻门 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种。

秋季排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 3 门 34 属 63 种。其中，硅藻门 29 属 56 种，甲藻门 4 属 6 种，蓝藻门 1 属 1 种。

冬季排水口 15 公里范围内共鉴定出浮游植物 2 门 33 属 64 种。其中，硅藻 30 属 59 种，甲藻 3 属 5 种。

2) 赤潮生物

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

夏季大潮航次排水口 15 公里范围内共出现赤潮生物 3 门 23 属 50 种，包括硅藻 17 属 38 种，甲藻 5 属 11 种，金藻 1 属 1 种。

夏季小潮航次排水口 15 公里范围内共出现赤潮生物 4 门 25 属 46 种，包括硅藻 16 属 30 种，甲藻 7 属 14 种，金藻 1 属 1 种，定鞭藻 1 属 1 种。

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

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

（4）浮游动物

春季排水口 15 公里范围内共鉴定浮游动物 13 类群 48 种，浮游幼体 19 类。桡足类种类数最多，为 21 种，刺胞动物 9 种次之，其他类群种类数较少。

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

夏季小潮期共鉴定浮游动物 11 大类 71 种，浮游幼体 17 类，桡足类种类数最多，刺

胞动物 9 种次之。

秋季排水口 15 公里范围内共鉴定浮游动物 6 类群 28 种，浮游幼体 12 类。桡足类种类数最多，为 18 种，刺胞动物 4 种次之，其他类群种类数较少。

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

（5）底栖生物

春季排水口 15 公里范围内调查海域大型底栖生物共鉴定 5 门 74 种，其中，环节动物 38 种，棘皮动物 5 种，节肢动物 17 种，软体动物 13 种，头索动物 1 种。

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

秋季排水口 15 公里范围内调查海域大型底栖生物共鉴定 5 门 101 种，其中，环节动物 64 种，棘皮动物 2 种，节肢动物 25 种，软体动物 9 种，头索动物 1 种。

冬季排水口 15 公里范围内调查海域大型底栖生物共鉴定 6 门 98 种，其中，环节动物 59 种，棘皮动物 3 种，节肢动物 27 种，软体动物 7 种，头索动物和昆虫动物各 1 种。

（6）潮间带生物

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

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

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

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

（7）鱼卵仔鱼

春季共鉴定鱼卵 5 科 7 种，鲱科和石首鱼科各 2 种，鱈科、金线鱼科和鳀科各 1 种；

共鉴定仔稚鱼 6 科 6 种。

夏季大潮期共鉴定鱼卵 6 科 6 种；共鉴定仔稚鱼 3 科 3 种。

夏季小潮期共鉴定鱼卵 5 科 6 种；共鉴定仔稚鱼 6 科 7 种。

秋季只在一个站位采集鱼卵 1 粒。

冬季采集鱼卵 4 科 4 种，仔稚鱼 2 科 2 种。

（8）游泳动物

春季 15km 范围内海域共鉴定游泳动物 66 种。其中，鱼类 40 种，隶属于 12 目，35 科，37 属；虾类 10 种，隶属于 1 目，4 科，8 属；蟹类 10 种，隶属于 1 目，5 科，6 属；口足类 1 种，隶属于 1 目，1 科，1 属；头足类 5 种，隶属于 3 目，4 科，4 属。

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

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

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

（9）污损生物

本次调查共在东山湾附近海域记录污损生物 9 门 50 种，其中节肢动物 25 种、环节动物 7 种、刺胞动物 5 种、软体动物 5 种，藻类 3 种、苔藓动物 2 种、棘皮动物、纽形动物和脊索动物各 1 种。综合出现频率、附着密度和湿重，网纹纹藤壶在该海域污损生物群落中处于绝对优势地位；其次是长鳃麦杆虫，其它优势种还有刺胞动物门的双列笔螭和多室草苔虫，节肢动物门的巴西地钩虾、强壮板钩虾和光背团水虱。

（10）海洋的生物多样性

调查海域各季节海洋生物多样性等级属于“中”，即“海洋生物多样性等级—中,海洋生物物种较丰富，物种分布较均匀，局部区域或部分生物群落的物种多样性高度丰富，局部地区生态系统高度丰富”。

2.3.3.4 保护区及保护性水生物

排水口附近有福建云霄漳江口红树林国家级自然保护区和东山珊瑚省级自然保护区。

根据中国海洋渔业水域图（第一批）中东海区渔业水域图中描述，东海区主要种类三场一通道与排水口的距离均在 15km 以上。

本次现场调查未发现保护性水生生物，资料调查有中华白海豚和海龟。

2.3.3.5 生物质量

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

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

2.3.3.6 渔业资源和海洋捕捞

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

2.3.3.7 养殖业

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

2.3.3.8 海域生态保护红线

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

2.3.3.9 海域生态环境分区管控单元

根据漳州市生态环境局提供的福建省“三线一单”数据应用系统最新矢量文件（2024 年 12 月），排水口半径 15km 范围内涉及优先保护单元 12 处，重点管控单元 16 处，一

般管控单元 6 处。排水口处于“东山湾特殊用海区、东山大澳特殊用海区”内，编号为 HY35060030002。本项目符合该管控单元准入条件要求。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业设施

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

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

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

古雷石化基地位于厂址 E~ESE 方位，最近距离约 12km，古雷石化基地采用国际先进的原油加工工艺和乙烯、芳烃等生产技术，生产清洁燃料及高端石化产品，瞄准战略型新兴产业，重点发展包括新型材料在内的三大合成材料（合成树脂、合成纤维、合成橡胶）及其深加工产品，形成承接台湾石化产业转移及国内外投资、面向国内及东南亚市场、上下游一体化的石化产业集群。

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

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

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

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

厂址半径 15km 范围内涉及汽柴油、液化石油气等危险品的运输，最近的危险品运输道路距离厂址 0.98km，运输液化石油气，单次最大运输量为 24t。

厂址半径 15km 范围内涉及一处民爆仓库，位于厂址 W 方位，距离 8.5km。最大库容量：炸药 9.9t，工业雷管 2 万发，均为固态，目前库存为 0。运输方式为厢式车运，单次最大运输量为 9.9t，运输路线最近点位于厂址 W 方位 8.5km 处。

厂址半径 15km 范围内不涉及石油管线，涉及一处现状高压天然气管线，为海西天然气管网二期工程（漳州-诏安段），管径 813mm，设计压力 7.5MPa，管道埋深 1.2~5.0m，阀室采用自动关断阀，关断时间 5~10 秒。管线位于厂址的 WSW~NNE 方位，最近点距离厂址 8.7km。

根据《云霄县燃气专项规划（2021-2035）》，厂址周边 15km 范围涉及规划的中压天然气管道，管径包括 DN315、DN250、DN160，设计压力为 0.01~0.4Mpa，温度为常温。规划中压管道最近处位于厂址 WNW 方位，距离 3.38km。

厂址周边 15km 范围涉及规划的 LNG 气化站 1 座，为光电园 LNG 气化站，位于厂址 WNW 方位 9.85km，规划有 2 座 150m³ 储罐，总储量 300m³。

经计算分析，厂址半径 15km 内的危险源均不会对厂址安全构成影响。

2.3.4.2 交通

（1）公路铁路

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

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

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

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

（2）海运

厂址半径 15km 范围涉及古雷港区和东山港区。

古雷港区位于古雷半岛西侧，东山湾东侧，由古雷半岛古雷作业区和六鳌半岛六鳌作业区组成。主要服务大型临港石化产业园，以原油、石化产品运输为主，兼顾散货、杂货和集装箱运输，是以工业港为特色的大型深水港区。厂址半径 15km 内古雷港区共有 7 家码头，其中有 3 家危货码头，分别为一德码头（无限期停业）、海腾码头（位于厂址 SE 方

位 14.3km）和古雷石化码头（位于厂址 SE 方位 13.5km）。

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

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

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

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

（3）空运

漳州市目前无民用机场，民用航空运输主要依靠距漳州市区约 56km 的厦门高崎国际机场。距厂址最近的民用航线为 W597，其中心线的地面投影位置距厂址最近距离约为 6.2km，位于厂址 NW 方位。根据《漳州市“十四五”现代综合交通运输体系专项规划》（2022 年 1 月），“十四五”期间机场规划，启动厦门机场漳州城市航站楼选址研究，目前项目为选址阶段。

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

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址区域属典型的亚热带海洋性季风气候，寒暖暑凉交替出现，干、湿季分明；临海的地理位置使其冬无严寒，夏少酷暑，气候暖热，雨量尚足。大气环流的主要特征如下：

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

春季分为早春季和梅雨季，早春季，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，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、热性质差异显著但强度相当，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，热带气旋影响频繁。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、热带气旋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热带气旋活动的多寡。

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，厂址区域气候和天气既受低纬度大气环流的影响，又受中、高纬度大气环流的影响，冬、夏季环流的更迭鲜明。冬季高空为强大的西风带，亚洲大陆低空受势力强的冷性反气旋所控制，处于亚洲反气旋南沿的福建低空盛行东北季风。夏季高空主要受东风所控制，低空受西南季风和东南季风影响。大气环流的这种格局决定了厂址区域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站、漳浦站、诏安站和云霄站，各气象站的基本情况见表 2.4-1。

根据厂址周边东山站、漳浦站、诏安站和云霄站自建站~2021 年的气象资料统计结果，厂址区域年平均气温为 21.1~21.7℃，极端最高气温为 39.7℃，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 2.2~6.1m/s，最大风速为 48.0m/s；年平均降水量为 1174.4~1743.1mm；年平均蒸发量为 1726.0~1912.9mm；年平均气压为 1008.0~1011.6hPa，极端最高气压为 1034.1hPa，极端最低气压为 959.8hPa；年平均日照时数为 1922.4~2283.4h。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

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

1) 风向和风速

东山站年平均风速为 6.1m/s；10、11 月份平均风速最大，为 7.7m/s；7 月份平均风速最小，为 3.8m/s。资料记录范围内出现的最大风速为 48.0m/s。

图 2.4-1 为东山气象站四季及全年的风向玫瑰图。可见，东山站年最多风向为 NE，频

率为 30%；年次多风向为 ENE，频率为 17%；年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 3%。

2) 气温

东山站年平均气温为 21.1℃；7、8 月份平均气温最高，为 27.6℃；2 月份平均气温最低，为 13.4℃。极端最高气温为 38.2℃，极端最低气温为 2.5℃。

3) 相对湿度

东山站年平均相对湿度为 80%；10 月份平均相对湿度最低，为 71%；6 月份平均相对湿度最高，为 87%。最小相对湿度为 15%。

4) 降水

东山站年平均降水量为 1174.4mm；6 月份平均降水量最多，为 210.6mm；12 月份平均降水量最少，为 27.9mm。一日最大降水量为 350.4mm。

5) 气压

东山站年平均气压为 1008.0hPa；1 月份平均气压最高，为 1015.3hPa；8 月份平均气压最低，为 999.9hPa。极端最高气压为 1030.1hPa，极端最低气压为 961.7hPa。

6) 日照

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

7) 蒸发量

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

8) 水汽压

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

9) 云量

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

2.4.2.2 极端气象

1) 热带气旋

调查 1949~2021 年以厂址为中心、半径 400km 范围内的所有热带气旋资料，共得到

386 个样本，平均每年约 5.3 个。厂址区域百年一遇热带气旋影响陆上最大风速为 52.2m/s，对应的百年一遇热带气旋极大风速为 69.4m/s。

2) 龙卷风

调查 1958~2021 年以厂址为中心，经度 3°、纬度 3° 范围内的所有龙卷风资料，共得到龙卷风样本 145 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，其中 F0 级 40 例，F1 级 89 例，F2 级 16 例。

以 10⁻⁷年作为设计基准龙卷风的概率水平，确定厂址区域龙卷风设计基准风速为 76.0m/s，设计基准龙卷风为 F3 级。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

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

3) 极端风

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

4) 极端气温

收集漳浦站、云霄站、东山站和诏安站自建站~2021 年的历年极端气温资料，采用耿贝尔函数对各站历年极端气温序列进行极值拟合，最终确定厂址区域百年一遇极端最高气温为 40.9℃，百年一遇极端最低气温为-3.2℃。

2.4.3 当地气象条件

根据 2023 年 9 月~2025 年 8 月的厂址现场气象要素观测统计结果，厂址当地气象特征概括如下：

1) 风向和风速

气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度的年平均风速分别为 2.5m/s、4.6m/s、4.7m/s、4.8m/s 和 5.1m/s；月平均风速最大值除 10m 和 30m 高度出现在 1、2 月份外，其

余高度均出现在 1 月份，分别为 2.9m/s、5.6m/s、5.8m/s、5.9m/s 和 6.3m/s；月平均风速最小值均出现在 8 月份，分别为 1.9m/s、3.2m/s、3.2m/s、3.3m/s 和 3.5m/s。观测期间，塔层各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）出现的最大风速分别为 14.5m/s、19.8m/s、20.1m/s、20.5m/s 和 25.7m/s，极大风速分别为 25.7m/s、27.2m/s、28.5m/s、29.3m/s 和 36.5m/s。

地面站年平均风速为 3.7m/s；2 月份平均风速最大，为 5.1m/s；8 月份平均风速最小，为 2.0m/s。观测期间厂址地面站出现的最大风速为 19.1m/s，极大风速为 23.0m/s。

气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度的年最多风向分别为 NNE、NE、NE、NE 和 NE，频率分别为 29.7%、30.4%、28.1%、26.3%和 27.7%；年次多风向分别为 NE、ENE、ENE、ENE 和 ENE，频率分别为 23.3%、12.9%、14.4%、16.7%和 15.1%。各高度年最多与次多风向均集中在 NNE~ENE 风向上，总频率约为 40.0%。塔层各高度年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率分别为 1.4%、0.5%、0.7%、0.4%和 0.5%。图 2.4-2 为观测期间气象铁塔各高度年风向玫瑰图。

地面站年最多风向为 NE，频率为 28.8%，年次多风向为 ENE，频率为 13.2%。年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 0.8%。图 2.4-3 为地面站各季和年风向玫瑰图。

2) 气温

气象铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度的年平均气温分别为 22.5℃、22.1℃、22.1℃、22.0℃和 21.9℃；月平均气温最高值均出现在 7 月份，分别为 29.0℃、28.7℃、28.7℃、28.6℃和 28.5℃；月平均气温最低值均出现在 1 月份，分别为 14.5℃、14.1℃、14.1℃、14.0℃和 13.8℃。观测期间，塔层各高度（10m、30m、50m、70m 和 100m）出现的最高气温分别为 35.6℃、34.9℃、34.9℃、34.8℃和 34.7℃，最低气温分别为 5.2℃、5.3℃、5.4℃、5.3℃和 5.1℃。

地面站年平均气温为 22.4℃；7 月份平均气温最高，为 29.1℃；1 月份平均气温最低，为 14.3℃。观测期间地面站的最高气温为 37.0℃，最低气温为 4.8℃。

观测期间铁塔 10~30m、10~50m、10~70m、10~100m 各层全年逆温的出现频率分别为 12.6%、16.5%、14.3%、13.2%；强逆温的出现频率分别为 2.3%、1.4%、0.6%、0.2%。说明各塔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 78.5%；6 月份平均相对湿度最高，为 87.9%；1 月份平均相对湿度最低，为 68.9%。观测期间出现的最小相对湿度为 21.5%，最大相对湿度为 100.0%。

气象铁塔 100m 高度处年平均相对湿度为 77.1%；6 月份平均相对湿度最高，为 85.6%；1 月份平均相对湿度最低，为 66.5%。观测期间出现的最小相对湿度为 10.9%，最大相对湿度为 100.0%。

4) 降水

地面站年平均降水时数为 702h，年平均降水量为 1460.4mm；7 月份平均降水量最多，为 384.6mm；12 月份平均降水量最少，为 1.1mm。一日最大降水量为 166.3mm。降水主要分布在春、夏两季，秋、冬两季较少，降水量多分布在偏东北和偏西南风向上。图 2.4-4 为观测期间厂址各季和年不同风向降水量玫瑰图。

5) 气压

地面站年平均气压为 1011.4hPa，1 月份平均气压最高，为 1019.6hPa；7 月份平均气压最低，为 1001.9hPa。观测期间出现的最高气压为 1030.8hPa，最低气压为 981.2hPa。

6) 辐射

地面站年平均总辐射量为 178.8W/m²，7 月份平均总辐射量最大，为 233.8W/m²；12 月份平均总辐射量最小，为 136.8W/m²。年平均净辐射量为 88.2W/m²；8 月份平均净辐射量最大，为 136.7W/m²；12 月份平均净辐射量最小，为 40.5W/m²。

7) 露点温度

地面站年平均露点温度为 18.1℃；7 月份平均露点温度最高，为 25.8℃；1 月份平均露点温度最低，为 8.4℃。观测期间出现的露点温度最高值为 28.4℃，最低值为-4.5℃。

8) 蒸发量

地面站年平均蒸发量为 1343.5mm；7 月份平均蒸发量最高，为 160.5mm；2 月份平均蒸发量最少，为 73.0mm。

9) 水汽压

地面站年平均水汽压为 22.7hPa；7 月份平均水汽压最高，为 33.3hPa；1 月份平均水汽压最低，为 11.4hPa。

2.4.4 大气稳定度

根据厂址气象站 2023 年 9 月~2025 年 8 月两整年的气象观测资料，采用 $\Delta T \sim u$ 法进行大气稳定度的划分，得到当地以中性稳定类（D 类）天气为主，频率为 54.6%，不稳定类（A~C 类）天气频率分别为 6.2%、11.1%和 14.2%，稳定类（E、F 类）天气频率分别为 2.6%和 11.4%。

2.4.5 联合频率

根据 2023 年 9 月~2025 年 8 月厂址地面站 10m 高度和气象铁塔 70m 高度的风向、风速以及地面气象站的降水量观测结果，结合上述得到的大气稳定度结果，统计得到 10m 和 70m 高度的风向-风速-大气稳定度三维联合频率和风向-风速-大气稳定度-降水四维联合频率。用于计算三、四维联合频率所用到的气象数据的联合获取率为 99.8%。

2.4.6 混合层高度及大气扩散参数值

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 日分别在厂址开展大气边界层低空探测实验。

根据观测期间得到的大气边界层观测资料，利用干绝热曲线法计算得到各时刻混合层高度。根据混合层高度计算结果，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

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

2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价本项目正常运行状态和事故工况下气态流出物的弥散特征所需要的各种气象参数，在厂址现场应设立气象铁塔自动观测系统和地面气象站以开展气象观测工作。气象观测系统观测的各气象要素年数据联合获取率均应保证在 90%以上。

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

地面气象观测的要素包括：风向、风速、气温、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水和蒸发等。塔层气象观测高度为 10m、30m、50m、70m 和 100m 五层，观测要素为风向、风速、气温和湿度（100m）。气象铁塔和地面气象站观测传感器的主要性能指标见表 2.4-3。

气象观测仪器在安装架设前均进行了检定，并定期在现场开展了水平比对工作。

气象铁塔和地面气象站观测的所有气象数据的年联合获取率为 99.8%，满足

HAD101/02（1987）规定的大于 90%的要求。

2.5 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程。

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

（1）地理、地形条件

漳州核电厂厂址位于福建省漳州市云霄县列屿镇刺仔尾，处于东山湾西岸。近岸海域内泥面标高一般在-5.00m~-1.00m。水下地形由西向东略微倾斜。海滩地貌自岸边至远海由岩滩—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，取水明渠东侧泥面标高低于-8.00m，为一宽度约 800m 走向近南北方向的水下暗沟。

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

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

（2）潮汐

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

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

由三年观测资料得到厂址的特征值如下：

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

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

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

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

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

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

（3）潮位

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

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

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

H_{czw} 和 H_{DS} 分别表示刺仔尾站和东山站高潮位

L_{czw} 和 L_{DS} 分别表示刺仔尾站和东山站低潮位

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

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

（4）海流

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

a) 潮流特征

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

b) 实测海流最大流速

夏季水文测验期间，实测最大涨潮流速为 1.09m/s，出现在 4#测站的表层；实测最大落潮流速为 1.24m/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 0.98m/s，出现在 4#测站的表层和 0.2H；实测最大落潮流速为 1.12m/s，出现在 10#测站的表层。

c) 实测海流平均流速

夏季水文测验期间，观测海域涨、落潮段大潮平均流速分别为 0.35m/s 和 0.40m/s，中潮平均流速分别为 0.31m/s 和 0.32m/s，小潮平均流速分别为 0.23m/s 和 0.26m/s，涨潮段流速大多小于落潮段流速且大潮略大于小潮。

各测站潮段平均流速差异显著。位于观测海域南部口门处 2#、4#测站及靠近养殖区 5#测站、北侧 12#测站和南侧养殖区 13#测站均表现为涨潮段平均流速大于落潮段，且涨落潮段流速差异表现为大潮最大、小潮最小。其余各测站基本表现为落潮段平均流速大于涨潮段平均流速。

冬季水文测验期间，观测海域涨、落潮段大潮平均流速分别为 0.33 m/s 和 0.36 m/s，中潮平均流速分别为 0.29 m/s 和 0.29 m/s，小潮平均流速分别为 0.23 m/s 和 0.25 m/s，涨潮段流速大多小于落潮段流速且大潮略大于小潮。

各测站潮段平均流速差异显著。位于观测海域南部口门处 4#测站及靠近中部的 6#测站、北侧 12#测站均表现为涨潮段平均流速大于落潮段平均流速。其余各测站基本表现为落潮段平均流速大于涨潮段平均流速。

d) 余流

余流一般指实测海流扣除周期性潮流后所剩余部分。

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

测站各典型潮期间流速较小，规律性不显著。

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

（5）海水温度和盐度

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

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

（6）泥沙

根据 2020 年 7 月夏季水文测验结果，实测涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.042 kg/m³和 0.043 kg/m³。夏季大、中、小潮平均含沙量分别为 0.067 kg/m³、0.038 kg/m³、0.023 kg/m³。夏季大潮实测最大含沙量为 0.707 kg/m³，中潮实测最大含沙量为 0.300 kg/m³，小潮实测最大含沙量为 0.174 kg/m³。夏季大潮悬沙中值粒径在 0.0045mm~0.0108mm 之间变化，平均为 0.0084mm；中潮悬沙中值粒径在 0.0063mm~0.0123mm 之间变化，平均为 0.0083mm；小潮悬沙中值粒径在 0.0073mm~0.0137mm 之间变化，平均为 0.0088mm。

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

（7）波浪

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

（8）工程海域岸线演变和海底地形演变

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

2.5.1.2 陆地水文

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

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

漳江流域内水利工程众多，上游有大型水库峰头水库，下游有大型水闸漳江南北水闸，向东渠引水工程总干渠自北向南跨穿云霄、东山两县。大型峰头水库总库容 1.77 亿 m³，控制集水面积 333km²；中型杜塘水库总库容 1621 万 m³，位于漳江下游山美溪支流，坝址以上集水面积 25km²，水库输水左、右干渠是向东渠的一部分，故当水库来水量不足时，可由峰头水库补给。大型引水工程一处（即向东渠引水工程），干渠总长 85km，设计灌溉面积 25.29 万亩（含东山县及诏安部分乡镇）。主要水利工程为大型水库峰头水库、中型水库杜塘水库、向东渠引水工程和水尾引水工程。

杜浔溪发源于漳浦县境内的梁山大尖山脉，自北向东流经沙西镇庄前十口闸入海。杜浔溪流域面积 126km²，河长 18km，河道平均坡降 6.5‰。水文部门在流域内无水文、雨量观测站；水利防汛部门已建有老妈林水库（中型）水位雨量站及南门岭、老鼠穴等水库（小一型）水位雨量站。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围水文地质特征

2.5.2.1.1 地下水类型及赋存条件

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

（1）基岩裂隙水

中生代早白垩系形成的中细粒黑云母二长花岗岩、中细粒正长花岗岩和早侏罗系形成的中细粒花岗闪长岩，为主要的含水岩组。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，在崧屿镇东南山前溪入海口一带分布有风积砂层，含水层埋藏浅，孔隙发育，地层渗透性良好，单井出水量 1~10L/s，为中等富水区。

2.5.2.1.2 地下水的补给、径流、排泄

基岩裂隙水主要接受大气降水补给，补给区位于低山丘陵区分水岭两侧，补给区与径流区基本接近，总体径流方向大体从丘陵区地表分水岭向两侧沟谷径流。厂区基岩，尤其在厂坪标高+14.00m 以下多属微透水~极微透水岩石，地下水运动基本只限于浅层径流循环。大气降水一部分通过裂隙在局部地区侧向径流至山前残坡积、冲洪积物孔隙中，另一部分以泉、溢出带的形式形成地表径流，排泄至沟谷地带入渗补给地下水或直接排泄入海。由于厂址附近范围内地下水资源贫乏，基岩区沟谷内的表流多被筑坝拦截形成水库，丰水期基岩裂隙地下水补给水库，枯水期水库中的地表水又补给基岩裂隙地下水。总体来说，整个基岩裂隙水，因含水层随地形地貌、风化程度、渗透性差异、补给条件等多种因素控制，使含水层富水性极不均一，总体水量很少，为弱富水区。由观测孔水位变化曲线反映与大气降水密切相关，水位变化一般与降水基本同步，证明裂隙发育深度浅，地下水渗流途径短。常年的枯、早期水位变化幅度在 3.00m 左右。

沟谷区残坡积、冲洪积孔隙水主要接受大气降水补给和基岩风化裂隙水侧向补给，但

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

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

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

2.5.2.1.3 地下水取水调查

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

2.5.2.2 厂址地下水

2.5.2.2.1 地下水类型

厂区地下水类型按含水介质分为基岩裂隙水和第四系孔隙水两种类型。

1) 基岩裂隙水

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

主厂区出露的基岩主要为中、微风化基岩。微风化岩体属微透水~极微透水岩体，中等风化岩体属弱透水~微透水岩体。厂址区无统一地下水水位，地下水径流缓慢。厂坪开

挖后，不会改变地下水的总体流向。

2) 第四系孔隙水

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

2.5.2.2.2 水力联系

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

厂址区三面临海、地形西高东低，主要由一系列侵蚀剥蚀低山、台地与海积平原组成。目前厂址区已开挖回填至厂坪标高处，在 1#、2#机组西侧，3#~6#机组南侧，形成长约 1140m，最大坡高约 71m 的人工挖方岩质边坡，边坡整体呈北西-南东走向。此边坡改造了原有地表分水岭，并形成新的地表分水岭，以此地表分水岭为界，形成相对独立的水文地质单元，在本单元内完成补给、径流、排泄入海的整个过程。厂址周边民井主要集中在厂区西北方向人家村、油车村、南山村等，该区域地下水流经残坡积、冲洪积孔隙水含水层、海积、风积孔隙水区，最终流入大海。厂址区没有大型节理裂隙带、断层破碎带等地下水通道，与区外的水文地质单元没有水力联系。厂址位于水文地质单元的地下水径流排泄区，地下水直接进入大海。厂址区与周边民井无水力联系。

2.5.2.3 电厂对地下水的利用计划

核电厂没有利用地下水的计划。

2.5.2.4 电厂对地下水的可能影响

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

2.5.3 洪水

2.5.3.1 海洋洪水

(1) 天文潮

根据厂址站 2008 年 6 月 1 日~2011 年 5 月 31 日的 3 年观测资料进行调和常数计算，

得到 21 年的逐时天文潮位，21 年中的最高、最低天文潮位分别为 263cm 和-194cm。摘取厂址站 21 年天文潮推算值的月天文高潮位和月天文低潮位，分别对其进行频率分析计算，从其频率曲线上摘取其相应的 10%超越概率天文高潮位和 10%超越概率天文低潮位分别为 249cm 和-183cm。

（2）增、减水

1) 概率论法：

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

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

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

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

1000 年一遇增水值为 2.02m

1000 年一遇减水值为-1.52m

100 年一遇增水值为 1.56m

100 年一遇减水值为-1.18m

2) 确定论法：

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

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

确定可能最大热带气旋 PMTC 参数为：

- P_{∞} 取 1010hPa；
- 台风最大风速半径为 40km；
- 可能最大台风增水移动速度 $T=33\text{km/h}$ 、可能最大台风减水移动速度

$T=37\text{km/h}$;

- 移动方向 $\Phi=240^{\circ}\sim 360^{\circ}\sim 50^{\circ}$;
- 海上 PMTC 中心最低气压为 869hPa; 登闽粤 PMTC 中心最低气压为 905hPa。

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

（3）海平面异常

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

（4）假潮

假潮是海湾地形对外力的一种响应。当外力周期与海湾的固有振动周期一致时, 则激发假潮。HAD101/09-1990 指出, 假潮的振型仅取决于海湾的几何形状和水深。振幅则取决于外力的大小。保守估计厂址处的假潮不超过 13cm。而厂址可能最大台风增水为 359cm, 因此假潮存在的话其振幅值远小于风暴潮, 可以忽略不计。

（5）海啸

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

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

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

（6）波浪影响

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

以+PMSS 及-PMSS 对应的可能最大热带气旋（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 HAD101/09-1990 的要求，确定厂址处的设计基准洪水位如下：

10%超越概率天文高潮位： 2.49m

可能最大风暴潮增水： 3.59m

海平面上升： 0.29m

设计基准洪水位： 6.37m

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

2.5.3.2 陆域洪水

（1）暴雨洪水

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

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

（2）厂外山洪

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

（3）溃坝洪水对厂区的影响

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

（4）溪流与江河洪水的防护

厂址呈长条半岛状向东伸入东山湾海域，没有江河或溪流洪水影响核电厂安全。

2.6 地形地貌

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

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

表 2.4-1 厂址周边气象站的基本信息

站名	海拔高度	气象站 类型	区站号	站点变动信息		
				建站 时间	迁站 次数	现址开始 工作时间
东山站	53.3m	基本站	59321	1954/1/1	--	1954/1/1
云霄站	22.8m	一般站	59322	1957/9/1	1	1977/1/1
诏安站	18.1m	一般站	59320	1957/9/1	--	1957/9/1
漳浦站	53.0m	一般站	59129	1960/1/1	1	1966/1/1

表 2.4-2 厂址推荐的大气扩散参数 ($\sigma_z = cx^d$, $\sigma_y = ax^b$)

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

表 2.4.3 铁塔和地面站气象观测要素技术指标一览表

名称		测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
铁塔	风速	0.3m/s~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}(\leq 10\text{m/s})$ $\pm(0.03\text{V})(>10\text{m/s})$	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
	风向	0°~360°	$\pm 3^\circ$	2.5°	启动风速为
	气温	-50°C~+50°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	0.1°C	
	100m 湿度	0%~100%	$\pm 1.5\%RH$	1%	
地面站	风速	0.3m/s~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}(\leq 10\text{m/s})$ $\pm(0.03\text{V})(>10\text{m/s})$	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
	风向	0°~360°	$\pm 3^\circ$	2.5°	启动风速为
	气温	-40°C~+85°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	0.1°C	
	降水量	0mm/min~4mm/min	2% ($\leq 25\text{mm}$) 3% ($\leq 50\text{mm}$)	0.1mm	
	总辐射	0W/m ² ~2000 W/m ²	5%	1 W/m ²	10 $\mu\text{V/W/m}^2$
	净辐射	-2000 W/m ² ~2000 W/m ²	15%~20%	1 W/m ²	5~20 $\mu\text{V/W/m}^2$
	蒸发	0mm~100mm	水面蒸发 3000mm 条件下 $\leq \pm 0.3\text{mm}$ 或者 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ (误差自动修正后)	0.1mm	
	气压	600 hPa~1100 hPa	$\pm 0.3\text{hPa} \sim 1.5\text{hPa}$	0.1hPa	
	湿度	0%~100%	$\pm 1.5\%RH$	1%	

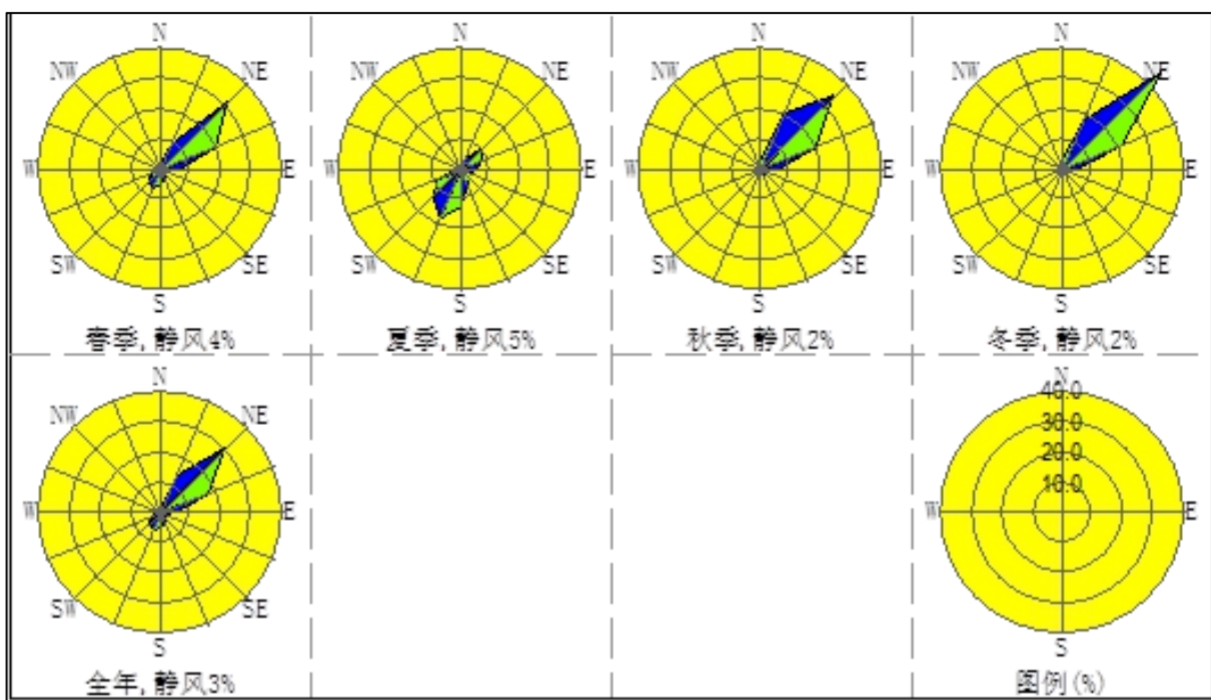


图 2.4-1 东山站四季与全年风向玫瑰图

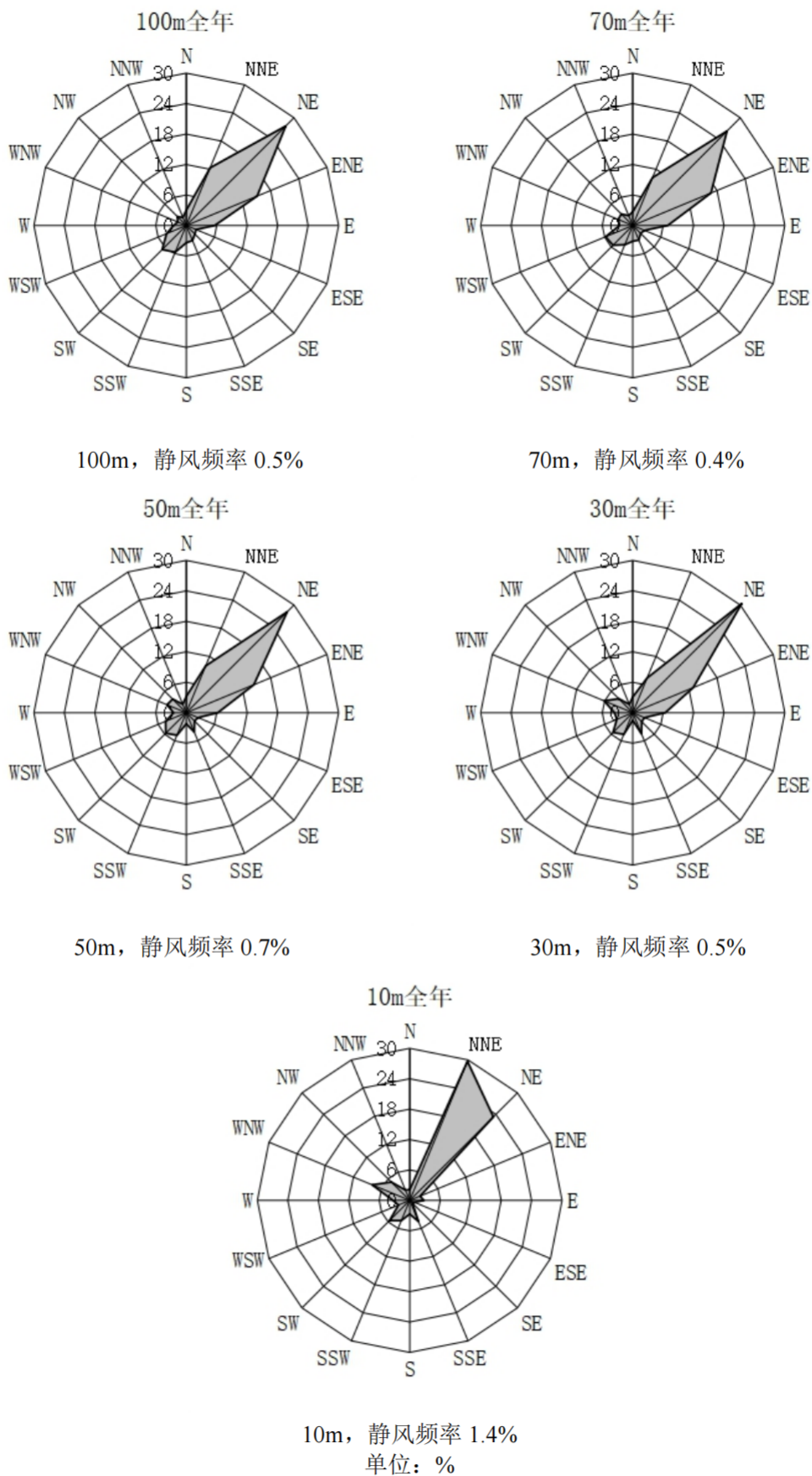


图 2.4-2 铁塔各高度年风向玫瑰图（2023.9~2025.8）

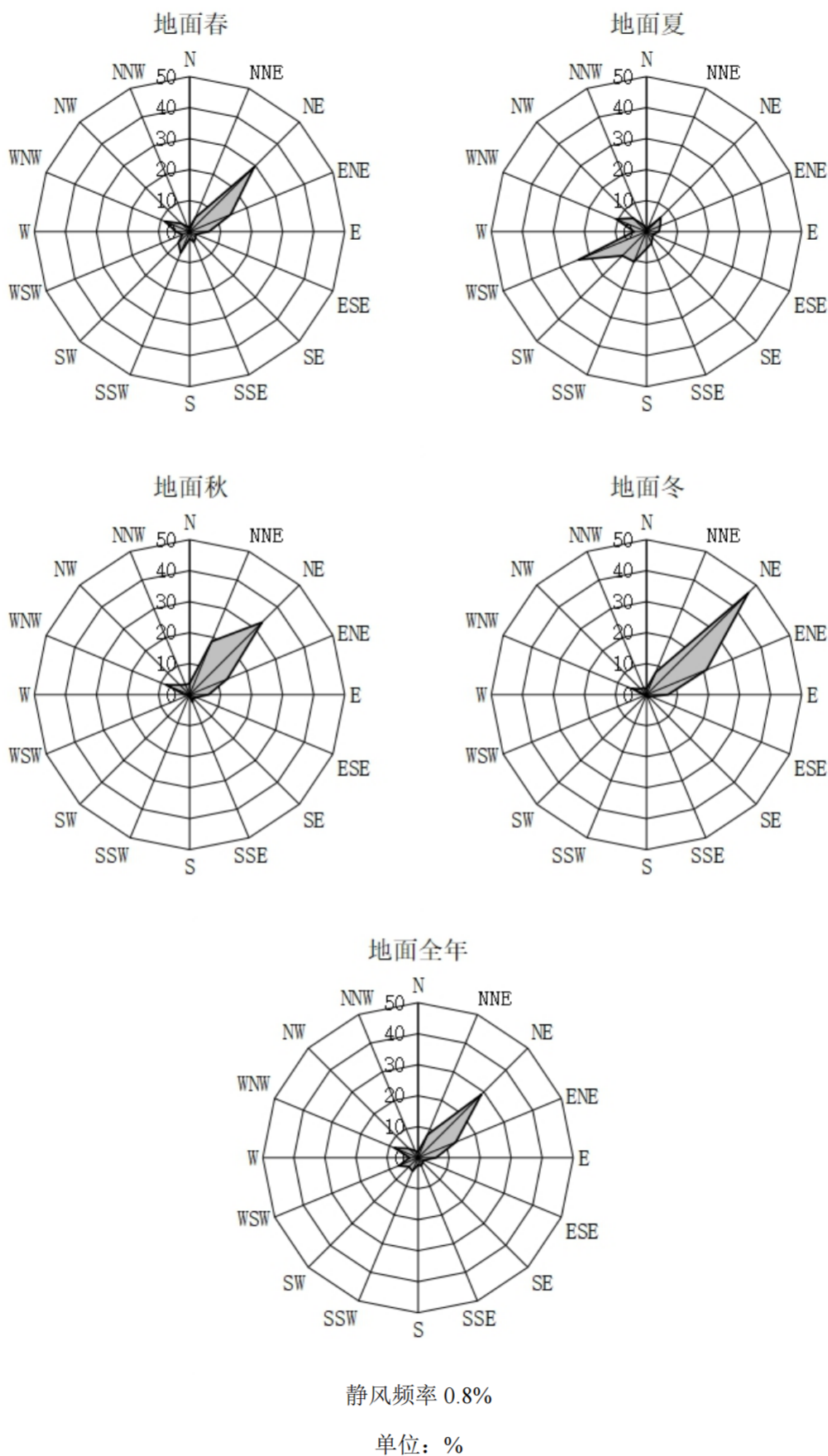


图 2.4-3 地面气象站各季及年风向玫瑰图（2023.9~2025.8）

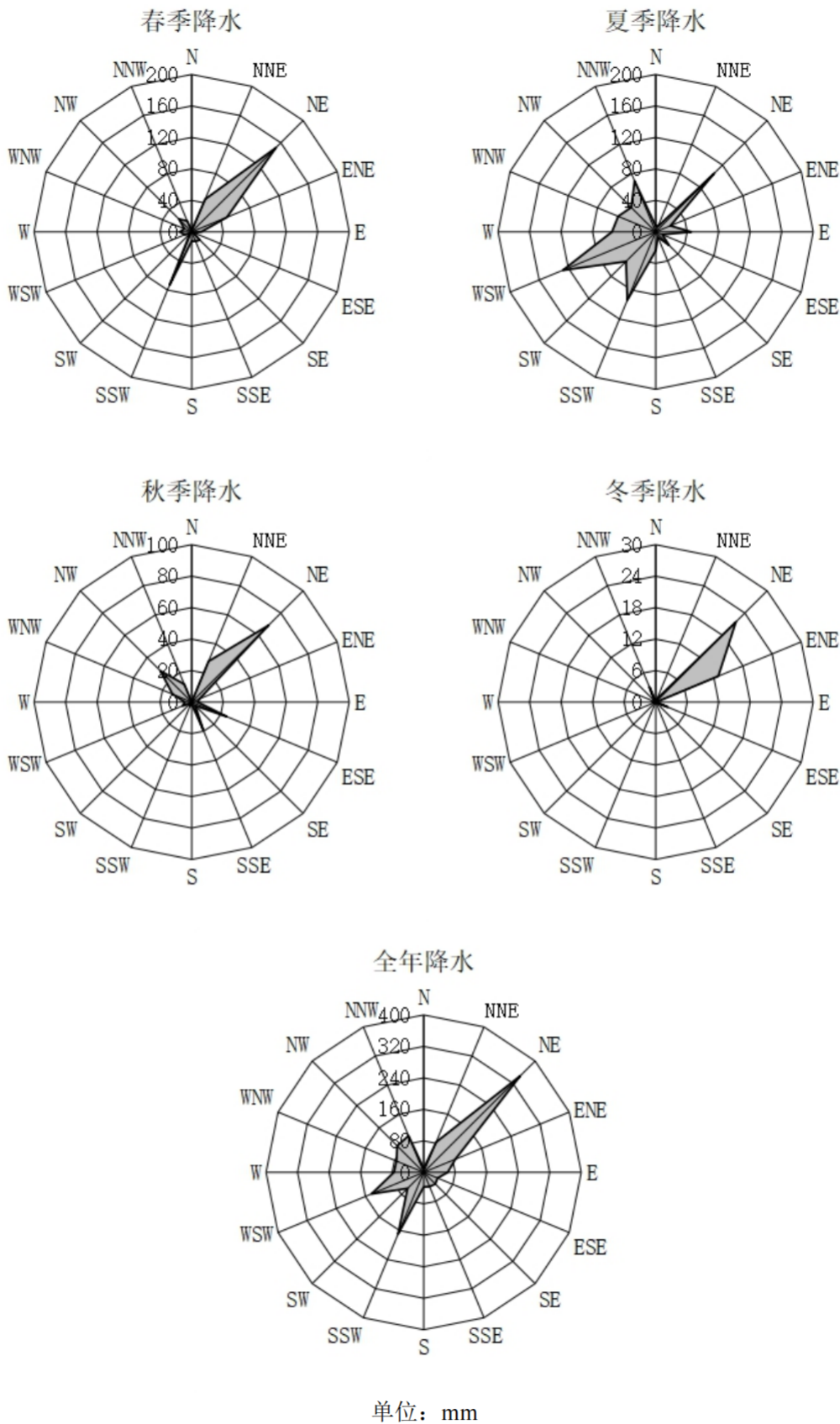


图 2.4-4 地面气象站各季和年不同风向降水量玫瑰图（2023.9~2025.8）

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

3.1.2 辐射环境质量评价

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

表

表 3.1-1 漳州核电厂 1、2 号机组运行前辐射环境本底调查方案

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

表 3.2-2 声环境质量标准限值

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

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

3.1.1.1 调查内容

辐射环境本底调查内容主要分为资料收集和现场调查两部分：

（1）相关数据和资料收集

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

- 厂址半径 30km 范围内核设施，铀、钍矿设施概况；

- 厂址半径 15km 范围内人为活动引起天然辐射照射增加的设施概况；

- 厂址半径 15km 范围内同位素生产以及非密封放射源同位素的应用概况；

- 厂址半径 5km 范围内 I 类和 II 类放射源的应用概况；

- 厂址所在地的辐射水平相关资料。

（2）现场调查

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

- 厂址半径 20km 范围内主要环境介质中放射性核素活度浓度，监测的环境介质包括土壤、空气（气溶胶、沉降物、降水、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I ）、陆地水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物、水生生物）、陆生生物（植物、动物、牛（羊）奶）、受纳水体（海水、沉积物、海洋生物）等。

上述现场调查中调查对象、监测项目以及监测频度等详见表 3.1-1。

3.1.1.2 布点原则及方案

3.1.1.2.1 布点原则

运行前辐射环境本底调查工作的测量点/采样点设置的总体原则如下：

- 遵循相关标准规范的规定；

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

3.1.1.2.2. 布点方案

(1) 陆地 γ 辐射/贯穿辐射水平

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

(2) 陆地环境 γ 辐射累积剂量

- 调查范围：以厂址为中心，半径 50km 范围内，按半径 2km、5km、10km、20km、50km 的 16 个方位的扇形区域内布点，同一方位与环境 γ 辐射剂量率点位重合。
- 点位布设：本次调查共布设 50 个测量点及 1 个对照点。

(3) 剂量率连续测量

- 点位布设：剂量率连续监测点位布设在最近居民点和关键居民组。

(4) 土壤

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

(5) 空气

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

(6) 陆地水体

A. 饮用水

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

B. 地下水

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

C. 地表水及其沉积物

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

- 点位布设：地表水和沉积物各设置 4 个采样点。

D. 水生生物

• 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内在主导风向下风向或流域覆盖厂址区域面积最大水体以及当地居民主要食用的水生生物。

- 点位布设：共布设 2 个点位。

(7) 陆生生物

- 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内。

- 点位布设：

陆地生物样品共 8 类 23 种样品，包括谷类、蔬菜类、水果类、花生、指示生物、家禽、家畜、牛（羊）奶。

(8) 受纳水体

A. 海水

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

B. 海洋沉积物

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

C. 海洋生物

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。

点位布设：本次调查中共布设了 11 个采样点。海洋生物种类包括海洋鱼类、贝类、甲壳类、软体类和藻类。

3.1.1.3 测量仪器和分析方法

分析测量方法优先选用生态环境部颁布的环境监测标准方法，若测量项目没有相应环境监测标准方法，选用适合的国家标准方法，其次选用适合的行业标准。

3.1.1.4 调查结果

(1) 环境 γ 辐射剂量率

A. 宇宙射线测量

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

B. 地表 γ 辐射剂量率

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

48 个道路测量点位中，地表 γ 辐射剂量率（已扣除宇宙射线成分）测量范围为 46.6nGy/h ~ 172nGy/h 。32 个原野测量点位中，地表 γ 辐射剂量率（已扣除宇宙射线成分）测量范围为 19.4nGy/h ~ 172nGy/h 。

C. 累积剂量

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

D. 原野贯穿辐射剂量率连续监测

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

(2) 空气

A. 气溶胶

空气中气溶胶样品采用青岛崂应公司生产的 2031 型大流量采样器进行采集，采样体积均大于 10000m^3 ，气溶胶样品的分析项目包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 和 ^7Be 、 ^{40}K 、 ^{95}Zr 、 ^{144}Ce 、 ^{131}I ）。监测频次为 1 次/季。

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

放化分析项目为总 α 、总 β 和 ^{90}Sr ，均给出了全部样品的测量结果：总 α 活度浓度范围为 0.0090~0.22mBq/m³；总 β 活度浓度范围为 0.12~1.41mBq/m³； ^{90}Sr 活度浓度范围为 0.72~4.85 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

B. 沉降灰

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

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

C. 空气 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I

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

^3H 的活度浓度范围为 2.96~14.1mBq/m³（0.22~0.69Bq/L 水）， ^{14}C 的活度浓度范围为 30.0~53.8mBq/m³（0.16~0.29Bq/g 碳）。

所有点位 ^{131}I 测量结果均低于探测限。

D. 降水

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

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

（3）陆地水体

A. 饮用水

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

γ 谱测量所有测量结果均低于探测限。放化分析中总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 给出了全部测量结果，其中：总 α 活度浓度范围为 0.0090~0.12Bq/L，总 β 活度浓度范围 0.092~0.31Bq/L，

^{90}Sr 活度浓度范围为1.07~19.2mBq/L， ^3H 活度浓度范围<LLD~0.48Bq/L， ^{14}C 活度浓度范围为0.34~5.63mBq/L（0.15~0.21Bq/g碳）。

B. 地下水

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

γ 谱测量所有结果均低于探测限。

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

C. 地表水

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

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

D. 底泥

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

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

放化分析测量结果中， ^{90}Sr 均给出了测量结果， $^{239+240}\text{Pu}$ 部分结果给出了测量结果，其余小于探测限。 ^{90}Sr 活度浓度范围为0.30~3.47Bq/kg， $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为<LLD~0.17Bq/kg。

(4) 土壤

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

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

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

（5）陆生生物

陆地生物样品共 8 类 23 种 49 个样品，包括谷类、蔬菜类、水果类、花生、指示生物、家禽、家畜、牛（羊）奶。陆生生物监测项目包括 ^3H （有机氚、组织自由水氚）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{124}Sb 和 ^{144}Ce 。陆生植物监测频次为 1 次/收获期，陆生动物监测频次为 1 次/年。牛奶的监测项目为 ^{131}I ，监测频次为 1 次/半年。

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

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

（6）水生生物

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

（7）海水

海水共布设 14 个采样点，测量项目包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 和 γ 谱分析，

γ 谱分析项目包括 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 和 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{40}K 。监测频次为 1 次/半年。

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

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

（8）海洋沉积物

海洋沉积物共布设 12 个采样点，监测项目包括 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 和 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、 ^{95}Zr 。监测频次为 1 次/年。海洋沉积物 5km 范围内和对照点共 8 个监测点位，其分析项目还包括 $^{239+240}\text{Pu}$ 。 γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 均给出了测量结果，人工核素 ^{137}Cs 给出了部分样品的测量结果，其中： ^{238}U 的活度浓度范围为 $16.4\sim 52.6\text{Bq/kg}$ ； ^{226}Ra 的活度浓度范围为 $17.3\sim 46.0\text{Bq/kg}$ ； ^{232}Th 的活度浓度范围为 $28.7\sim 70.7\text{Bq/kg}$ ； ^{40}K 的活度浓度范围为 $528\sim 802\text{Bq/kg}$ ； ^{137}Cs 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}\sim 1.15\text{Bq/kg}$ 。

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

（9）海洋生物

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

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

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

3.1.1.5 质量保证措施

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

（1）组织机构及人员配备

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

（2）样品采集、预处理及运输过程的质量控制

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

（3）仪器设备的控制

A. 现场采样设备的控制

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

2) 对多台同样的设备按仪器编号标识，防止混用。

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

4) 现场仪器经运输后，使用前经检验，确认其性能良好后使用，并做好记录。

5) 仪器、采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染。

6) 仪器维修后重新检定合格后使用。

B. 测量仪器的检定

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

C. 放射性测量装置的刻度和性能检验

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

(4) 样品的质量控制

A. 平行样品

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

B. 掺标样品

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

C. 空白样品

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

(5) 人员和分析方法的质量控制

A. 人员监督和方法监控

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

B. 人员培训

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

(6) 实验室间比对

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

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

3.1.2 辐射环境质量评价

将本次调查结果与 2010 年完成的《国电漳州核电厂可行性研究阶段环境辐射本底概况初步调查、环境噪声水平调查报告》中的数据进行比较。通过对比分析可知，本工程厂址周围环境 γ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度处于正常水平，不属于高本底地区。

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

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及北京浩达建通技术检测有限公司于 2024 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组厂址周围大气环境和噪声现状调查及分析评价报告》。

执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2026）。

参照《福建省生态环境厅关于漳州核电厂二期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的函》（闽环辐射函〔2022〕19 号），厂址周边地区环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中的二级标准。《环境空气质量标准》（GB3095-2026）规定的标准限值见表 3.2-1。

3.2.1.2 大气环境质量评价

SO₂、NO₂、NO_x、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》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

O₃ 各测点的小时浓度和日最大 8 小时平均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

PM_{2.5}、PM₁₀、TSP 各测点的日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

综上所述，各污染物平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中过渡阶段二级浓度限值。

3.2.1.3 质量保证

《福建漳州核电厂 5、6 号机组厂址周围大气环境和噪声现状调查及分析评价报告》

引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：190112050949。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 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及北京浩达建通技术检测有限公司于 2024 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组厂址周围大气环境和噪声现状调查及分析评价报告》。

执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- 《声环境质量标准》（GB3096-2008）。

参照《福建省生态环境厅关于漳州核电厂二期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的函》（闽环辐射函〔2022〕19 号）：厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类标准；居民区环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准；交通噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 4a 类标准。《声环境质量标准》（GB3096-2008）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) 厂界声环境现状

厂界噪声监测点昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类标准限值 65dB（A）的要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类标准限值 55dB（A）的要求。

2) 厂区内声环境现状

厂区内噪声昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类标准限值 65dB（A）的要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类标准限值 55dB（A）的要求。

3) 声环境保护目标声环境现状

声环境保护目标噪声昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类标准限值 60dB（A）的要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类标准限值 50dB（A）的要求。

4) 网格布点声环境现状

网格噪声间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类标准限值 60dB（A）的要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类限值 50dB（A）的要求。

5) 噪声源声环境现状

噪声源监测点昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类标准限值 60dB（A）的要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类标准限值 50dB（A）的要求。

6) 道路交通声环境现状

交通噪声昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 4a 类标准限值 70dB（A）的要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 4a 类标准限值 55dB（A）的要求。

7) 海域环境声环境现状

海域环境昼间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 4a 类标准限值 70dB（A）的要求；夜间噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 4a 类标准限值 55dB（A）的要求。

3.2.2.3 质量保证

《福建漳州核电厂 5、6 号机组厂址周围大气环境和噪声现状调查及分析评价报告》引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：190112050949。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

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

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

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

3.2.3.1 受纳水体环境质量现状调查

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

生态调查设置海水水质大面站 48 个。

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

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

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

3.2.3.2 受纳水体环境质量评价

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

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

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

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

第一类海水水质标准的占比为 10.6%，夏季小潮航次超出第一类海水水质标准的占比为 16.1%，秋季航次超出第一类海水水质标准的占比为 90%，冬季航次超出第一类海水水质标准的占比为 88.3%。

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

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

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

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

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

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

2022 年春季、夏季和秋季航次磷酸盐浓度较 2018 年均有所降低，超标率明显下降，2023 年冬季航次磷酸盐浓度与 2018 年同期浓度相近。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 调查依据标准规范

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

- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）

3.2.4.2 调查内容及范围

工频电场、工频磁场强度：本项目拟与1、2号机组共用已建的500kV 开关站，以已建共用的500kV开关站为中心的半径0.5km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧50m带状区域；本工程核电厂厂址周围5km范围内环境敏感区域。

3.2.4.3 监测方法

依据相应监测标准进行现场监测，具体监测方法及要求如下：

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。

3.2.4.4 监测时间及天气

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

3.2.4.5 电磁辐射源调查

厂址半径 5km 范围内现有电磁辐射源主要包括：500kV 开关站、220kV 辅助开关站、35kV 施工进线开关站、列屿 110kV 变电站、漳州核电厂 1、2 号机组主变压器、35kV 施工变压器、500kV 出线输电线路、220kV 辅助输电线路。

3.2.4.6 监测点设置

a) 厂区监测点设置

本次监测根据厂区电磁辐射源和敏感区分布情况设置监测点如下：

本次调查工作共设置 12 个监测点，在厂区边界设 5 个，厂区内 7 个。编号 N1~N12，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度。

b) 开关站及第一跨监测点设置

厂区内已建 3 个开关站，1~6 号机组共用 500kV 开关站、220kV 辅助开关站以及一座 35kV 施工进线开关站，目前 500kV 开关站、220kV 辅助开关站已投用；厂区外 1 个列屿

110kV 变电站。在每个开关站（变电站）东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场和工频磁场强度，编号 K1~K16。在第一跨以导线档距中央弧垂最低位置处监测工频电场、工频磁场强度，编号 K17~K18。

c) 地下廊道监测点设置

共设置 12 个地下廊道监测点，编号 L1~L12，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度。

d) 主/辅变压器监测点设置

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

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

e) 输电线路监测点设置

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

(1) 垂直方向的监测断面点位设置

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

(2) 平行方向的监测断面点位设置

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

f) 厂区外环境敏感区设置

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

3.2.4.7 电磁辐射现状评价标准

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

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

3.2.4.8 电磁辐射现状监测质量保证措施

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

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

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

(3) 监测仪器经由相应资质的计量部门检定合格，并处于有效期内。

(4) 每次测量前后，对仪器的工作状态进行检查，确保仪器处于良好的工作状态。

(5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(6) 监测报告严格实行三级审核制度。

(7) 提供所有参与本项目的现场监测人员的培训记录和资质证书的复印件。

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

(9) 提供本项目在现场监测采样阶段原始记录的复印件。

(10) 合作方配合完成各项与本项目相关的质量保证工作的责任和义务。

3.2.4.9 电磁辐射现状监测结果评价

1) 厂区内电磁辐射监测结果评价

厂区内共设置 12 个监测点，厂区监测点工频电场强度监测值范围在 0.69~9.81V/m 之间，各点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

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

2) 核电厂开关站及第一跨电磁辐射监测结果评价

开关站和第一跨共设置 18 个监测点，所有监测点工频电场强度监测值范围在 5.24~2894.22V/m 之间，最大值出现在 K17 监测点（500kV 开关站与第一跨架空线中间），监测值为 2894.22V/m。其中 K17、K18 监测点位于 500kV 出线输电线路及 220kV 辅助输电线路下方，K3、K7 监测点靠近 500kV 出线输电线路及 220kV 辅助输电线路，并且第一

跨的输电线路距离地面相对较低，受输电线路的影响较大，因此这几个点的工频电场高于其他监测点。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

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

3）核电厂地下廊道电磁辐射监测结果评价

核电厂地下廊道共设置 12 个监测点，所有监测点工频电场强度监测值范围在 1.49~35.70V/m 之间，最大值出现在 L7 监测点（拟建 4 号机组地下廊道①），监测值为 35.70V/m。由于 L7 监测点靠近 500kV 开关站导致工频电场监测值高于其余点位。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

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

4）主/辅变压器电磁辐射监测结果评价

a）1 号机组主变压器

测量期间 1 号机组主变处于停运状态。工频电场强度监测值在 1.77~4.12V/m 之间，各监测点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0103~0.1185 μ T 之间，各监测点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

b）2 号机组主变压器

测量期间 2 号机组主变处于停运状态。工频电场强度监测值在 2.03~7.50V/m 之间，各监测点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0055~0.0088 μ T 之间，各监测点监测值差异不大。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

c) 拟建 3 号机组主变压器

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

工频磁场强度监测值在 0.0047~0.0086 μ T 之间，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

d) 拟建 4 号机组主变压器

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

工频磁场强度监测值在 0.0132~0.0257 μ T 之间，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

e) 拟建 5 号机组主变压器

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

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

f) 拟建 6 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 5.81~11.16V/m 之间，最大值出现在 F5 监测点（拟建 6 号机组主变围墙外 20m）处，其监测值为 11.16V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》

（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

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

g) 施工 35kV 主变压器

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

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

h) 漳州 1、2 号机组辅助变压器

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

工频磁场强度监测值在 0.0049~0.0626 μ T 之间，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

i) 拟建漳州 3、4 号机组辅助变压器

工频电场强度监测值在 17.37~23.72V/m 之间，各点监测值变化趋势不明显，由于靠近 500kV 开关站，此断面监测数值整体偏高。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0048~0.0074 μ T 之间，各点监测值变化趋势不明显。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

j) 拟建漳州 5、6 号机组辅助变压器

工频电场强度监测值在 2.12~13.90V/m 之间，最大值出现在 J1 监测点（拟建漳州 5、

6 号机组辅变围墙外 0m）处，其监测值为 13.90V/m。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中 4kV/m，符合标准要求。

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

5) 输电线路电磁辐射监测结果评价

a) 500kV 出线输电线路（P1 监测断面）监测数据分析

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

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

b) 220kV 辅助输电线路（P2 监测断面）监测数据分析

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

220kV 辅助输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.0306~0.0466 μ T 之间，各点监测值变化趋势不明显。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.0429~0.0508 μ T 之间。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

6) 厂区外环境敏感区电磁辐射监测结果评价

所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.04~5.12V/m 之间，最大值出现在 5 监测点

（油车村村委会）处，其监测值为 5.12V/m，该点位受周围居民用电影响，监测值略高。所有监测值均小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

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

表 3.1-1 漳州核电厂 1、2 号机组运行前辐射环境本底调查方案

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

		沉积物	γ 谱、 ^{90}Sr	1 次/年	10km	12
			$^{239+240}\text{Pu}$			8
		海洋植物 2 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	10km	3
		海洋动物 8 种	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	10km	3
7	合计	/	/	/	/	274

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

污染物名称	平均时间	过渡阶段浓度限值 (2031 年前)	浓度限值 (2031 年 后)	单位
NO ₂	日平均	80	50	μg/m ³
	小时平均	200	200	
NO _x	日平均	100	70	
	小时平均	250	250	
SO ₂	日平均	150	50	
	小时平均	500	150	
CO	日平均	4	4	mg/m ³
	小时平均	10	10	
PM _{2.5}	日平均	60	50	μg/m ³
PM ₁₀	日平均	120	100	
TSP	日平均	300	300	
O ₃	日最大 8 小时平均	160	160	
	小时平均	200	200	

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

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 1~4 号机组总体规划简述

4.1.2 厂址总体规划

4.1.3 厂区总平面布置

4.1.4 排放口布置

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.3 常规岛

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.2 核电厂散热系统

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

4.4.2 开关站的选型和布置

4.4.3 与电力系统的连接

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 非能动安全注入系统

4.5.3 非能动安全壳热量导出系统

4.5.4 二次侧非能动余热排出系统

4.5.5 安全壳消氢系统

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.4 放射性固体废物管理

4.6.5 乏燃料贮存系统

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

4.7.2 生活废物

4.7.3 其它废物

4.8 放射性物质运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物运输

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 号机组已建成，3、4 号机组正在建设；5、6 号机组工程规划建设两台华龙一号 2.0 版机组及其配套辅助设施。

(1) 厂址设计基准洪水位为 6.37m，波浪在护岸处的最大爬高为 13.40m。综合考虑各方面因素确定安全重要构筑物室外散水标高（简称厂坪设计标高，下同）为 14.00m，并通过了各阶段安全分析报告审查。

(2) 根据全厂总体规划，六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，受场地和地基条件的限制，采用并列布置；3~6 号机组位于厂址中西部，采用顺列布置。

(3) 根据福建省电网规划，5、6 号机组以发电机~双卷变压器单元机组接线方式接入 1、2 号机组 500kV 开关站内扩建间隔。六台机组的辅助电源以两回 220kV 线路接至厂区。

(4) 5、6 号机组厂用水系统拟采用海水直流冷却方式，循环水系统拟采用二次循环冷却方式，取水工程拟采用明渠取水的方案。

(5) 本工程厂区预留用地位于厂址西部，用地范围南至厂区挖方边坡、东至 3、4 号机组工程、北至施工场地、西至厂区填方边坡。

(6) 本工程可利用 1~4 号机组已建的武警营房、消防站、应急指挥中心等厂址范围内的设施以及环境监测站、监督性监测子站、环境实验室等厂外设施。

(7) 5、6 号机组利用部分在 1、2 号机组工程时建成的施工场地，包括位于厂区西北角的仓库、混凝土搅拌站及砂石料加工厂，厂区北侧未受影响的部分一体化临建设施区，以及 5 号机组东北侧新增的填海用地。其他部分施工场地业主正在与当地政府协商。

(8) 5、6 号机组主厂房区域场地已整平至 13.50m，目前作为石料临时堆场，5 号机组北侧场地已整平至 15.50m，已建成一体化施工生产临建区。

5、6 号机组工程共用 1、2 号机组工程建设的边坡及截排洪设施。厂坪设计标高高于厂址设计基准洪水位，可使厂址免受海洋洪水威胁；沿厂址北、东、南三面临海处已在 1、2 号机组工程设置护堤。

(9) 5、6 号机组工程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。

(10) 福建漳州核电厂非居住区为以核电厂 1、2 号机组反应堆为中心半径 800m 及 3~

6 号机组反应堆为中心半径 600m 的包络范围，规划限制区为以核电厂各核反应堆为中心半径 5km 的包络范围。

4.1.2 厂区总平面布置

4.1.2.1 建设规模及项目组成

本工程建设两台华龙一号 2.0 版机组及其配套辅助设施，部分辅助生产设施与 1~4 号机组设施共用。

4.1.2.2 平面布置

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

（1）主厂房区

主厂房区主要由核岛和常规岛及其附属建筑组成。

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

（2）冷却水设施区

冷却水设施包括厂用水及预处理海水提升泵房、循环水补水预处理厂房、循环水补水池、循环水泵房、自然通风冷却塔、制氯站、排水构筑物等，布置在主厂房北侧。

（3）辅助生产设施

辅助生产设施包括放射性辅助生产设施包括核废物厂房、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、外运处理废物暂存库。非放射性辅助生产设施包括备用柴油发电机厂房、备用柴油发电机主贮油罐区、公用气体储存区 1、公用气体储存区 2、核岛消防泵房、集中制冷站、10kV 公用配电间、空压机房、厂区消防泵房、辅助变压器区域（包含 10kV 配电间）、非放含油废水处理站、氢气储存及分配站、生产检修办公楼、武警岗楼、地下水监测井，布置在主厂房周边。

（4）利用 1~4 号机组的设施

—厂前建筑区及其它设施

其中包括综合办公楼、公共食堂、档案馆、调试检修楼、应急指挥中心、武警营房、消防站等。

—配电装置设施

其中包括 500kV 开关站、220kV 开关站、网控楼利用 1、2 号机组已建建构筑物，新增设备。

—放射性辅助生产设施

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。

—辅助生产设施

其中包括除盐水生产厂房、除盐水储存罐、辅助锅炉房、虹吸井、常规岛废水处理站、环境实验室、监督性监测前沿站及环境监测站等子项。

—车间仓库、实验室及办公设施

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、岩芯库、危险废物暂存库等。

（5）实物保护

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。

5、6 号机组新建保护区出入口、控制区出入口和保卫控制中心。

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

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

4.1.2.5 绿化与美化布置

根据相关规定，核设施保护区内不得绿化，因此厂区绿化集中在控制区及厂前区内，以美化环境、防尘降噪、为员工提供良好的工作氛围。

初步规划绿化区域面积 2.28 公顷，厂区绿化率 5.16%。

4.1.2.6 环境保护相关设施的布置

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

4.1.2.7 环境保护措施

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

- 厂区总平面布置中，尤其保护区（为非绿化区）内各设施的布置上，尽量紧凑布局，节约用地，并使非绿化区面积尽量小。
- 厂坪标高的确定，除重点考虑厂址设计基准洪水位、总平面布置要求、建筑物基础埋置深度等因素外，同时将土石方工程量作为最重要的因素之一，充分予以考虑，尽量减少土石方开挖、回填范围和数量，减少对现状地貌的改变。
- 厂区内充分进行绿化，凡可绿化之处均进行绿化。
- 利用本工程建设的时机，改善厂址区域的原始地貌，减少海岸冲刷及水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。
- 尽量为工程施工提供便利，使施工活动对环境的影响降低至最小。

4.1.3 排放口布置

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

（1）气态流出物排放口

气态流出物排放点共有 2 个，分别为 5、6 号机组反应堆排风烟囱。

（2）液态流出物排放口

液态流出物排放点有 1 个，为 3、4 号机组排水口。

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

本工程采用华龙一号 2.0 版技术方案。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。

由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在核电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方面，以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下，即使有一种故障发生，它将由适当的措施探测、补偿或纠正。本工程设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

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

中也考虑了进行这些活动时的可达性和必要的装备和工具。

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

——第三层次防御是必须提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如非能动安全注入系统、非能动安全壳热量导出系统、二次侧非能动余热排出系统以及它们的支持系统，这些专设安全设施在事故工况时自动投入运行以控制事故产生的后果。

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

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

4.2.2 核岛

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

4.2.2.1 堆芯部件

反应堆由反应堆压力容器、堆芯、堆内构件、堆内测量装置、控制棒驱动机构等部件组成。本工程堆芯由 177 组 AFA 3G 或 CF3 型燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，活性段高度为 3.66m。

本工程采用的 AFA 3G 燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架包括上管座、下管座、导向管、仪表管和格架。反应堆运行期间，冷却剂从下管座进入燃料组件，与燃料棒进行热交换，带走堆芯热量，并从上管座流出燃料组件。

AFA 3G 燃料组件的相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件，用于反应堆的启停、调节功率和改善功率分布。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

1) 系统功能

- 堆芯冷却和传热：在反应堆正常运行期间，反应堆冷却剂系统把堆芯核裂变产生

的热量由冷却剂经蒸汽发生器传递给二回路的水，使其产生供汽轮机发电用的饱和蒸汽。

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

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

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

2) 系统描述

反应堆冷却剂系统由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成。每条环路包括一台蒸汽发生器和一台反应堆冷却剂泵。在反应堆冷却剂系统一条环路上设置一台稳压器，用于反应堆冷却剂系统的压力控制。

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

稳压器通过波动管与一条主传热环路相连，稳压器波动管线朝反应堆冷却剂 1 号环路热段呈连续地倾斜，并在与 1 号环路热段连接处设置一段竖直直管段。这种连接方式便于流体在波动管内的自然循环和消除热分层的影响。

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

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

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

为了在严重事故下执行快速卸压功能，在稳压器上部还设置有快速卸压管线，快速卸压系统包括一台电动闸阀和一台电动截止阀，其容量设计可满足消除高压熔融物喷射，同

时有利于保证熔融物在压力容器内滞留（IVR）的有效性。

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

3) 主要设备

(1) 蒸汽发生器

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

蒸汽发生器由两大部分组成，即用于使给水加热产生饱和蒸汽的蒸发段部分和用于将所产生的汽水混合物进行分离的汽水分离段部分。

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

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

(2) 反应堆冷却剂泵

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

主要部件包括泵壳、叶轮、隔热屏、下部径向轴承、密封件及电动机。

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

(3) 稳压器

稳压器是一个立式、带有半球形顶部和底部封头的圆筒形容器，它的下部封头放置在圆筒形的裙座上。稳压器的主要功能是建立并维持压力，避免反应堆冷却剂在反应堆内沸腾。在正常运行时将反应堆冷却剂系统保持在恒定的压力下；在负荷瞬变时限制压力的变化。借助于加热和喷淋来控制水-汽平衡温度，从而保持所要求的冷却剂压力，将反应堆冷却剂系统的压力变化限制在一个允许的范围，并防止其超压。

通过安全阀将稳压器内的蒸汽排放到内置换料水箱，达到反应堆冷却剂系统的超压保护目的。

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

(4) 反应堆冷却剂管道

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

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

热 段：即反应堆压力容器与蒸汽发生器之间的管段；

过渡段：即蒸汽发生器与反应堆冷却剂泵之间的管段；

冷 段：即反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器之间的管段。

稳压器波动管与反应堆冷却剂管道的一条热段相连接。

4.2.2.3 主要辅助系统

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

反应堆辅助系统确保下列功能：

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

化学和容积控制系统在事故工况下根据安全壳隔离信号隔离，确保安全壳的完整性。在发生小 LOCA 时，能够通过上充泵执行高压注入功能，避免自动卸压 1-3 级阀门开启。担负正常运行期间反应堆冷却剂系统的容积、化学和反应性的控制。

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

设备冷却水系统是设置在用户系统设备和海水之间的一个闭合环路。

设备冷却水系统的主要功能是：

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

蒸汽发生器排污系统的主要功能是从蒸汽发生器二次侧连续引出一部分排污水并对其进行处理，以使二回路的水质保持在核电厂正常运行的限值内。在设计基准事故 SGTR

工况下，通过打开蒸汽发生器排污系统事故排放管线上的电动隔离阀，将破损蒸汽发生器内漏液排放，使破损蒸汽发生器降压，同时限制破损蒸汽发生器水位，防止破损蒸汽发生器满溢。

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

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

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

4.2.3 常规岛

本节主要论述汽轮发电机厂房内的系统和设备。

4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

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

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

主蒸汽系统的功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽输送至汽轮发电机组，驱动汽轮发电机组发电，同时根据运行需要将主蒸汽输送至汽轮机旁路系统、辅助蒸汽系统、汽水分离再热器和二级再热器等。

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

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

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

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

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

4.2.3.2 汽轮机和凝汽器

本工程拟采用单轴、半转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个双流高压缸和两个双流低压缸组成。

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

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水以及循环冷却用海水、设备冷却用闭式冷却水。

热废水为常规岛管道、设备等放水，可能带放射性，排至汽机房内常规岛废液收集系统非含油废水池，经泵升压后送至厂区收集处理。

非放射性含油废水为汽机房检修、运行中产生的含油废水，排放至汽机房内废油和非放射性水排放系统含油废水池，经泵升压后送至厂区含油废水集水池进行处理。

海水为循环水管道检修、运行中的排水，排至循环水集水坑，经泵升压后排放。

常规岛闭式冷却水系统介质中含有磷酸三钠，其废水单独收集至汽机房内常规岛废液收集系统生产废水坑，经泵升压后送至厂区收集处理。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

本工程用水主要分为海水用水和淡水用水。

4.3.1.1 海水用水

核电厂的海水用水系统主要包括：

- 循环水系统
- 厂用水系统等

本工程海水系统平均用水量详见下表。

机组 编号	循环水 补水量 (m ³ /h)	预处理自用 水 (m ³ /h)	厂用水 量(m ³ /h)	海水制 氯水量 (m ³ /h)	未预见水 量 (m ³ /h)	总水量	
						(m ³ /s)	(m ³ /s)
5	8280	412	4210	60	500	13462	3.8
6	8280	412	4210	60	500	13462	3.8
合计	16560	824	8420	120	1000	26924	7.6

最大用水量：除了厂用水系统在设计工况下的最大用水量为单台机组 7010m³/h 外，其他系统最大用水量与平均用水量相同。

东山湾取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水系统、厂用水系统及其他海水用水系统的取水需求，不会出现因冷却水供应不足而引起电厂运行中断的情况。

4.3.1.2 淡水用水

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

(1) 淡水用水量

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

运行期人员生活用水主要包括厂前区、厂内各建筑及厂房卫生间用水、食堂用水、浴室用水、绿化、道路浇洒及洗车等生活用水。

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

考虑管网漏损水量和未预见用水等，本工程正常运行日用水量为 5643m³/d，最大日用

水量为 9286m³/d。本工程运行期正常运行设计耗水指标为 0.027m³/s•GW。运行期六台机组正常运行日用水量约为 18732m³/d，最大日用水量约为 23955m³/d，最大用水工况发生在五台机组正常运行、一台机组冷启动的情况下。

（2）供水水源

本工程施工期间和运行期间淡水用水由淡水厂提供。淡水厂的原水取自峰头水库。淡水厂的出水水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）的要求。福建漳州核电厂淡水厂的设计规模 24000m³/d，能满足福建漳州核电厂六台机组用水需要。

4.3.2 核电厂散热系统

漳州核电厂 5、6 号机组厂用水系统拟采用海水直流冷却方式，循环水系统拟采用二次循环冷却方式，取水工程采用明渠取水的方式，厂用水及预处理海水提升泵房布置在已建的取水明渠根部，排水工程拟与 3、4 号机组共用排水隧洞。

4.3.2.1 取水工程方案

5、6 号机组取水工程拟采用明渠取水的方案，厂用水及预处理海水提升泵房布置在已建取水明渠根部。取水明渠底标高整体开挖至-6.8m，本项目厂用水及预处理海水提升泵房前端局部开挖至-8.2m。

4.3.2.2 排水工程方案

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

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

福建漳州核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，一、二期采用我国自主研发的三代压水堆“华龙一号”技术方案，各建设两台百万千瓦级压水堆核电机组。本期工程为扩建工程，拟建设 2 台“华龙一号 2.0 版”机组，2 台机组分别以发电机-变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入系统，发电机与主变压器之间装设发电机出口断路器。

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

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

最终方案应以接入系统审查意见为准。

4.4.2 开关站的选型和布置

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

4.4.3 与电力系统的连接

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

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

由于接入系统方案尚未确定，最终接线方案应以接入系统审查意见为准。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

安全相关设施包括：非能动安全注入系统、非能动安全壳热量导出系统、二次侧非能动余热排出系统、安全壳隔离系统等。

非能动安全系统应对 DBA 和 DEC 工况，在非能动失效的 DEC 工况时，由能动系统应对。

4.5.2 非能动安全注入系统

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

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

2) 当发生化学和容积控制系统不可用或能力不足的瞬态或事故工况下，非能动安全

注入系统为反应堆冷却剂系统提供补水和硼化。对于造成反应堆冷却剂系统冷却的事件（蒸汽管道破裂事故或安全停堆冷却事件）能够引入足够的负反应性和恢复堆芯停堆裕量；

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

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

本系统除具有安全功能外，还具有辅助功能，包括：

1) 在换料冷停堆期间，向反应堆换料水池充水；

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

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

非能动安全注入系统包括下列子系统：

非能动注入子系统；

安全壳 pH 值控制子系统；

自动降压子系统。

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

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

4.5.3 非能动安全壳热量导出系统

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

主要功能有：

(1) 设计基准事故后安全壳冷却

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

（表压）一半以下，并保持低于这一压力。

(2)设计扩展工况（包括严重事故）安全壳冷却

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

(3)安全壳冷却水箱水质保持

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

(4)安全壳第三道屏障的完整性

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

(5)其他功能

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

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

系统描述：

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

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

4.5.4 二次侧非能动余热排出系统

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

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

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

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

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

4.5.5 安全壳消氢系统

安全壳消氢系统（JMT），用于在设计基准事故工况下和堆芯未明显损伤的设计扩展工况下将安全壳大气中的氢浓度减少到安全限值以下，从而在设计基准事故工况下和堆芯未明显损伤的设计扩展工况下避免氢气燃烧，在严重事故工况下避免发生由于氢气爆炸而导致的第三道屏障—安全壳的失效。在安全壳内氢浓度达到非能动氢气复合器启动条件时，氢复合器和点火器会自动启动。

安全壳消氢系统由多台非能动氢复合器和点火器组成，非能动氢气复合器和点火器在氢气浓度达到一定数值时能够自动启动，不需任何监测和控制措施。

非能动氢气复合器和点火器在条件适合的情况下自动工作。非能动氢气复合器的工作原理为：氢复合器的金属外壳可引导气流向上通过氢复合器，在壳体的下部装有一个插入很多平行的垂直催化剂板的框架，在这些催化剂板上涂满活性催化剂。含氢气体混和物在催化剂作用下发生氢—氧化学反应，并释放出热量使复合器下部的的气体密度降低，进而加强了气体对流，以使大量的含氢气体进入与催化剂接触，以此来保证高效的消氢功能。

氢气点火器是利用热消氢的方法使氢气浓度降低到可燃浓度以下，其工作原理为：外部电源通过电缆为点火器的加热元件持续供电，加热元件将电能转化为热能，并在高温状态保持 72 小时以上，从而将含有一定浓度范围的氢气的空气加热到一定温度，以增大反应物分子氢和氧的能量，使之到发生化合反应所需的活化能，自行化合而生成水，从而消

除空气中的氢气。

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活化而产生中子活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关系统的主要放射性来源。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

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

- 核岛疏水排气系统；
- 硼回收系统；
- 废液处理系统；
- 核岛液态流出物排放系统。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

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

4.6.2.1 核岛疏水排气系统

核岛疏水排气系统为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

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

根据废物的特性（可复用或不可复用的废液、含氢或含氧废气）以及收集后的处理方式，这些废物将分别由各自的管网输送到核辅助厂房的硼回收系统、废液处理系统和废气

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

（1）设计基准

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

本系统采用的设计基准如下：

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

— 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；

— 非放射性疏水管道的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；

— 地坑泵有足够的容量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流。

（2）系统描述

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

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

b) 工艺疏水子系统

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

— 送至核辅助厂房工艺疏水坑，再用泵输送到废液处理系统；

— 由废液处理系统直接收集。

c) 地面疏水子系统

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

— 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；

— 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑；

— 废水排至厂房的地面疏水坑中，用泵输送到废液处理系统。

d) 化学疏水子系统

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

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

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

e) 含氢废气子系统

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

f) 含氧废气子系统

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

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

(3) 系统运行

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

b) 工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

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

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

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

c) 化学疏水子系统

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

d) 地面疏水子系统

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

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

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

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

e) 含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

在正常运行时，反应堆冷却剂疏水箱都用氮气覆盖。

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

f) 含氧废气子系统

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

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

核辅助厂房的含氧废气排至通风系统，由通风系统的风机保持负压。

4.6.2.2 硼回收系统

硼回收系统对来自化学和容积控制系统和核岛疏水排气系统的含氢反应堆冷却剂，先

利用过滤、除盐和除气装置进行净化处理。然后，利用蒸发装置进行硼水分离处理，制取补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回化学和容积控制系统，复用于反应堆。

在燃耗末期，硼回收系统还可对来自化学和容积控制系统的含硼浓度低的反应堆冷却剂下泄流用离子交换工艺进行除硼处理。

（1）设计基准

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

硼回收系统设计成能处理反应堆在基本负荷运行、负荷跟踪运行及各种运行瞬态时排放的含氢反应堆冷却剂。

硼回收系统的前贮槽和净化部分可接收和处理来自化学和容积控制系统的最大下泄流（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）。

中间贮槽的容积可以满足硼回收系统前、后两部分独立运行，从而不影响反应堆的运行状态。中间贮槽共两个，每个贮槽的有效容积为 350m^3 。

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

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

硼回收系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为 2t/h 。冷凝液含硼量低于 5ppm ，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。无法满足复用要求的硼回收系统冷凝液可以送往废液处理系统处理或者核岛液态流出物排放系统监测排放；浓缩液含硼量约为 $7000\text{-}7700\text{ppm}$ ，满足复用要求时可作为硼酸溶液复用。

（2）系统描述

硼回收系统由三部分组成：

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

反应堆排出的含氢反应堆冷却剂由两个前贮槽接收。然后，用前贮槽泵经除盐预过滤器、阳床除盐器、混床除盐器、树脂滞留过滤器净化后，进入除气塔进行脱气。去除了裂变气体、氢气和氮气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵输送，经再生热交换器与除气塔液体冷却器冷却后进入中间贮槽暂时贮存。

从除气塔排出的二次蒸汽经排气冷凝器冷凝、冷却后，废气通过核岛疏水排气系统送到废气处理系统的延迟衰变子系统进行贮存衰变。冷凝液返回除气塔。

两个中间贮槽共用一台输送和混合泵。

用蒸发器供料泵将除气后的反应堆冷却剂从中间贮槽送至外加热式自然循环蒸发器的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到硼酸溶液和冷凝液，经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽和冷凝液监测槽内。经取样分析监测满足复用要求后，用浓缩液泵和冷凝液泵送到化学和容积控制系统的硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

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

硼回收系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

（3）系统运行

a) 正常运行

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

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

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

前贮槽的液位与压力检测系统自动控制除气塔的启动和停运。

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

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

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

蒸发产生的二次蒸汽经尾气冷凝器冷凝后，进入冷凝液缓冲槽，经一级预热器冷却后进入冷凝液监测槽。

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

— 如果冷凝液的水质满足反应堆补给水要求，则由冷凝液泵将其直接送到化学和容

积控制系统作补给水使用；

— 如果冷凝液中硼含量略高，则将其送到未被污染的混床除盐器进一步除硼后送化学和容积控制系统作补给水使用；

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

为了维持反应堆冷却剂中合适的氘浓度，一部分冷凝液不进行复用，这部分冷凝液放射性浓度低于排放控制值则送到核岛液态流出物排放系统排放，高于排放控制值则送往废液处理系统处理。

蒸发器中的浓缩液自动排出，经浓缩液冷却器冷却后进入浓缩液监测槽。

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

如果浓缩液满足复用要求，则用浓缩液泵送到化学和容积控制系统作为补给硼酸用；

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

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

b) 特殊运行

— 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

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

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

4.6.2.3 废液处理系统

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

(1) 设计基准

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

废液处理系统是按容纳和处理核电厂两台机组正常运行产生的最大预期废液量和最大预期放射性活度、并留有适当的裕量而进行设计的。

(2) 系统描述

放射性废液根据放射性浓度和化学成分由核岛疏水排气系统分类收集。然后，送至废液处理系统贮槽分别贮存。废液处理系统按照双机组共用设置，按照废液的特性分别采用

下述方法进行处理：

— 地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力为 $27\text{m}^3/\text{h}$ 。单机组地面排水量约为 $5000\text{m}^3/\text{a}$ ，服务排水量约为 $1250\text{m}^3/\text{a}$ 。

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

— 化学排水放射性浓度高，化学物质含量也高，用蒸发方法处理，处理能力为 $4\text{t}/\text{h}$ ，去污因子为 1000 ，单机组化学排水量约为 $1500\text{m}^3/\text{a}$ 。

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

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

a) 除盐工艺包括：

— 两个工艺排水接收槽。工艺排水在贮槽中混合、取样分析。

— 一台工艺排水泵，用于废液的混合搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放控制值时，也可将废液送往过滤器过滤后经核岛液态流出物排放系统监测、排放。

— 一台预过滤器，用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

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

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

— 四台串联的除盐器。

— 一台树脂滞留过滤器。

经过处理后的废液进入监测槽。

b) 蒸发工艺包括：

— 三个化学排水接收槽，用于废液的收集、贮存、混合、取样分析和预处理。

— 一台化学排水泵，用于化学排水接收槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

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

— 蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵、蒸发器预过滤器、一级预热器、二级预热器、

蒸发器、再沸器、蒸汽发生器、蒸汽压缩机、冷凝液缓冲槽、冷凝液缓冲泵、气体冷却器。

蒸发浓缩液由浓缩液槽收集。然后，用泵送至固体废物处理系统浓缩液槽。

蒸馏液由两个监测槽接收。

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

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

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

c) 过滤工艺包括：

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

— 地面排水泵，用于废液的混合搅拌、取样分析和输送。

— 两台并联使用的过滤器。可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯。

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

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

(3) 系统运行

废液处理系统总的运行原则如下：

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

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

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

— 蒸发净化单元和除盐净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

4.6.2.4 核岛液态流出物排放系统

(1) 设计基准

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

— 硼回收系统：蒸发器产生的冷凝液。

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

— 核岛疏水排气系统排水。

— 核岛液态流出物排放系统地坑疏排水。

— 固体废物处理系统排水。

— 蒸汽发生器排污系统蒸汽发生器排污液。

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

c) 将超过排放控制值的放射性液态流出物送往废液处理系统处理。

（2）系统描述

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

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

地坑泵安装在地坑内。地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

三个排放槽有一根共用的排放管线及一根通往废液处理系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪和受电厂辐射监测系统控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

贮槽的材料为碳钢，内外表面涂防腐涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

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

（3）系统运行

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

排放管上电厂辐射监测系统的在线监测仪表对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

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

核岛液态流出物排放系统和常规岛液态流出物排放系统相连，互为备用。当核岛液态

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

4.6.2.5 化学和容积控制系统

（1）设计基准

化学和容积控制系统为反应堆冷却剂系统提供以下服务：

- 反应堆冷却剂容积控制；
- 反应堆冷却剂化学控制：
 - 进行硼浓度的调节，从而控制反应性；
 - 控制气体的浓度；
 - 净化和过滤；
 - 含氧量和 pH 值的控制。

— 反应堆冷却剂泵密封水注入。

化学和容积控制系统还提供以下服务：

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

（2）系统描述

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

a) 上充、下泄、密封水子系统

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

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

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

下泄流流过反应堆冷却剂的过滤器并从容积控制箱顶部的一条喷淋接管进入容积控制箱。氢气连续不断地供给容积控制箱，以扫除容控箱气相空间的裂变气体和控制堆芯

处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

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

b) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统

化学和容积控制系统对反应堆冷却剂中硼浓度进行控制，以补偿因温度变化、燃耗和氚毒变化所引起的反应性的慢变化。

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

控制反应堆冷却剂的 pH 值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

(3) 系统运行

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

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

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

4.6.2.6 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统

(1) 设计基准

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

事故后通过非能动安全壳热量导出系统换热水箱依靠重力向乏燃料水池进行非能动补水，保证事故后乏燃料组件不裸露。

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统的冷却水泵由备用柴油发电机供给备用电源。

a) 乏燃料水池冷却回路

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

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

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

热交换器的换热面积将根据正常换料工况确定。

b) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

处理能力：60m³/h；

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

(2) 系统描述

a) 服务于乏燃料水池的设施

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

— 冷却回路：水泵 FAK10GP001、002 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 FAK10EP001、002，然后返回到乏燃料水池。

— 过滤和除盐单元

— 充水回路

b) 服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

— 过滤和除盐单元

— 反应堆换料水池充水和排水

当反应堆换料水池充水时，使用该系统的 FAK30GP001 水泵。

(3) 系统运行

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

系统正常运行：

— 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

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

冷却回路的流量为 450m³/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 510m³/h，其中 60m³/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 60m³/h 由流量计监测，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

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

— 反应堆换料水池和附属回路。

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

当反应堆压力容器封头打开，反应堆换料水池充水后，净化过滤回路投入连续运行，净化过滤流量为 60m³/h，由流量计监测。

4.6.2.7 蒸汽发生器排污系统

（1）设计基准

a) 在正常运行时，蒸汽发生器排污系统水处理设计流量最高能达到 78t/h，三台蒸汽发生器的排污量是相同的，每台蒸汽发生器的最大排污量约为额定蒸汽流量的 1.2%（即 26t/h）。

b) 经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

（2）系统描述

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

每台蒸汽发生器的排污水是靠两个径向对称的支管段在管板上收集的，并在其中的一根支管上设置一根取样接管，供取样分析用。两根支管在安全壳内合并后穿过安全壳。在安全壳外的排污管上设置了一根供蒸汽发生器保养用的氮气接管，并在每一根排污管上安

装了一个无泄漏的隔离阀和一个手动流量控制阀，操作人员可以根据二次侧水质的好坏通过此阀控制排污量的大小。在功率运行时，总排污量在 10~78t/h 之间变化。

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

排污水由热交换器冷却至与离子交换树脂相适应的温度（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 微米的过滤器，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 微米的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

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

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

- 处理设施失效；
- 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

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

（3）系统运行

a) 正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热交换器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~78t/h 之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

b) 特殊稳态运行

① 使用非再生热交换器

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。

4.6.2.8 常规岛液态流出物排放系统

（1）设计基准

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

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

— 蒸汽发生器排污系统排放的液态流出物。

— 其它：如常规岛液态流出物排放系统泵房地坑内的疏水。

— 在异常情况下，常规岛液态流出物排放系统的贮槽在核岛液态流出物排放系统的三个排放槽充满时收集核岛排放的液态流出物。

当要求延迟排放或当取样分析或电厂辐射监测系统监测到液态流出物的放射性浓度超过允许排放控制值时，可暂存液态流出物；

将超过允许排放控制值的液态流出物输送至废液处理系统处理。

（2）系统描述

本系统设置三个容积为 1000m³ 的排放槽，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

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

地坑泵安装在滞留池地坑内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往废液处理系统的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪和受电厂辐射监测系统控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

（3）系统运行

正常运行时，常规岛液态流出物排放系统三个贮槽中的一个接收液态流出物，一个混合、取样分析和监测排放液态流出物，另一个备用。液态流出物在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据液态流出物放射性浓度及环境稀释能力确定液态流出物的排放流量。

排放管上电厂辐射监测系统的在线监测仪表对贮槽液态流出物有辅助监测作用，如果排放液态流出物的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

当贮槽废液放射性浓度超过排放控制值，废液被送回废液处理系统化学排水接收槽作再处理。

当常规岛液态流出物排放系统的贮槽不能接收液态流出物时，核岛液态流出物排放系统的备用贮槽将用于接收常规岛的液态流出物。

4.6.2.9 常规岛废水处理系统

常规岛废水处理系统用于收集、处理全厂机组常规岛液态流出物排放系统收集的常规污染物超标废水，为全厂六台机组共用子项，随福建漳州核电厂 3、4 号机组建设。

（1）设计基准

1) 常规岛废水处理系统为全厂六台机组共用，随漳州 3、4 号机组建设，收集、处理全厂机组常规岛液态流出物排放系统收集的常规污染物超标废水。

2) 常规岛废水处理系统排放废水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）及其修改单，包括日均值（一级 A 标准）、瞬时值（一级 A 标准）、监测等要求，此外，化学需氧量、氨氮、总氮、总磷排放限值还需满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中排放限值要求。

3) 常规岛废水处理系统没有核安全相关功能，所有物项为非安全级和非抗震类。

（2）系统描述

常规岛废水处理系统设两条平行处理线，每条处理线考虑一定的富裕量，便于一条线运行异常时，另一条线可以短期内满足处理要求。每条线处理能力为 600m³/d，两条线总处理能力为 1200m³/d。同时设计临时加强措施满足双机组首循环时较差水质的运行处理。

常规岛废水处理系统采用预处理+生化处理+深度处理的处理工艺。预处理拟采用臭氧催化高级氧化技术，以降低生化毒性，提升生化处理效果；生化处理采用三级强化 AO 工艺，其中一级二级强化 AO 工艺采用 AOA（缺氧池-好氧池-缺氧池-好氧池）工艺，设活性炭粉末加药装置，以应对首循环及水质水量波动的冲击，三级强化 AO 工艺采用反硝化/硝化生物填料床工艺，以维持高污泥浓度，提高去除效率；深度处理工艺采用反硝化滤

池工艺，进一步去除硝酸盐，以应对首循环及水质水量波动的冲击。

污水处理过程中产生的污泥经脱水后外运处置。

调节池引入蒸汽管线，水温低于设计温度（25°C）时，补充蒸汽提高水温至设计温度。

a) 调节池

正常运行情况下，调节池用来均质水质水量。并通过引入蒸汽来保证调节池内的水温维持在 25°C。

每条线处理线设 2 座调节池，池体有效容积约为 520m³，调节池间不连通，调节池池体采用混凝土内衬玻璃钢材料。

b) 预处理

预处理单元采用臭氧催化氧化的高级氧化工艺，用于降低废水的生物毒性，保证生化系统的正常运行。

预处理单元设两条平行的处理线，每条处理线配置一套规模为 6kg/h 的臭氧发生器、一套配套臭氧投加系统、一个氧化反应塔，一个臭氧脱气塔和一台尾气破坏器。

正常运行时，氧化反应塔的停留时间为 0.7 小时，臭氧脱气塔的停留时间为 0.7 小时。

c) 生化单元

生化单元为常规岛废水处理站的核心处理单元，用于去除废水中绝大部分的氨氮、COD 及总氮等常规污染物，通常情况下，经生化单元处理后的废水满足排放标准的水质要求。生化单元设两条并列的处理线，每条处理线包括三级 AO 生化反应池，其中一级二级连通，即为 AOA 工艺，三级为 AO 工艺。

每条处理线生化池总体约 1350m³，共设搅拌器 6 台，用于缺氧池废液的混合均匀，设曝气风机 2 台，用于保持好氧池溶解氧含量，设硝化液回流泵 18 台，用于硝化液的回流，污泥回流泵 13 台，用于污泥的回流。

d) 高密度沉淀池

每条处理线设 1 座高密度沉淀池，用于去除废水中的悬浮固体，并配置 PAC、PAM、pH 调节等加药设备及污泥泵等。

e) 反硝化滤池

每条处理线设一座反硝化滤池，反硝化滤池有效池容约为 100m³，内设置反硝化填料，设置反洗布水、布气措施；

两条处理线共设反洗风机 1 台，反洗水泵 1 台，用于反硝化滤池反洗；

f) 出水消毒池

每条处理线设一座（一池两格）有效容积 190m³ 的出水消毒池，用于对处理后的污水

进行消毒处理，达标排放。

g) 污泥脱水单元包括：

常规岛废水处理系统设 1 台污泥压滤机，用于对污泥进行脱水。

h) 臭气处理单元

臭气处理单元用于收集调节池、生化池、反硝化滤池、高密度沉淀池等池体，并进行处理，确保排放的废气满足排放标准的要求。常规岛废水处理站设置一套臭气处理单元，处理规模为 15000Nm³/h，采用碱洗喷淋塔及生物除臭工艺，处理后的废气经排气筒排放，排气筒上设臭气监测仪表。

臭气处理单元设碱洗喷淋塔、生物除臭系统、引风机、排气筒及碱液、菌种营养液加药装置。

(3) 系统运行

常规岛废水处理系统在常规岛废水处理站控制室进行操作，并将主要信号传送至 BOP 集中控制室。

正常运行时，来水首先进入调节池，均质水质水量，之后进入高级氧化预处理系统分解去除水中的有毒有害物质，然后进入两级 AO 生化系统去除废水中的大部分 COD、氨氮、总氮，生化系统中补充碳源、碱度、磷源等药剂保证生化系统的高效运行。二级 AO 系统沉淀池出水进入三级 AO 生化系统，进一步去除 COD、氨氮及总氮，以满足排放要求。三级生化系统沉淀池出水超越反硝化滤池（不加碳源）进入高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经出水消毒池消毒后得到达标产水。

首循环时，调节池分格收集，首循环机组来水首先进入调节池，均质水质水量，根据来水 pH 情况添加酸碱药剂，并通入次氯酸钠进行反应去除水中的部分氨氮，之后进入高级氧化预处理系统分解去除水中的有毒有害有机物，然后进入两级 AO 生化系统去除废水中的大部分 COD、氨氮、总氮，生化系统中补充碳源、碱度、磷源等药剂保证生化系统的高效运行，并补充活性炭粉末以增加去除效果。二级 AO 系统沉淀池出水进入三级 AO 生化系统，进一步去除 COD、氨氮及总氮。三级生化系统生化池出水进入反硝化滤池保证硝氮出水达标，后经高密度沉淀池去除水中的 SS，最后经出水消毒池消毒后得到达标产水。

蒸发器保养水需要处理时，调节池分格收集，将保养水单独排往高级氧化预处理系统进行处理，处理后废水返回至本调节池，并慢慢排至其他调节池，与其他废水混合进行处理。

4.6.2.10 放射性废液排放源项

在反应堆正常运行期间放射性废液的排放量取决于：

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

液态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。

单台机组液态流出物的年排放量及排放浓度均满足我国《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的要求。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.3.1 废气处理系统

废气处理系统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排放量、核电站工作人员的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

废气处理系统对来自核岛疏水排气系统收集的含氢放射性废气进行氢氧复合和活性炭滞留衰变处理，以降低废气氢含量和放射性水平，衰变后的废气经在线辐射监测满足排放要求时，则排至核辅助厂房的通风系统。

废气处理系统不直接履行安全功能，但其处理的废气带有放射性且含有氢气，存在辐照危害、爆炸和引起火灾的危险性，故在系统设计上考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行活性炭延迟衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

（1）设计基准

废气处理系统为单机组设置，位于核辅助厂房。系统由氢氧复合子系统和延迟衰变子系统两部分组成。

废气处理系统接收的含氢废气有以下来源：

- 反应堆冷却剂在硼回收系统除气塔中脱除的气体，这部分气体流量为 $1.2\text{Nm}^3/\text{h}$ 。
- 化学和容积控制系统容控箱和核岛疏水排气系统含氢反应堆冷却剂疏水箱等设备因箱内液位变化或需要更换覆盖气体而进行吹扫的气体，最大流量为 $20\text{Nm}^3/\text{h}$ 。
- 停堆期间化学和容积控制系统容控箱排气，每次排气体积约 4.5Nm^3 。

废气处理系统主要设备停运检修期间和产生过多废气量期间能够提供足够的处理能力，所以主要能动设备都考虑冗余，排气风机和废气压缩机的容量为 $2 \times 100\%$ 。

废气处理系统通过设置复合器降低系统内的氢含量，同时安装氢气和氧气分析仪防范系统内潜在的氢氧混合爆炸危险。含氢气体相关设备有严格的密封措施，以防止空气渗入

形成爆炸性的混合气体。

（2）系统描述

含氢放射性废气由氢气、氮气和裂变气体（例如 Xe、Kr）组成，主要来自装有反应堆冷却剂的容器，即化学和容积控制系统的容积控制箱、反应堆冷却剂系统稳压器、硼回收系统前贮槽和核岛疏水排气系统的反应堆冷却剂疏水箱。废气还来自于硼回收系统的除气塔。含氢放射性废气采用氢氧复合和活性炭延迟衰变处理工艺，以降低废气氢含量和放射性水平，使放射性的气态排放降低至可接受限值内。

废气进入本系统后经氢氧复合子系统降低氢气含量，然后调节废气的温度和湿度，再通过延迟衰变子系统进行动态吸附滞留衰变降低废气的放射性浓度。衰变后经连续在线监测满足排放要求后排至核辅助厂房的通风系统，经通风排气稀释后排向烟囱。

氢氧复合子系统处理能力为 $150\text{Nm}^3/\text{h}$ ，延迟衰变子系统处理能力为 $20\text{Nm}^3/\text{h}$ ，设计压力 0.7MPa.g 。Xe 的延迟衰变时间不低于 41.1 天，Kr 的延迟衰变时间不低于 2.2 天。

（3）系统运行

— 正常运行状态

在投入使用前，系统要用氮气吹扫。

氢氧复合子系统共分三部分，复合前氢氧测量、氢氧复合器和复合后氢氧测量。

复合前氢氧测量用于对氢氧复合器入口气体的氢氧浓度进行连续监测。正常情况下进入氢氧复合器的气体中氢浓度低于 $3\text{vol.}\%$ 。根据实际联锁控制注入适量的氧气，保证后续复合的完全进行。若氢气浓度 $>3\text{vol.}\%$ 则发出报警并联锁控制氮气注入系统注入氮气进行稀释。

复合器内装有催化剂，可使氢气和氧气在室温下发生化学复合反应。为提升复合反应的启动速度，在复合器上游设有电加热器，用于对气体预热。复合器入口、内部和外壁分别设有温度测量仪表，测量值相应联锁到电加热器的启停。

复合后的放射性废气送至延迟衰变子系统的缓冲罐，缓冲罐的下列压力信号自动控制下游压缩机的启动和停止：

- 起初没有废气进入，罐内压力为 0.007MPa.g 。
- 当废气进入缓冲罐时，罐内压力开始增高。缓冲罐内压力达到 0.025MPa.g 时，且压缩机进气阀处在开启位置，预选的压缩机启动。
- 当压力降到 0.007MPa.g 时，压缩机停止运行。

压缩机启动时，排放管线隔离阀开启，通过背压调节阀维持延迟衰变子系统压力为 0.7MPa.g 。

系统投运前，由运行人员决定选择投运的压缩机。

手动控制模式下，由操作人员选择合适的处理线。

压缩机排出的废气被压缩气体冷却器冷却，其凝结水收集在气水分离器内。废气经压缩和去湿后经活性炭保护床去除残余水汽和其他杂质，再经过一组四台串联的延迟床，进行放射性核素的动态吸附滞留衰变。衰变后的废气在排到厂房通风系统前经过一台在线辐射监测仪表，当排气放射性高时，在线辐射监测仪表联锁关闭废气排放阀。

— 特殊瞬态运行

特殊瞬态运行与核岛内下列箱体的吹扫有关：

- 化学和容积控制箱；
- 反应堆冷却剂疏水箱、硼回收系统前贮槽。

①化学和容积控制箱的吹扫

当需要更换容控箱内的覆盖气体、清除裂变气体或改变反应堆冷却剂内的含氢量时，通过提高容控箱的液位以减少覆盖气体的体积，从而降低反应堆冷却剂内的含氢量，此时废气分批次排入废气处理系统。

②其它箱体的吹扫

反应堆冷却剂疏水箱、硼回收系统前贮槽的氮气吹扫在送往废气处理系统前，将其排气流量控制在 $20\text{Nm}^3/\text{h}$ 以内（通过调整氮气供气阀和上游系统排放管线上的背压阀的整定值）。

停堆期间上游各系统箱体的氮气吹扫错峰进行。

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（KLA）
- 安全壳换气通风系统（KLR）

— 燃料厂房

- 燃料厂房通风系统（KLL）

— 核辅助厂房

- 核辅助厂房通风系统（KLE）

— 附属厂房

- 附属厂房热更衣室通风系统（KLT）

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：

- 可能出现“碘污染”的区域为每小时 4 次；
- 间断工作区或限定工作区为每小时 2 次；
- 常规工作区为每小时 1 次；
- 没有污染的房间每小时换气次数为 0.5 次。

（2）设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风口。

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环。

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中。

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

在厂外电源丧失时，所有与安全相关的能动部件（包括仪表）均备有安全级的电源。

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

（3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

- 送风预过滤器

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

- 排风预过滤器

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

- 高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘，其效率至少为 95%。

- 高效空气粒子过滤器（HEPA）

高效空气粒子过滤器用来捕集气流中超细小的颗粒灰尘，这些过滤器过滤效率大于 99.9%（荧光素钠法）。

过滤器由标准尺寸的单元构成，其滤芯是一次性的。除非另有说明，过滤器滤芯采用玻璃纤维纸材料。过滤器单元放在碳钢涂漆（或不锈钢）的排架上或放在密封过滤箱体中。

- 碘吸附器

碘吸附器用于吸附气流中的气载放射性碘，其净化系数至少为 100（甲基碘）。

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

（a）安全壳连续通风系统（KLA）

反应堆正常运行时，需要由 KLA 系统保持安全壳内适当的温度状态。

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

（b）安全壳净化换气通风系统（KLR）

每个机组的反应堆厂房中，KLR 系统包括以下功能：

1) 安全壳净化换气子系统（KLR20）

- 正常运行期间，在安全壳内部发生放射性污染时，降低壳内空气中放射性水平，以便工作人员在一定时间范围内有可能进入；

- 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度；

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

- 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐处在轻微负压状态下。

2) 安全壳低流量调压回路子系统（KLR21）

- 正常运行期间，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。

3) 安全壳试验子系统（KLR22）

- 安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa（表压）时，进行安全壳排气；

KLR 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（KLE）排至烟囱后向大气排放。

（c）燃料厂房通风系统（KLL）

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

- 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。

- JNA 泵投运时，低流量排风系统运行。

KLL 系统由主控室远距离控制。

KLL 系统由以下部件组成：

— 送风机组，包括：

预过滤器；

高效过滤器；

冷却器；

加热器。

— 两台 100%容量并联的送风机；

— 排风机组，包括：

预过滤器；

高效空气粒子过滤器。

— 两台 100%容量并联的排风机，出口带止回阀；

— 配平衡阀、电动隔离阀和防火阀的通风管网。

(d) 核辅助厂房通风系统（KLE）

KLE 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

— 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行或工作人员的健康要求；

— 按辐射防护分区，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 降低释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；

— 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气体泄漏，排风通过烟囱排放；

— 保持厂房内的压力略低于大气压力，以减少电厂在各种运行工况下由厂房泄漏的放射性气溶胶；

— 在电厂正常运行/反应堆冷停堆期间，保证安全壳净化换气通风系统（KLR）的排风过滤要求；

— 在电厂正常运行/反应堆冷停堆期间，保证贯穿件区域的排风过滤要求。

房间风量是根据冷热负荷或最小换气次数计算而得。

KLE 系统由正常通风子系统（KLE20）、全厂碘排风子系统（KLE21）和空调冷凝水回收利用子系统（KLE50）组成。

1) 正常通风子系统（KLE20）

正常通风子系统包括新风进口、三台并联 50%容量的空调机组（每台空调机组包括一台预过滤器、一台高效过滤器、一台冷却器和一台风机）、电动隔离阀、风管、排风机（3×50%

容量）、组合式过滤器（3×50%容量，每台包括一台预过滤器和一台高效空气粒子过滤器）等。

2) 全厂碘排风系统（KLE21）

全厂碘排风系统包括两支并联的空气过滤管线（每支主要配有止回阀、电动隔离阀、两台电加热器、一台组合式过滤器（每台包括一台预过滤器和一台高效空气粒子过滤器）、一台碘吸附器）、三台并联 100%容量的碘排风机、配有防火阀和平衡阀的碘排风管网等。

3) 空调冷凝水回收利用子系统（KLE50）

空调冷凝水回收利用子系统包括一个冷凝水水箱、一台冷凝水回收泵、一台 100%容量的空调机组（包括一台预过滤器、一台高效过滤器、两台冷却器和一台风机）、风管、排风机（1×100%容量）、一台组合式过滤器（每台包括一台预过滤器和一台高效空气粒子过滤器）等。

4) 排风烟囱

排风烟囱垂直段固定在核辅助厂房上，烟囱的顶标高为 74.5m。烟囱中设有连续监测放射性气体排放水平的仪表。

5) 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电加热设备，以防止硼酸结晶。

(e) 附属厂房热更衣室通风系统（KLT）

本系统为附属厂房热更衣室区域进行采暖通风与空调，为运行人员及维修人员的进出通道提供适宜的环境条件。

本系统的主要功能如下：

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

— 为房间提供适当的换气次数。

附属厂房热更衣室通风系统采用直流式全新风系统，由一台送风空调机组、一台过滤器箱体、两台排风机、风阀和管网组成。

— 空调机组包括预过滤器、高效过滤器、加热器、冷却器和两台送风机。

— 过滤器箱体包括预过滤器和高效空气粒子过滤器。

附属厂房热更衣室通风系统对热更衣室区域房间排出的空气进行过滤后，通过烟囱排至大气。

4.6.3.3 放射性废气排放源项

气态流出物主要来源于主冷却剂脱气和各厂房的通风排放，具体为：

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

单台机组气态流出物的年排放量满足我国《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的要求。

4.6.4 放射性固体废物管理

放射性固体废物管理主要包括固体废物处理系统、废物最小化以及废物最终处置三部分内容。

4.6.4.1 固体废物处理系统

4.6.4.1.1 系统功能

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

本系统处理下列几种类型的废物：

- 废树脂；
- 废活性炭；
- 浓缩液；
- 废水过滤器芯；
- 杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）。

废树脂由下列系统的除盐器产生：化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、乏燃料水池净化系统和废液处理系统。

废活性炭产生自废液处理系统工艺废液处理的活性炭床。

浓缩液来自废液处理系统的蒸发器。

废水过滤器芯主要来自化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可燃干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布和塑料等）、不可燃干废物（金属部件等），并进行分类收集。

4.6.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备本项目在运行及检修时产生的放射性固

体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

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

4.6.4.1.3 系统描述

（1）固体废物处理系统组成

本工程的固废处理系统由核岛内部的核辅助厂房和 BOP 的核废物厂房、废物处理中心、放射性固体废物暂存库、放射性可燃固体废物暂存库组成。根据不同类型废物的性质分别对其进行处理和暂存。废物处理中心和放射性固体废物暂存库为全厂共用设施，已随福建漳州核电厂 1、2 号机组建设。

（2）固体废物处理工艺描述

固体废物处理系统对各种固体废物根据各自的性质进行处理。

废液处理系统产生的浓缩液收集在核废物厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入核废物厂房桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输车转运至核废物厂房进行处理，核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在核废物厂房的废树脂贮槽中。废树脂在核废物厂房用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，通过 200L 废物桶运输车转运至放射性可燃固体废物暂存库暂存或转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

正常情况下蒸汽发生器排污系统不产生放射性废树脂。当产生蒸汽发生器排污系统废树脂时，若产生的废树脂仅受轻微放射性污染，在核辅助厂房直接装入贮存容器，然后送到放射性可燃固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控。若产生放射性水平异常的蒸汽发生器排污系统废树脂，则收集在核辅助厂房的废树脂贮槽中，然后送到核废物厂房进行烘干处理，烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，通过 200L 废物桶运输车送至放射性固体废物暂存库装入 HIC 进行暂存。

将核辅助厂房和核废物厂房产生的废水过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心将装有废水过滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖和剂量检测后通过 200L 废物桶运输车送至放射性固体废物暂存库暂存。

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

杂项干废物用杂项干废物运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物。潮湿干废物经烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃干废物进行必要的压实打包经暂存后焚烧处理；不可燃干废物按是否可压实进行分类处理，可压实部分经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定，不可压实部分装入 200L 钢桶直接水泥固定，经处理后通过 200L 废物桶运输车送往放射性固体废物暂存库暂存。

（3）固体废物暂存库

放射性固体废物暂存库为全厂共用设施，用于暂存 6 台机组五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯的临时贮存场所。

放射性固体废物暂存库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

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

表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存室和 HIC 废物包贮存室；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存区和 HIC 废物包贮存区。贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。轻微污染废物贮存轻微污染的大尺寸废物和通风废水过滤器芯。

贮存的放射性废物贮存一定年限后，转运到放射性固体废物处置场进行处置。

（4）放射性可燃固体废物暂存库

放射性可燃固体废物暂存库，用于暂存本厂址经过打包需焚烧的可燃干废物，并可兼顾装有干燥废树脂和废活性炭的 200L 钢桶的暂存，同时也可作为蒸汽发生器排污系统废树脂贮存衰变、清洁解控场所。

4.6.4.1.4 系统运行

（1）浓缩液的处理

浓缩液收集于核废物厂房的浓缩液贮槽内，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。

（2）废树脂和废活性炭的处理

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输车转运至核废物厂房进行处理；核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在核废物厂房的废树脂贮槽中，用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，通过 200L 废物桶运输

车转运至放射性可燃固体废物暂存库暂存或转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

(3) 废水过滤器芯的处理

废水过滤器芯在核辅助厂房和核废物厂房通过下降通道装入 200L 钢桶中，然后通过废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心。装有废水过滤器芯的 200L 钢桶在废物处理中心进行水泥固定，然后经封盖和剂量检测后通过 200L 废物桶运输车运送至放射性固体废物暂存库暂存。

(4) 杂项干废物的处理

杂项干废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到废物处理中心进行分拣。杂项干废物按可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，潮湿干废物烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃干废物进行必要的压实打包经暂存后焚烧处理；不可燃干废物按是否可压实进行分类处理，可压实干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶直接水泥固定。

(5) 废物包暂存

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

4.6.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

(1) 浓缩液、废树脂、废活性炭和废水过滤器芯的源项

浓缩液、废树脂和废活性炭源项计算依据的主冷却剂裂变产物源项分为现实工况和设计工况两类；对于活化腐蚀产物，也考虑现实工况和设计工况两类。

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

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

结合现实源项和设计源项的考虑，对硼回收系统、废液处理系统、化学和容积控制系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、蒸汽发生器排污系统产生的放射性废物采用现实源项和设计源项进行了分析和计算，确定了上述系统浓缩液、废树脂、废活

性炭和废水过滤器芯整备前后的活度水平。

（2）杂项干废物

核电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等），核电厂单台机组年产生杂项干废物产量设计值为 140m³，其中 107.8 m³ 为可燃杂项干废物，26.95m³ 为不可燃杂项干废物中的可压部分，5.25m³ 为不可燃杂项干废物中的不可压实废物。可燃杂项干废物进行必要的压实打包经暂存后焚烧处理，不可燃废物进行必要的压实后水泥固定处理。

4.6.4.2 废物最小化

4.6.4.2.1 废物最小化原则

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

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

4.6.4.2.2 设计阶段的废物最小化

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

（1）源头控制

—控制含银垫圈材料的使用范围。

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

—通过加强运行管理，降低废物的产生量。

—尽量对放射性污染的工具、零件、防护用品等物品去污，回收利用。

—对符合清洁解控条件的废物及时进行清洁解控，其中可熔炼复用的金属在解控后可进行暂存等待熔炼复用。

（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一般不产生放射性废树脂，或产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入贮存容器后送到放射性可燃固体废物暂存库进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，进行清洁解控。

—将干废物根据不同的性质进行分类处理。杂项干废物从源头上将杂项干废物按可燃

干废物、不可燃干废物、潮湿干废物进行分类收集，潮湿干废物烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃干废物进行必要的压实打包经暂存后焚烧处理；不可燃干废物按是否可压实进行分类处理，可压实干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶直接水泥固定。

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

—极低水平放射性废物（如受污染的建筑垃圾、受污染的土壤等）如满足清洁解控限值，则清洁解控，不满足则按照《极低水平放射性废物的填埋处置》（GB/T28178-2011）标准进行处置。

(3) 改进处理工艺

— 浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块，减容效果更明显。

— 废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，减容效果更明显。

— 化学和容积控制系统、硼回收系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统和蒸汽发生器排污系统使用尺寸较小的过滤器芯，固体废物处理系统使用 200L 钢桶作为废水过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废水过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

4.6.4.3 废物最终处置

计划定期向放射性废物处置场和第三方处理设施运输废物包，放射性固体废物的运输起点为福建漳州核电厂的暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场和第三方处理设施。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处理或处置前进行论证，放射性废物的处理处置将遵守国家的区域处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）中的有关要求。废物桶的设计和制造满足《低、中水平放射性固体废物容器钢桶》（EJ 1042-2014）的要求。混凝土高完整性容器（HIC）的设计和制造满足《低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器》（GB 36900.2-2018）的要求。水泥固定废物体性能满足《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）和《低水平放射性废物包特性鉴定—水泥固化体》（GB 41930-2022）。废物包性能满足《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）的要求和《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB 9132-2018）。

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、乏燃料水池、乏燃料贮存格架、容器装载井、容器准备井以及乏燃料水池冷却和处理系统等设施、设备。

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

4.6.5.1 系统描述

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

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道是隔离的，只有换料时才打开。

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

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

乏燃料水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面是否渗漏。

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

在乏燃料水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

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

4.6.5.2 设计准则

乏燃料贮存设计按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》（2021 年 12 月 17 日）相关章节的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

(1) 乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行事件期间，或者是在特定设计基准事故期间或以后，乏燃料组件的贮存均应满足规定的次临界状态。在 I 区贮存格架装载最大预期反应性的新燃料组件，而 II 区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，若不置信可溶硼，有效增殖系数 k_{eff} 不大于 0.95；若信任可溶硼，当装载最大预期反应性的燃料组件，假定被纯水淹没的情况下各种工况的最大有效增殖系数 k_{eff} 小于 1.0，在具有最小硼浓度的全密度水中各种工况的最大有效增殖系数 k_{eff} 不大于 0.95；

(2) 乏燃料水池及格架的设计，应能承受燃料组件和工具掉落的冲击；

(3) 防止不属于起升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

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

(5) 贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

(6) 必须提供贮存破损燃料组件的设施；

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

(8) 应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

(9) 乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化的风险，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

(10) 乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；

(11) 乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；

(12) 乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料水池中的冷却水能够自由循环；

(13) 乏燃料贮存区应具有承受内部、外部危险的防护措施；

(14) 乏燃料水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件；

(15) 在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全；

(16) 在乏燃料水池中设有水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料水池监测满足《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》的规定。

4.6.5.3 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统

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

1) 系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

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

该系统可保持乏燃料贮存区域的水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

2) 系统的设计基准

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统的冷却回路具备冗余系列，本系统设置有两条独立的冷却管线。该系统的两台冷却泵，供电来自不同的电气配电盘，并加载非安全级可靠柴油机。泵之间的切换或电源之间的切换采用主控室手动操作。

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统的非能动补水电动隔离阀加载蓄电池，保证在电厂失电工况下，系统仍能维持对乏燃料组件的冷却功能。

乏燃料水池及相连管道阀门的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其完整性。保证乏池内的乏燃料组件不裸露。

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统的设备布置在反应堆厂房、燃料厂房和核辅助厂房内，所以能够防范外部事件。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

为满足本工程的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理。

化学处理的主要方法是在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证水质并实现以下目的：避免设备的腐蚀和结垢、去除水中的氧、调整水的 pH 值、水处理用树脂的再生、达到水处理工艺效果、防止海生物的附着和繁殖、化学清洗等，这些化学物质的最终产物也将随着排水排入到环境中去。

本工程使用化学药剂的主要环节有循环水处理系统、除盐水生产系统、循环水补水预处理系统、凝结水精处理系统、废液处理系统、常规岛废水处理系统等。

4.7.1.1 除盐水生产系统

除盐水生产系统工艺设备布置于除盐水生产厂房，除盐水生产厂房为 6 台机组共用，布置于 1、2 号机组厂区并已完成厂房土建建设。在 1、2 号机组及 3、4 号机组建设期间分别安装 2 个及 1 个系列除盐水生产系统工艺设备，5、6 号机组安装第 4 个系列除盐水生产系统工艺设备。

除盐水生产系统从生产水系统获取原水，原水经过细砂过滤器、反渗透装置、阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。

除盐水生产系统的树脂再生废液中和后会排放少量化学物质。再生废液中含有 NaCl、以及少量的 HCl 和 NaOH，酸碱废液经中和达标后排入漳州核电厂 1、2 号机组的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 NaHSO₃，用于除去进入反渗透系统的水中的余氯；阻垢剂，用于防止反渗透膜浓水侧结垢；氨水，用于调节混合离子交换器产水 pH。

4.7.1.2 循环水处理系统

循环水系统采用海水二次循环冷却方式，厂用水系统采用海水直流冷却方式。

循环水处理系统包括电解海水制氯、次氯酸钠投加、阻垢剂和非氧化性杀生剂投加等工艺环节。通过电解海水制取次氯酸钠溶液，投加至循环水系统和厂用水系统，以抑制海生物等繁殖，防止垢类析出、水质恶化，避免海生物、垢类附着管道、设备等。同时，在循环水系统的冷却水回路中投加阻垢剂、非氧化性杀生剂等药剂，以防止或减少系统管道、设备等发生垢类析出沉积，防止水质恶化。用盐酸定期对电解槽进行酸洗，以除去阴极板上的钙镁沉淀物，提高电解效率，减少电耗。酸洗废水收集至废水中和池，经循环、搅拌，采用氢氧化钠或盐酸调节 pH 值至 6~9 后，排至厂区的海水排水系统。

循环水系统次氯酸钠加药量暂根据火电厂海水二次循环冷却方案的运行经验，加药点拟设置在循环水泵房进水流道和补水池进水管，向循环水泵房进水流道间断投加次氯酸钠，加药浓度为 8 mg/L，每次加药时间为 1 h，每日投加 2 次；向补水池进水管中连续投加次氯酸钠，加药浓度为 1 mg/L。阻垢剂，采用无磷环保型，连续投加至循环水泵房进水流道，加药浓度暂按 8 mg/L 考虑。非氧化性杀生剂，间断投加至循环水泵房进水流道，加药浓度暂按 30 mg/L 考虑，每月投加 1 次，每次加药时间为 1 h。各类药剂的具体加药方式需要通过外委专题研究确定，并在实际运行当中根据运行情况调整。

厂用水系统的次氯酸钠加药点拟设置在取水头部和厂用水及预处理海水提升泵房进水流道。取水头部采用连续和冲击加药方式，连续加药量暂按有效氯含量 1 mg/L 投加；

冲击加药量暂按有效氯含量 3 mg/L 投加，每次投加时间为 1 h，每日投加 2 次。厂用水及预处理海水提升泵房采用连续加药配合冲击加药，加药量与取水头部一致，作为取水头部的备用加药点。

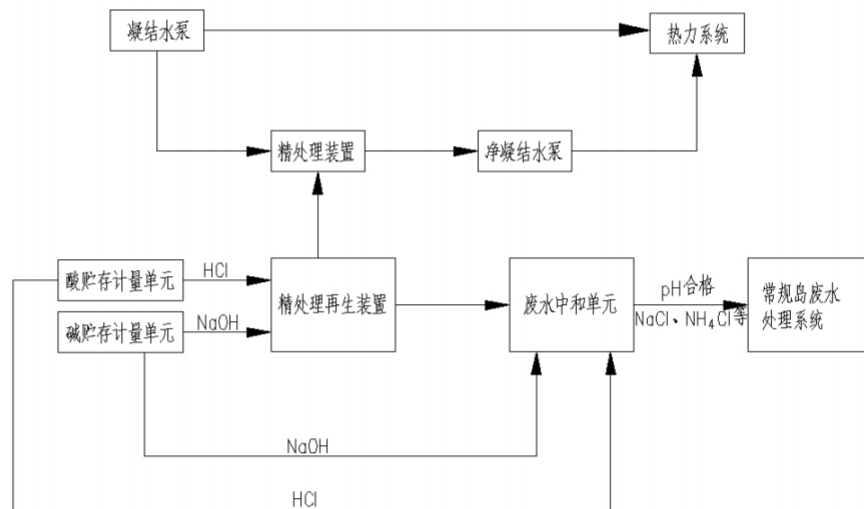
4.7.1.3 循环水补水预处理系统

循环水补水预处理系统使用的化学物质主要为聚合氯化铝、聚丙烯酰胺。根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加。含有悬浮物和氢氧化铝的泥浆水进行浓缩、脱水，固体物质不排入水体，脱水机滤液回收至排至循环水补水预处理厂房的排泥池，再次参与污泥处理，不直接排放。污泥浓缩池上清液回收至循环水补水预处理厂房的排水池。

4.7.1.4 凝结水精处理系统

凝结水精处理系统采用“前置阳床+高速混床”工艺，系统设计流程为：凝结水泵来水→前置阳床→高速混床→净凝结水泵→返回热力系统，离子交换树脂的再生需要使用盐酸和氢氧化钠。

凝结水精处理产生的酸碱废水排至废水中和池，通过加碱或加酸进行中和处理，使 pH 值达到 6~9 后排放。凝结水精处理系统酸碱废水处理简易流程图如下：



4.7.1.5 废液处理系统

废液处理系统在对废液进行处理前进行取样，必要时注入硝酸或氢氧化钠以调节其 pH，以确保处理后的液态流出物达标（pH 值调节至 6~9）后排放。

4.7.1.6 常规岛废水处理系统

常规岛废水处理系统随福建漳州核电厂 3、4 号机组建设，6 台机组共用，用于贮存、处理常规岛产生的常规污染物超标的潜在带放废液。废水处理站采用预处理+生化处理+

深度处理的处理工艺。

常规岛废水处理系统加入的化学物质主要为乙酸钠、碳酸钠、磷酸二氢钠、PAM、PAC、盐酸、氢氧化钠、次氯酸钠。

处理过的废液经监测合格后，通过常规岛液态流出物排放系统向环境排放。

4.7.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程运行期间生活垃圾产生量约为 1.1 吨/天。

生活污水来自本工程主厂区各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备的非放射性生活污水。主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池后，采用管道外运处理。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 140m³/d，大修和启动工况增加至 331m³/d。

4.7.3 其它废物

本工程运行期产生的其它废物主要为非放射性生产废水、固体废物等。

4.7.3.1 非放射性生产废水

本工程非放射性生产废水主要包括非放射性含油废水及非放射性生产废水。

通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准（石油类≤5mg/L）后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，委托有资质的厂家处置。

非放射性生产废水通过非放射性生产废水系统管网收集后排至 3、4 号机组虹吸井前的暂存池监测，监测达标直接排海，监测超标则采用管道外运处理。

4.7.3.2 固体废物

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业废物和危险废物。

一般工业废物主要为循环水补水预处理过程中产生的污泥及膜组件及废弃的离子交换树脂等。循环水补水预处理过程中产生的污泥量与原水水质和药剂添加量有关。循环水补水预处理设置污泥池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

除盐水生产工艺设计采用反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内膜元件的使用情况，反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经除盐水生产工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，且根据《国家危险废物名录》（2025 年版），除盐水生产工

艺用过的废弃膜元件不属于危险化学品，故一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

除盐水生产过程中废弃的离子交换树脂等，树脂使用寿命与进水水质、运行方式等有关。经除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，根据《国家危险废物名录》（2025 年版），除盐水生产工艺用过的离子交换树脂不属于危险化学品，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

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

参考类似核电项目运行机组数据估算，本项目两台机组正常运行期间产生一般工业固体废物约 170t/年。两台机组正常运行期间产生危险废物约 180t/年。

本工程运行期产生的各类危险物集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

4.8 放射性物质运输

运进核电站的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电站的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

4.8.1 新燃料运输

4.8.1.1 燃料供应

本项目选用的燃料组件由中国原子能工业有限公司（CNEIC）供应。新燃料运输容器采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至本项目的燃料厂房。

4.8.1.2 新燃料运输容器

新燃料组件特性：

·物理状态	固体
·主要成份	UO ₂

新燃料运输容器特性：

·货包类型	A（F）
-------	------

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

染。

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

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

4.8.2 乏燃料运输

从反应堆堆芯卸下的乏燃料（现阶段暂按 AFA 3G 考虑，后续根据 CF3 组件进展适时调整）在乏燃料水池暂存后，将乏燃料运至后处理厂处理。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要运输，需要换下来的可以存放在乏燃料水池内，在反应堆退役时运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料水池尚未贮满之前运出，运输量如下：按每 18 个月平均更换 72 组燃料组件计算，2 台机组每年大约要卸出 96 组乏燃料组件。乏燃料运输可采用乏燃料运输容器，容器为不锈钢铅屏结构，承担单位已取得国家核安全局颁发的设计批准书和制造许可证，2022 年已完成 3 台容器产品供货，具备本工程使用的条件。

乏燃料运输的运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。本工程乏燃料运输可采用公铁海联运的运输方式，本工程燃料厂房至核电站自备码头间考虑采用公路运输方式进行短途接驳，再由核电站自备码头公海换装后，由专用运输船实施海运。专用运输船到达中转码头，进行海公换装；通过公路短驳方式运输至铁路专用线完成公铁换装、专用线运输，最终运至规划的乏燃料后处理厂。具体运输容器类型、运输方案及路线，需要在国家相关主管部门批准后，由承运部门确定。

4.8.3 放射性固体废物的运输

本工程运行期间产生的废树脂来自化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统的除盐器；废活性炭产生自废液处理系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自废液处理系统的蒸发器；废水过滤器芯主要来自化学和容积控制系统、硼回收系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统和蒸汽发生器排污系统的水过滤器。

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输车转运至核废物厂房进行处理，核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在核废物厂房的废树脂贮槽中。废树脂在核废物厂房用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，

通过 200L 废物桶运输车转运至放射性可燃固体废物暂存库暂存或转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。废树脂屏蔽运输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，废树脂屏蔽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。废树脂屏蔽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，双层容器配有混合措施、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。

浓缩液采用桶内干燥工艺，在核废物厂房桶内干燥器的 200L 钢桶中进行干燥，干燥后装有浓缩液干燥盐的 200L 钢桶经封盖和剂量检测后，通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库，然后装入混凝土 HIC 后暂存。

废水过滤器芯在核辅助厂房和核废物厂房通过下降通道装入 200L 钢桶中，然后通过废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心。装有废过滤器芯的 200L 钢桶在废物处理中心内进行水泥固定，然后经封盖和剂量检测后通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库。

杂项干废物用杂项干废物运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可燃干废物、不可燃干废物、潮湿干废物。潮湿干废物经烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃杂项干废物进行必要的压实打包经暂存后焚烧处理；不可燃杂项干废物按是否可压进行分类处理，可压实部分经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定，不可压实部分装入 200L 钢桶直接水泥固定，经处理后通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库。

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 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，部分屏蔽容器盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。各放射性废物运输车司机室后设有必要的屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

各放射性废物运输车将在厂内专门路线运输。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。

本工程产生的放射性废物包主要包括装有烘干后的废树脂和废活性炭、干燥后浓缩液盐块的混凝土 HIC，以及装有废水过滤器芯、不可燃杂项干废物的 200L 钢桶水泥固定体。可燃干废物则在进行必要的压实打包暂存后焚烧处理。厂外运输的是 HIC 废物包、200L 钢桶废物包以及装有可燃干废物的废物包。其中，表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废物包，外加屏蔽体后货包满足法规要求后，通过转运车辆运输。

放射性固体废物的运输起点为福建漳州核电厂的暂存库，运输终点为放射性固体废物处置场和第三方处理设施进行处理处置。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。废物包外运前将论证和明确具体运输路线，放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）中的有关要求。废物桶的设计和制造满足《低、中水平放射性固体废物容器钢桶》（EJ 1042-2014）的要求。混凝土高完整性容器（HIC）的设计和制造满足《低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器》（GB 36900.2-2018）的要求。水泥固定废物体性能满足《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）和《低水平放射性废物包特性鉴定—水泥固化体》（GB 41930-2022）。废物包性能满足《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）的要求和《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB 9132-2018）。

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持

5.3.2 施工期的节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

5.3.6 设计地形地貌的改造措施

5.3.7 施工期监测方案

表：

表 5.3-1 环境大气中各污染物的评价标准

表 5.3-2 无组织排放源中各污染物的评价标准

表 5.3-3 建筑施工噪声排放限值

表 5.3-4 声环境质量标准限值

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

施工建设对土地利用的影响主要包括厂区土石方的负挖与回填、建构筑物的建造等陆域施工活动所产生的影响。

5.1.2 施工建设占用土地情况

5、6 号机组工程用地面积为 69.50hm²，其中厂区用地 43.25hm²，厂区外地下管沟用地 0.17hm²，预留用地 2.08hm²，施工场地厂内用地 24.00hm²，均为建设用地。

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.3.1 对地形地貌的影响

本期工程使用的大部分场地已在 1、2 号机组工程建设中进行过场地平整，少量场地平整施工过程中进行必要的工程及植物措施防护，优化施工工序，可以有效防止水土流失，同时结合厂区绿化美化，施工场地使用完毕后的还绿等措施使得对地形地貌的改造影响范围仅限于局部，并且这种影响相对较小。

5.1.3.2 水土流失

本期工程建设造成的水土流失主要发生在施工期，工程建设伴随着机组负挖、材料堆放和土石方中转等，将改变原地貌、占压土地和损坏水土保持设施，导致土地保水保土能力下降。厂区基础开挖后，自身抗侵蚀能力较弱，堆场、生产及辅助生产建筑物等施工会加剧扰动破坏，更容易产生水土流失。本工程施工中产生的松散土方容易在降雨因子作用下，随地表径流进入附近海域，如不进行围护，可能增加临近海域局部水体浊度，增大含沙量，将对临近海域水质产生负面影响。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，改变当地土壤生物的种群及群落结构，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，将根据现场施工情况采取相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也将采取相应的恢复措施，预计本工程建设对当地

局部生态环境的影响是可以接受的。

5.1.3.4 对大气环境的影响

根据中国核电工程有限公司 2020 年 7 月~2023 年 11 月期间开展的 13 次施工期大气环境监测结果。

(1)2020-2023 年 13 次监测无组织排放监测点 SO₂ 最大小时浓度范围在 19~33μg/m³ 之间。均满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中“表 2 新污染源大气污染物排放限值”400μg/m³ 的限值。

(2)2020-2023 年 13 次监测无组织排放监测点 NO_x 最大小时浓度范围在 48~76μg/m³ 之间。均满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中“表 2 新污染源大气污染物排放限值”120μg/m³ 的限值。

(3) 2020-2023 年 13 次监测无组织排放监测点 TSP 最大小时浓度范围在 157~302μg/m³ 之间。均满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中“表 2 新污染源大气污染物排放限值”1000μg/m³ 的限值。

(4)2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 SO₂ 最大小时浓度范围在 15~24μg/m³ 之间；日均浓度范围在 11~14μg/m³ 之间。所有小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值。

(5)2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 NO₂ 最大小时浓度范围在 25~65μg/m³ 之间；最大日均浓度范围在 20~58μg/m³ 之间。所有小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值。

(6)2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 NO_x 最大小时浓度范围在 29~76μg/m³ 之间；最大日均浓度范围在 23~64μg/m³ 之间。所有小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值。

(7)2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 CO 最大小时浓度范围在 0.53~1mg/m³ 之间；最大日均浓度范围在 0.35~0.6mg/m³ 之间。所有小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值。

(8)2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 PM₁₀ 最大日均浓度范围在 44~75μg/m³ 之间，符合《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值。

(9)2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 TSP 最大日均浓度范围在 87~131μg/m³ 之间，符合《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值。

(10) 2020-2023 年 13 次环境空气监测点共测得 $PM_{2.5}$ 最大日均浓度范围在 $25\sim 66\mu g/m^3$ ，部分监测超出《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度 $50\mu g/m^3$ 限值，但可以满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012, 2018 修订)规定的二级标准 $75\mu g/m^3$ 的限值。

根据近四年调查的结果及数据分析可以看出：无组织排放源监测点的 SO_2 、 NO_x 和颗粒物最大浓度均满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”要求。环境空气监测点的 SO_2 、 NO_2 、 NO_x 、CO、TSP 和 PM_{10} 最大浓度符合《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值； $PM_{2.5}$ 部分时段有超过《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中过渡阶段二级浓度限值的情况，可能是由于本厂址 1、2 号与 3、4 号机组处于土建安装叠加期，施工车辆经过监测点位引起部分扬尘，属偶发情况。

由于本工程厂区平整已在 1、2 号机组施工阶段完成，施工量相对较小，后续将增加车辆冲洗及洒水车作业频次，以满足《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中相关标准限值的要求。预计本工程施工期间对大气环境的影响在可接受的范围内。

5.1.3.5 对声环境的影响

本小节依据中国核电工程有限公司2020年7月~2023年11月期间开展的13次施工期噪声监测结果编制。

漳州核电厂场界及厂区内噪声监测结果昼间等效声级范围在 $46.4\sim 69.9dB(A)$ ，均低于《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)标准的昼间限值 $70.0dB(A)$ ；夜间等效声级范围在 $36\sim 53.7dB(A)$ ，均低于《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)标准的夜间限值 $55.0dB(A)$ 。

厂区外敏感区噪声监测点位噪声监测结果昼间等效声级范围在 $43.3\sim 59.7dB(A)$ ，均低于《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准的昼间限值 $60.0dB(A)$ ；夜间等效声级范围在 $30.8\sim 49.8dB(A)$ ，均低于《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准的夜间限值 $50.0dB(A)$ 。

公路噪声监测点位噪声监测结果昼间等效声级范围在 $55.1\sim 68.3dB(A)$ ，低于《声环境质量标准》(GB3096-2008)4a类标准的昼间限值 $70.0dB(A)$ ；夜间等效声级范围在 $38.7\sim 53.9dB(A)$ ，低于《声环境质量标准》(GB3096-2008)4a类标准的夜间限值 $55.0dB(A)$ 。

其中2022年9月根据工作需求在1、2号机组增加了兼顾3、4号机组的点位，重新编制

了《福建漳州核电厂1、2号机组施工期噪声监测分析及评价工作大纲》，并按照新的工作大纲开展后续监测及分析评价工作。

综上所述，近四年1-4号机组施工期间，厂址附近声环境质量符合相关法规标准。由于本工程厂区平整已在1、2号机组施工阶段完成，施工量相对较小，预计本工程施工期间对声环境的影响在可接受的范围内。

5.1.3.6 对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水和施工生产废水。

施工期生活污水通过生活污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池后，采用管道外运处理。

土建阶段生产废水为混凝土养护废水、清洗地面废水不收集，受热蒸发；清洗车辆废水沉淀后循环使用。

安装阶段管道冲洗废水主要污染物为悬浮物等，收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则直接经 CC 井排放，检测不合格则采用管道外运处理。

调试阶段非加药生产废水收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则直接排放；监测不合格则采用管道外运处理。对于加药量低，现场可处置的调试废水排放至凝结水精处理系统中和池先进行中和处理，并检测水质指标，满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准可排海，若超标则采用管道外运处理；对于加药量高，现场无法处置的调试废水采用管道外运处理。

满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准的生产废水允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

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

施工期间产生的危险废物主要包括：废油漆桶；使用酸进行清洗产生的废酸液；废弃机油、润滑油；失效油漆；丁醇、丙酮；废弃柴油、汽油；废显（定）影剂、胶片及废像纸；废腐蚀液、废洗涤液；废弃的铅蓄电池；废电路板；废油漆等。施工期产生的各类危

险废物分类临时存放，委托具有危废处理资质的单位统一外运处理。

因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

距离厂址最近的自然村为人家村，位于厂址 N 方位 1.24km，距离厂址较远，施工不会对其造成影响。

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

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

厂址距离附近的旅游景区和文物古迹较远，施工不会对其造成影响。

核电厂工程建设期间需要大量的工程施工人员，大量的外来施工人员进驻施工现场，可能对附近居民的日常生活造成轻微的影响，但同时也可以增加当地居民的就业机会和商机，而大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

（1）施工期用水量

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

本工程土建用水高峰期，施工期间施工生产用水最大日用水量为 2015m³/d，安装冲洗用水量为 200m³/d，施工人员生活用水最大日用水量为 1125m³/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 3682m³/d。

本工程安装调试用水高峰期，施工期间安装调试用水最大日用水量为 3200m³/d，施工生产用水为 200m³/d，施工人员生活用水最大日用水量为 450m³/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 4245m³/d。

（2）供水水源

本工程施工期间淡水用水由淡水厂提供。淡水厂的出水水质符合《生活饮用水卫生标

准》（GB 5749-2022）的要求。淡水厂的原水取自峰头水库。峰头水库为漳江流域的龙头水库，多年平均径流量 3.63 亿 m³，97%可供水量达 2.13 亿 m³，在满足灌溉用水、生活生产用水及补充东山县用水外，尚有较富余水量，可保证核电厂的淡水用水量。

（3）施工期用水对周围水用户的影响

根据《福建漳州核电厂 5、6 号机组水资源论证报告书》（报批稿），本工程取水符合漳江流域水资源配置规划，对峰头水库下游河段生态环境基本没有影响，对峰头水库下游漳江的水环境及河流纳污能力的影响较小，不影响峰头水库现有取水户的取用水条件。

综上所述，本工程施工期用水是合理的，对水资源利用无影响。

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.2.2.1 海域施工的影响

根据取排水工程方案规划，本工程取水工程拟采用明渠取水的方案，厂用水及预处理海水提升泵房布置在已建取水明渠根部；排水工程拟与 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水海工构筑物。厂用水及预处理海水提升泵房拟采用施工围堰干法施工，施工围堰建设和拆除过程中会产生入海悬浮泥沙。

悬浮泥沙使海水中悬浮颗粒过多，导致海水的混浊度增大，透光度降低，不利于鱼类的天然饵料的繁殖生长；另外，悬浮颗粒会随鱼类的呼吸而进入鳃部，沉积在鳃瓣、鳃丝及鳃小片上，不仅损伤鳃组织，还会隔断鱼类气体交换的进行，使鱼类呼吸困难，甚至窒息而死。但由于成鱼具有相对较强的避害能力，在挖泥、清渣作业施工期间海水混浊时，成鱼一般会主动避开。高浓度悬浮颗粒扩散场对海洋生物仔幼体会造成伤害，主要表现为影响胚胎发育，悬浮物堵塞生物的鳃部造成窒息死亡，大量悬浮物造成水体严重缺氧而导致生物死亡。

施工围堰位于已建取水明渠根部，该处水动力环境较弱，施工悬沙扩散范围较小，不会超出取水明渠范围；排水拟与 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水海工构筑物。综上，本工程海域施工不会对东山湾内的水质环境造成不利影响。

5.2.2.2 减轻施工过程对海域环境影响的措施

（1）减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

- ①避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
- ②将施工期环保要求列入招投标内容。

（2）减轻疏浚过程对海域环境影响的环保措施

①疏浚清淤时，尽量采用抓斗式挖泥船并尽量采用封闭式抓斗挖泥船，以减少悬浮泥沙入海量。

②开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发现，应立即采取措施。

（3）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

①施工船舶含油污水不能随意排放，对于未安装油水分离器的小型船舶，可考虑施工期在岸上增设油水分离和处理设施。

②施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。

③严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

④根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达《船舶水污染物排放控制标准》（GB3552-2018）要求后到港外排放，禁止在港内排放。

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

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持

以下内容为《福建漳州核电厂 5、6 号机组水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决（2025）55 号）所批复的水土保持方案。

5.3.1.1 方案设计水平年

本期工程计划于 2026 年 12 月开工，至 2032 年 8 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 2032 年。

5.3.1.2 水土流失防治责任范围

本期工程水土流失防治责任范围包括厂区、施工生产区、厂外土石方周转场区，面积 81.19hm²，其中永久占地面积 42.67hm²，临时占地面积 38.52hm²，占地全部位于云霄县。

5.3.1.3 水土保持措施

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、施工生产区和厂外土石方周转场区。

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，对厂内临时堆料布设干砌石挡墙及苫盖措施。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，对实保区外围、冷却塔区等可绿化区域进行绿化用土回覆和全面整地，采取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，在混凝土搅拌站及砂石料加工厂四周设置临时浆砌石排水沟，对裸露地表采取苫盖措施；施工结束后，对施工生产区可恢复植被区域进行表土回覆和全面整地，采取栽植灌木和撒播草籽的方式进行植被恢复。

（3）厂外土石方周转场防治区

厂外土石方周转场使用前秉持“先拦后堆”原则，堆放临时土石方前在临时堆土区四周修建浆砌石挡墙，表土剥离，堆放过程中对边坡及平台采取临时苫盖措施，在土石方周转场挡墙外侧设置砖砌截、排水沟；施工过程中，在周转场坡脚截水沟北侧、东侧各设置一处沉沙池，截水沟经沉沙池过滤后排入东侧海域；施工结束后，对厂外土石方周转场进行表土回覆和全面整地，采取撒播草籽的方式进行植被恢复。

5.3.2 施工期的节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

- 采用用水量少、耗水量低的施工工艺，降低用水量；
- 采用新型管材，推广节水器具；
- 提高水的重复利用率；
- 加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

施工期间施工临建区的生活污水最大日产生量为 1013m³/d，施工期临建区的生活污水由施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理外运处理，或设置旱厕或移动式环保

厕所，定期清掏处理。

土建阶段生产废水为混凝土养护废水、清洗地面废水不收集，受热蒸发；清洗车辆废水沉淀后循环使用。安装阶段管道冲洗废水主要污染物为悬浮物等，满足回用条件时优先回用处理，回用条件无法满足时外运处理；后期排水管道具备外排条件时，对于无法回用的部分废水在满足相关排放标准的前提下排海。调试期间冲洗水、加药水排放前首先进行检测，检测合格，则直接排放；如果检测不合格，则采用暂存、中和等方式处理，待合格后再排放。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。本工程施工期产生的危险废物集中分类暂存后，委托有资质单位外运处理。本工程施工期间生活垃圾最大日产生量约为7.5t/d。

5.3.4 施工扬尘的控制措施

- 施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；
- 严格控制行车速度；
- 改善道路路面；
- 尽量减少土方的临时堆置时间；
- 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护；
- 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等；
- 在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘；
- 切割、焊接易产生烟尘相关车间，废气采取烟尘净化器收集处理后排放；
- 喷砂车间配置有密闭喷砂间，粉尘经配套除尘装置处理后排放；
- 喷漆车间废气经净化装置处理后排放；
- 危废库（临建、甲供仓库）废气经净化处理装置处理后排放；
- 搅拌站混凝土生产与砂石生产均为封闭式生产工艺，日常洒水、清扫，料仓及鄂破区安装降尘设施。

5.3.5 施工噪声的控制措施

为尽量减少对附近居民的影响，应总结前期施工降噪经验，用于本期工程施工建设中；应严格遵守土石方爆破《爆破安全规程（GB6722-2014）》的相关规定。施工期间将采取以下措施，确保将施工噪声控制在相关规定的限度内：

— 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；

— 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；

— 控制土石方爆破范围；

— 尽可能使用低噪声的施工设备；

— 合理安排施工进度，加强在施工期间对高噪声设备的管理，避免高噪声设备的同步使用；

— 对于可能造成声环境敏感点影响的工程，在夜间尽量不施工，或夜间施工禁止使用重型机械；

— 复杂环境条件下，噪声控制由安全评估确定。

施工噪声的控制应满足《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025），并按照 GB12523-2025 进行建筑施工场地边界线处的等效声级测量。

5.3.6 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，尽量避免雨季施工。雨季施工时对开挖面采用土工布或塑料布等进行覆盖，防止雨水冲刷影响边坡的稳定性。

·基坑开挖的土石方要集中堆放，并及时回填于需要的地点或指定场地，避免水土流失。

·厂区地下设施较多，施工时要合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹考虑的原则，临近地下设施尽量同槽一次开挖，同时应确保基坑边坡的稳定。

·施工结束后，施工场地及厂区可绿化的区域应充分进行绿化，不能绿化的区域应进行硬化或铺设碎石，避免地面裸露。

·回填时分层回填并及时压实，土石方车辆运输时进行覆盖，回填完成后及时硬化或铺设碎石，避免地面裸露。

5.3.7 施工期监测方案

5.3.7.1 施工期大气环境监测

根据中国核电工程有限公司 2022 年 2 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组施工期大气环境监测及分析评价方案》。

5.3.7.1.1 监测点位

a) 土石方开挖阶段点位布设

厂区外依据厂址所在地气象条件及环境空气保护目标分布等情况，拟设置监测点 4 个。

厂区内监测点：拟设置 4 个监测点：分别为施工场界为春季、秋季和冬季 5、6 号机组施工区域无组织排放源上风向参照点，夏季下风向监控点；施工场界为春季、秋季和冬季 5、6 号机组施工区域无组织排放源下风向监控点，夏季上风向参照点；碎石厂为厂址附近无组织排放源春季、秋季和冬季上风向参照点，夏季下风向监控点；碎石厂为厂址附近无组织排放源春季、秋季和冬季下风向监控点，夏季上风向参照点。

若 3、4 号机组土建施工与 5、6 号机组交叉施工，在 3、4 号机组施工场地同步增设无组织排放源监测点。

b) 土建阶段点位布设

本阶段监测点位布设同土石方开挖阶段点位布设。

c) 安装、调试阶段点位布设

安装、调试阶段时厂区内施工活动对大气环境造成的污染较小，尤其是颗粒物的浓度大幅减少。此阶段可仅考虑年度主导风向，不对各季节主导风向单独考虑。调整施工场界监测点位性质，由无组织排放源监测点变更为环境空气质量监测点。

5.3.7.1.2 监测因子及频率

无组织排放监测点按照《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中的规定，SO₂、NO_x 和颗粒物 (TSP) 监测 1h 浓度值，每天在其正常施工时间内采样 4 次 (08:00 时、11:00 时、14:00 时、17:00 时)，每次连续采样 1h。环境空气质量监测点根据《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 中的规定，TSP 日均值每天采样一次，每次连续采样 24 小时，PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、NO_x 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 20h；SO₂、NO₂、CO、NO_x 小时均值每天采样 4 次 (02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时)，每次连续采样 1h；O₃ 日最大 8 小时平均值每天采集至少 14 个 8 小时滑动平均值，每 8 小时至少有 6 个小时平均值。。

每期监测取得 7 天有效数据。

5.3.7.1.3 监测数据统计分析与评价

由于本项目和漳州核电厂二期工程同处于漳州核电基地内，根据《福建省生态环境厅关于漳州核电厂二期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的函》，暂定本项目大气环境评价标准如下：

一、环境质量标准：

区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中的二级标准。

二、污染物排放标准：

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

若后续当地政府对本项目所在区域的环境空气质量及大气污染物排放做出其他规定，以当地政府的最新规定为准。评价标准如表 5.3-1 和表 5.3-2。

5.3.7.1.4 监测计划

结合施工进度计划，从本项目土地平整阶段施工开始，按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期选择当季施工强度最大、大气污染最为严重的时段进行一次施工期环境空气质量监测，特别是在土地平整、正挖负挖等土石方开挖、爆破施工比较频繁、大型施工车辆使用频率较高的施工阶段，可根据现场施工情况调整监测安排。

5.3.7.2 施工期声环境监测

根据中国核电工程有限公司 2022 年 2 月完成的《福建漳州核电厂 5、6 号机组施工期噪声监测及分析评价方案》。

5.3.7.2.1 监测点位

a) 土石方开挖阶段、土建阶段点位布设

在土石方开挖阶段、土建阶段，现场施工会产生较强的环境噪声，故考虑在 5、6 号机组施工场界附近多布设监测点，以判断施工活动对环境背景值的影响，布点方案如下：

（1）施工场界监测点布设

在 5、6 号机组施工场地东南西北四个场界处分别布设监测点，以监测本项目施工活动的声排放情况。

（2）固定声源监测点布设

厂区内：搅拌站、一期工程场界西、一期工程场界北、大件码头。

厂区外：碎石厂。

交通干线：进厂道路 1、进厂道路 2。

（3）声环境敏感目标监测点布设

共布设厂址半径 5km 范围内声环境敏感目标监测点 4 个。

b) 安装、调试阶段点位布设

在安装、调试阶段，5、6 号机组产生的环境噪声相对土石方开挖阶段、土建阶段弱，故重点考虑整个厂区对外界环境产生的影响，布点方案如下：

（1）厂界监测点布设

在厂界东、南、西、北分别布设监测点。

（2）固定声源监测点布设

厂区内：搅拌站、一期工程场界西、大件码头以及 5、6 号机组场界南。

厂区外：碎石厂。

交通干线：进厂道路 1、进厂道路 2。

（3）声环境敏感目标监测点布设

共布设厂址半径 5km 范围内声环境敏感目标监测点 4 个。

5.3.7.2.2 噪声监测因子及频率

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)要求，所有监测点在昼间和夜间分别进行测量，昼间监测时段为 6:00~22:00，夜间监测时段为 22:00~次日 6:00，每个测点昼夜各两组有效数据。

对于厂界和厂区内监测点：每次监测均连续测量 20min，监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD。

对于厂区外环境噪声监测点，每次监测均连续测量 10min，监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD。

对于交通噪声监测点，每次监测均连续测量 30min，监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD，同时记录车流量。

5.3.7.2.3 监测数据分析及评价

参照《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的规定与《福建省生态环境厅关于漳州核电厂二期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的函》，确定评价标准如下：

居民区环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准；厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准；交通噪声执行《声环境质

量标准》（GB3096-2008）中的 4a 类标准。

具体见表 5.3-3 至表 5.3-4。

5.3.7.2.4 监测计划

结合施工进度计划，从本项目土地平整阶段施工开始，按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期选择当季施工强度最大、大气污染最为严重的时段进行一次施工期环境空气质量监测，特别是在土地平整、正挖负挖等土石方开挖、爆破施工比较频繁、大型施工车辆使用频率较高的施工阶段，可根据现场施工情况调整监测安排。

表 5.3-1 环境大气中各污染物的评价标准

污染物名称	平均时间	过渡阶段浓度限值 (2031 年前)	浓度限值 (2031 年 后)	单位
NO ₂	日平均	80	50	μg/m ³
	小时平均	200	200	
NO _x	日平均	100	70	
	小时平均	250	250	
SO ₂	日平均	150	50	
	小时平均	500	150	
CO	日平均	4	4	mg/m ³
	小时平均	10	10	
PM _{2.5}	日平均	60	50	μg/m ³
PM ₁₀	日平均	120	100	
TSP	日平均	300	300	
O ₃	日最大 8 小时平均	160	160	
	小时平均	200	200	

表 5.3-2 无组织排放源中各污染物的评价标准

污染物名称	周界外浓度最高点标准值	单位
NO _x	0.12	mg/m ³
SO ₂	0.40	
颗粒物	1.0	

表 5.3-3 建筑施工噪声排放标准

昼夜	夜间	单位
70	55	dB (A)

注：表中所列噪声值是指与敏感区域相应的建筑施工场地边界线处的限值。夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB (A)。

表 5.3-4 声环境质量标准限值

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

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

- 6.1.1 散热系统方案
- 6.1.2 散热系统对水体的物理影响
- 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响
- 6.1.4 冷却塔的影响

6.2 正常运行的辐射影响

- 6.2.1 流出物排放源项
- 6.2.2 照射途径
- 6.2.3 计算模式与参数
- 6.2.4 大气弥散和水体弥散
- 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度
- 6.2.6 公众的最大个人剂量
- 6.2.7 非人类生物的辐射剂量
- 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径
- 6.2.9 辐射影响评价

6.3 其他环境影响

- 6.3.1 化学污染物的环境影响
- 6.3.2 其它污染物的环境影响

表：

表 6.2-1（1/2） 气态途径核素剂量转换因子

表 6.2-1（2/2） 气态途径核素剂量转换因子

表 6.2-2（1/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.2-2（2/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.2-3（1/4） 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 6.2-3（2/4） 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 6.2-3（3/4） 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 6.2-3（4/4） 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 6.3-1 福建漳州核电厂与田湾核电站电磁辐射环境情况对比

图：

图 6.2-1 气、液态放射性流出物对公众的照射途径

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

漳州核电厂 5、6 号机组厂用水系统拟采用海水直流冷却方式，循环水系统拟采用二次循环冷却方式，取水工程采用明渠取水的方案，厂用水及预处理海水提升泵房布置在已建取水明渠根部，排水工程拟与 3、4 号机组共用排水隧洞。

（1）取水工程

5、6 号机组取水工程拟采用明渠取水的方案，厂用水及预处理海水提升泵房布置在已建取水明渠根部。取水明渠底标高整体开挖至-6.8m，本项目厂用水及预处理海水提升泵房前端局部开挖至-8.2m。

（2）排水工程

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

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

为了掌握整个东山湾和漳州核电厂取排水口附近海域潮流、泥沙运动特点，本工程开展了泥沙冲淤数值模拟研究工作，研究核电厂取排水工程方案的泥沙运动规律和冲淤情况。根据泥沙冲淤数值模拟计算结果：

（1）本工程运行后，与 4 台机组运行工况比较，6 台机组运行后工程区海域平均流速分布几乎没有变化，仅落潮期间口门处略有增加。经水流条件分析，本工程运行后，对工程区海域流态及水动力影响甚微。

（2）由于本工程取排水流量较小，6 台机组共同运行工况冲淤平衡时，工程区海域最终冲淤变化与 4 台机组运行工况基本一致。取水明渠南北侧滩面及排水明渠西侧滩面均有所淤积，取水明渠北侧滩面淤积 0.2m~1.5m，南侧滩面淤积 0.2m~2.5m，排水明渠西侧滩面淤积 0.2m~0.8m 左右，取水明渠外深槽冲刷 0.2m~2m 左右，北堤头外冲刷 0.5m~2.5m 左右，南堤头冲刷 0.5m~1.0m。排水口南侧有小范围条形淤积，淤积 0.2m~1.0m，其中淤积 0.5m 范围约 2km。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排水对取水口温升及厂址附近海域的影响，委托中国水利水电科学研究院开展了温排水三维数模计算研究。

6.1.2.2.1 数模计算

根据温排水三维数模结果，1~6 号机组共同运行工况下：

a) 温度场形态总体呈现楔形分布。1、2 号机组和 3~6 号机组采用分散排水方案，1、2 号机组采用明渠排水方案，3~6 号机组采用隧洞排水方案。夏季半月潮条件下，1、2 号机组和 3~6 号机组排水口附近 1℃（不含 1℃）以上温升影响区呈现分离状态。

b) 1~6 号机组共同运行工况下，夏季半月潮条件下 3~6 号机组排水口附近 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 0.84km²，1℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 47.45km²；冬季半月潮条件下 3~6 号机组排水口附近 4℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 1.46km²，3~6 号机组排水口附近 2℃温升垂向投影全潮最大包络面积为 9.00km²。

6.1.2.2.2 温排水与海洋生态保护红线相符性

根据 2024 年 4 月福建省人民政府批复的《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（闽政文〔2024〕116 号），生态保护红线管理要求为：①生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动。②自然保护地核心保护区外，严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规前提下，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动（不视为占用生态保护红线）。本工程温排水冬季 2℃、夏季 1℃温升线均未进入生态保护红线区内，符合《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》生态保护红线管理要求。

6.1.2.2.3 温排水与海域生态环境管控单元相符性

根据最新“三线一单”划定成果，本工程夏季 1℃温升区有极小区域进入东山湾特殊用海区（优先保护单元），进入的小范围 1℃温升不会改变海域自然属性，与该区域空间布局约束相符。该区域污染物排放管控要求“严格执行核电厂温排水排放要求，强化管控，加强区域海洋环境跟踪监测”。该区域兼容核电厂温排水排放。经分析可知，本工程符合《漳州市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

6.1.2.2.4 温排水与国土空间规划相符性

根据 2024 年 4 月福建省人民政府批复的《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（闽政文〔2024〕116 号），本工程温排水 4℃温升范围全部位于“特殊用海区”内。冬季 2℃、夏季 1℃大部分位于“特殊用海区”，北侧小部分区域位于“交通运输用海区”。5、6 号机组温排水符合“特殊用海区”与“交通运输用海区”中“取排水”空间用途准入要求。因此，本工程温排水符合《漳州市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。

6.1.2.2.5 温排水与近岸海域环境功能区划相符性

根据 2024 年 10 月《漳州市近岸海域环境功能区划（2023-2035 年）》征求意见稿，本

工程温排水影响范围主要分布在“东山湾漳州核电三类区”（ZZ33-C-III）和“东山湾列屿四类区”（ZZ34-D-III）。上述两个功能区水质保护目标为执行第三类海水水质标准。本工程温排水影响范围符合《漳州市近岸海域环境功能区划（2023-2035 年）》征求意见稿。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

（1）机械卷载效应的影响

漳州核电厂 5、6 号机组每台机组冷却水取水量较小，取水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的海洋生物产生伤害，但不会对整个东山湾的海洋生态环境造成大的影响。

（2）减小机械卷载效应措施

本工程利用已建取水明渠取水。针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。控制取水流速是指通过对取水明渠的宽度、深度的设置，控制过水断面，从而获得合理的取水流速，以保证取水口处的取水流速低于或接近海域的天然流速，维护水生生物的自然环境现状，达到减少对水生生物影响的目的。

已建取水明渠保证取水流速与海域的天然潮流流速一致或低于海域的潮流流速，以减少由于电厂取水引起的变化，成鱼等较大生物不至于由于电厂取水被吸入渠道。另外，在取水明渠内设置的拦网，也可以起到一定拦截水生生物的作用，减少对海域生物的影响。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

在表层水中，温度是影响鱼类分布重要的环境因子。热排放进入受纳水体后，会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布，引起群落结构的变化。不同增温区对鱼类的影响也不同，特别是夏季增温对某些鱼类分布的影响比较明显。而在其他季节，特别是冬季，增温对某些暖水性鱼类可能会表现出有利的影响，一定范围内种群数量随水温升高而提高，并且鱼类种类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。

研究表明，通常情况下热排放对邻近水域鱼类的产卵活动会产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。鱼类一般避开温升 1.0℃ 以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0℃）产卵。

在夏季，排放口附近温升 4℃ 范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，但仅限于排放口附近，排放口以外海域由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、

鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

6.1.4 冷却塔的影响

本工程计划建设 2 台华龙一号 2.0 版，其中每台机组配一座 18000m² 自然通风高位收水海水冷却塔（共 2 座），通过 CTI 软件计算在全年正常工况下冷却塔飘滴和沉降对局地气候带来的影响，结果如下

（1）飘滴与沉降

由飘滴引起地面积水造成的最大年降水增加量未超过 0.1mm。福建漳州核电厂厂址区域年平均降水量约为 1197.4mm，由冷却塔飘滴引起的水汽沉降量远小于该地区的年平均降水量。因此，福建漳州核电厂 5、6 号机组 2 座冷却塔布置在北侧时引起的降水不会对该范围内的农田等产生影响。

（2）盐沉积

由飘滴引起盐沉积最大沉积值约 306kg/(km²·月)。根据 NB/T 20307《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》提供了盐沉积量对植物影响的评价指标：当飘滴中盐沉积量在 1~2kg/(ha·月)，即 100~200kg/(km²·月)的情况下，一般不会对植物造成损坏；在植物生长期的任意一个月盐沉积量达到或超过 10kg/(ha·月)，即 1000kg/(km²·月)的情况下，可能导致很多种类植物叶片损坏；当盐沉积量超过 200kg/(ha·月)，即 20000kg/(km²·月)，认为会对植物造成严重损坏，宜采取防范措施。本工程两座冷却塔布置在北侧时由飘滴引起的盐沉积量未超过 1000kg/(km²·月)，初步判断，由福建漳州核电厂 5、6 号机组两座冷却塔飘滴引起的盐沉积基本不会对周围的植物产生危害。

（3）雾羽

雾羽造成的全年累计阴影时间约为 1090 小时，相应减少的太阳辐射能量约为 1047MJ/m²，约占总太阳辐射损失的 18.37%。

太阳能自然年际波动大致范围在 1%到 10%之间，雾羽带来的太阳能损失超过太阳能自然年际波动（10%太阳能损失）的区域位于冷却塔半径 500m 内，基本处于厂区的内部，因此，预计福建漳州 5、6 号机组冷却塔布置于北侧时形成雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响。

（4）下雾与结冰

福建漳州核电厂 5、6 号机组采用“一机一塔”冷却塔方案。自然通风冷却塔高度达到 200m 左右，具有较高的排放高度。雾羽在排出冷却塔后，由于动量和浮力作用还要向上抬升一段高度。在国外的实测和相关研究中，自然通风冷却塔的雾羽到达地面可能性较

小，不会导致地面结雾现象。

（5）冷却塔噪声的影响预测

噪声评价的范围不应小于厂区边界或非居住区边界，并宜扩展至厂址周围敏感区或敏感目标附近。根据福建省生态环境厅 2022 年发布的 19 号闽环辐射函《福建省生态厅关于漳州二期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的函》规定，福建漳州核电厂厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类声环境功能区标准，噪声限值为昼间 65dB（A），夜间 55dB（A）；居民区环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类声环境功能区标准，噪声限值为昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。因冷却塔 24 小时运行，所以噪声限值应遵循夜间限值。

在未设置任何隔音手段情况下，冷却塔噪声影响超过了《声环境质量标准》要求的限值，在冷却塔附近增加隔音屏后，经 Cadna 软件计算厂界及居民区的噪声可以降至《声环境质量标准》所要求限值，后续将开展噪声防控专题进一步优化降噪措施，考虑结合隔音屏、消声器及冷却塔本源降噪等手段综合治理噪声问题。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

本工程单台华龙一号 2.0 版机组正常运行状态下气、液态流出物中各类核素年排放量（设计排放源项）与 GB6249-2025 的控制值比较如下：

核素类别		单台机组排放量设计值 Bq/a	单台机组排放量控制值 Bq/a	比值
气态流出物	惰性气体	6.43E+13	1.00E+14	64.30%
	碘	6.65E+08	3.00E+09	22.17%
	粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）	9.36E+07	9.00E+09	1.04%
	氚	5.34E+12	1.50E+13	35.60%
	C-14	3.61E+11	7.00E+11	51.57%
液态流出物	氚	4.80E+13	7.50E+13	64.00%
	C-14	2.65E+10	1.50E+11	17.67%
	其余核素	8.05E+09	9.00E+09	89.44%

单台机组各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

本厂址共规划建设 6 台机组。厂址 6 台机组运行状态下，气、液态流出物排放源项与

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的气、液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别		1、2 号机组排放量申请值 (Bq/a)	3、4 号机组排放量设计值 (Bq/a)	本工程排放量设计值 (Bq/a)	厂址排放总量设计值 (Bq/a)	厂址排放总量控制值 (Bq/a)	占比
气态流出物	惰性气体	1.04E+14	1.15E+14	1.29E+14	3.48E+14	6.00E+14	58.00%
	碘	1.37E+09	1.15E+09	1.33E+09	3.85E+09	2.00E+10	19.25%
	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	1.68E+08	1.87E+08	1.87E+08	5.42E+08	5.00E+10	1.08%
	氚	9.68E+12	9.68E+12	1.07E+13	3.01E+13	6.00E+13	50.10%
	C-14	7.30E+11	7.30E+11	7.22E+11	2.18E+12	2.80E+12	77.93%
液态流出物	氚	8.72E+13	8.72E+13	9.60E+13	2.70E+14	3.00E+14	90.13%
	C-14	4.82E+10	5.36E+10	5.30E+10	1.55E+11	6.00E+11	25.80%
	其余核素	1.37E+10	1.43E+10	1.61E+10	4.41E+10	5.00E+10	88.20%

全厂址各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

本工程排放的液态流出物接纳水体为海洋，运行状态下，根据设计排放源项计算得到液态流出物槽式排放口处氚浓度为 $2.98E+06Bq/L$ ，C-14 浓度为 $1.65E+03Bq/L$ ，其余核素浓度为 $455Bq/L$ ，满足 GB6249-2025 规定的排放浓度限值（氚： $3.00E+07Bq/L$ ，C-14： $3.00E+03Bq/L$ ，其余核素： $1000Bq/L$ ）的要求。

本工程运行状态下，根据现实排放源项计算得到的液态流出物中各核素在槽式排放口处的浓度见下表，各核素浓度均满足 GB6249-2025 附录 D 的要求。

核素	槽式排放口浓度 (Bq/L)	推荐值 (Bq/L)	核素	槽式排放口浓度 (Bq/L)	推荐值 (Bq/L)
Fe-55	6.64	190	Ru-106	$1.25E-03$	45
Ni-63	0.07	90	Ag-110m	2.51	70
Sr-90	$5.76E-04$	10	Sb-124	2.74	20
Cr-51	6.33	40	Sb-125	/	60
Mn-54	0.22	15	Cs-134	2.07	20
Co-58	9.68	200	Cs-137	1.93	30
Fe-59	0.19	10	I-131	8.61	10
Co-60	16.63	120	I-133	0.06	10
Zn-65	/	10			

6.2.2 照射途径

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态流出物排放到环境后对公众的照射途径见图 6.2-1，可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态流出物排放到环境后对公众的照射途径见图 6.2-1。液态流出物与温排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。

本工程液态流出物的受纳水体为海洋，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

根据气态途径排放的源项数据和国标、国际标准推荐的计算模式和参数以及厂址参数，计算了气态流出物对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。剂量计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。人口分布数据取厂址 2032 年的预期人口数。

（2）液态途径

根据国际标准和国内相关标准推荐的计算模式和参数评价液态流出物对厂址半径 80km 范围内公众造成的辐射影响。剂量计算中食入有效剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），地表沉积和水中浸没剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993），沉积吸附分配系数 K_d 取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，见表 6.2-2。在剂量评价中，使用厂址半径 5km 范围内居民最大食谱计算厂址半径 5km 范围内公众所受最大个人剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受最大个人剂量，使用排水口附近居民最大食谱计算排水口附近公众所受最大个人剂量。人口分布数据取厂址 2032 年的预期人口数。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

（1）大气弥散

厂址半径 80km 范围内：

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $2.66E-10 \text{ s/m}^3 \sim 8.62E-07 \text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $2.58E-10 \text{ s/m}^3 \sim 8.62E-07 \text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $2.75E-10 \text{ s/m}^3 \sim 8.63E-07 \text{ s/m}^3$ ，最大值均出现在 SW 方位 0-1km 处。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $4.00E-13 \text{ m}^{-2} \sim 1.29E-09 \text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $2.58E-12 \text{ m}^{-2} \sim 8.62E-09 \text{ m}^{-2}$ ，最大值均出现在 SW 方位 0-1km 处。

气溶胶粒子的相对湿沉积因子范围为 $8.34E-12 \text{ m}^{-2} \sim 1.40E-08 \text{ m}^{-2}$ ，碘的相对湿沉积因子范围为 $5.56E-12 \text{ m}^{-2} \sim 9.35E-09 \text{ m}^{-2}$ ，最大值均出现在厂址 NNE 方位 0-1km 处。

（2）水体弥散

本工程液态流出物稀释因子取自中国水利水电科学研究院于 2024 年 10 月完成的《福建漳州核电厂 5~6 号机组液态流出物和余氯数值模拟研究成果报告》。选取夏季半月潮下计算得到的排水口不同距离下的稀释因子作为液态途径剂量计算的输入。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

在厂址半径 80km 范围内空气中年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 SW 方位 0~1km 处，几种代表性核素的年均放射性活度浓度最大值分别为 $2.74E-07 \text{ Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $1.04E-05 \text{ Bq/m}^3$ （I-131）、 $7.12E-02 \text{ Bq/m}^3$ （Kr-85）。

本工程运行状态下，核电厂液态流出物排海口处的几种代表性放射性核素最大浓度为：Co-60, $1.63E-02 \text{ Bq/L}$ ；Sr-90, $2.20E-03 \text{ Bq/L}$ ；Ru-106, $4.49E-06 \text{ Bq/L}$ ；Cs-134, $1.94E-02 \text{ Bq/L}$ ；Cs-137, $2.53E-02 \text{ Bq/L}$ 。各类放射性核素浓度均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

本工程运行状态下，采用设计排放源项计算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（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $4.82E-07 \text{ Sv/a}$ 、 $6.15E-07 \text{ Sv/a}$ 、 $7.30E-07 \text{ Sv/a}$ 、 $6.81E-07 \text{ Sv/a}$ 。

（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（婴儿、儿童、青少年、

成人) 公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.03\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $7.94\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $9.75\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $8.52\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

(3) 气液态综合途径

本工程运行状态下, 气态和液态途径释放的放射性物质对各年龄组(婴儿、儿童、青少年、成人)公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.85\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $1.41\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.70\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.53\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。公众最大个人有效剂量为 $1.70\text{E-}06\text{Sv/a}$, 不超过 0.08mSv/a (占 2.13%)。

厂址 6 台机组运行状态下, 气液态综合途径释放的放射性物质对各年龄组(婴儿、儿童、青少年、成人)公众造成的最大个人有效剂量分别为 $2.08\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.04\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $1.28\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $1.12\text{E-}05\text{Sv/a}$ 。公众最大个人有效剂量为 $1.28\text{E-}05\text{Sv/a}$, 不超过 0.25mSv/a (占 5.12%)。其中气态途径剂量为 $1.49\text{E-}06\text{Sv/a}$, 液态途径剂量为 $1.13\text{E-}05\text{Sv/a}$ 。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算本工程正常运行时, 由于气、液态放射性流出物的排放, 所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平, 同时还计算了漳州核电厂 1~6 号六台机组正常运行时对生物的辐射影响。

6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言, 辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射, 内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言, 辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射, 内照射主要来自于生物体的食入照射。

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类生物”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

6.2.7.4 参数选取

ERICA 推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ 。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

(1) 本工程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, 本工程正常运行时, $0\sim 80\text{km}$ 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下; 从剂量率的估算来看, $0\sim 80\text{km}$ 海域范

围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）漳州核电厂 1-6 号六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，漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，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，漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

（1）本工程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，本工程正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（2）漳州核电厂 1-6 号六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，漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电厂 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下采用现实排放源项计算周围可能的关键人群组、关键核素和关键照射途径。本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 $4.47\text{E}-02$ 人 $\cdot\text{Sv/a}$ 。

根据现实排放源项计算结果，厂址半径 80km 范围内婴儿组、儿童组、青少年组、成人组最大个人有效剂量分别为 $2.76\text{E}-07$ Sv/a、 $8.02\text{E}-07$ Sv/a、 $9.87\text{E}-07$ Sv/a、 $8.92\text{E}-07$ Sv/a，厂址半径 80km 范围内各子区的公众个人有效剂量见表 6.2-3。最大个人有效剂量出现在厂址 SW 方位 2~3km 处，可能的关键居民组为云霄县列屿镇城外村，最大个人有效剂量为 $9.87\text{E}-07$ Sv/a，其中气态途径所致的剂量为 $3.02\text{E}-07$ Sv/a，液态途径所致的剂量为 $6.85\text{E}-07$ Sv/a。

气态的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 86.88%；其次为地面沉积外照射，约占气态途径总剂量的 6.22%；吸入内照射和空气浸没外照射途径分别占气态途径的 5.45%和 1.45%。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 76.37%；其它贡献较大的核素为 H-3 和 Sr-90，分别占气态途径总剂量的 11.89% 和 3.53%。

液态的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，占液态途径总剂量的 99.96%。液态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占液态途径总剂量的 64.53%；其它贡献较大的核素为 Fe-55 和 Co-60，分别占液态途径总剂量的 19.16% 和 7.94%。

气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，所造成的剂量为 $6.85E-07$ Sv/a，约占气液态总剂量的 69.38%；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 26.58%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 $6.73E-07$ Sv/a，约占气液态总剂量的 68.16%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 13.30% 和 6.49%。

厂址 6 台机组运行状态下，气液态综合途径释放的放射性物质对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $8.31E-07$ Sv/a、 $3.79E-06$ Sv/a、 $4.56E-06$ Sv/a、 $4.09E-06$ Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 SW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城外村的青少年组，最大个人有效剂量为 $4.56E-06$ Sv/a，其中气态途径剂量为 $6.25E-07$ Sv/a，液态途径剂量为 $3.94E-06$ Sv/a。厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 0.154 人·Sv/a。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，所造成的剂量为 $3.94E-06$ Sv/a，约占气液态总剂量的 86.27%；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 12.18%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 $2.99E-06$ Sv/a，约占气液态总剂量的 65.51%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 15.37% 和 7.75%。

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

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

循环水系统采用海水二次循环冷却方式，厂用水系统采用海水直流冷却方式。循环水处理系统采用电解海水制氯的方法获得杀生剂——次氯酸钠溶液，并将其投加至循环水系统和厂用水系统，以抑制海生物繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。同时在循环水系统的冷却水回路中投加阻垢剂、非氧化性杀生剂等药剂，以防止或减少系统管道、设备等发生垢类析出沉积，防止水质恶化。在循环水系统投加的阻垢剂、非氧化性杀生剂均采用无磷环保型产品，且加药浓度较低，排海区域水量丰富，扩散稀释能力较好，阻垢剂、非氧化性杀生剂不会对受纳水体产生明显影响。

根据余氯扩散数值模拟计算结果，6 台机组共同运行工况下，余氯浓度场主要分布在排水口附近，不会对海洋环境产生明显影响。

6.3.1.3 循环水补水预处理系统

循环水补水预处理系统使用的化学物质主要为聚合氯化铝、聚丙烯酰胺，根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加。含有悬浮物和氢氧化铝的沉淀泥浆水进行浓缩、脱水，固体物质不排入水体，脱水机滤液回收至排泥池，不直接排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。在线监测污泥浓缩上清液回收至排水池进一步回用至循环水补水预处理前端，无法回用时监测悬浮物含量，达标后排放。污泥脱水后泥饼委托有资质的单位外运处理，不向水体排放固体物质。

6.3.1.4 凝结水精处理系统

本工程凝结水精处理系统用于净化二回路凝结水系统中离子态、悬浮物等杂质，包括去除凝结水中添加的氨和 ETA 等。凝结水精处理设备失效后，再生过程中投加 HCl 和 NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用将 pH 调至 6~9，然后排至常规岛液态流出物排放系统。再生废水中的主要物质是 NH_4Cl 、 $\text{C}_2\text{H}_8\text{NOCl}$ 和 NaCl ，最终满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中一级标准。

6.3.1.5 废液处理系统

废液处理系统在对废液进行处理前进行取样，必要时注入硝酸或氢氧化钠以调节其 pH 值，以确保处理后的液态流出物达标（pH 值调节至 6~9）后排放。上述化学物质主要以 NaNO_3 的形式排放，符合《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)的相关标准，不会对环

境造成影响。

6.3.1.6 常规岛废水处理系统

常规岛废水处理系统用于贮存、处理华龙机组常规岛产生的常规污染物超标的潜在带放废液。废水处理站采用预处理+生化处理+深度处理的处理工艺。

由于常规岛过程中所用的化学药品均是根据原水水量、超标污染物含量等条件按比例投加的，在工艺处理过程中消耗殆尽，产生的含有悬浮物和氢氧化铝的沉淀泥浆水进入污泥浓缩池进行浓缩，浓缩后的固体物质进入污泥脱水机脱水，脱水后滤液回收至污泥浓缩池，污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。废水中含盐量等指标与常规岛凝结水精处理再生废水基本相同，去除氨氮及有机物质后主要物质为 NaCl，经处理至满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中排放限值标准后，送往常规岛液态流出物排放系统进行槽式排放，不会对环境造成影响。

6.3.2 其它污染物的环境影响

6.3.2.1 污废水的环境影响

本工程来自主厂区各子项的生活污水通过相应的污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池后，采用管道外运处理。

本工程非放射性生产废水主要包括非放射性含油废水及非放射性生产废水。非放射性含油废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项所产生的非放射性含油废水。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准（石油类 $\leq 5\text{mg/L}$ ）后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走，委托有资质的厂家处置。

非放射性生产废水通过非放射性生产废水系统管网收集后排至 3、4 号机组虹吸井前的暂存池监测，监测达标直接排海，监测超标则采用管道外运处理。

因此，非放射性生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

本工程与漳州核电厂 1-4 号均为华龙机组，预计对厂界的噪声贡献为同一水平，且漳州 1-4 号机组正常运行距标准限值还有余量。类比分析，本工程正常运行对厂界的噪声贡献值预计可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准限值，即昼间 65dB(A)和夜间 55dB(A)。

6.3.2.3 电磁辐射影响

福建漳州核电厂已建的500kV开关站，根据HJ 24-2020标准要求，采用类比法和已运行的田湾1-4号机组共用的500kV开关站、5-8号机组共用的500kV开关站以及500kV开关站出线至厂内门型架（第一跨）处输电线路的电磁辐射强度的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

本工程现有电磁辐射源与田湾核电站现有电磁辐射源比较内容见表6.3-1。

田湾核电站厂址区域5km范围内电磁环境的主要评价结论如下：

田湾核电站厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在0.03V/m~6.83V/m之间，工频磁场强度监测值在0.0029 μ T~0.1280 μ T之间。根据以往工程经验，机组正常运行时，开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外0-5m处，最大磁场强度一般在中相导线的正下方附近，然后随距离增加而降低。距离田湾核电站500kV开关站及500kV出线第一跨最近的居民区处的工频电场监测值为0.75V/m，工频磁场监测值为0.0059 μ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

福建漳州核电厂厂址周围的居民点距离厂址及500kV开关站出线第一跨最近的自然村处的工频电场强度监测值为2.46V/m，工频磁场监测值为0.0070 μ T。由于受居民自用线路的影响，此处工频电场强度和工频磁场强度监测值均略高于距离田湾核电站厂址最近的居民点的监测值。工频电场强度及工频磁场强度监测值分别小于标准限值4kV/m和0.1mT（100 μ T），符合标准要求。

由表 6.3-1 及以上分析可见，福建漳州核电厂厂址区域附近电磁辐射污染源要少于田湾核电站厂址区域。可以预见，福建漳州核电厂 5、6 号机组建成投运后，厂区已建 500kV 开关站及 500kV 出线至第一跨处输电线路对周围环境的电磁辐射影响也能够满足国家相关标准的要求。

6.3.2.4 固体废物的影响

本工程在正常运行过程产生的一般工业固废主要有水处理过程中产生的污泥及膜组件及废弃的离子交换树脂等，危险固废主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，核应急准备过期失效药品，废弃铅蓄电池，废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。本工程运行期产生的各类危险物集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。因此在落实固废收集和处置工作后，运行期间产生的固体废物不会对附近区域的环境质量造成明显影响，是可以接受的。

表 6.2-1 (1/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m ³ /Bq.s	地表沉积 Sv.m ² /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	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
H-3	3.31E-19	0.00E+00	4.20E-11	5.70E-11	7.30E-11	1.20E-10	2.70E-11	3.45E-11	4.65E-11	9.60E-11
C-14	2.65E-18	1.68E-20	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	6.20E-12	8.90E-12	1.10E-11	1.90E-11
Kr-85m	6.83E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.55E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	3.94E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	9.72E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.27E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.39E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.11E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	5.44E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	1.85E-14	3.82E-16	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	7.40E-09	1.90E-08	3.70E-08	7.20E-08
I-132	1.14E-13	2.29E-15	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	9.40E-11	2.20E-10	4.50E-10	1.10E-09
I-133	3.00E-14	6.43E-16	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	1.50E-09	3.80E-09	8.30E-09	1.90E-08
I-134	1.32E-13	2.63E-15	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	4.50E-11	1.10E-10	1.80E-10	4.80E-10
I-135	8.09E-14	1.52E-15	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	3.20E-10	7.90E-10	1.70E-09	4.10E-09
Cr-51	1.53E-15	3.12E-17	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	3.70E-11	6.60E-11	1.00E-10	2.60E-10
Mn-54	4.14E-14	8.22E-16	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	1.50E-09	2.40E-09	3.80E-09	7.50E-09
Co-57	5.68E-15	1.16E-16	2.10E-10	5.80E-10	8.90E-10	2.90E-09	1.00E-09	1.50E-09	2.30E-09	4.40E-09
Co-58	4.82E-14	9.61E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.10E-09	3.10E-09	4.50E-09	9.00E-09
Co-60	1.27E-13	2.38E-15	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	3.10E-08	4.00E-08	5.90E-08	9.20E-08
Fe-59	6.04E-14	1.13E-15	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	3.70E-09	5.50E-09	7.90E-09	1.80E-08
Sr-89	4.46E-16	1.68E-18	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08

表 6.2-1 (2/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m ³ /Bq.s	地表沉积 Sv.m ² /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	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
Sr-90	1.33E+00	2.24E-04	2.80E-08	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	1.60E-07	1.80E-07	2.70E-07	4.20E-07
Zr-95	3.65E-14	7.32E-16	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	4.80E-09	6.80E-09	9.70E-09	2.00E-08
Nb-95	3.78E-14	7.57E-16	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	1.50E-09	2.20E-09	3.10E-09	6.80E-09
Ru-103	2.28E-14	4.69E-16	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	2.40E-09	3.50E-09	5.00E-09	1.10E-08
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	2.80E-08	4.10E-08	6.40E-08	1.40E-07
Sb-125	2.05E-14	4.31E-16	1.10E-09	2.10E-09	3.40E-09	1.10E-08	4.80E-09	6.80E-09	1.00E-08	2.00E-08
Cs-134	7.66E-14	1.54E-15	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	2.00E-08	2.80E-08	4.10E-08	7.00E-08
Cs-136	1.07E-13	2.12E-15	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	2.80E-09	4.10E-09	5.70E-09	1.50E-08
Cs-137	2.92E-14	6.03E-16	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.90E-08	4.80E-08	7.00E-08	1.10E-07
Ba-140	8.83E-15	2.00E-16	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.10E-09	7.60E-09	1.10E-08	2.70E-08
Ce-141	3.53E-15	7.51E-17	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	3.20E-09	4.60E-09	4.60E-09	5.00E-04

表 6.2-2（1/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m ² /Bq.s	Sv.m ³ /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m ³ /kg
H-3	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-11	2.30E-11	3.10E-11	6.40E-11	1.00E-04
C-14	1.68E-20	2.99E-21	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	2.00E-01
Cr-51	3.12E-17	3.34E-18	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	5.00E+00
Mn-54	8.22E-16	8.98E-17	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	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	0.0-0E+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

表 6.2-2 (2/2) 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m ² /Bq.s	Sv.m ³ /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m ³ /kg
I-131	3.82E-16	4.04E-17	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	2.00E-03
I-132	2.29E-15	2.46E-16	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	2.00E-03
I-133	6.43E-16	6.49E-17	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	2.00E-03
I-134	2.63E-15	2.86E-16	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	2.00E-03
I-135	1.52E-15	1.75E-16	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	2.00E-03
Cs-134	1.54E-15	1.66E-16	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	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

表 6.2-3 (1/4) 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	1.88E-07	1.32E-07			1.66E-08		7.93E-10	5.88E-10	4.78E-10	4.09E-10	3.59E-10	3.27E-10
NNE	2.76E-07	1.93E-07	1.52E-07	9.96E-08		7.95E-09	2.34E-09	1.69E-09	1.33E-09	1.10E-09	9.44E-10	8.33E-10
NE						6.34E-09	1.35E-09	9.74E-10	7.70E-10	6.43E-10	5.52E-10	4.93E-10
ENE						8.30E-09	2.50E-09	1.78E-09	1.39E-09			
E												
ESE												
SE												
SSE						7.28E-09						
S						5.22E-09						
SSW				1.05E-07		7.02E-09	1.66E-09	1.15E-09				
SW			1.80E-07	1.51E-07	2.71E-08	9.65E-09	3.23E-09	2.27E-09	1.75E-09	1.43E-09	1.20E-09	
WSW			1.37E-07	1.06E-07	1.94E-08	6.24E-09	1.27E-09	9.00E-10	7.06E-10	5.85E-10	4.99E-10	4.43E-10
W					1.71E-08	5.55E-09	9.03E-10	6.62E-10	5.32E-10	4.50E-10	3.93E-10	3.54E-10
WNW	2.05E-07			7.83E-08	1.72E-08	5.75E-09	1.04E-09	7.66E-10	6.18E-10	5.24E-10	4.57E-10	4.12E-10
NW	2.03E-07	1.35E-07				5.73E-09	1.04E-09	7.67E-10	6.19E-10	5.25E-10	4.60E-10	4.14E-10
NNW	2.02E-07	1.35E-07			1.67E-08	5.47E-09	8.75E-10	6.51E-10	5.28E-10	4.51E-10	3.97E-10	3.59E-10

表 6.2-3 (2/4) 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	6.95E-07	6.30E-07			6.11E-08		1.83E-09	1.40E-09	1.17E-09	1.03E-09	9.23E-10	8.62E-10
NNE	7.55E-07	6.74E-07	6.33E-07	4.26E-07		2.19E-08	3.59E-09	2.63E-09	2.12E-09	1.80E-09	1.57E-09	1.42E-09
NE	7.32E-07	6.80E-07				2.09E-08	2.92E-09	2.13E-09	1.71E-09	1.45E-09	1.26E-09	1.15E-09
ENE						2.36E-08	4.44E-09	3.16E-09	2.49E-09			
E												
ESE												
SE												
SSE						2.14E-08						
S						1.97E-08						
SSW				4.57E-07	7.41E-08	2.41E-08	4.45E-09	3.06E-09				
SW			8.02E-07	5.22E-07	8.72E-08	2.86E-08	7.12E-09	4.96E-09	3.82E-09	3.11E-09	2.60E-09	
WSW			7.07E-07	4.65E-07	7.17E-08	2.24E-08	3.71E-09	2.65E-09	2.09E-09	1.75E-09	1.50E-09	1.34E-09
W					6.29E-08	1.97E-08	2.26E-09	1.69E-09	1.39E-09	1.19E-09	1.06E-09	9.71E-10
WNW	7.03E-07			4.08E-07	6.10E-08	1.92E-08	2.03E-09	1.55E-09	1.29E-09	1.13E-09	1.01E-09	9.36E-10
NW	6.96E-07	6.24E-07				1.91E-08	1.95E-09	1.50E-09	1.26E-09	1.10E-09	9.93E-10	9.22E-10
NNW	7.05E-07	6.31E-07			6.05E-08	1.89E-08	1.83E-09	1.41E-09	1.18E-09	1.04E-09	9.43E-10	8.78E-10

表 6.2-3 (3/4) 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	8.39E-07	7.58E-07			1.36E-07		2.85E-09	2.30E-09	2.01E-09	1.83E-09	1.70E-09	1.62E-09
NNE	9.14E-07	8.11E-07	7.60E-07	5.11E-07		4.50E-08	4.87E-09	3.72E-09	3.10E-09	2.72E-09	2.44E-09	2.26E-09
NE	8.86E-07	8.20E-07				4.40E-08	4.21E-09	3.21E-09	2.69E-09	2.36E-09	2.12E-09	1.98E-09
ENE						4.72E-08	6.01E-09	4.43E-09	3.60E-09			
E												
ESE												
SE												
SSE						4.44E-08						
S						4.26E-08						
SSW				5.52E-07	1.53E-07	4.82E-08	6.25E-09	4.46E-09				
SW			9.87E-07	6.34E-07	1.69E-07	5.38E-08	9.55E-09	6.81E-09	5.36E-09	4.46E-09	3.81E-09	
WSW			8.62E-07	5.62E-07	1.50E-07	4.61E-08	5.33E-09	3.96E-09	3.24E-09	2.79E-09	2.46E-09	2.26E-09
W					1.38E-07	4.25E-08	3.41E-09	2.68E-09	2.30E-09	2.05E-09	1.88E-09	1.77E-09
WNW	8.49E-07			4.89E-07	1.35E-07	4.18E-08	3.05E-09	2.46E-09	2.14E-09	1.94E-09	1.80E-09	1.70E-09
NW	8.40E-07	7.50E-07				4.16E-08	2.94E-09	2.39E-09	2.09E-09	1.91E-09	1.77E-09	1.68E-09
NNW	8.52E-07	7.58E-07			1.35E-07	4.14E-08	2.82E-09	2.30E-09	2.02E-09	1.84E-09	1.72E-09	1.64E-09

表 6.2-3 (4/4) 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	7.54E-07	6.81E-07			8.53E-08		2.56E-09	1.95E-09	1.62E-09	1.42E-09	1.28E-09	1.19E-09
NNE	8.19E-07	7.28E-07	6.83E-07	4.59E-07		2.99E-08	4.58E-09	3.36E-09	2.71E-09	2.30E-09	2.00E-09	1.82E-09
NE	7.96E-07	7.36E-07				2.92E-08	4.08E-09	2.96E-09	2.37E-09	2.01E-09	1.74E-09	1.58E-09
ENE						3.26E-08	5.95E-09	4.22E-09	3.31E-09			
E												
ESE												
SE												
SSE						2.94E-08						
S						2.78E-08						
SSW				4.98E-07	1.05E-07	3.43E-08	6.53E-09	4.46E-09				
SW			8.92E-07	5.72E-07	1.24E-07	4.03E-08	1.01E-08	7.02E-09	5.38E-09	4.37E-09	3.63E-09	
WSW			7.78E-07	5.07E-07	1.02E-07	3.19E-08	5.52E-09	3.92E-09	3.08E-09	2.56E-09	2.18E-09	1.95E-09
W					8.82E-08	2.76E-08	3.23E-09	2.40E-09	1.96E-09	1.69E-09	1.49E-09	1.36E-09
WNW	7.63E-07			4.40E-07	8.47E-08	2.66E-08	2.74E-09	2.08E-09	1.74E-09	1.52E-09	1.36E-09	1.26E-09
NW	7.55E-07	6.74E-07				2.64E-08	2.60E-09	2.00E-09	1.68E-09	1.48E-09	1.33E-09	1.24E-09
NNW	7.65E-07	6.82E-07			8.42E-08	2.62E-08	2.50E-09	1.92E-09	1.62E-09	1.42E-09	1.29E-09	1.20E-09

表 6.3-1 福建漳州核电厂与田湾核电站电磁辐射环境情况对比

	福建漳州核电厂	田湾核电站
建设规模	漳州核电1、2号机组2*1200 MW 漳州核电3、4号机组2*1200 MW 漳州核电5、6号机组2*1200 MW	田湾1、2号机组2*1060 MW 田湾3、4号机组扩建工程2*1060 MW 田湾5、6号机组2*1000 MW 田湾7、8号机组2*1200MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内电磁辐射源	1个35kV施工进线开关站、1个500kV开关站、1个220kV开关站、1台施工35kV主变压器 已建1、2号机组主变压器、拟建3-6号机组主变压器	运行中的1~6号机组；建设安装的7、8号机组；已建500kV开关站2个，已建220kV辅助开关站1个；6台主变压器
厂外电磁辐射源	1座110kV变电站、35kV施工进线输电线、1条500kV出线输电线路、1条220kV输电线路	8条500kV输电线，2条220kV输电线，2条110kV输电线，1个110kV变电站

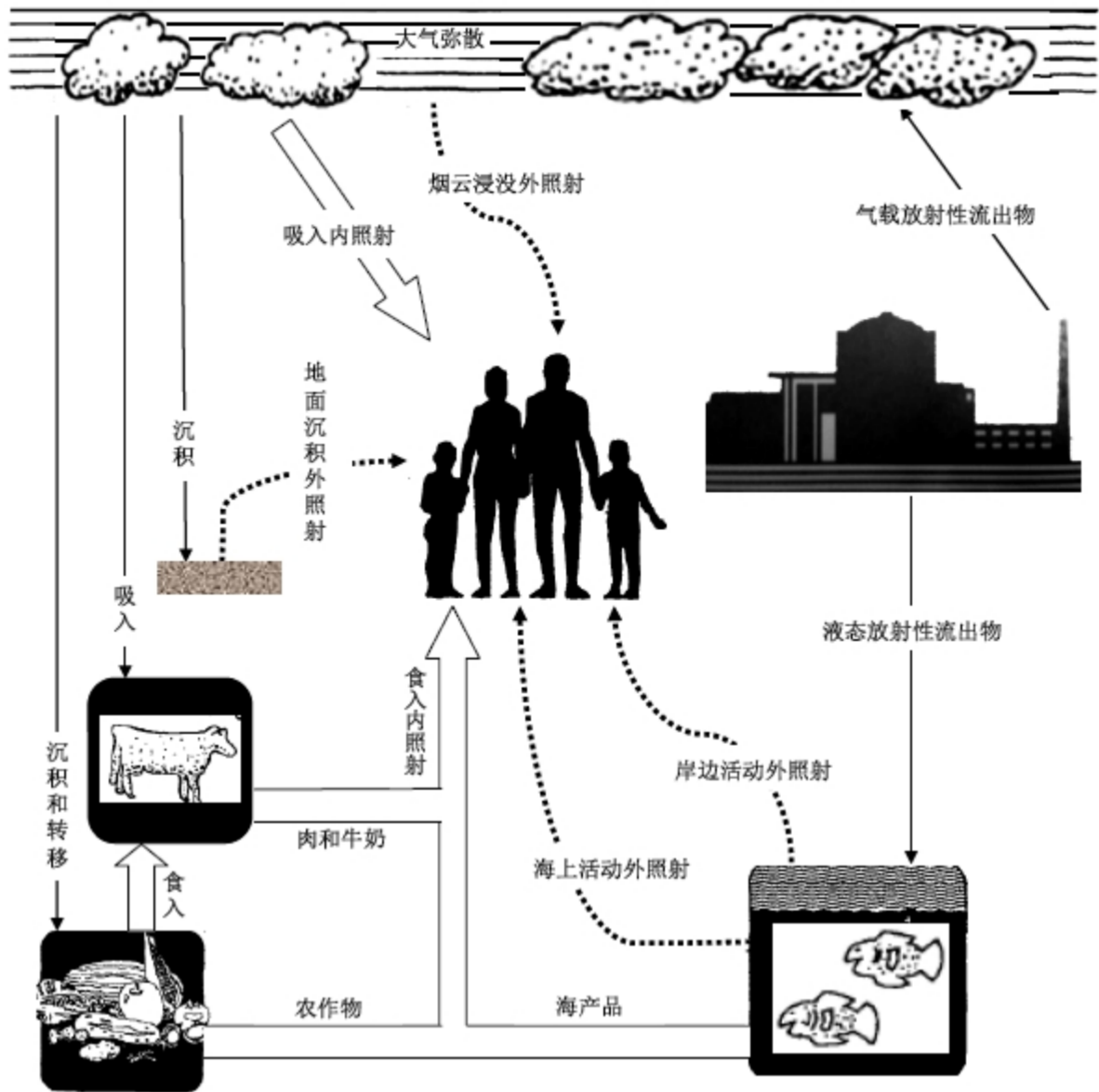


图 6.2-1 气、液态放射性流出物对公众的照射途径

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

7.4.1 厂址周围的人口分布

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

7.4.3 厂址周围交通条件

7.4.4 小结

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）相关要求，在厂址选择阶段，应对选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。在此对本工程选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）附录 A，采用大破口失水事故作为本工程选址假想事故。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

事故工况下，短期大气弥散因子采用《核电厂潜在事故后果评价的大气弥散模式》（RG1.145）推荐的模式进行计算。依据厂址三维联合频率以及厂址实测扩散参数，计算各方位 99.5% 概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95% 概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

7.1.2.2.1 事故剂量估算模式

在事故释放期间，考虑公众受到烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射三种途径的影响。

外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（以下简称为 GB18871-2002）和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自 GB18871-2002，甲状腺吸入内照射剂量转换因子取自 *Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients*（以下简称为 ICRP71 号报告）；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺吸入内照射剂量转换因子，则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。采用厂址 2032 年的预期人口数据计算集体剂量。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025），在评价选址假想事故后果时，应考虑保守大气弥散条件和烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射途径。非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过上述途径所接受的有效剂量不得大于

250mSv；规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述照射途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv。在事故的整个持续期间内，环境影响评价范围内公众群体集体有效剂量应小于 2×10^4 人 · Sv。

7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，非居住区边界处的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的有效剂量为 147mSv，为 GB 6249-2025 中剂量控制值的 58.8%；规划限制区外边界（距反应堆中心 5km）处的任何个人，在事故的整个持续期内接受的有效剂量为 5.83E-02Sv，为 GB 6249-2025 中剂量控制值的 23.32%；厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 5.90E+03 人 · Sv，为 GB 6249-2025 中的剂量控制值的 29.50%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的相关规定，在采用保守计算假设的条件下，本工程选址假想事故条件下非居住区边界上和规划限制区外边界上公众受到的有效剂量以及厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量均满足国标规定的剂量控制值要求。因此从事事故剂量后果的角度来看，厂址是适宜的。

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

本项目新燃料组件的运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

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

7.2.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确

操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国大亚湾核电进行了多次乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

本工程运行期间产生的废树脂来自化学和容积控制系统、硼回收系统、蒸汽发生器排污系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统的除盐器；废活性炭产生自废液处理系统工艺废液处理的活性炭床；浓缩液来自废液处理系统的蒸发器；废过滤器芯主要来自化学和容积控制系统、硼回收系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统、废液处理系统和蒸汽发生器排污系统的水过滤器。

核辅助厂房产生的废树脂收集在废树脂贮槽中，然后通过废树脂屏蔽运输车转运至核废物厂房进行处理，核废物厂房产生的废树脂和废活性炭收集在核废物厂房的废树脂贮槽中。废树脂在核废物厂房用锥形干燥器烘干后，装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后，通过 200L 废物桶运输车转运至放射性可燃固体废物暂存库暂存或转运至放射性固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。废树脂屏蔽运输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，废树脂屏蔽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。废树脂屏蔽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，双层容器配有混合措施、液位仪表和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。

浓缩液采用桶内干燥工艺，在核废物厂房桶内干燥器的 200L 钢桶中进行干燥，干燥后装有浓缩液干燥盐的 200L 钢桶经封盖和剂量检测后，通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库，然后装入混凝土 HIC 后暂存。

废水过滤器芯在核辅助厂房和核废物厂房通过下降通道装入 200L 钢桶中，然后通过废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心。装有废过滤器芯的 200L 钢桶在废物处理中心内进行水泥固定，然后经封盖和剂量检测后通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库。

杂项干废物用杂项干废物运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可燃干废物、

不可燃干废物、潮湿干废物。潮湿干废物经烘干后再归类于可燃干废物、不可燃干废物。可燃杂项干废物进行必要的压实打包经暂存后焚烧处理；不可燃杂项干废物按是否可压进行分类处理，可压实部分经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定，不可压实部分装入 200L 钢桶直接水泥固定，经处理后通过 200L 废物桶运输车转运至放射性固体废物暂存库。

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 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，部分屏蔽容器盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。各放射性废物运输车司机室后设有必要的屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

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

7.3 其它事故

在本电厂中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它一些影响环境的后果（例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

7.4 事故应急

我国《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-1993，2011 年 1 月 8 日修订）要求，在核电厂选址阶段应考虑在核事故时执行应急预案的可能性。如果推荐的核设施厂址在制定和执行应急预案方面出现难以克服的特殊困难，则可以成为不选择该厂址的充分理由。

7.4.1 厂址周围的人口分布

厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内有幼儿园 5 所，学校 3 所，1 家卫生院，1 家敬老院，上述人员在制定应急预案时应当加以特殊考虑，除此之外，半径 5km 范围内无监狱、拘留所、看守所等其他难以撤离的特殊人群。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

厂址所在地的 5km 范围内有 1 个气象站，10km 范围内有 2 个气象站。列屿镇有电信支局一座和多处电信模块点及移动基站，均匀分布在周边各村，实现镇域电信信号全覆盖。

云霄县公安局统一协调指挥全县各派出所，负责实施全县范围内治安、应急抢险工作。

厂址半径 10km 范围内有漳州核电消防站，位于漳州核电厂区内南门，消防站按照一次建设，分批投用原则，配备 8 辆消防车，3、4 号机组阶段配备 6 辆消防车。

应急情况下，厂址周围的公安、消防可以为场外应急、公众隐蔽和撤离等行动提供支持和帮助。

7.4.3 厂址周围交通条件

厂址附近交通条件便利，厂址所在云霄县公路通车里程约 1221.8km，其中，沈海高速（G15）24.8km，丹东线（国道 G228）33.0km，福昆线（国道 G324）39.2km，东沪线（国道 G357）41.6km，沿海大通道（S508）19.4km，县道八条 157.6km，乡道 435.2km。

厂址半径 5km 范围内涉及的交通道路主要为乌列线（X524）、沿海大通道（S508）和岱宅线（Y260）及其他乡村道路。根据《福建漳州核电厂 1、2 号机组场内核事故应急预案》，本厂址已设有多条不同方向的应急撤离路线。

7.4.4 小结

从目前厂址环境条件看，厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区，厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围内应急条件下难以撤离的特殊人群包括幼儿园、学校、卫生院、敬老院等，在实施应急预案时需要加以特殊考虑。厂址的气象观测条件有利于应急预案的实施。本厂址已设有多条不同方向的应急撤离路线。厂址不存在实施应急预案难以克服的困难。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.3.3 监督性监测系统

8.4 质量保证

8.4.1 组织机构

8.4.2 人员资格和培训

8.4.3 文件控制

8.4.4 监测大纲及布点

8.4.5 计量器具

8.4.6 样品的质量控制

8.4.7 分析测量中的质量控制

8.4.8 数据管理的质量控制

8.4.9 质量控制核查与检查

表

表 8.3-1 流出物实验室的房间面积和房间功能

表 8.3-2 流出物实验室的仪器设备配置

表 8.3-3 气态流出物的测量项目、采样分析频次、分析核素及其探测下限

表 8.3-4 液态流出物的测量项目、采样分析频次、分析核素及其探测下限

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

本工程将设置电厂辐射监测系统，在气态和液态流出物的排放管道上设置监测设备，对气态和液态流出物进行连续监测和取样。放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规和工程的实际情况制定。

8.1.1.1 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- （1）监测释放到环境中的气态和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放量控制值和营运单位规定的排放管理目标值；
- （2）为判断本工程的运行以及放射性废物的处理和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 监测原则

制定本工程运行期间流出物监测方案和监测系统设计遵循的主要原则包括：

- （1）满足国家标准法规提出的流出物监测管理要求；
- （2）对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- （3）对于约定排放，排放前进行取样分析；
- （4）对于具有事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- （5）根据国家标准规定的年排放控制值，制定合理的排放量控制值和仪表的报警阈值；
- （6）流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.3 气态放射性流出物监测

本工程为单堆布置，每台机组核岛厂房设置一个排风烟囱，核岛反应堆厂房、安全厂房、核燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房、附属厂房等厂房的放射性排风经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放，气态放射性流出物监测方式为连续监测和取样测量。

（1）气态放射性流出物连续监测

1）放射性惰性气体连续监测

在烟囱设置放射性惰性气体监测通道，对放射性惰性气体进行连续监测，该监测通道分为正常工况监测和事故工况监测，监测仪的量程满足核电厂正常排放和事故排放监测要求，高低量程互相重叠一个量级，并设有显示、记录打印和报警功能。

2）气溶胶连续监测

在烟囱设置气溶胶连续监测通道，对气溶胶的放射性水平进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。

3）放射性碘连续监测

在烟囱设置放射性碘连续监测通道，对放射性碘水平进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。

（2）气态放射性流出物取样测量

在烟囱气态流出物连续监测管路并行设置了取样装置，用于对气态流出物进行取样，所取样品送至流出物实验室进行测量和分析，拟取样和监测内容包括惰性气体、气溶胶、碘、 ^3H 及 ^{14}C 。惰性气体为定期取样，气溶胶、碘、 ^3H 及 ^{14}C 均为连续取样。

（3）取样代表性

烟囱气态流出物监测和取样通道的取样点设置在气体速度和浓度均匀分布的位置，采用单嘴取样头，以获得烟囱气态放射性流出物具有代表性的样品进行测量。

8.1.1.4 液态放射性流出物监测

来自核岛和常规岛各厂房和系统的放射性废液经处理后，分别汇总到核岛液态流出物排放系统及常规岛液态流出物排放系统的贮罐中，作为液态放射性流出物集中排放。液态放射性流出物监测包括取样测量和排放时在线监测。液态放射性流出物排放前，将样品在流出物实验室分析合格后才实施排放。

（1）液态放射性流出物取样测量

本工程拟设置核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房。核岛废液排放厂房主要收集、贮存核岛液态流出物排放系统废液；常规岛废液排放厂房主要收集、贮存常规岛液态流出物排放系统废液。在废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。液态放射性流出物样品在流出物实验室中采用高纯锗 γ 谱仪，低本底 α 、 β 计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。液态放射性流出物样品的分析项目包括

γ 谱分析、氚等核素活度浓度测量及必要时的 ^{90}Sr 分析。

（2）液态放射性流出物连续监测

在核岛废液排放厂房、常规岛废液排放厂房各设置一套监测仪表，其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液活度浓度，当排放废液活度浓度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。

（3）取样代表性

液态放射性流出物在就地取样前，需要在贮槽内使所取的样品充分混合均匀后，进行取样分析。

8.1.1.5 配合地方环保部门监督性监测

为满足地方环保部门进行监督性监测，本工程建成后将采取一系列措施，这些措施主要包括：

- 经常保持与地方环保部门联系，接受地方环保部门的监督与指导。
- 积极配合地方环保部门进行流出物监督性监测工作，并为地方环保部门定期取样提供方便，包括：根据需要向地方环保部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；根据需要提供烟囱中 ^{14}C 和 ^3H 样品给地方环保部门进行测量；从废液罐中提取废液样品时，可根据需要同时为地方环保部门提取平行样品。
- 向地方环保部门及时提供流出物监测报表。
- 核电厂流出物监测及样品测量分析数据在需要时可供地方环保部门查询。
- 不定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

8.1.2 辐射环境监测

根据我国的有关标准及规定的要求，在核电厂需建设环境监测设施以满足核电厂运行后环境监测的要求。在本节中描述了核电厂环境监测设施的设计原则以及主要系统及设施，根据 1、2 号机组运行以来的实际采样及监测情况，漳州核电项目环境监测项目详见表 8.1-1。此外，根据本厂址周围环境的变化情况、国内外监测法规技术的变动及更新，以及监管部门的要求等，本工程运行期间环境监测大纲将根据实际情况进行调整和升版。

8.1.2.1 监测目的

运行期间环境监测的主要目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估核电排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- 及时发现环境介质中放射性活度的变化，并查找原因；

- 评估厂址周围环境辐射水平变化趋势，以便采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.2 监测范围

根据国家有关法规和核电厂所在厂址的具体情况，监测范围如下：

- 环境 γ 辐射水平监测范围为以核电厂为中心半径约 20km 范围内，其余陆地环境介质放射性监测项目的监测范围为以核电厂为中心半径 5~10km 范围内。
- 海洋环境放射性监测以核电厂排水口为中心半径 10km 范围内，重点监测核电厂排放口 2km 以内的海域。

8.1.2.3 布点原则

本工程运行期间环境监测布点将结合漳州核电厂的环境监测大纲以及本工程运行前的辐射环境调查布点和测量结果制定，为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则有：

- 依据相关法规标准及技术规范，并结合厂址区域附近地区的地形等条件。
- 环境 γ 辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向区域。
- 与运行前辐射环境调查保持适当比例的同位置点位。
- 在关键居民组、居民密集区、主导风下风向及环境敏感点布设监测点。
- 陆地监测点以核电厂为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏。
- 海上取样点主要设在排放口及其附近海域。
- 土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间。
- 相关监测点及介质品种尽可能与运行前辐射环境调查一致，以便进行运行前后的对照分析；同时根据环境监测的经验反馈、监测技术进步及厂址周围可能的环境变化进行调整。
- 气象塔的位置应适当地远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况。
- 电厂环境监测站的设置与地方监督性监测子站设置位置互补，并考虑人口分布、风向、供电通信条件。

8.1.2.4 监测项目

（1）气象要素的监测

漳州核电厂设置有自动气象站，包括气象塔和地面气象站，主要观测的气象要素包括

风速、风向、温度、湿度、大气压、降雨量、天空总辐射及净辐射。

（2）环境 γ 辐射水平监测

A. 环境 γ 辐射固定点连续测量

漳州核电厂共设置 14 个环境监测站，每个监测站内设置有固定式环境 γ 辐射剂量率测量仪，对 γ 辐射剂量率进行连续监测，

B. 即时 γ 辐射测量

即时 γ 辐射测量的对象为开阔的路面与田野，按 16 个方位角，近密远疏原则布点，同时兼顾地理、地形、居民分布、交通、土地利用等因素。监测点位设置 48 个，含 1 个对照点；即时 γ 辐射测量监测频次为 1 次/季。

C. 累积 γ 辐射测量

累积 γ 辐射测量采用热释光剂量计，放置在有代表性的不受附近建筑物影响的空旷地区。累积 γ 辐射测量点位尽量与即时 γ 辐射测量点位重合。累积 γ 辐射测量监测点位共 37 个，含 1 个对照点；监测频次为 1 次/季。

（3）空气介质中放射性核素浓度监测

空气介质监测包括：空气中 ^{131}I 、 ^3H 、 ^{14}C 的测量；气溶胶中 γ 谱、年度混合样品 ^{90}Sr 的测量；沉降物中 γ 谱、年度混合样品分析 ^{90}Sr 的测量；降水中 ^3H 的测量。布点考虑厂区边界，最大浓度落点及 10km 范围居民区。

沉降物取样频度为 1 次/季，开展 γ 谱分析、年度混合样品分析 ^{90}Sr ；降水取样频度为 1 次/月，开展 ^3H 分析。

气溶胶取样频次为 1 次/月，开展 γ 谱分析、年度混合样品分析 ^{90}Sr 。

^{131}I 取样频次为 1 次/月。

（4）土壤中放射性核素浓度监测

土壤样品采样点的设置主要考虑在无水土流失的稻田、菜地、果园、山地、丘陵等。监测项目为 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 及 γ 核素分析。采样频次为 1 次/年。

（5）陆生生物放射性核素浓度监测

陆生生物样品包括粮食类、蔬菜水果类、禽畜类、羊奶、水生植物、淡水鱼、指示生物木麻黄。

粮食类作物：红薯，主要进行 ^3H 、 ^{14}C 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr 分析。包含 1 个对照点，采样频次为 1 次/年。

羊奶：分析的项目为 ^{131}I ，采样频度为 1 次/季。

蔬菜水果类：叶菜（空心菜）、蔬菜（白菜）、香蕉，分析项目主要为 ^3H 、 ^{14}C 、 γ 谱分析，对白菜、香蕉进行 ^{90}Sr 分析。采样频次为1次/年。

淡水鱼：罗非鱼、鲢鱼，分析项目为鱼肉中 ^{14}C 、 γ 谱分析、 ^{90}Sr 。设置3个采样点，包含1个对照点，采样频次为1次/年。

肉类：猪肉、鸡肉，分析项目为 ^{14}C 、 ^3H 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析。设置3个采样点，包含1个对照点，采样频度为1次/年。

水生植物类：凤眼莲，分析项目为 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析，采样频度为1次/年。

指示生物：木麻黄，分析项目为 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析，采样频次1次/年。

（6）陆地水体放射性核素浓度监测

陆地水分为地表水、饮用水和地下水（厂区内地下水和厂区外地下水）。地表水测量项目为 ^3H 、 γ 谱分析、总 β （对照点加测 ^{14}C ），饮用水测量项目为 ^3H 、 γ 能谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{14}C ，厂区内地下水测量项目为 ^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 谱分析、 ^{14}C ，厂区外地下水测量项目为 ^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 谱分析，地表水沉积物（底泥）测量项目为 ^{90}Sr 与 γ 核素（部分点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ）。点位数量及监测频次分别为：

- 地表水：分析项目 ^3H 、 γ 谱分析、总 β ；部分点位加测 ^{14}C ，采样频次为2次/年（考虑平水期和枯水期）。
- 饮用水：采样频次为2次/年。
- 厂区内地下水：分析项目为 ^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 谱分析、 ^{14}C ，采样频度为1次/月，抽测。分析项目为pH、总 α 、总 β ，采样频度为2次/年，平水期和枯水期各一次。
- 厂区外地下水：主要项目为 γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H ，部分点位加测 ^{14}C ，采样频次为2次/年，平水期和枯水期各一次。
- 地表水沉积物：设置6个点位，监测项目为 ^{90}Sr 与 γ 核素，部分点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ；采样频次为1次/年。

（7）海域放射性核素浓度监测

A. 海水与海洋沉积物

海水分析的项目主要为 ^3H 、总 β 、 ^{40}K ，同时选取排水口附近及对照点的样品进行 γ 谱分析、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 分析；海洋沉积物分析的项目有 ^{90}Sr 和 γ 核素，选取5km范围内点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。海水与海洋沉积物取样点重合，共设置9个采样点，其中对照点1个；海水采样频度为1次/半年；海洋沉积物采样频度为1次/年。

B. 海洋生物样品

海洋生物分析项目为 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 谱分析（包括 ^{131}I ）。采样地点选在总排放口 10km 半径范围内的养殖场或附近海域，采样频次为 1 次/年。

8.1.2.5 测量方法

漳州核电厂根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法。

- 实验室分析测量（对环境介质样品）

物理测量和分析：使用低本底 α/β 测量仪、高纯锗 γ 谱仪、低本底液体闪烁测量仪等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 γ 能谱核素分析、 ^3H 和 ^{14}C 放射性活度测量。

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

- 固定式环境 γ 辐射监测和流动的辐射监测

设置环境监测站，对 γ 辐射剂量率进行连续监测；

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

设置环境监测车/应急监测车进行本工程周边环境 γ 辐射监测。

- 气象观测

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

8.1.2.6 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支持；
- （2）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解；
- （3）根据有关规范要求配合福建省环保部门建设监督性前沿站及监测子站，依托一期工程已建设相关设施。

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 监测目的

漳州核电厂环境辐射应急监测目的是，在核电厂事故应急状态下，了解和掌握环境辐射水平和放射性污染情况。在核电厂发生事故时，环境/应急监测车将携带便携式仪表对厂址区域的环境 γ 辐射水平进行快速测量。如有必要，环境监测车辆将对空气、土壤、地表水、陆地生物以及电厂排放口及周围海域海水等环境介质取样，并根据事故发展情况调整取样频次，送至环境实验室中进行测量分析，以确定污染区域和污染水平，为评价事故

性质、源项大小以及应采取的防护措施提供依据。

8.1.3.2 监测范围

在应急待命状态下，关注 14 个环境监测站和气象站的实时监测数据。在厂房应急状态下，主要关注位于核电厂内外的 14 个环境监测站的实时数据，重点关注厂内 6 个环境监测站的剂量率变化。在场区应急和场外应急状态下的事故早期，应急环境监测的范围以核电厂场区以及厂址周围半径 5km 之内的区域为重点；可根据烟羽弥散情况或支援场外应急监测的需要，适当扩大监测范围，但监测半径一般不超过 10km。在场区应急和场外应急状态下的事故晚期，重点监测范围为场区周界及其厂址周围 20km 范围内的环境介质， γ 空气吸收剂量率测量和热释光剂量计（TLD）的布放范围为 30km。

8.1.3.3 监测内容

（1）厂区应急监测可选项目为：

- 巡测路线上的 γ 剂量率（1 分钟平均值）；
- 地表 β 污染水平（1 分钟平均值）；
- 空气中放射性污染浓度（主要测放射性气溶胶和碘，取样体积不小于 0.8 立方米）。

（2）厂区外监测可选项目为：

- 巡测线路上的 γ 剂量率（1 分钟平均值）；
- 地表 β 污染水平（1 分钟平均值）；
- 空气（巡测路线及固定监测点）放射性污染浓度（主要测放射性气溶胶和碘，取样体积不小于 0.8 立方米）；
- 热释光剂量计（TLD）的取放与测量；
- 车载移动 γ 谱仪分析测量核素组成；
- 必要时加测风向、风速。

（3）海域应急监测的可选项目为：

- 海域表面 γ 剂量率水平（1 分钟平均值）；
- 海水浅表层取样分析（ γ 谱分析）；
- 必要时加测风向、风速。

根据国内外最新法律法规、监管单位的要求、场外应急组织的要求等，监测内容可能会进行调整，具体应以电厂实际执行的应急辐射环境监测相关程序为准。

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学污染物对水环境的影响，计划在制氯站的中和池对酸碱废水的 pH 值进行在线监测；在非放含油废水处理站的工艺末端对石油类指标进行在线监测。

本工程与福建漳州核电厂 1~4 号机组共用除盐水生产厂房，除盐水生产厂房中和池内酸碱废水监测与福建漳州核电厂 1~4 号机组同步开展。在中和池对酸碱废水的 pH 值进行在线监测。

生活污水接入福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）调节池后通过管道外运处理，在调节池对流量进行在线监测。

在非放生产废水接入虹吸井前对流量、pH、水温、化学需氧量（COD_{Cr}）、氨氮、总磷（以 P 计）进行在线监测，对化学需氧量（COD_{Cr}）、氨氮、总氮（以 N 计）、总磷（以 P 计）、悬浮物（SS）、五日生化需氧量（BOD₅）、石油类、阴离子表面活性剂、色度、pH、水温共计 11 个监测指标，每季度取样外送监测。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.1.1 流出物实验室概述

流出物实验室用于监测核电厂气态和液态流出物的样品，以确定被排放气态和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。本工程流出物实验室位于电厂厂区实验楼一层，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。

流出物实验室包括冷准备间（AL1307）、热制备间（AL1308）、低本底测量间（AL1310）、液闪测量间（AL1311）、电脑测量间（AL1309）、放化测量间（AL1312）、源存放间（AL1306），见表 8.3-1。流出物实验室配备了流出物监测的仪器和设备，能够满足流出物监测的需求，详见表 8.3-2。本工程气态放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目、测量核素、测量方法、测量周期和关键核素的探测限如表 8.3-3 和表 8.3-4 所示。

流出物实验室与漳州核电 1、2 号机组同期建设，现已投入使用。

8.3.1.2 监督性流出物监测设施概述

依据《核电站辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》内容要求，漳州核电厂址在漳州核电 1、2 号机组工程建设期间，同时开工建设了独立的厂址性监督性流出物

实验室。现已投入使用，该实验室用于当地环保部门执行核电厂辐射环境现场液态和气态流出物样品的化学和放射化学分析，测量结果为福建省环境保护厅监督评价漳州核电厂址的流出物排放达标情况提供依据。

监督性流出物实验室配置有成套的实验室家具和放化测量仪器设备及辅助设施，完全满足整个漳州核电厂址六台机组的气液态流出物监督性监测要求。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境辐射和气象监测系统

本工程依托一期工程已建设的环境辐射和气象监测系统（IEM 系统），用于连续监测厂区及周围环境地区的环境 γ 辐射水平，采集厂区及周围地区的环境介质样品并送往环境实验室分析测量，连续监测厂址区域的气象要素，为环境评价和应急决策提供气象数据，为评价本工程对环境的影响和事故应急期间应急方案制定提供监测数据支持。

环境辐射和气象监测系统主要包括 6 个部分：

（1）气象站

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

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

（2）环境监测站

本工程依托一期工程已在厂区内设置了 6 个环境监测站，在厂区外设置了 8 个环境监测站。在监测站位置选择时，主要与监督性监测子站互补，基本覆盖核电厂周围陆域各方位，在主导风下风向、关键居民组布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。环境监测站用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测，运行期间的部分环境介质取样。环境监测站测量参数包括：大气中环境 γ 辐射水平的连续监测，气溶胶、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 、雨水/沉降灰采样，厂外的环境监测站还设置有风速、风向、雨量测量传感器。

（3）环境监测车/应急监测车

本工程依托一期工程已设置 1 辆环境监测车及 1 辆应急监测车。定期对厂区周围环境 γ 辐射水平进行巡测，同时在事故应急时参与应急监测。设备配备包括：在环境监测车/应急监测车配置有车载 γ 辐射监测仪、便携式 α/β 表面污染测量仪等若干便携式仪表及设备，还配置有车载数据通信和数据管理设备等。测量项目包括：正常运行情况下电厂周围环境

γ 辐射水平进行巡测（瞬时测量）。事故应急期间的环境 γ 辐射水平巡测、表面污染测量及气溶胶/碘取样。

（4）环境介质采样车：本工程依托一期工程已设置 1 辆环境介质采样车，按照程序定期从厂址周围环境进行各类环境介质的采集、运输。采样车上主要配置有专用采样工具及包装袋、容器等。

（5）移动式 γ 辐射监测系统：设置 5 套移动式 γ 辐射监测设备，可连续测量环境 γ 辐射水平。在事故期间且环境监测站不可用的情况下，快速投放至指定地点，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段。

（6）中央数据处理站：中央数据处理站设在应急指挥中心内，主要进行环境 γ 辐射和气象数据的接收、处理、存储，并将环境实验室内各测量室得到的测量数据统一集中管理。中央数据处理站主要设备有环境 γ 辐射和气象数据的接收处理装置、数据处理计算机、中央数据服务器、操作工作站等。

8.3.2.2 环境实验室

环境实验室位于东山县白垵村，与监督性监测前沿站同址建设，距离漳州核电厂直线距离约 19.3km。环境实验室位于漳州核电厂烟羽应急计划区以外，避开了主导风向 NE 的下风向。

环境实验室用于对从厂区周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测。实验室测量的项目包括 γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、累积剂量测量分析等。

环境实验室内设置低本底物理测量房间、样品预处理及制备房间、化学制样及分析房间和其他辅助房间。

8.3.2.3 厂区地下水监测井

为监测本工程运行对地下水的影响情况，将设置地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。

8.3.3 监督性监测系统

除各类环境监测设施外，同时依托一期工程已建设的辐射环境现场监督性监测系统供地方环保部门使用，辐射环境现场监督性监测系统中环境监测设施包括监督性监测前沿站和监督性监测子站。

监督性监测前沿站配置低本底物理测量设备、通用化学分析仪表及实验室家具，可完成环境样品的采样、制样、低本底测量（ γ 谱分析、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C ）等功能。

监督性监测子站基本覆盖核电厂周围陆域各方位。监督性监测子站的功能主要包括大气中环境 γ 辐射水平的连续监测，气溶胶、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 、雨水/沉降灰采样，以及风速、风向、雨量等气象参数的测量。

8.4 质量保证

8.4.1 组织机构

1) 漳州核电厂依托前序机组已有配置，针对 5、6 号机组增补人员、设备等，进一步健全环境及流出物监测组织机构，对漳州核电厂的环境及流出物监测进行统一管理。

2) 根据 5、6 号机组堆型特点完善组织管理程序，进一步明确环境和流出物监测、质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责等。

8.4.2 人员资格和培训

监测结果的精密度和准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，制定了下列措施：

- 1) 从事环境及流出物监测的人员必须具有高中或中等专业学校以上的文化程度。
- 2) 从事环境及流出物监测的人员必须接受上岗前培训，熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备运维以及数据处理和评价，经考核并取得相应的授权后方可独立上岗。
- 3) 从事环境及流出物监测的人员，其培训、复训及考试（核）成绩应有详细记录。
- 4) 为了保持从事环境及流出物监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核。

8.4.3 文件控制

1) 环境及流出物监测的各类技术程序应在初版程序生效后进行验证，确保程序正确、完整、有效，以保证其能正确指导各项工作开展。

2) 当法律法规、监测方法、设备等变化时，及时对技术程序进行升版。

3) 应结合实际工作情况，及时对技术程序中存在的不足、错误等进行修订升版。若升版程序不能满足工作要求，应及时新增相应的技术程序。

8.4.4 监测大纲及布点

1) 编制环境监测大纲、流出物监测大纲，对漳州核电厂环境及流出物放射性情况实施自行监测，并根据历史监测结果变化情况，每 5 年修订一次监测大纲，不断优化，使之契合电厂现状。

2) 在选择流出物取样点时，要结合系统设计选择合适的采样地点和位置，避开一些有干扰的、代表性差的地点。

8.4.5 计量器具

8.4.5.1 通用要求

- 1) 测量仪器与设备必须与被测量项目相适应。
- 2) 测量仪器与设备需进行定期检定或校准。
- 3) 标准物质（放射源）应均匀、稳定。
- 4) 各计量器具需进行核查和（或）稳定性控制。
- 5) 检验仪器工作状态的检验源应具有良好的长期稳定性。
- 6) 定期对各类低本底计数装置进行泊松分布检验，该类装置的计数须满足泊松分布。泊松分布检验可与期间核查相结合。
- 7) 用低本底测量装置的本底计数率和（或）标准物质的计数效率绘制质量控制图，检验分析测量装置性能的长期稳定性。有证标准物质分析结果与证书标准值相对偏差应小于 10%或 En 值不大于 1。

8.4.5.2 分析测量装置的性能控制

- 1) 对分析测量装置的检定、校准。
 - ①新的分析测量装置或经过维修的分析测量装置，在常规使用以前必须进行性能的调试、检定和校准，以后的定期校准频率取决于仪器的类型和稳定性。
 - ②实验室固定测量仪器采用国家计量传递系统发放的标准源或经有关计量单位核定的标准源标定，以保证有足够的准确度。
 - ③所有需检定的仪器使用时需保证在检定有效期内。
- 2) 对常规使用的分析测量装置应进行常规检验。
 - ①对低本底 α/β 测量仪、液闪谱仪、 γ 能谱测量装置，应在使用期间至少每月进行一次本底测量，将测量结果录入控制图进行仪器长期可靠性检验；每年进行一次测量计数的泊松分布检验。
 - ②对实验室主要分析测量仪器的最小可探测限应每年核实一次。
- 3) 如果用检验源检验测量装置的性能时，发现其性能有了变化或者在测量装置发生了影响工作参数的变化以后应该对测量装置进行重新校准或检定。如果仪器是运到外单位进行校准、检定或维修，那么该仪器在运回实验室后应检查其性能。新购入的液闪、 γ 谱仪及低本底测量仪应在使用前做泊松分布检验。
- 4) 主要测量仪器都要做好仪器工作日志和异常登记工作。
- 5) 主要监测设备都必须建立设备档案。

8.4.6 样品的质量控制

1) 制定年度采样计划（质量控制样品在质量控制计划中体现），并按计划实施。采样计划要根据监测大纲规定的监测点位、监测项目和监测频率，结合样品特性选择合理的采样时间。

2) 根据采样计划执行采样活动，采样至少应有两名人员。

3) 要保证采集到具有代表性的样品并保持样品稳定。

4) 必须制定和严格遵守各类样品的采样、包装、运输和贮存的详细操作程序。程序除了规定技术方法、要求以外，还应包括具体的操作步骤、记录内容、格式、标签设置。采样程序要保证采集到具有代表性样品并保持放射性核素在分析之前的原始浓度，明确采样容器、设备、方法（方式）和采样量。

5) 样品采集和运输过程中，应防止样品被污染或样品对环境造成污染。运输中应采取必要的防震、防漏、防雨、防尘、防爆等措施，以保证人员和样品的安全。参考国家或国际标准，采取预防措施，避免样品中放射性物质通过化学、物理或生物作用产生损失或沾污等，必要时在各技术规程中予以详细规定。

6) 样品运输前，应清点样品，并附上样品标签，并检查样品包装是否完整，避免在运送过程中出现破损和撒漏的现象。

7) 涉及收集效率的采样装置，应根据相关标准在技术文件中明确收集效率的实验方法或计算方法，如使用条件与采样装置的生产厂家的测定条件相同或相近，也可采用厂家给出的数据。

8) 采集的样品量应满足测量的需求，包括质量控制样品和留样。

9) 当样品可获得时，平行样品的采集数量不少于每批次样品总数的 10%，当样品总数少于 10 个时，至少取 1 个平行双样。

10) 应有一定比例的留样备查，实验室应明确规定不同类型留样的保存期。

11) 样品应及时编号，每个样品的编号应具有唯一性。

12) 须规范地填写采样记录、样品交接记录和样品标签，样品标签应粘贴牢固。

8.4.7 分析测量中的质量控制

1) 样品的前处理、制备及分析应严格按照各相应的操作规程执行，并填写相应的记录表格。应采用标准方法或经过验证的其他方法。

2) 在分析测量的过程中，尤其是放射性样品分析测量中，应注意防止样品间的交叉污染。样品分析测量过程中，应避免实验室器皿对检测样品或溶液的污染，应按要求清

洗实验室器皿。

3) 分析测量实验室和仪器设备，应按样品中放射性核素种类及浓度大小分级使用。

4) 质量控制样品一般包括平行样、加标样、空白样。分析测量的每种质量控制样品数不低于分析测量总样品数的 5%，且应均匀地分布在每批样品中（空白样至少每年一次）。质量控制方式可采用实验室控制样品（制作质量控制图）、留样复测、密码样（盲样）分析等。

5) 为了发现和确定样品在预处理、分析过程中的沾污和提供适当扣除本底的数据，应进行空白样品的测量，样品的检测结果应消除空白造成的影响。空白样品应与待测样品在同样的条件下进行预处理和化学分析。

6) 为了确定分析测量的精密度，应分析测量平行样品，平行样品由尽可能均匀的样品来制备。平行样品测量的相对平均偏差一般应控制在 40%以内。

7) 为了确定分析测量的准确度，应该用与待测样品相同的操作程序分析测量相应的标准参考物质或加标样品，并且被分析测量的加标样品不被分析者所知道。对分析测量中的已确定系统误差必须进行修正。监测分析方法无规定或规定的指标不适合时，流出物样品加标回收率一般控制在 80%~120%；已知参考值质量控制样品测量值归一化偏差 E_n 的绝对值应不大于 1。

8) 为了确定分析测量的重复性，采用合适的方法保存足够稳定的、测定过的样品，每年抽取样品进行复测，将两次测量结果进行比较，评价该样品测定结果的可靠性。

9) 实验室控制样品的选择：采用长期稳定的待测样品开展。

10) 在领用和使用试剂时要注意试剂是否处于有效期内，试剂瓶是否有破损，标签有无污损，使用过程中，若发现试剂已变质立即停止使用。准确地配制载体和标准溶液，并根据其稳定性确定出使用期限或重新标定的期限。所有使用的化学试剂、标准物质均应保证在有效期内，且标识清晰，标识上应明确试剂名称、化学浓度、配制人、配制时间、有效期等内容；如需要延长有效期，须经过鉴定或检验合格；过期试剂、标准物质必须及时撤离使用现场。

11) 应积极参加能力验证或实验室之间分析测量比对活动，对存疑和不满意的结果应该分析、查明原因并采取纠正措施。

12) 各分析及测量过程应按各操作规程规定的记录表格进行数据记录。

8.4.8 数据管理的质量控制

8.4.8.1 原始记录

1) 记录要求

①原始记录应满足记录控制程序的要求。应确保所有质量活动和监测过程的技术活动记录信息的完整性、充分性和可追溯性。纸质记录和电子记录应安全储存。

②每个样品（包括质量控制样品）从采样、预处理、制样、分析测量到结果计算全过程中的每一步都要有清晰、详细、准确的记录。对每个操作步骤的记录内容和格式都应有明确、具体的规定，并且在每个样品上都应贴上相应的不易脱落和损坏的标签或标记。为了追踪和控制这个样品的流动情况，还应该随样品一起转移的样品记录单，记录每个操作步骤的有关情况，有关工作人员也应在记录单上签名。

③采用计算机或自动设备对监测数据进行采集、处理时，对于手抄数据，应加以核查。

④对仪器设备的检定/校准、刻度、巡检/检查、运行、维护、维修等都应进行记录；实验室间分析测量的比对情况，标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和加标样品、载体及标准溶液的配制情况等均应有详细、准确的记录。

⑤记录需由记录人和复核人签字确认，签名以本人身份证上的全名为准，签名不应潦草，应容易辨认。

⑥日期书写如无明确的格式规定，应采用“年.月.日”的格式，年份应为四位阿拉伯数字。

⑦所采用的计量单位、符号和有效位数等按分析方法或有关规定填写。

⑧总放测量、多道 γ 谱测量、液闪测量、放化测量、非放测量等实验数据记录需作为原始记录保存。

2) 记录的保存

①应分类建立监测资料档案和保管、使用等制度。对不同类型监测的原始记录以及监测结果，应规定保存期限。常规监测和应急监测的原始记录应永久保存，核查报告等质量保证记录应至少保存 6 年。重要纸质数据和资料应复制分地保存，重要数字信息应当采用双机备份技术保存。

②仪器长期稳定性质量控制图每年至少打印存档一次；平均每月获得控制值的数量大于等于 2 次的，每半年打印存档一次。设备的质量控制图每年打印一次。如有实验室信息系统，可直接保存电子稿。

③对于光敏、热敏纸打印的数据，应复印后作为原始记录保存和管理；对于保存在仪器中的数据记录，需定期备份至另外的数据储存设备中安全保存，对备份的完整性应当进行检查。

8.4.8.2 数据处理和监测报告

1) 监测人员应正确理解监测方法中的计算公式，保证监测数据的计算和转换不出差错。计算结果应进行校核。如果监测结果用回收率进行校准，应在原始记录的结果中明确说明并记录校准公式。

2) 数据处理应尽量用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对偏离正常值的异常结果，应及时向实验室负责人报告并核查原因。监测数据应给出结果的不确定度。

3) 对数据处理、计算结果中的假设、计算方法、原始数据、计算结果的合理性、一致性和准确性必须进行审核。对计算结果的审核，可以由两人独立地进行计算或者由未参加计算的人员进行核算。审核人必须在审核报告上签字。

4) 环境及流出物监测报告中所采用的量、单位和符号等应符合国家颁布的标准。

5) 环境及流出物监测报告中的各项监测数据必须与实验室分析原始数据保持一致。

6) 环境及流出物监测报告需要报送给不同单位时，报告中的各项数据应保持一致，格式内容根据需求方要求执行。

7) 各类环境及流出物监测报告必须经过有关人员的校核和批准。

8) 数值修约应遵守 GB/T 8170 的规定。监测结果的有效位数应与监测方法中的规定相符，计算中间所得数据的有效位数应多保留一位。小于探测下限数值的处理方法应编制文件进行规定。

9) 当分析数据出现以下几种情况时，分析人员需要作出响应：

①某一种样品，检测结果一般低于检出限（或探测下限）的样品，突然出现高于检出限（或探测下限）的情况。

②检测结果明显高于或低于历史或本底测量结果（3 倍标准偏差）时。

③质控样品超出其控制指标。

④能谱中可以观察到有明显能量峰，但数据报告中未检出相关核素（天然核素除外）。

⑤其它数据明显不合理的情况。

10) 分析人员响应行动：

①发现异常数据，保留样品及测量记录，立即向上报告。

②确认样品外观完好，再次测量，核实是否为误测。

③进行仪器性能测试，排除仪器问题。

④如果是有时效性要求的样品，应立即前往取样地点，重新取样（使用新的取样容器）。

⑤如果重新取样测量后的结果仍然与上一样品一致，立即向上报告。

8.4.9 质量控制核查与检查

1) 实验室建立质量控制计划，质量控制计划应包括空白分析、加标、复测、平行样等控制样品的分析。

2) 应检查质量控制计划的执行情况，确定是否可有效执行。

3) 对严重有损于质量的情况，必须查明原因，并采取纠正措施，以防再次发生不满足质量保证要求监测结果的情况，必须进行审查、评价，并确定是否使用或废弃或采取补救办法。

表 8.3-1 流出物实验室的房间面积和房间功能

房间	功能	使用面积 m ²
冷准备间	常规岛气液态流出物样品制样	~69
热制备间	核岛气液态流出物样品制样	~79
低本底测量间	测量分析流出物的放射性水平	~17
液闪测量间	测量分析流出物的放射性水平	~33
电脑测量间	电脑操作间	~16
放化测量间	流出物 γ 谱放化测量	~67
源存放间	存放放射源	~22

表 8.3-2 流出物实验室的仪器设备配置

序号	房间号	设备名称	数量	仪器设备型号及规格参数
1	低本底测量间(AL1309)	低本底 α/β 测定仪	1	<ul style="list-style-type: none"> ·适合于α/β核素的放射性 ·探测器：4 路以上流气式正比计数器，薄窗 ·铅屏蔽：采用 4π屏蔽结构，厚度$\leq 10\text{cm}$ ·超低本底：$< 1\text{cpm}(\beta)$、$< 0.1\text{cpm}(\alpha)$ ·β效率$\geq 50\%$（Sr-90） ·^{239}Pu 电镀源和 ^{90}Sr-^{90}Y 电镀源活性面积不小于 50mm^2；每个源的活度大于 200Bq； ·标配样品盘 100 个 ·带仪器台架
2	液闪测量间(AL1311)	液闪计数仪	1	<ul style="list-style-type: none"> ·能谱范围：0~2000keV ·具有多参数线性 MCA（多通道分析）技术，分辨 $1/10\text{keV}$ ·计数效率：H-3 的效率大于 60%，C-14 的效率大于 90% ·本底计数率$< 1.2\text{cpm}(20\text{mL})$ ·计数测量稳定性达到同类品牌水平； ·附带 3H、碳-14 非淬灭标准源； ·带仪器台架（如需要） ·带闪烁移液器（10 mL）2 个和低钾玻璃样品瓶 1 箱（500 个）； ·聚乙烯瓶：20mL500 个； ·闪烁瓶 20L。
3	放化测量间(AL1312)	高纯锗 γ 谱仪	1	<ul style="list-style-type: none"> ·晶体类型：P 型高纯锗，同轴型 ·相对探测效率：大于等于 40% ·能谱范围：40 keV~10 MeV ·分辨率：1332.5keV 半峰宽$\leq 1.85\text{keV}$； ·低本底铅室$< 3\text{cps}$ ·国产顶开门铅室涂漆，光洁不易变形； ·马林杯 50 个。 ·计算机各 1 台，主流配置，另配置 1 台 A4 彩色激光打印机。
4	冷准备间(AL1307)	电子天平	1	·量程：200g；精度 0.1mg
		干燥箱	1	<ul style="list-style-type: none"> ·工作温度范围：室温~210°C，温控精度$\pm 1^\circ\text{C}$，温度均匀性$\pm 0.5^\circ\text{C}$ ·容积约 130L ·温度数显，带超温保护 ·不锈钢内胆，高度可调节
		温控电热板	1	<ul style="list-style-type: none"> ·加热温度范围：室温~300°C； ·加热温度控制精确度：$\pm 1^\circ\text{C}$； ·陶瓷玻璃面板，耐腐蚀材料； ·加热功率 10~100%可调，数字 LED 显示温度。
		便携式 pH 计		pH 测量范围：0~14，相对精度 ± 0.002

序号	房间号	设备名称	数量	仪器设备型号及规格参数
			1	
		马弗炉	1	·温度范围 100-1100℃；温控精度：±2℃ ·使用容积：9L
		6 孔恒温水浴锅	1	·工作温度范围：室温～100℃，温控精度±0.5℃ ·水槽容积：14.8L ·温度数显，带低液位保护，带超温保护 ·水槽内壁不锈钢
		便携式 pH 计	1	pH 测量范围：0～pH14，相对精度±0.002
		抽滤装置	1	·抽速：≤2.3m ³ /h ·最大真空度：650mmHg ·标配：抽滤瓶及换膜布氏漏斗过滤器。
		精密电加热板	1	·加热温度范围：室温～500℃ ·加热温度控制精确度：±1℃ ·陶瓷玻璃面板，耐腐蚀材料
		红外线烘干机	1	·工作温度范围：0～190℃，灯泡样式
		总有机碳分析仪	1	·用于将液态流出物样品中的碳转化为 CO ₂ 并收集 ·100℃+湿法氧化法标准测量 TOC ·吸收瓶 2 套 ·配置操作面板。

表 8.3-3 气态流出物的测量项目、采样分析频次、分析核素及其探测下限

监测介质	采样频次	分析频次	分析核素及测量方法	探测限（Bq/m ³ ）要求
核岛主烟囱	连续	每月 4 次	³ H（液闪谱仪）	≤1×10 ²
	连续	每月 4 次	¹⁴ C（液闪谱仪）	≤10
	连续	每月 4 次	粒子（T _{1/2} ≥8d）至少包括的γ核素： ⁵¹ Cr、 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁰ Co、 ⁶⁵ Zn、 ¹⁰⁶ Ru、 ^{110m} Ag、 ¹²⁴ Sb、 ¹²⁵ Sb、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs（γ谱仪）	≤2×10 ⁻² （ ¹³⁷ Cs）
	连续	每月 4 次	¹³¹ I、 ¹³³ I（γ谱仪）	≤2×10 ⁻³ （ ¹³¹ I）
	瞬时采样	每月 4 次	惰性气体至少包括 ⁴¹ Ar、 ^{131m} Xe、 ¹³³ Xe、 ^{133m} Xe、 ¹³⁵ Xe（γ谱仪）	≤2×10 ³ （ ¹³³ Xe）
		每月 2 次	⁸⁵ Kr（液闪或其他方法）	≤1×10 ²
	连续	每季粒子混合	⁹⁰ Sr（低本底α、β计数器或液闪计数器）	≤2×10 ⁻¹

注：若每批 ¹³⁷Cs 监测结果低于探测限的，可不测 ⁹⁰Sr；¹³⁷Cs 被检出的，需加测 ⁹⁰Sr。

表 8.3-4 液态流出物的测量项目、采样分析频次、分析核素及其探测下限

监测介质	分析频次	分析核素及测量方法	探测限（Bq/L）要求	
核岛槽式排放口	每批	^3H （液闪谱仪）	≤ 500	
	每批	^{14}C （液闪谱仪）	≤ 100	
	每批	至少包括的 γ 核素： ^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{131}I 、 ^{133}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs （ γ 谱仪）	≤ 1 (^{137}Cs)	
	月度累积混合样		^{63}Ni （液闪谱仪）	≤ 5
			^{55}Fe （液闪或其他方法）	≤ 10
			^{90}Sr （低本底 α 、 β 计数器或液闪计数器）	≤ 0.1

注：若每批 ^{137}Cs 监测结果低于探测限的，可不测 ^{90}Sr ； ^{137}Cs 被检出的，需加测 ^{90}Sr 。

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

福建漳州核电厂 5、6 号机组是由中国核能电力股份有限公司和国家能源投资集团有限责任公司共同出资建设，建设规模为 2 台百万千瓦级压水堆核电机组。设计寿命期为 60 年，经济评价期为 30 年。工程投产后，每年可向电网送电约 155.6 亿度，每年向国家和地方上缴上亿的税金。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

（1）社会效益

福建省地处我国华东地区，是我国经济比较发达、综合经济实力较强的省份之一。由于受一次能源的制约，电力增长速度远远不能满足经济增长和人民的需要，本项目的建设可以更好地缓解当地电力不足的困难局面，促进该地区的工业发展。华东电网电源主要是燃煤的火电机组，燃煤供应、铁路运输和港口装卸很难满足要求。本项目 2 台百万千瓦级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。

核电厂项目投资大，建设周期长，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。建设期间，可提供约数万人/年建设人才的就业机会；运行期间，也提供不少核电站各岗位就业机会。

本项目产生的建设期贷款，促进当地金融等服务产业发展。同时，本项目的建设能够优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展。核电厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。也有利于进一步促进当地的交通、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快华东地区的经济发展具有重要意义。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、标准化发展，并培养出一批核电站建设组织管理人才，为后续机组和国内其他核电厂的建设提供人才支持，从而全面推动我国核电事业的发展。

本项目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；项目的设计、大部分设备制造及全部工程建设施工均在国内市场实施，对于项目所在地经济的提升、核电上下游产业的发展将起到积极作用，促进民族工业的振兴。

（3）环境效益

核电厂两台百万千瓦级核电机组的环境效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应。

火电厂释放的 CO₂ 是全球 CO₂ 重要来源，而 CO₂ 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。而核电作为一种安全、成熟的清洁能源，温室气体接近零排放，不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物。本工程相较同等容量火电厂，有效减少了 CO₂、SO₂、NO_x、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

核电厂建设项目环境保护费用分建设期的环保设施投资和运行期的环保费用。

（1）建设期环保设施投资

本工程的项目计划总资金包括工程费用（建筑工程费、设备购置费及安装工程费）、工程其他费用（项目建设管理费、勘察设计和技术服务费、联合试运转费等）、预备费、建设期贷款利息、铺底流动资金及建设期可抵扣增值税等费用。

环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、环境整治（绿化等）和施工期环保投入费用。其中废物处理处置系统包括核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、三废处理设施及环境保护工程费用等费用；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、安全壳泄漏监测系统和 LOCA 事故监测系统、BOP 环境监测设施等费用；环境整治包括厂区绿化、水土保持、广场、地坪等费用；施工期环保投入包括 HSE 环境保护费以及施工期大气环境和噪声监测、海域环境监测及爆破

震动监测等费用。

直接和间接用于环境保护费用的建设投资约占项目计划总资金约 3.19%。

（2）运行期环保费用

本项目在运行期间每年需投入一定的资金，用来支付核燃料、运行维护、大修和设备更换、乏燃料后处理、退役基金、放射性废物处置基金等费用。其中环保相关费用包括退役基金，乏燃料处理处置费和中低放废物处理处置费。

①退役基金

根据《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T 20048-2011）的有关规定，核电站的退役费用应以退役基金的形式计入商业运行后企业的总成本费用。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%。

②乏燃料处理处置费

对于乏燃料后处理和放射性废物处置基金的提取数额，依据《核电站乏燃料处理处置基金征收使用管理暂行办法》财综〔2010〕58 号文，从投产后第六年、按 0.026 元/kWh 计提。

③中低放废物处理处置费

根据《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T 20048-2011）的相关规定，中低放废物处理处置费从投产后第一年、按 0.5 元/MWh 计提。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

本工程厂区、生活区需要长期征用大量的土地。除了厂区、生活区用地外，还规定了距离反应堆 5km 范围内为规划限制区，在该地区内要限制人口机械增长、集中居民点建设和工矿企业及其他事业的发展。

本工程的运输包括施工期间大型设备、建筑材料的运输，生产期间的新燃料、乏燃料、固体废物运输以及正常的人员进出运输等，运输量大，不可避免地增加当地的运输负担。在建设过程中，本工程本身配套有进场道路、重件码头，提高当地基础设施水平，可有效

缓解当地交通的压力。同时，在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取相应的防护措施，对周围环境造成的影响是很有限的。

此外，本工程对于当地的公众舆论、舆情及社会稳定有一定的影响。核电作为一种高新新能源技术，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。本项目的公众沟通费将用于广泛了解社会各界人士，特别是厂址周围受影响的公众对本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，以发挥本工程最大的社会、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。在施工过程中采取相应保护措施，建成后对厂区进行绿化，对厂区外进行相应生态恢复。同时，在施工期对陆域、海域环境进行监测、水土保持监测等，尽量减轻施工对环境产生的不利影响。

核电站运行期间非放射性因素对环境的影响主要表现在机械损伤和卷吸效应、温排水以及生活污水等方面。本工程采用二次循环海水冷却方式，在电厂运行期间对整个当地的渔业资源和水生生物产生的影响很小，不会因冷却水取水导致大批成鱼机械损伤，对浮游生物造成的卷吸效应也不会很明显；二次循环海水冷却方式对温排水造成的影响范围很小；核电站所有厂房的生活污水都在厂区用管道收集并提升排至污水管网，由污水处理厂进行处理达标后排放；非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到标准，经管网排至大海；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。因此，非放污水不会对环境产生影响。

在正常运行期间，本工程设置了废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响在可接受的范围内。本报告书的前面

章节已对本工程的环境影响做出了详细的论证。

综上所述，本工程是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于电力需求紧张、资源相对匮乏、经济发展迅速的地区，发展核电是解决能源问题的有效手段，是调整能源结构、实现区域经济可持续发展的重要保证。本工程的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.2.1 放射性废物处理系统

10.2.2 非放射性废物处理系统

10.2.3 辐射环境监测

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

10.5.2 运行期间的环境影响

10.6 公众意见采纳情况总结

10.7 承诺

10.1 核电厂建设项目

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。1~4 号机组建设四台“华龙一号”机组及其配套辅助设施；本期工程 5、6 号机组规划建设两台“华龙一号 2.0 版”机组及其配套辅助设施。

本期工程 5 号机组预计 2028 年 1 月 FCD，2032 年 7 月投入商业运行；6 号机组预计 2028 年 11 月 FCD，2033 年 5 月投入商业运行。

10.2 环境保护设施

10.2.1 放射性废物处理系统

本工程新建环境保护设施包括放射性辅助生产设施（包括核辅助厂房、核废物厂房、先进废物处理中心、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、常规岛废水处理站及乏燃料离堆储存场地）、非放射性废物处理系统（包括含油废水处理站）、流出物监测及环境监测设施以及进行厂区绿化等。

废液处理系统收集、贮存和监测核电厂正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统向环境排放。废气处理系统用于处理核电厂正常运行工况和预计运行事件中产生的含氢放射性废气，以便将预期的放射性废气年释放量和核电站工作人员的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。固体废物处理系统的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

10.2.2 非放射性废物处理系统

本工程施工期设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。施工期生活污水通过生活污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池，采用管道外运处理。

施工期临建区的生活污水由施工单位自建临时化粪池，由合格第三方进行清理外运处理；或设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

施工期土建阶段的混凝土养护废水和地面清洗废水不收集，自然蒸发；车辆清洗废水沉淀后循环使用。安装阶段管道冲洗废水主要污染物为悬浮物，收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则直接排放，检测不合格则采用管道外运处理；调试阶段非加药生产废水收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则直接排放；监测不合格则采用管道外运处理。对于加药量低，现场可处置的调试废水排放至凝结水精处理系统中和池先进行中和处理，并检测水质指标，满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）

中一级标准可排海，若超标则采用管道外运处理；对于加药量高，现场无法处置的调试废水采用管道外运处理。

运行期生活污水通过生活污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池后，采用管道外运处理。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至非放含油废水处理站，经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准（石油类 $\leq 5\text{mg/L}$ ）后经福建漳州核电厂 3、4 号机组的虹吸井排入大海。非放射性生产废水经非放射性生产废水系统收集后排至 3、4 号机组虹吸井前的暂存池监测，监测达标直接排海，监测超标则采用管道外运处理。

生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。各类危险废物集中分类暂存后，委托有资质的单位对其进行外运处理。

10.2.3 辐射环境监测

为保证核电厂各系统运行的有效性，保护环境、公众和职业人员安全，漳州核电厂将设置完整而全面的流出物监测系统和能够覆盖整个厂址区域的环境辐射与气象监测系统，并且制订运行期间流出物和环境监测方案以及应急监测方案。

10.3 放射性排放

本工程两台机组运行状态下，各类气态和液态放射性流出物年设计排放量均能满足 GB6249-2025 中排放量控制值要求，槽式排放出口处的放射性流出物中氚、C-14 和其余核素均满足 GB6249-2025 中浓度限值要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）对公众的辐射影响

根据设计排放源项计算结果：

本工程运行状态下，气态和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.85\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $1.41\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.70\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.53\text{E-}06\text{Sv/a}$ 。公众最大个人有效剂量为 $1.70\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，不超过 0.08mSv/a （占 2.13%）。

厂址 6 台机组运行状态下，气液态综合途径释放的放射性物质对各年龄组（婴儿、儿童、青少年、成人）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $2.08\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.04\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $1.28\text{E-}05\text{Sv/a}$ 、 $1.12\text{E-}05\text{Sv/a}$ 。公众最大个人有效剂量为 $1.28\text{E-}05\text{Sv/a}$ ，不超过 0.25mSv/a （占 5.12%）。

根据现实排放源项计算结果：

本工程运行状态下，可能的关键居民组为厂址 SW 方位 2~3km 处云霄县列屿镇城外村的青少年组，最大个人有效剂量为 $9.87\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $6.85\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 69.38%；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 26.58%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $6.73\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 68.16%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 13.30%和 6.49%。

厂址 6 台机组运行状态下，可能的关键居民组为厂址 SW 方位 2~3km 处云霄县列屿镇城外村的青少年组，最大个人有效剂量为 $4.56\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。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 $3.94\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 86.27%；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 12.18%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $2.99\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 65.51%；另外，Fe-55 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 15.37%和 7.75%。

因此基于正常运行对公众的辐射影响角度，本期工程 2 台机组和全厂址 6 台机组是适宜的。

（2）对非人类生物的辐射影响

1) 水生生物

本工程 2 台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

全厂址 6 台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，全厂址 6 台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

2) 陆生生物

本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，本工程 2 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

全厂址 6 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同

陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此全厂址 6 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（3）事故工况的辐射影响

漳州核电厂 5、6 号机组发生选址假想事故后，在采用保守计算假设的条件下，距反应堆中心 600m 处，除 ESE 方位之外，公众受到的剂量后果满足标准规定的非居住区剂量控制值要求；对于 ESE 方位，在本厂址目前非居住区范围内，距反应堆中心 650m 处，公众受到的剂量后果即能满足标准规定的非居住区剂量控制值要求。

距反应堆中心 5km 处的任何个人，在事故的整个持续期内接受的有效剂量为 $5.83\text{E-}02\text{Sv}$ ，为 GB 6249-2025 中剂量控制值的 23.32%，满足标准规定的规划限制区剂量控制值要求。

半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 $5.82\text{E}+03$ 人·Sv，为 GB 6249-2025 中的剂量控制值的 29.10%，满足标准规定的集体剂量控制值要求。

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

核电厂工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，对附近居民的日常生活产生轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加当地居民的就业机会和商机，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

（2）施工噪声

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，爆破产生的噪声也即消失。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

根据类比福建漳州核电厂 1-4 号机组 2020 年 7 月~2023 年 11 月期间开展的施工期噪声监测结果，预计本工程施工场界、厂外环境敏感点及公路噪声可以满足相应标准要求。

（3）大气环境的影响

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

根据类比福建漳州核电厂 1-4 号机组 2020 年 7 月~2023 年 11 月期间开展的施工期大

气环境监测结果，预计本工程无组织排放源监测点和环境空气监测点的各监测因子浓度均可以满足相应标准要求。

（4）海域施工的影响

施工围堰位于已建取水明渠根部，该处水动力环境较弱，施工悬沙扩散范围不会超出取水明渠范围；排水拟与福建漳州核电厂 3、4 号机组共用排水隧洞，无新建排水海工构筑物。本工程海域施工不会对东山湾内的水质环境造成不利影响。

（5）对水环境的影响

施工期生活污水通过生活污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池，采用管道外运处理。

施工期土建阶段的混凝土养护废水和地面清洗废水不收集，自然蒸发；车辆清洗废水沉淀后循环使用。安装阶段管道冲洗废水主要污染物为悬浮物，收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则经 CC 井直接排放，检测不合格则采用管道外运处理；调试期间非加药生产废水收集后排至福建漳州核电厂 3、4 号暂存池，监测合格则经 CC 井直接排放；监测不合格则采用管道外运处理。对于加药量低，现场可处置的调试废水排放至凝结水精处理系统中和池先进行中和处理，并检测水质指标，满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准可经 CC 井排海，若超标则采用管道外运处理；对于加药量高，现场无法处置的调试废水采用管道外运处理。

陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

10.5.2 运行期间的环境影响

（1）温排水的影响

本工程循环水系统拟采用二次循环冷却方式，排水量很小，根据温排水模拟计算结果，本工程温排水影响范围较小，符合工程海域相关规划要求，不会对海洋造成影响。

（2）机械损伤和卷吸效应

本工程取水量较小，取水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的海洋生物产生伤害，但不会对整个东山湾的海洋生态环境造成大的影响。

（3）海水冷却塔的环境影响

本工程两座海水冷却塔正常运行所产生的雾羽荫屏引起的超过太阳能自然年际波动范围的区域基本处于厂区的内部，因此，预计两座冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对周围环境和陆生生态产生明显影响；

由两座冷却塔飘滴引起的地面水汽沉降量远小于该地区的年平均降水量，因此两座冷却塔引起的降水不会对该范围内的农田等产生影响；

由飘滴引起盐沉积的最大沉积值约 $306\text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，而当盐沉积量不超过 $1000\text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ，可以认为基本不会对周围的植物产生危害。因此两座冷却塔正常运行所产生的盐沉积不会对周围植物产生危害；

自然通风高位收水冷却塔的雾羽到达地面可能性较小，不会导致地面下雾和结冰现象。

（4）化学污染物的环境影响

循环水补水预处理系统使用的化学物质主要为聚合氯化铝、聚丙烯酰胺，根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加。含有悬浮物和氢氧化铝的沉淀泥浆水进行浓缩、脱水，固体物质不排入水体，脱水机滤液回收至排泥池，不直接排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。在线监测污泥浓缩上清液回收至排水池进一步回用至循环水补水预处理前端，无法回用时监测悬浮物含量，达标后排放。污泥脱水后泥饼委托有资质的单位外运处理，不向水体排放固体物质。

（5）生产废水和生活污水的影响

本工程运行期生活污水通过生活污水管网汇集至福建漳州核电厂 3、4 号原污水处理构筑物 2（ED2）的调节池后，采用管道外运处理。

本工程非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准（石油类 $\leq 5\text{mg}/\text{L}$ ）后排海。非放射性生产废水经非放射性生产废水系统收集后排至 3、4 号机组虹吸井前的暂存池监测，监测达标直接排海，监测超标则采用管道外运处理。

（6）噪声的影响

福建漳州核电厂 5、6 号机组正常运行对厂址周围声环境的影响经类比叠加分析，机组正常运行，预计厂界的噪声排放及附近最近居民点声环境影响可以满足相应标准要求。

（7）电磁辐射影响

福建漳州核电厂已建的 500kV 开关站，根据 HJ 24-2020 标准要求，采用类比法和已运行的田湾 1-4 号机组共用的 500kV 开关站、5-8 号机组共用的 500kV 开关站以及 500kV 开关站出线至厂内门型架（第一跨）处输电线路的电磁辐射强度的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。类比可知，福建漳州核电厂 5、6 号机组建成投运后，厂区已建 500kV 开关站及 500kV 出线至第一跨处输电线路对周围环境的电磁辐射影响也能够

满足国家相关标准的要求。

（8）固体废物的影响

运行期间产生的固体废物不会对附近区域的环境质量造成明显影响，是可以接受的。

综上所述，从自然条件和社会条件分析，本工程厂址能满足 2 台“华龙一号 2.0 版”压水堆机组的建设和运行要求。施工建设对环境的影响以及工程正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。因此，从核电厂建设和运行对环境的影响角度看，本工程建设 2 台“华龙一号 2.0 版”压水堆机组是可行的。

10.6 公众意见采纳情况总结

本工程的公众参与工作正在开展中，待完成后进行补充。

10.7 承诺

本报告书给出的对本工程建设和运营单位在环境保护方面的承诺如下：

——严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度；

——本工程建设期间，将严格进行施工期大气、噪声、海域环境监测，及时了解施工对环境的影响情况，积极与施工方沟通，尽量采取对环境影响小的施工方式。