

JXHG(35)-2026-002

核技术利用建设项目

中核国电漳州能源有限公司 非密封放射性物质工作场所项目 环境影响报告表

(公开版)

中核国电漳州能源有限公司

二〇二六年三月



表 1 项目基本情况

建设项目名称		中核国电漳州能源有限公司非密封放射性物质工作场所项目			
建设单位		中核国电漳州能源有限公司			
法人代表	吴*明	联系人	吴*	联系电话	198****5749
注册地址		福建省漳州市云霄县列屿镇城内村城东 999 号			
项目建设地点		福建省漳州市云霄县列屿镇城内村城东 999 号 漳州核电厂 AC2 厂房、AL1 化学实验室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	**	项目环保投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	**%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

1.1 建设单位情况

中核国电漳州能源有限公司于2011年11月28日在福建省漳州市云霄县注册成立，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51%、49%的股比出资组建，负责漳州核电、云霄抽水蓄能电站项目的开发、建设和运营管理。在“两弹一星”精神和“四个一切”核工业精神指引下，公司坚持安全发展、创新发展、绿色发展，努力打造中国综合性清洁能源基地，争做新时代最具魅力的一流美好公司。

漳州核电项目位于福建省漳州市云霄县列屿镇城内村城东999号，项目规划建设6台核电机组，总装机容量约720万千瓦，总投资超1100亿元，其中1、2号机组已分别于2025年1月1日和2026年1月1日投入商运，标志着一期工程全面建成投产；3、4号机组处于工程建设中，5、6号机组正在推进前期工作，机组全部投产后预计年发电量超600亿千瓦时。

1.2 项目建设内容与项目由来

（一）建设内容

根据项目建设和运行需要，中核国电漳州能源有限公司计划于漳州核电厂AC2厂房一层碘源制备间设置乙级非密封放射性物质工作场所，AL1化学实验室一层设置丙级非密封放射性物质工作场所。

AC2厂房一层碘源制备间内设置有1个手套箱和1个贮存柜，用于非密封放射性物质¹³¹I的贮存和分装配制，单瓶¹³¹I活度约为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ （50mCi），日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所。碘源制备间年最大操作次数约25次，配制后的¹³¹I溶液运至核岛相关厂房用于通风系统的碘吸附效率试验。

AL1化学实验室一层丙级非密封放射性物质工作场所涉源场所为 γ 谱仪间、放化测量间、低本底测量间、液闪测量间、热准备间、冷准备间、样品保存间，日等效最大操作量为 $1.12 \times 10^6 \text{Bq}$ 。

本项目涉及的非密封放射性物质情况见表1-1。

表 1-1 本项目非密封放射性物质情况表

序号	核素名称	理化性质	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	使用场所	贮存方式与地点
AC2 厂房一层碘源制备间（日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+08\text{Bq}$，为乙级非密封放射性物质工作场所）								
1	¹³¹ I	液态	1.85E+09	1.85E+08	3.7E+09	碘吸附实验 （溶液贮存、分装）	AC2 厂房一层碘源制备间、核岛厂房	AC2 厂房一层碘源制备间贮存柜
AL1 化学实验室一层（日等效最大操作量为 $1.12\text{E}+06\text{Bq}$，为丙级非密封放射性物质工作场所）								
2	²⁴¹ Am	固态粉末	80	8E+05	80			
3	⁴⁰ K	固态粉末	120	1.2E+03	120			

4	¹³⁷ Cs	液态	5.35E+04	5.35E+03	5.35E+04	设备和仪器 标定	γ谱仪间、放 化测量间、 低本底测量 间、液闪测 量间、热准 备间、冷准 备间	样品保存间 保险柜
5	⁶⁰ Co	液态	4.00E+04	4.00E+04	4.00E+04			
6	²⁴¹ Am	液态	4.16E+03	4.16E+04	4.16E+03			
7	⁵⁵ Fe	液态	4.52E+05	4.52E+04	4.52E+05			
8	¹⁴ C	液态	1.0E+06	1.0E+05	1.0E+06			
9	⁶³ Ni	液态	4.6E+05	4.6E+04	4.6E+05			
10	⁸⁹ Sr	液态	1.05E+05	1.05E+04	1.05E+05			
11	³ H	液态	9.2E+05	9.2E+03	9.2E+05			
12	⁸⁵ Kr	气态	1.16E+04	1.16E+03	6.96E+04			
13	¹⁵⁴ Eu、 ⁵⁷ Co、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ²² Na、 ⁶⁰ Co	液态	9.18E+04	9.18E+03	3.67E+05			
14	¹⁰⁹ Cd、 ⁵⁷ Co、 ¹³⁹ Ce、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ⁶⁰ Co	液态	7.69E+04	7.69E+03	3.08E+05			

注：其中 ¹³¹I 每次采购 50mCi，每年采购最多 2 次，年最大用量为 100mCi。⁸⁵Kr 和混合核素均无需分装，每次采购量为日最大操作量；其余核素均为一次性采购全年用量。

(二) 项目由来

本次评价内容涉及 1 个丙级非密封放射性物质工作场所和 1 个乙级非密封放射性物质工作场所。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订本）（国务院令 第 653 号）、《放射性同位素

与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部令第20号）、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版，生态环境部令第16号）等国家环境管理相关法律法规的规定，中核国电漳州能源有限公司非密封放射性物质工作场所项目应编制环境影响报告表。

中核国电漳州能源有限公司于2025年10月正式委托江西省地质局实验测试大队进行辐射环境影响评价（委托书详见附件1）。江西省地质局实验测试大队受委托后，立即组织人员进行了现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目环境影响报告表。

1.3 项目地理位置及周边环境

本项目AC2厂房一层碘源制备间、AL1化学实验室位于漳州市云霄县列屿镇城内村城东999号漳州核电厂内，漳州核电厂中心地理坐标为东经117°29'27.6"，北纬23°49'47.9"。

AC2厂房为三层建筑，分为地下一层，地上二层。AC2厂房东侧为AC1厂房，南侧为内部道路及QT厂房，西侧为空地、内部道路及QS厂房，北侧为内部道路；AC2厂房一层碘源制备间东侧为走道，南侧为楼梯间，西侧为空地，北侧为过厅和走道，楼上为棒控线圈检修间、过道、核测仪表检修间、剂量鉴定室、414热储存室、417热储存室，楼下为在役检查沾污设备室、楼梯间、走道。

AL1化学实验室为三层建筑，分为地下一层，地上二层。本项目AL1化学实验室一层东侧为内部道路及AS厂房，南侧为内部道路，西侧为内部道路及QR厂房，北侧为内部道路及QT厂房，楼上为去污间、更衣间、冷实验室、离子色谱间、原子吸收间、气相色谱间、固体试剂库、液体试剂库、常规实验室、油分析室、颗粒度、闪点、备品备件库、前室、淋浴间、卫生间等，楼下为排烟机房、送风机房、控制室、通信设备间、蓄电池室、配电间、排风机房、低放废液贮存输送间、过渡间、走廊等。

本项目辐射工作场所周围（紧邻）场所一览表见表1-2。

表1-2 辐射工作场所周围（紧邻）场所一览表

位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
AC2 厂房	AC1 厂房	内部道路、QT 厂房	空地、内部道路及 QS 厂房	内部道路	/	/
碘源制备间	走道	楼梯间	空地	过厅、走道	棒控线圈检修间、过道、核测仪表检修间、剂量鉴定室、414 热储存室、417 热储存室	在役检查沾污设备室、楼梯间、走道

AL1 化学实验室一层	内部道路、AS 厂房	内部道路	内部道路、QR 厂房	内部道路、QT 厂房	去污间、更衣间、冷实验室、离子色谱间、原子吸收间、气相色谱间、固体试剂库、液体试剂库、常规实验室、油分析室、颗粒度、闪点、备品备件库、前室、淋浴间、卫生间等	排烟机房、送风机房、控制室、蓄电池室、配电间、排风机房、低放废液贮存输送间、过渡间、走廊等
-------------	------------	------	------------	------------	--	---

1.4 与“生态环境分区管控”相符性分析

(1) 生态保护红线

本项目所属的漳州核电厂位于福建省漳州市云霄县列屿镇城内村城东 999 号，不位于自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护地和其他需要特别保护等法律法规禁止开发建设的区域。因此项目建设符合生态红线控制要求。

(2) 环境质量底线

根据辐射环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于正常本底水平， α 、 β 表面污染和空气中的 I-131 均未检出。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，放射性废气、放射性废液和放射性固废等均采取了合理、有效、可行的处理措施，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，不会突破当地环境质量底线。

(3) 资源利用上线

本项目营运过程中会消耗一定量的电源和水源等，主要来自工作人员操作过程和贮存过程的设施用电，工作人员用水，但项目资源消耗量较少，不会突破能源利用上线，符合资源利用上线要求。

(4) 生态环境管控单元

根据福建省生态环境分区管控数据应用平台综合查询报告可知，本项目 AC2 厂房、AL1 化学实验室位于云霄县重点管控单元 1 (ZH35062220003)。本项目生态环境准入要求符合性分析见表 1-3。

表 1-3 本项目生态环境准入要求符合性分析表

环境管控单元名称及代码	单元类型	生态环境准入要求		本项目情况	符合性
云霄县重点管控单元 1 (ZH3506222003)	重点管控单元	空间布局约束	云霄县重点管控单元1主要包含陈岱镇、东厦镇、火田镇、列屿镇、莆美镇、下河乡：1.禁止新建、扩建涉气重污染项目。2.严禁在人口聚集区新建涉及危险化学品的项目。3.禁止在城镇居民区、文化教育科学研究区等人口集中区域建设畜禽养殖场、养殖小区。4.禁止开发利用未经评估和无害化处理的列入建设用地污染地块名录及开发利用负面清单的土地。	本项目为核技术利用项目,不属于涉气重污染项目、危险化学品项目及畜禽养殖场等,不属于禁止开发利用未经评估和无害化处理的列入建设用地污染地块名录及开发利用负面清单的土地。	符合
		污染物排放管控	1.工业企业的新增二氧化硫、氮氧化物及VOCs排放量实行总量控制,落实相关规定要求。2.加快城镇污水管网建设,新(改/扩)建污水处理厂排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)一级A排放标准或更严者。	本项目不产生二氧化硫及VOCs等,不属于新建污水处理厂排放项目。	符合
		环境风险防控	对单元内具有潜在土壤污染环境风险的企业应加强管理,实施项目环评、设计建设、拆除设施、终止经营全生命周期土壤和地下水污染防治,建立土壤和地下水污染隐患排查治理制度、风险防控体系和长效监管机制。制定环境风险应急预案,建设突发事件应急物资储备库,成立应急组织机构。	中核国电漳州能源有限公司拟加强放射性核素的管理,制定了相应的辐射事故应急预案,成立了应急组织机构。	符合
		资源开发效率要求	禁止使用、销售高污染燃料,禁止新建、扩建高污染燃料燃用设施。	本项目属于核技术利用项目,不涉及资源开发效率要求的相关内容。	符合

综上所述,本项目不涉及生态保护红线,符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求,本项目建设符合“生态环境分区管控”要求。

1.5 与“三区三线”管控方案的相符性

“三区三线”是根据城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的空间,分别对应划定的

城镇开发边界线、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线。根据福建省自然资源厅坚持“统一底图、统一标准、统一规划、统一平台”的原则，结合漳州市云霄县已发布的“生态环境分区管控”要求，本项目 AC2 厂房、AL1 化学实验室不占用城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线。本项目 AC2 厂房、AL1 化学实验室位于福建省漳州市云霄县列屿镇城内村城东 999 号漳州核电厂内，用地性质属于工业用地，符合当地的土地利用规划。综上分析，本项目 AC2 厂房、AL1 化学实验室与“三区三线”的管控方案相符合。

1.6 可行性分析

本项目非密封放射性物质¹³¹I用于漳州核电厂核岛废气处理系统的碘吸附效率试验，其余非密封放射性物质用于设备和仪器标定，是核电站辐射防护和环境保护所必需的，对保证核电站安全运行，提高辐射防护水平，保护环境，保障公众健康具有重要意义。贮存柜及保险柜可实现对非密封放射性物质进行安全控制和集中管理，防止非密封放射性物质丢失或盗窃，避免意外辐射事故的发生，保证工作人员的辐射安全，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》的相关规定，本项目属于“鼓励类”中第六项“核能”第4条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合当前国家产业政策。

1.7 评价目的

（1）对项目拟建场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，以掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

（2）通过环境影响评价，预测建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目工程设计和环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（4）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

1.8 环评内容、评价因子及评价重点

本项目环评内容为丙级、乙级非密封放射性物质工作场所使用的核素产生的电离辐射。本次评价因子包括周围剂量当量率、表面污染、有效剂量等，重点评价其产生的电离辐射对环境及敏感点人群的影响。

1.9 原有核技术利用项目许可情况

(一) 原有核技术利用项目许可及环保手续履行情况

中核国电漳州能源有限公司目前持有的辐射安全许可证（闽环辐证〔00443〕）许可种类和范围为：使用II类、III类、IV类、V类放射源，有效期至2028年3月19日（见附件2）。

中核国电漳州能源有限公司原有放射源许可情况见表1-4。

表 1-4 中核国电漳州能源有限公司原有放射源许可情况

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	使用场所	环评情况	竣工环保验收情况
1	Pu-238/Be	III	1.3E+11*1	1号机组核辅助厂房 N208 室	闽环辐评（2023）7号	2025年11月22日完成
2	Pu-238/Be	III	1.3E+11*1	2号机组核辅助厂房 N208 室		
3	Cs-137	V	1.48E+6*2	BOP 厂房	备案号：20233506220000011	/
4	Cs-137	IV	3.7E+10*2	电仪修车间		
5	Cs-137	IV	3.7E+9*2			
6	Cs-137	IV	1.11E+10*2			
7	Co-60	IV	1.11E+10*2			
8	Cs-137	III	3.7E+11*1	电仪修车间一层辐照室	闽环辐评（2023）7号	2025年11月22日完成
9	Co-60	II	3.7E+11*1			
10	Am-241	III	1.8E+11*1			
11	Eu-152	V	3.7E+4*6	反应堆厂房	备案号：20233506220000011	/
12	Cs-137	V	3.7E+5*28			
13	Cs-137	V	7.4E+5*4			
14	Cs-137	V	1.48E+6*2			
15	Cs-137	V	3.7E+7*4			
16	Cs-137	V	1E+6*66			
17	Cs-137	V	3.7E+4*2			
18	Cs-137	V	3.7E+6*4			
19	Cs-137	V	3.7E+8*2			
20	Cs-137	IV	1.85E+10*2			
21	Co-60	V	4.5E+6*2			
22	Co-60	V	4.5E+5*2			
23	Cf-252	IV	5.8E+9*4	反应堆厂房（中子源）		
24	Sr-90	V	1.85E+7*2	人员通行厂房		

（二）辐射安全管理情况

中核国电漳州能源有限公司现有辐射工作场所的辐射防护设施运行工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

（1）公司已建立辐射安全与环境保护管理机构。公司建立有《辐射防护领域管理大纲》《放射源与射线装置管理》等规章制度，并要求工作人员严格按规章制度要求执行。公司制定了《核电厂辐射事件与事故应急响应预案》，并每年进行辐射事故应急演练。

（2）公司制定有辐射监测方案且定期开展监测，并将监测数据记录存档。

（3）公司于每年 1 月 31 日前提交上一年度年度评估报告，2025 年度评估报告已上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”进行备案。

（4）公司辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况：

中核国电漳州能源有限公司辐射工作人员均配备了个人剂量计，每两个月送有资质的单位（中核核电运行管理有限公司）进行检测，建立个人剂量档案。辐射工作人员均通过辐射安全培训并考核合格，合格证均在有效期内。辐射工作人员定期参加职业健康体检，并建立了健康监护档案。

1.10 环保投资

本项目总投资为**万元，其中环保投资为**万元，占总投资的**%。项目环保投资情况见表 1-5。

表 1-5 环保投资情况一览表

项 目		环保投资金额（万元）	
AC2 厂房一层碘源制备间、AL1 化学实验室	墙体建设、保险柜、贮存柜、手套箱等防护措施	**	**
三废处置	通风系统、放射性固废和放射性废水处置	**	
监测仪器	γ 剂量率仪、表面污染监测仪、移动式气溶胶活度监测仪等	**	
辐射工作人员参加辐射安全防护专业知识培训、职业病健康体检、个人剂量监测等		**	
环保手续办理和辐射年度监测费用等		**	

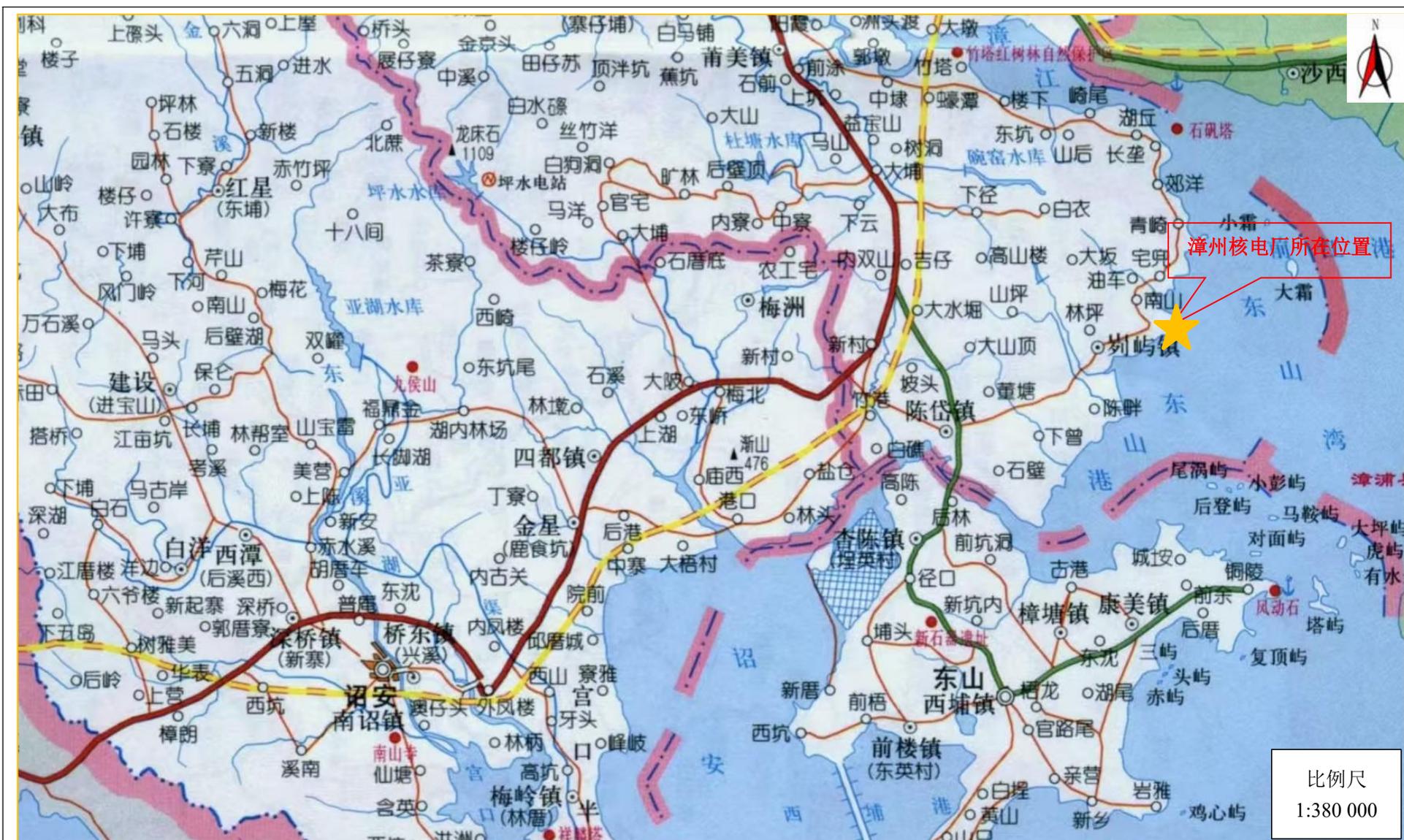


图1-1 项目地理位置图

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/活度(Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
AC2 厂房一层碘源制备间（日等效最大操作量为 1.85E+08Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所）										
1	¹³¹ I	液态、 中毒	使用	1.85E+09	1.85E+08	3.7E+09	碘吸附实验 （溶液分装、 贮存）	简单操作	碘源制备间、 核岛厂房	碘源制备间贮存柜
AL1 化学实验室（日等效最大操作量为 1.12E+06Bq，属于丙级非密封放射性物质工作场所）										
2	²⁴¹ Am	固态 粉末、 极毒	使用	80	8E+05	80	设备和仪器标定	特别危险操作	γ谱仪间、放化 测量间、低本底 测量间、液闪测 量间、热准备间、冷准备间	样品保存间保险柜
3	⁴⁰ K	固态 粉末、 低毒	使用	120	1.2E+03	120	设备和仪器标定	特别危险操作		样品保存间保险柜
4	¹³⁷ Cs	液态、 中毒	使用	5.35E+04	5.35E+03	5.35E+04	设备和仪器标定	简单操作		样品保存间保险柜
5	⁶⁰ Co	液态、 高毒	使用	4.00E+04	4.00E+04	4.00E+04	设备和仪器标定	简单操作		样品保存间保险柜
6	²⁴¹ Am	液态、 极毒	使用	4.16E+03	4.16E+04	4.16E+03	设备和仪器标定	简单操作		样品保存间保险柜
7	⁵⁵ Fe	液态、 中毒	使用	4.52E+05	4.52E+04	4.52E+05	设备和仪器标定	简单操作		样品保存间保险柜
8	¹⁴ C	液态、 中毒	使用	1.0E+06	1.0E+05	1.0E+06	设备和仪器标定	简单操作		样品保存间保险柜

9	⁶³ Ni	液态、 中毒	使用	4.6E+05	4.6E+04	4.6E+05	设备和仪器标定	简单操作	γ谱仪间、放化 测量间、低本底 测量间、液闪测 量间、热准备 间、冷准备间	样品保存间保险柜
10	⁸⁹ Sr	液态、 中毒	使用	1.05E+05	1.05E+04	1.05E+05	设备和仪器标定	简单操作		样品保存间保险柜
11	³ H	液态、 低毒	使用	9.2E+05	9.2E+03	9.2E+05	设备和仪器标定	简单操作		样品保存间保险柜
12	⁸⁵ Kr	气态、 低毒	使用	1.16E+04	1.16E+03	6.96E+04	设备和仪器标定	很简单操作		样品保存间保险柜
13	¹⁵⁴ Eu、 ⁵⁷ Co、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ²² Na、 ⁶⁰ Co	液态、 高毒	使用	9.18E+04	9.18E+03	3.67E+05	设备和仪器标定	很简单操作		样品保存间保险柜
14	¹⁰⁹ Cd、 ⁵⁷ Co、 ¹³⁹ Ce、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ⁶⁰ Co	液态、 高毒	使用	7.69E+04	7.69E+03	3.08E+05	设备和仪器标定	很简单操作	样品保存间保险柜	

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废液	液态	主要为表 3 非密封放射性物质中的液态核素	/	/	约 10L	≤1000Bq/L	AL1 化学实验室废液倒入核电站放射性废液处理系统。	废液进入三废处理系统后经过滤、除盐后排往废液排放系统或蒸发后进行固化处理。废液单次排放前取样分析达标后进行排放，如不能达标则重新进入放射性废液处理系统处理。固化处理后运至固体废物暂存库（QT）进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。
放射性气体	气态	¹³¹ I	/	/	碘源制备过程： ≤1850Bq 碘吸附试验过程： 1.04×10 ⁵ Bq	碘源制备过程： ≤ 0.20Bq/m ³ 碘吸附试验过程： ≤ 0.35Bq/m ³	无	碘源制备间中挥发 ¹³¹ I 气体通过手套箱上方自带的吸附器和高效过滤器吸附处理后，排入大气。各通风系统试验时产生的 ¹³¹ I 气体通过碘吸附处理器吸附处理，未被吸附的由核电站烟囱排入大气。
放射性固废	固态	1.废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭等。 2.AL1 化学实验室产生的放射性固体废物：一次性手套、吸水纸和实验物资（如移液枪头、废旧试剂瓶等）。	/	/	200kg	/	QT	1.AL1 化学实验室产生的放射性固废运输至电站放射性固体废物处理辅助厂房（QS）进行压缩/固化处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。 2.装 ¹³¹ I 母液试剂瓶和铅罐由供货单位回收处置，不作为核电厂的放射性废物处理。废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭等包装在收集袋内送往 QS 厂房放射性废物收集点进行处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg，或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订，2015年1月1日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年12月29日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10 月1日起施行）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院令682号， 2017年10月1日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令709号， 2019年修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版，生态环境部令第16号）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规 章和规范性文件的决定，生态环境部令第20号）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第18号，2011 年5月1日起施行）；</p> <p>(9) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（环办函〔2006〕629号，2006年9 月28日印发）；</p> <p>(10) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月1日第6次委务会议审议通 过，自2024年2月1日起施行）；</p> <p>(11) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号，自 2017 年 12 月 6 日起施行）；</p> <p>(12) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号， 2005 年 12 月 23 日发布）；</p> <p>(13) 《辐射安全与防护监督检查技术程序》（生态环境部，2020 年 2 月）；</p> <p>(14) 《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》（环办辐射函〔2017〕609 号， 原环境保护部办公厅，2017 年 4 月 21 日起施行）；</p> <p>(15) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环 发〔2006〕145号，2006年9月26日）；</p> <p>(16) 《放射性废物安全管理条例》（2011年12月20日国务院第612号令发布，2012年3 月1日施行）；</p>
------	--

	<p>(17) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函〔2016〕430号)；</p> <p>(18) 《关于印发核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲(试行)的通知》(闽环保辐射〔2013〕10号)；</p> <p>(19) 《福建省生态环境保护条例》(福建省第十三届人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过，2022年5月1日起施行)；</p> <p>(20) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行)；</p> <p>(21) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告2019第57号，2020年1月1日起实施)；</p> <p>(22) 《国家危险废物名录(2025年版)》(生态环境部令第36号，2025年1月1日起施行)；</p> <p>(23) 关于发布《建设项目危险废物环境影响评价指南》的公告(环境保护部第43号，2017年9月1日起实施)；</p> <p>(24)《关于规范放射性同位素与射线装置豁免备案管理工作的通知》(环办辐射〔2018〕49号)。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(5) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(7) 参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)；</p> <p>(8) 参照《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)；</p> <p>(9) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(11) 《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)；</p> <p>(12) 《放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范》(GB/T16148-2009)。</p>

其他

- (1) 委托书（附件 1）；
- (2) 《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）；
- (3) 建设单位提供的其他资料；
- (4) 《简明放射性同位素应用手册》（卢玉楷主编）；
- (5) 《Federal Guidance Report No.11》(U.S.EPA)；
- (6) 《辐射安全手册》（潘自强）；
- (7) 《辐射防护手册》（第三分册）。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），乙级、丙级非密封放射性物质工作场所项目的评价范围取半径 50m。

本项目漳州核电厂 AC2 厂房一层碘源制备间为乙级非密封放射性物质工作场所，漳州核电厂 AL1 化学实验室一层为丙级非密封放射性物质工作场所，取 AC2 厂房一层碘源制备间和 AL1 化学实验室一层控制区边界外 50m 的范围为评价范围。项目涉及的通风试验场所在核岛内部，本项目不再设置为非密封放射性物质工作场所。

7.2 保护目标

本项目 AC2 厂房一层碘源制备间和 AL1 化学实验室一层控制区边界外 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感区域，环境保护目标主要是本项目辐射工作人员和评价范围内的公众，本项目环境保护目标一览表详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

场所名称		环境保护对象	方位	距离	人数	类型	年剂量约束值 (mSv)
碘源制备间	碘源制备间内	职业人员	/	/	2 人	职业照射	5
	棒控线圈检修间、过道、核测仪表检修间、剂量鉴定室、414 热储存室、417 热储存室	公众	楼上	紧邻	10 人	公众照射	0.1
	在役检查沾污设备室、楼梯间、走道	公众	楼下	紧邻	流动人员	公众照射	0.1
	QS	公众	西侧	31m	20 人	公众照射	0.1
	AC2 厂房非本项目辐射工作人员	公众	/	0.3m	20 人	公众照射	0.1
	AC1 厂房	公众	东侧	32m	15 人	公众照射	0.1

AL1 化学 实验 室一 层	AL1 化学实验室一层内工作人员	职业人员	/	/	3 人	职业照射	5
	去污间、更衣间、冷实验室、离子色谱间、原子吸收间、气相色谱间、固体试剂库、液体试剂库、常规实验室、油分析室、颗粒度、闪点、备品备件库、前室、淋浴间、卫生间等	公众	楼上	紧邻	20 人	公众照射	0.1
	排烟机房、送风机房、控制室、蓄电池室、配电间、排风机房、低放废液贮存输送间、过渡间、走廊等	公众	楼下	紧邻	2 人	公众照射	0.1
	AS	公众	东侧	27m	10 人	公众照射	0.1
	QR	公众	西侧	32m	30 人	公众照射	0.1
	QT	公众	北侧	31m	20 人	公众照射	0.1

项目涉及的通风试验场所在核岛内部，50m 范围内主要建筑为核辅助厂房、核反应堆厂房、电气厂房、核燃料厂房、柴油机厂房，通风试验场所周围无环境保护目标。

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射、公众照射剂量限值与剂量约束值

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

附录B中对“剂量限值”要求如下：

（1）职业照射剂量限值

1) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv/a 作为剂量约束值。

（2）公众照射剂量限值

1) 年有效剂量，1mSv；

本项目取其十分之一即 0.1mSv/a 作为剂量约束值。

2. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

第6.1.1款规定：对职业照射用年有效剂量评价，应符合GB18871-2002的B1.1的规定。

第6.1.3款规定：对职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，

还应作进一步调查，本标准建议的年调查水平为有效剂量5.0mSv/a。

综上所述，本次评价以不超过5.0mSv作为辐射工作人员年剂量约束值；以不超过0.1mSv作为公众人员年剂量约束值。

7.3.2 非密封放射性物质工作场所的分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中附录C规定的，非密封源工作场所的分级，应按下表将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-2 非密封源工作场所分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。公式如下：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性组别修正因子}}{\text{操作方式与放射源状态修正因子}}$$

放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表7-3和表7-4：

表 7-3 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 7-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体，溶液， 悬浮液	表面有污染的固 体	气体，蒸汽，粉末，压力很高的 液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

7.3.3 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区，对于未被设定为控制区，不需要专门防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域，划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制，辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动

不限制。

7.3.4 工作场所辐射剂量率控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表B11的规定，对于工作场所的放射性表面污染应满足一定的控制水平，具体如下：

表 7-5 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		α放射性物质		β放射性物质 (Bq/cm ²)
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
1) 该区内的高污染子区除外				

根据 B2.2 工作场所的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 7-5 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时经主管部门确认同意后，可当作普通物品使用。

参照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）第 6.1 款屏蔽要求：

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。

6.1.7 固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

7.3.5 污染物排放标准

①放射性固体废物管理

本项目产生的放射性固体废物纳入核电站放射性固体废物处理系统（TES），并最终送往国家指定的中、低放废物处置场或厂址附近的中、低放废物处置场（如有）永久处置。

②放射性废气排放管理

空气中放射性核素导出浓度（按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的计算方法）：

利用下列关系式，可以由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值 $I_{j,L}$

$$I_{j,L}=DL/e_j$$

式中 DL 表示相应的有效剂量的年剂量限值；

e_j 表示放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值。

本项目使用的 Kr-85 气态源密封在气罐内，刻度时整体使用，使用时不产生放射性废气，气态非密封放射源，均密封在气罐内使用，使用全程不需要分装，使用完后由厂家回收。

本项目使用 ^{131}I 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值工作人员取**Sv/Bq，公众取**Sv/Bq。

表 7-6 放射性核素的导出空气浓度

核素名称	工作场所		公众（排风口或环境敏感点）	
	浓度限值 Bq/m ³	吸入总活度限值 Bq	浓度限值 Bq/m ³	吸入总活度限值 Bq
^{131}I	1.89E+02	4.54E+05	1.28	1.35E+04

计算过程说明：计算时偏保守取职业照射剂量限值取**mSv/a，公众取**mSv/a，职业工作人员年工作**h（工作**天，每天工作 **h），公众时间取**h（**d，**h），呼吸量为** m³/h（**m³/min）；取 F、M、S 三种状态下不同气溶胶粒径 $e(g)_{1\mu\text{m}}$ 、 $e(g)_{5\mu\text{m}}$ 中的最大值；公众取年龄大于 17 岁 F、M、S 三种状态下的最大值（源自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 中附录 B）。

③放射性废水排放管理

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：对于接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 。

漳州核电厂的放射性废液经废液处理系统处理，取样分析满足排放要求后，通过电站废液排放系统向环境受控排放；否则返回废液处理系统处理。

AL1 化学实验室的标定放射性废液排入电站放射性废液处理系统，核电站废液单次排放前取样分析达标后进行排放，如不能达标则进入放射性废液经废液处理系统处理。

7.3.6 非密封放射源的管理

参照《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）第 9 款非密封放射源管理要求：

9.1 操作非密封源的单位应配备专（兼）职人员负责放射性物质的管理，应建立非密封放射源的账目（如交收账、库存账、消耗账），并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。

9.3 辐射工作场所贮存的非密封放射源数量应符合防护与安全的要求，对于不使用的非密封放射源应及时贮存在专用贮存场所。

9.4 贮存非密封放射源的保险橱和容器在使用前应经过检漏。容器外应贴有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起始时间和存放负责人等）。

9.5 存放非密封放射源的库房应采取安保措施，严防被盗、丢失。

9.6 应定期清点非密封放射源的种类、数量，做到账物相符。工作人员如发现异常情况应按相关规定及时报告。

9.7 应做好非密封放射源的领用和注销工作，领用人一般应做到：

- a) 掌握辐射防护基本知识；
- b) 履行登记手续，按期归还；
- c) 不允许擅自转借；
- d) 用毕办理注销手续。

7.3.7 操作非密封源相关的辐射防护监测

参照《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）第6款辐射防护监测要求：

6.1.1 操作非密封源的单位应具备相应的辐射防护监测能力，配备合格的辐射防护人员及相关的设备，制定相应的辐射监测计划。编写辐射监测计划应执行 GB8999、GB11217、GB5294、HJ/T61-2001 的相关规定。

6.1.2 应记录和保存辐射监测数据，建立档案。记录监测结果时应同时记录测量条件、测量方法和测量仪器、测量时间和测量人姓名等。

6.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，提出改进辐射防护工作的建议，并应将监测与评价的结果向审管部门报告；如发现有异常情况应及时报告。

6.3.1 应依据非密封源的特点和操作方式，做好工作场所监测，包括剂量率水平、空气中放射性核素浓度和表面污染水平等内容。

6.3.2 工作场所监测的内容和频度根据工作场所内辐射水平及其变化和潜在照射的可能性与大小进行确定。表 7-7 给出了一种可供参考的工作场所常规监测的内容与周期。

6.4.2 乙、丙级工作场所一般可以用定期取样测量的方法对气态流出物进行监测；对于甲级工作场所，其气态流出物年排放量可能达到容许排放限值或排放量的显著份额的，需进行在线连续监测。

表 7-7 工作场所常规监测的内容与周期

工作场所级别	表面放射性污染	气载放射性核素的浓度	工作场所辐射水平
甲	2 周	1 周	2 周
乙	4 周	2 周	2 周
丙	8 周	4 周	4 周

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 项目地理和场所位置

本项目 AC2 厂房一层碘源制备间、AL1 化学实验室一层位于福建省漳州市云霄县列屿镇城内村城东 999 号漳州核电厂内，项目地理位置图见图 1-1。

8.1.2 监测内容与点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）第 4.2.2 条中有关布点原则和方法，并结合本项目实际情况及可到达情况进行监测布点。本项目为非密封放射性物质工作场所，主要监测内容为环境 γ 辐射剂量率， α 和 β 表面污染水平，空气中 ^{131}I 。

8.1.3 监测仪器与规范

本项目电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 电离辐射监测仪器的参数与规范表

环境 γ 辐射剂量率	
仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号及编号	主机：FH40G 探头：FHZ672 E-10, F117
生产厂家	THermo SCIENTIFIC
测量范围	**nSv/h~** μ Sv/h
能量范围	**keV~**MeV
监测规范	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
监测单位	江西省地质局实验测试大队
检定证书编号	**
检定日期及有效期	2025 年 7 月 17 日—2026 年 7 月 16 日
检定单位	中国计量科学研究院
表面污染	
仪器名称	α 、 β 表面污染仪
仪器型号及编号	LB 124SC, 仪器编号：F136 出厂编号：10-10177
监测规范	《表面污染测定 第 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\text{max}} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》 (GB/T 14056.1-2008)
检定证书编号	**
检定日期及有效期	2025 年 1 月 9 日—2026 年 1 月 8 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院（华东国家计量测试中心）
^{131}I 废气	
仪器名称	低本底宽能高纯锗 γ 谱仪
仪器型号及编号	型号 LBE5030, 出厂编号 13092
监测规范	《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（WS/T184-2017）
校准日期及有效期	2024 年 3 月 5 日—2026 年 3 月 4 日

校准证书编号	**
校准单位	湖南省电离辐射计量站

8.1.4 质量保证措施

- a 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- c 监测仪器每年定期经计量部门检定/校准，检定/校准合格后方可使用。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- e 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- f 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.2 辐射环境质量现状监测结果

本项目所在区域及周围环境 γ 辐射剂量率、 α/β 表面污染，空气中 ^{131}I 现状监测结果见表8-2、表8-3和表8-4。

表 8-2 非密封放射性场所环境 γ 辐射剂量率检测结果表

序号	监测位置	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)		备注
		测量结果	标准偏差	
1	碘源制备间内	**	**	室内监测点
2	北侧过厅	**	**	室内监测点
3	北侧走道	**	**	室内监测点
4	东侧走道	**	**	室内监测点
5	南侧楼梯间	**	**	室内监测点
6	西侧空地	**	**	室内监测点
7	楼上过道	**	**	室内监测点
8	楼上棒控线圈检修间	**	**	室内监测点
9	楼上核测仪表检修间	**	**	室内监测点
10	楼上剂量鉴定室	**	**	室内监测点
11	热储存室 (AC414)	**	**	室内监测点
12	热储存室 (AC417)	**	**	室内监测点
13	楼下走道	**	**	室内监测点
14	楼下在役检查沾污设备室	**	**	室内监测点
15	样品保存间	**	**	室内监测点
16	冷准备间	**	**	室内监测点
17	热准备间	**	**	室内监测点
18	低本底测量间	**	**	室内监测点
19	电脑操作间	**	**	室内监测点
20	液闪测量间	**	**	室内监测点
21	放化测量间	**	**	室内监测点
22	γ 谱仪间 (AL1313)	**	**	室内监测点

23		γ谱仪间 (AL1314)	**	**	室内监测点	
24		准备间	**	**	室内监测点	
25		常规分析室	**	**	室内监测点	
26		离子色谱间	**	**	室内监测点	
27		原子吸收间	**	**	室内监测点	
28		ICP 间	**	**	室内监测点	
29		走廊	**	**	室内监测点	
30		AL1 化学实验室二层	备品备件库	**	**	室内监测点
31			前室	**	**	室内监测点
32	闪点室		**	**	室内监测点	
33	油分析室		**	**	室内监测点	
34	常规实验室		**	**	室内监测点	
35	液体试剂库		**	**	室内监测点	
36	固体试剂库		**	**	室内监测点	
37	更衣室		**	**	室内监测点	
38	走廊		**	**	室内监测点	
39	AL1 化学实验室负一层	送风机房	**	**	室内监测点	
40		低放废液贮存输送间	**	**	室内监测点	
41		排风机房	**	**	室内监测点	
42		配电间	**	**	室内监测点	
43		蓄电池室	**	**	室内监测点	
44		通信设备间	**	**	室内监测点	
45		控制室	**	**	室内监测点	
46		排烟机房	**	**	室内监测点	
47		走廊	**	**	室内监测点	
48	AC2 厂房北侧内部道路		**	**	室外监测点	
49	AC1 厂房旁		**	**	室外监测点	
50	AC2 厂房西侧空地		**	**	室外监测点	
51	QS 厂房旁		**	**	室外监测点	
52	AC2 厂房南侧内部道路		**	**	室外监测点	
53	AL1 化学实验室北侧内部道路		**	**	室外监测点	
54	AL1 化学实验室西侧内部道路		**	**	室外监测点	
55	AL1 化学实验室南侧内部道路		**	**	室外监测点	
56	AL1 化学实验室东侧内部道路		**	**	室外监测点	
57	QT 厂房旁		**	**	室外监测点	
58	AS 厂房旁		**	**	室外监测点	
59	QR 厂房旁		**	**	室外监测点	

表 8-3 非密封放射性场所α、β表面污染检测结果表

序号	监测位置		α表面污染 (Bq/cm ²)	β表面污染 (Bq/cm ²)
			测量结果	测量结果
1	碘源制备间	地面	**	**

		墙面	**	**
2	AL1 化学实验室一层 样品保存间	地面	**	**
		墙面	**	**
3	AL1 化学实验室一层 冷准备间	地面	**	**
		墙面	**	**
4	AL1 化学实验室一层 热准备间	地面	**	**
		墙面	**	**
5	AL1 化学实验室一层 低本底测量间	地面	**	**
		墙面	**	**
6	AL1 化学实验室一层 液闪测量间	地面	**	**
		墙面	**	**
7	AL1 化学实验室一层 放化测量间	地面	**	**
		墙面	**	**
8	AL1 化学实验室一层 γ 谱仪间 (AL1313)	地面	**	**
		墙面	**	**
9	AL1 化学实验室一层 γ 谱仪间 (AL1314)	地面	**	**
		墙面	**	**
10	AL1 化学实验室一层 准备间	地面	**	**
		墙面	**	**
11	AL1 化学实验室一层 常规分析室	地面	**	**
		墙面	**	**
12	AL1 化学实验室一层 离子色谱间	地面	**	**
		墙面	**	**
13	AL1 化学实验室一层 原子吸收间	地面	**	**
		墙面	**	**
		墙面	**	**

注： α 的MDC为**Bq/cm²， β 的MDC为**Bq/cm²。

表 8-4 空气中 ¹³¹I 检测结果表

序号	检测点位	检测结果 (mBq/m ³)
1	碘源制备间	<**

注：高纯锗 γ 能谱仪探测下限值为** mBq/m³。

8.3 辐射环境质量现状评价

由上表 8-2 可知，本项目拟建非密封放射性物质工作场所室外环境 γ 辐射剂量率为：
nGy/h~nGy/h，室内环境 γ 辐射剂量率为：
nGy/h~nGy/h，处于漳州市室内、室外辐射
环境本底范围值内（注：漳州市室内辐射环境本底范围值 102.0~351.7nGy/h，漳州市室外辐

射环境本底范围值 61.5~399.1nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》）。

由上表 8-3 可知，项目各辐射场所的 α 表面污染测量值、 β 表面污染测量值低未检出。由表 8-4 可知，本项目碘源制备间内空气中 ^{131}I 的活度未检出。

综上，项目所在区域及周围环境的辐射环境现状良好，未见异常，辐射环境质量处于当地正常辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 非密封放射性物质工作场所概况

中核国电漳州能源有限公司拟新增 2 个非密封放射性物质工作场所，分别为 AC2 厂房一层碘源制备间、AL1 化学实验室一层，本项目使用核素的理化性质见表 9-1。

表 9-1 非密封放射性物质工作场所使用核素的理化性质

序号	核素名称	半衰期	毒性级别	衰变方式	主要射线和能量 (MeV)	K 空气比释动能率常数 Gy.m ² .Bq ⁻¹ .s ⁻¹
1	¹³¹ I	8.02d	中毒	β ⁻	β:0.606(89.9%) γ:0.364(81.7%)	1.45E-17
2	²⁴¹ Am	432.2a	极毒	α	α:5.486(85.1%) γ:0.0595(35.78%) X:0.0139(42%)	9.80E-18
3	⁴⁰ K	1.251E+09a	低毒	EC、β ⁺ 、β ⁻	β:1.312(89.27%) γ:1.461(10.67%)	5.11E-18
4	⁶⁰ Co	5.2713a	高毒	β ⁻	β:0.318(99.925%) γ:1.173(99.85%) 1.332(99.98%)	8.53E-17
5	⁵⁵ Fe	2.7a	中毒	EC	X:0.0059(16.28%)	4.93E-27
6	¹⁴ C	5.70E+3a	中毒	β ⁻	β:0.156(100%)	/
7	⁶³ Ni	100a	中毒	β ⁻	β:0.067(100%)	/
8	⁸⁹ Sr	50.53d	中毒	β ⁻	β:1.495(99.99%) γ:0.91(0.0096%)	3.16E-21
9	³ H	12.32a	低毒	β ⁻	β:0.0186(100%)	/
10	⁸⁵ Kr	10.756a	低毒	β ⁻	β:0.687(99.5%) γ:0.151(75%)	8.51E-20
11	¹³⁷ Cs	30.167a	中毒	β ⁻	β:1.176(5.6%) γ:0.662(84.99%)	6.11E-23
12	¹⁵⁴ Eu	8.593a	高毒	β ⁻ 、EC	β:1.8453(10%) γ:1.274%(35%)	4.42E-17
13	⁵⁷ Co	271.74d	中毒	EC	γ:0.136(10.71%) 0.122(85.51%) 0.014(9.15%)	6.21E-18
14	¹³³ Ba	10.52a	中毒	EC	γ:0.356(62.05%) 0.30285(18.34%) 0.2764(7.16%)	1.98E-17
15	⁵⁴ Mn	312.12d	中毒	EC、β ⁻ 、β ⁺	γ:0.8348(99.975%)	3.06E-17
16	⁶⁵ Zn	244.06d	中毒	β ⁺ 、EC	β:0.3288(1.403%) γ:1.1155(50.6%)	2.03E-17
17	²² Na	2.6019a	中毒	β ⁺ 、EC	γ:0.5454(89.84%) 1.2745(99.94%)	7.80E-17
18	¹⁰⁹ Cd	461.4d	中毒	EC	γ:0.08803(3.7%)	1.09E-17
19	¹³⁹ Ce	137.641d	中毒	EC	γ:0.165857(79.9%)	8.05E-18

9.1.2 非密封放射性物质外购和贮存

本项目 AC2 厂房一层碘源制备间拟使用的非密封放射性物质 ¹³¹I 为液体源，通过购买

方式获得，到核电站时为铅罐包装运输，存储在碘源制备间内的贮存柜内，需要使用时在手套箱自行分装配制，配制消耗非密封放射性物质时填写消耗记录，分装后使用密封铅罐转移至使用场所。

本项目 AL1 化学实验室拟使用的非密封放射性物质通过购买方式获得，到厂时为瓶装运输。使用时自行分装或直接使用，并填写使用记录。 ^{131}I 每次采购 50mCi，每年采购最多 2 次，年最大用量为 100mCi。 ^{85}Kr 核素和混合核素均无需分装，每次采购量为日最大操作量；其余核素均为一次性采购全年使用量，并装在一个瓶中。

9.1.3 场所分级和分类

本项目非密封放射性物质见表 3。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C，对本项目 2 个非密封放射性物质工作场所日等效操作量核算，见表 9-2。操作方式修正因子取值原则如下：

1) 放射性核素的毒性分组见 GB18871-2002 附录 D。

2) 根据《辐射防护手册》（第三分册）辐射安全中的操作方式（源的贮存、很简单的操作、简单的操作、有特别危险的操作）的定义，各种操作类型的具体方式如下：

①源的贮存：把盛装在容器内的放射性溶液、样品和废液等密封后存放于工作场所的通风柜、手套箱、样品架、工作台和专用贮存柜内等贮存操作。这类操作可能的危害最小。

②很简单的操作：例如少量稀溶液的合并、分装和稀释，污染不严重的器皿和工具等的洗涤。这类操作，会有少量的放射性物质散布开来，主要是防止洒漏。

③简单的操作：例如溶液的取样、转移、沉淀、过滤或离心分离，萃取或反萃取，离子交换，色层分离，吸移或滴定放射性溶液等。这类操作，可能会有较多的放射性物质散布开来，除了会有表面污染外，还会有空气污染出现。

④有特别危险的操作：例如对溶液加热蒸馏或蒸发，烘烤烘干，强放溶液的取样或转移，粉末料样的称重、溶解、干沉淀物的收集与转移等。操作过程中均会产生少量气体或气溶胶。更危险的操作还有干式操作和发尘操作，例如破碎研磨样品，粉末物质剧烈混合或包装等。因此这类操作，不发生意外时并不一定有较多的放射性物质散布开来，但是发生事故的几率较多，而且后果较严重。

3) 根据《辐射防护手册》（第三分册）辐射安全中的操作方式（源的贮存、很简单的操作、简单的操作、有特别危险的操作）的定义，以及本项目操作方式，取修正因子如下：

①本项目 Kr-85 为气态源，密封在气罐内使用，使用全程不需要分装，为很简单的操作，修正因子取 0.1。

② ^{241}Am 和 ^{40}K 固态粉末按特别危险的操作，修正因子取 0.001。

③液体源，操作方式分为不需要分装操作和需要分装操作，其中一种不需要分装操作（混合核

素)的按照很简单的操作,修正因子取10。

另一种为需要进行分装操作,按照业主提供的信息,分装操作时需要溶液的转移,按照简单的操作,修正因子取1。

④¹³¹I为液体源,进行碘吸附试验时需要分装操作,碘源具有挥发性,分装操作时,有可能出现空气污染,划分为简单的操作,修正因子取1。

本项目2个非密封放射性物质工作场所,参考《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)附录G核医学工作场所分类的规定,对本项目2个非密封放射性物质工作场所日最大量放射性核素的加权活度进行估算,见表9-3。

表9-2 本项目2个非密封放射性物质工作场所日等效操作量核算

场所名称	序号	核素名称	常温下状态	毒性	毒性修正因子	日最大操作量(Bq)	操作方式	操作方式修正因子	日等效最大操作量(Bq)	合计日等效操作量(Bq)	场所等级
AC2 厂房一层碘源制备间	1	¹³¹ I	液态	中毒	0.1	1.85E+09	转移、分装、标定简单操作	1	1.85E+08	1.85E+08	乙级
AL1 化学实验室一层	2	²⁴¹ Am	固态粉末	极毒	10	80	转移、分装、标定特别危险	0.001	8E+05	1.12E+06	丙级
	3	⁴⁰ K	固态粉末	低毒	0.01	120	转移、分装、标定特别危险	0.001	1.2E+03		
	4	¹³⁷ Cs	液态	中毒	0.1	5.35E+04	转移、分装、标定简单操作	1	5.35E+03		
	5	⁶⁰ Co	液态	高毒	1	4.00E+04	转移、分装、标定简单操作	1	4.00E+04		
	6	²⁴¹ Am	液态	极毒	10	4.16E+03	转移、分装、标定简单操作	1	4.16E+04		
	7	⁵⁵ Fe	液态	中毒	0.1	4.52E+05	转移、分装、标定简单操作	1	4.52E+04		
	8	¹⁴ C	液态	中毒	0.1	1.0E+06	转移、分装、标定简单操作	1	1.0E+05		
	9	⁶³ Ni	液态	中毒	0.1	4.6E+05	转移、分装、标定简单操作	1	4.6E+04		
	10	⁸⁹ Sr	液态	中毒	0.1	1.05E+05	转移、分装、标定简单操作	1	1.05E+04		
	11	³ H	液态	低毒	0.01	9.2E+05	转移、分装、标定简单操作	1	9.2E+03		
	12	⁸⁵ Kr	气态	低毒	0.01	1.16E+04	密封在气罐内使用,无需分装很简单操作	0.1	1.16E+03		
	13	¹⁵⁴ Eu、 ⁵⁷ Co、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ²² Na、 ⁶⁰ Co	液态	高毒	1	9.18E+04	整瓶使用,无需分装很简单操作	10	9.18E+03		
	14	¹⁰⁹ Cd、 ⁵⁷ Co、 ¹³⁹ Ce、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、	液态	高毒	1	7.69E+04	整瓶使用,无需分装很简单操作	10	7.69E+03		

		⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ⁶⁰ Co									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

注：混合核素保守取其中最高的毒性权重因子。

表 9-3 本项目 2 个非密封放射性物质工作场所日最大量放射性核素的加权活度进行估算

场所名称	序号	核素名称	常温下状态	毒性	毒性权重因子	日最大操作量(Bq)	操作方式	操作方式修正因子	加权活度(MBq)	总加权活度(MBq)	场所分级
AC2 厂房一层碘源制备间	1	¹³¹ I	液态	中毒	100	1.85E+09	转移、分装、标定简单操作	1	1.85E+05	1.85E+05	I
AL1 化学实验室一层	2	²⁴¹ Am	固态	极毒	100	80	转移、分装、标定特别危险	1	8E-03	107.9	II
	3	⁴⁰ K	固态	低毒	100	120	转移、分装、标定特别危险	1	1.2E-02		
	4	¹³⁷ Cs	液态	中毒	100	5.35E+04	转移、分装、标定简单操作	1	5.35		
	5	⁶⁰ Co	液态	高毒	100	4.00E+04	转移、分装、标定简单操作	1	4		
	6	²⁴¹ Am	液态	极毒	100	4.16E+03	转移、分装、标定简单操作	1	0.416		
	7	⁵⁵ Fe	液态	中毒	100	4.52E+05	转移、分装、标定简单操作	1	45.2		
	8	¹⁴ C	液态	中毒	0.01	1.0E+06	转移、分装、标定简单操作	1	0.01		
	9	⁶³ Ni	液态	中毒	100	4.6E+05	转移、分装、标定简单操作	1	46		
	10	⁸⁹ Sr	液态	中毒	100	1.05E+05	转移、分装、标定简单操作	1	10.5		
	11	³ H	液态	低毒	0.01	9.2E+05	转移、分装、标定简单操作	1	9.2E-03		
	12	⁸⁵ Kr	气态	低毒	100	1.16E+04	密封在气罐内使用, 无需分装很简单操作	10	0.116		
	13	¹⁵⁴ Eu、 ⁵⁷ Co、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ²² Na、 ⁶⁰ Co	液态	高毒	100	9.18E+04	整瓶使用, 无需分装很简单操作	10	0.918		
	14	¹⁰⁹ Cd、 ⁵⁷ Co、 ¹³⁹ Ce、 ¹³³ Ba、 ¹³⁷ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ⁶⁵ Zn、 ⁶⁰ Co	液态	中毒	100	7.69E+04	整瓶使用, 无需分装很简单操作	10	0.769		

9.1.4 非密封放射性物质工程分析

9.1.4.1 碘源制备间

(1) 工艺流程及产污环节

核设施运行过程产生的 ¹³¹I 进入废气处理系统处理, 因此需要不定期进行碘吸附效率检

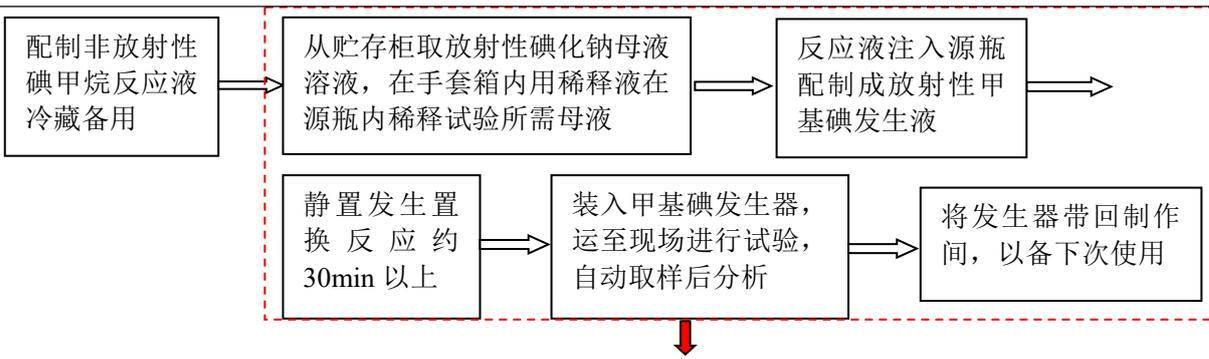
测，以保证废气处理系统对 ^{131}I 的吸收去除能力。具体方法为在通风系统某处释放一定量 ^{131}I （使用的 ^{131}I 即为本项目中的 ^{131}I ，作为示踪源），待废气处理系统吸收完成后，在特定处进行自动采样，通过样品检测结果来判断废气处理系统的有效性。

本项目使用的碘源为 Na^{131}I （碘化钠）溶液，与非放射性碘甲烷（ $\text{CH}_3^{127}\text{I}$ ）溶液发生同位素交换反应，产生放射性的甲基碘（ $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ ）气体。同位素交换法的反应方程式如下： $\text{CH}_3^{127}\text{I} + \text{Na}^{131}\text{I} = \text{CH}_3^{131}\text{I} + \text{Na}^{127}\text{I}$ ，利用生成的 $\text{CH}_3^{131}\text{I}$ 进行碘吸附试验。

配制放射性甲基碘的总体步骤如下：先按比例配制好非放射性碘甲烷反应液冷藏备用，然后从贮存柜取放射性 Na^{131}I 母液溶液，取源约**min；在手套箱内手动用稀释液在源瓶中稀释少量母液（根据试验活度取不同母液），配制体积不超过**mL，再将反应液注入源瓶配制成放射性甲基碘发生液，体积不超过**mL，用粘膜将瓶口包住，放入铅罐，将铅罐放入外包装，用胶带封好，发生液静置约**min 以上进行置换反应，此时人员不需要在旁边，分装时间为约**min。手套箱负压（150—250Pa）带通风装置，防止配制过程中放射性碘的少量挥发，换气次数不小于**次/h。将手套箱的母源还回贮存柜时间约**min。

甲基碘发生器现场试验如下：铅罐封装好并充分反应后，由本项目辐射工作人员转移至核岛厂房通风系统现场。使用时，将密封的碘源瓶置于甲基碘发生器内的气动升降台上，辐射工作人员在外部操纵气动升降台使碘源瓶与上方的鼓泡针及排气针连接，鼓泡针插入碘源瓶内的液体下方，排气针在碘源瓶内的液体上方，可将甲基碘气体注入通风系统，注入过程中，人员远离反应场所。甲基碘发生器在注入过程中始终保持负压，同时现场布置有碘监测仪，可监测放射性甲基碘气体是否泄漏，若泄漏则停止试验。工作人员通过在碘吸附器上、下游分别用活性炭盒自动取样，后将取样结果经 γ 谱仪分析可得到上、下游样品的放射性活度 $R_{\text{上}}$ 和 $R_{\text{下}}$ ，其比值即为碘吸附器的净化系数。该试验操作在核岛内部，不再划分为非密封放射性工作场所。样品分析场所在 AL1 化学实验室。

^{131}I 配制操作流程见图 9-1，手套箱通风系统示意图见图 9-2，碘源制备间人员流动、核素流动路径见表 10 章节中的 10.1.1。



γ射线、¹³¹I 放射性废气、β沾污、β射线韧致辐射、放射性固体废物

图 9-1 ¹³¹I 溶液配制操作工艺流程及产污环节示意图

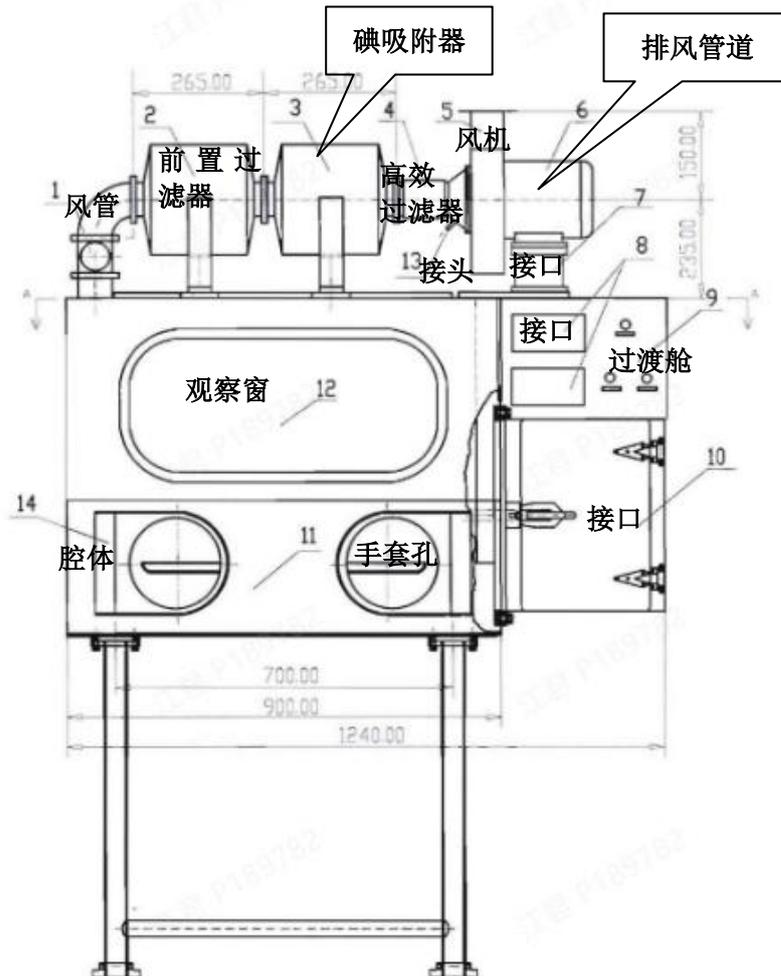


图 9-2 碘源制备间手套箱通风系统示意图

(2) 碘源配制操作相关要求

① 配制人员的要求

- 1) 碘源的配制人员须经过适当的辐射防护培训，达到规定的操作熟练程度；
- 2) 配制工作须由两人共同完成（一人配制，一人监护）。

② 配制人员的防护

- 1) 配制人员必须遵守核电站辐射防护规定，进入控制区要穿戴基本防护用品；
- 2) 佩戴热释光个人剂量计；
- 3) 携带环境剂量率仪；
- 4) 在碘源制备间中一切操作动作均要佩戴乳胶手套。

③配制前的准备工作

- 1) 打开手套箱的照明和通风开关；
- 2) 检查配制所需的材料是否齐全，包括小瓶、胶塞、铝盖、注射器、针头、 Na^{131}I 稀释溶液；
- 3) 准备好碘源运输所需的外包装；
- 4) 打开从厂家购买的 Na^{131}I 外包装，仔细阅读说明书，计算碘源的活度，做好记录；
- 5) 检查手套箱的表面沾污和剂量率，并填写记录，如有表面沾污要进行去污；
- 6) 启动排风机，并检查负压已建立；
- 7) 确认 AC2 厂房通风系统排风正常。

④配制

- 1) 戴乳胶手套；
- 2) 打开贮存柜，取出放射性 Na^{131}I 母液；
- 3) 关闭贮存柜，在原外包装中打开铅罐，检查 Na^{131}I 小瓶是否完好，如发现破裂，应及时通知辐射防护负责人员，不可自行处理；
- 4) 打开手套箱外门；
- 5) 将 Na^{131}I 放入过渡区；
- 6) 更换乳胶手套；
- 7) 关闭手套箱外门；
- 8) 打开手套箱内门，将 Na^{131}I 母液放入手套箱；
- 9) 关闭手套箱内门；
- 10) 按试验系统所需的活度用注射器注入稀释溶液进行 Na^{131}I 的稀释或合并，进行 Na^{131}I 稀释时，应边稀释、边排掉小瓶中的空气，配制好的放射性甲基碘发生液体积不超过**mL；
- 11) 将配制好的放射性甲基碘发生液源瓶放入特制的铅罐中，配制完到现场注入需静置**min 以上；
- 12) 打开手套箱内门，将铅罐放入过渡区，关闭内门；
- 13) 打开手套箱外门，将铅罐放入预先准备的外包装中，用胶带密封；
- 14) 填写放射性甲基碘配制记录。

⑤配制后的检查工作

- 1) 检查手套箱的表面沾污和剂量率，再填写记录，如有异常马上通知辐射防护人员；
- 2) 检查辐射工作人员的体表沾污情况，填写记录；
- 3) 停运排风机。

(3) 试验所需碘源活度

按试验系统所需活度用注射器注入稀释溶液对母液进行稀释，每次根据试验不同取用不同活度的 ^{131}I 。参考同类型已运行核电的试验经验，下表 9-4 为机组不同试验需要的 ^{131}I 活度范围及频次表。

表 9-4 不同试验场所需要的 ^{131}I 活度范围及频次

系统	每次使用活度 (mCi)	配制次数
安全壳大气监测系统 (CAM)	**	各类试验年合计 分装**次
废气处理系统 (ZGT)	**	
核燃料厂房通风 (VFL)	**	
安全厂房机械设备区通风系统 (VMO)	**	
核辅助厂房通风系统 (VNA)	**	
环形空间通风系统 (CAV)	**	
核废物厂房通风系统 (VRW)	**	
应急指挥中心通风系统 (VFE)	**	
废物处理中心通风系统 (VWB)	**	

(4) 碘源试验现场操作流程及安全要求

- 1) 检查试验系统是否处于预定状态，操作前应得到工作负责人的同意；
- 2) 检查甲基碘发生器内工具是否齐全（镊子、注射器、针头）；
- 3) 戴上碘面罩、乳胶手套；
- 4) 打开放射性甲基碘的外包装，打开发生器的两个操作手孔；
- 5) 脱下乳胶手套，关上两个操作手孔；
- 6) 投源停止 15 分钟后，打开操作手孔，戴上新乳胶手套，用粘膜将瓶口包住，放入铅罐，将铅罐放入外包装，用胶带封好；
- 7) 经辐射防护人员同意后，把使用过的废碘源试剂瓶从控制区经指定的通道运出，放入 AC2 厂房一层碘源制备间，将废碘源试剂瓶放入贮存柜中；
- 8) 在非密封放射性物质使用或工作间断时应采取措施，如用 γ 剂量率仪，检测铅罐的表面剂量率防止放射性物质可能的泄漏；
- 9) 两次操作结束，要用表面污染监测仪，检查辐射工作人员的体表沾污情况。

(5) 操作方式、工作人员配备、岗位设置和工作负荷情况

碘源制备间日常拟新增**名辐射工作人员，每次由**名工作人员操作，**人进行 ^{131}I 操作，1 人进行监护，每次分装配制接触 ^{131}I 的时间约**min（主要包括取源约**min，分装

操作约**min，还源约**min），另外每次从碘源制备间将配制的源溶液运送至现场准备发生放射性甲基碘的平均接触时间约**min，当开始试验后，由于人员远离反应场所，因此该过程不用考虑接触时间；根据核电站实际通风系统的试验需要，碘源制备间年最大分装配制操作次数约**次。此外，厂家将 ¹³¹I 非密封放射性物质送至 AC2 厂房门口，本项目碘源制备间辐射工作人员进行接收，每次接收时间为**min，每年最多购买**次。

9.1.4.2 AL1 化学实验室

(1) 工艺流程及产污环节

本项目AL1 化学实验室实验目的为设备和仪器标定，主要用于高纯锗伽马谱仪、液闪仪、碘化钠伽马谱仪等仪器标定，工作流程及产污环节见图 9-3。AL1 化学实验室一层人员流动、核素流动路径图见表 10 章节中的 10.1.1。

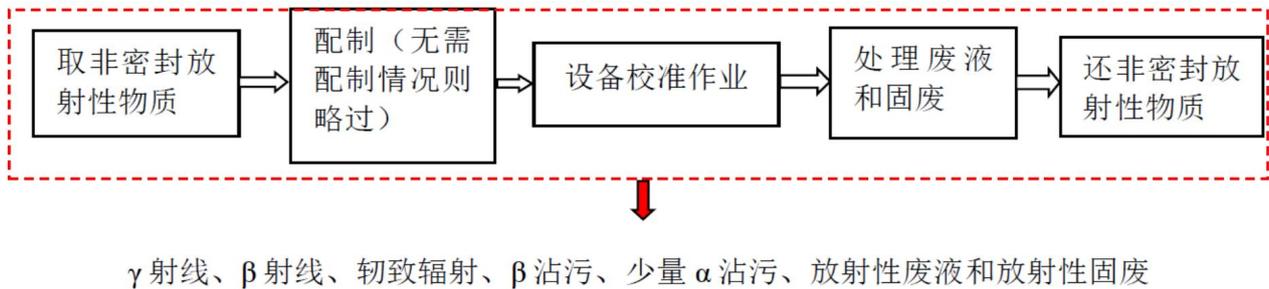


图 9-3 AL1 化学实验室非密封放射性物质操作流程及产污环节示意图

非密封放射性物质主要用于标定，分为取出非密封放射性物质、配制、标定、处理产生的废液和固废、归还非密封放射性物质 5 个环节，所有环节均有γ射线产生。非密封放射性物质操作分为需要配制和不需要配制两种；配制的目的主要是部分非密封放射性物质浓度较高，需要进行配制稀释后才能使用，根据需要定期对设备进行标定。

详细流程如下：

- 1) AL1 化学实验室放射源管理员（拟新增**名放射源管理员）核实借用人（即本项目辐射工作人员）核素借用授权的有效性；
- 2) 放射源管理人员通过双人双锁取出核素，借用人员需与放射源管理人员一起核对核素信息和状态；
- 3) 放射源管理员用辐射监测仪表测量并记录，确认无异常后，进行借还登记；
- 4) 本项目设备校准，部分核素为整瓶非密封放射性物质直接使用，部分非密封放射性物质需要进行分装，需要分装的又分为两种，一种是分装后直接使用，一种是使用H-3 和C-14 进行效率刻度，需要配制液闪液，配制液闪液的具体流程见图9-4。

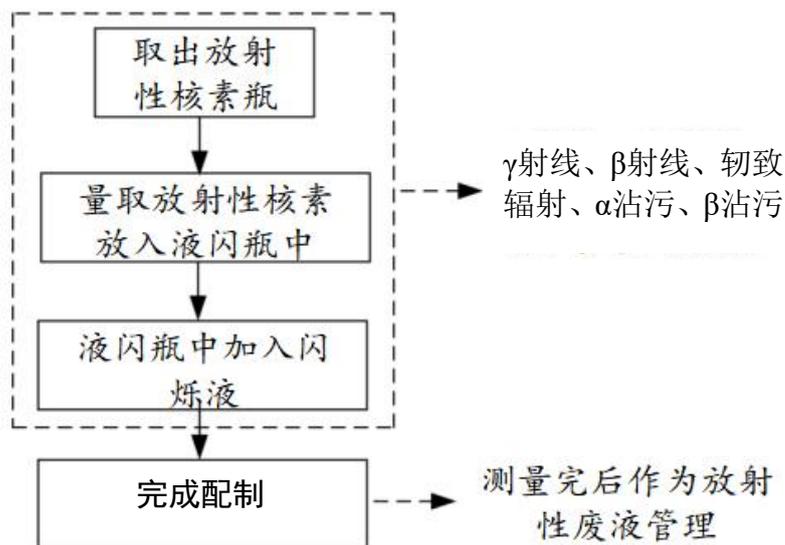


图9-4 配制液闪液的具体流程

5) 将无需配制的非密封放射物质或配制好的非密封放射物质放入需进行标定仪器的校准口;

6) 标定完成后, 将母液非密封物质归还; 将使用过的非密封物质产生的废液和固废进行处置; 使用非密封放射物质的需填写非密封放射物质配制及非密封放射物质使用记录;

7) 归还时, AL1 化学实验室管理员检查非密封放射性物质是否为借出的, 检查非密封放射性物质状态是否正常;

8) 借用人员和实验室放射源管理员一起核对非密封放射性物质信息和状态;

9) 放射源管理员用辐射监测仪表测量并记录, 确认无异常后填写 AL1 化学实验室放射源借还记录;

10) 通过双人双锁将非密封放射性物质放回存放位置 (样品保存间保险柜), 确保非密封放射性物质回归安全可控的贮存状态。

(2) 操作方式、工作人员配备、岗位设置和工作负荷情况

AL1 化学实验室日常配备**名操作人员 (由公司现有辐射工作人员调配, 调配后只从事本项目工作), 拟新增**名放射源管理员。无需进行核素配制每次需**名工作人员操作核素, 每次接触核素的时间约**min (主要为取源**min, 标定操作**分钟, 还源**min); 需核素配制每次需**名工作人员操作, **人进行核素操作, **人进行监护, 每次操作核素的时间约**min (主要为取源**min, 配制、标定操作**分钟, 还源**min)。根据表 1-1 可知, 需要配制的核素年最大标定次数为**次, 无需配制的核素年最大标定次数为**次。工作人员年受照时间为: **h。

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期的污染源项

本项目属于核电站内的核技术利用项目，所有的建设内容均属于核电站整体建设内容，项目所在 AC2 厂房、AL1 化学实验室已于核电站前期工程建设完成，本项目施工阶段主要进行贮存柜、手套箱等设备搬运、排风系统安装和接入，会产生短时噪声及少量固体废物。

9.2.2 运行期的污染源项

（一）正常工况

项目放射性同位素操作，正常工况下项目对工作人员和公众的剂量限值可控制在国家允许范围内。正常工况下的主要污染途径有：

- 1) 核素放出的 β 射线和 γ 射线对工作人员和公众产生外照射。
- 2) 工作人员或公众吸入放射性物质或放射性污染物而产生的内照射。
- 3) 工作人员在操作非密封放射性物质时，不可避免会引起实验室工作台、地面等放射性沾污，造成 α 和 β 放射性表面污染。

（二）事故工况

- 1) 放射性液体洒漏，使工作环境受到污染，工作人员受到外照射和可能发生的内照射；
- 2) 保管不善，放射性物品被盗，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射。

（三）放射性废物源项

（1）放射性固体废物：主要来自 AL1 化学实验室，约**kg/次，**kg/a，包括一次性手套、废闪烁液、吸水纸和实验物资（如移液枪头、废旧试剂瓶等）。

碘源制备间碘吸附器每年更换一次活性炭，碘吸附器包含活性炭的重量为**kg，废活性炭产生量**kg/年。少量来自碘源制备间的废碘源试剂瓶（每次试验产生）、试验橡胶手套（每次试验后）等，合计约**kg/年。

（2）放射性废气：主要来自碘源制备间内的 I-131 挥发，经表 11 计算得知，AC2 厂房排放口浓度最大约**Bq/m³。另外，核电站不同试验中配制的 I-131 最大使用活度为**mCi，根据反应过程可知全部转换为气态甲基碘，经计算最大排放约**Bq/m³。

（3）放射性废液：正常工况下，本项目碘源制备间不产生放射性废液，项目放射性废液主要为 AL1 化学实验室，每年约**L。本项目产生的放射性废液在不考虑消耗的情况下保守叠加所有需要配制的核素年最大操作活度，则 AL1 化学实验室使用非密封放射性物质活度为**Bq。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目非密封放射性物质涉及的工作场所为 AC2 厂房一层碘源制备间、AL1 化学实验室一层。项目布局原则按照辐射场所尽量集中布置，并按照场所的功能，充分考虑邻室及周围场所的人员防护与安全的要求进行布局。

(1) 从整个核电站布局：

①漳州核电厂放射性机修车间及仓库（AC 厂房，含 AC1 厂房和 AC2 厂房）是为核电站内被放射性污染或可能被放射性污染的设备和部件进行维修和贮存服务的，并可以储存相关的备品备件和设备的热机修车间。仓库的主要功能是对被放射性污染或可能被放射性污染的设备和部件进行清洗去污、维修和存放。由于热机修车间维修和存储设备均为核岛内受到放射性污染的设备和部件，为减少高放射性设备转运对周围环境的影响，热机修车间尽量靠近反应堆的位置，仅一条道路相隔，布局合理。

②AL1 化学实验室功能是承担主要回路和各系统中水的化学组成及放射性活度的监测；承担排放废水放射性活度的监测和反应堆厂房排放废气放射性浓度的监测，使其按规程排放，以保护环境。由于 AL1 化学实验室需在反应堆监测和取样，且样品活度相对较高，为减少监测样品转运对周围环境的影响，因此化学实验室布置在尽量靠近反应堆的位置，布局合理。

(2) 从各个辐射场所内部布局：

①AC2 厂房是为核电站内被放射性污染或可能被放射性污染的设备和部件进行维修和贮存服务的厂房；AC2 厂房分成冷区和热区。冷区主要用于存放没有被放射性沾污的实验设备和零部件以及供工作人员实验、办公、休息之用。热区主要用于对被放射性污染的设备或可能被污染的设备进行去污、维修和储存等服务以及备品备件的存放。AC2 厂房共设置地下一层、地上一层、地上二层，碘源制备间位于地上一层。

本项目乙级非密封放射性物质工作场所（碘源制备间）位于热区，整个热区作为一个全封闭的辐射控制区进行管理，进入该区域需佩戴个人热释光剂量计、电子个人剂量计读出器、通行卡读卡器，并通过专用旋转门/三角闸才能进入。本项目 ^{131}I 贮存柜和手套箱均位于碘源制备间内，靠墙体布置，同时碘源制备间通过带锁的门与控制区内其他房间分开；整个热机修车间作为核电站内部高辐射区域，本项目碘源制备间布置在该场所内；办公室、休息室等人员聚集场所集中布置在冷区，远离辐射控制区，可有效防止 ^{131}I 对周围环境的影响，因此本项目 AC2 厂房一层碘源制备间布局合理。

AC2 厂房地上一层设置有冷区人员出入口和热区人员出入口（通过冷、热更衣室），本项目碘源辐射工作人员由地上一层热区出入口进入，分别在男、女更衣室穿戴车间专用衣物后进入，沿通道到达碘源制备间，离开时需在卫生出口 C1 门（即门框式污染监测仪）检测，C1 旁有衣物回收桶，出车间时需将专用衣物放入回收桶内（衣物定期运送至核辅助厂房进行清洗去污），无污染在通过卫生出入口 C2 门（全身污染监测仪）检测后才能离开；C2 门旁有淋浴间，用于人员去污，可作为专业去污间。本项目碘源制备间位于核电站内，购买 ^{131}I 进入碘源制备间和分装好的 ^{131}I 进入核岛试验时进行错峰转运，避开人员密集区。

②AL1 化学实验室设有地下一层、地上一层、地上二层。地下一层布置有排烟机房、送风机房、控制室、蓄电池室、配电间、排风机房、低放废液贮存输送间、过渡间、走廊等；地上一层布置有 γ 谱仪间、放化测量间、低本底测量间、液闪测量间、热准备间、冷准备间、样品保存间、ICP 间、原子吸收间、离子色谱间、常规分析室、准备间等；地上二层设置有去污间、更衣间、冷实验室、离子色谱间、原子吸收间、气相色谱间、固体试剂库、液体试剂库、常规实验室、油分析室、颗粒度、闪点、备品备件库、前室、淋浴间、卫生间等。

AL1 化学实验室丙级非密封放射性物质工作场所位于地上一层，由于 AL1 化学实验室有较高放射性的样品，设计将 AL1 化学实验室一层封闭管理，进出需通过唯一的卫生出入口，卫生出入口设置在 AL1 化学实验室二层；卫生出入口门（即全身污染监测仪）旁有衣物回收桶，进入 AL1 化学实验室需穿戴实验室专用衣物，出 AL1 化学实验室时需全身污染监测仪进行监测，并将专用衣物放入回收桶内，定期运送至核辅助厂房进行清洗去污。卫生出入口旁有去污间，用于人员去污。

非密封放射性物质进入场所需通过 AL1 化学实验室一层样品传递间送样窗进入准备间，然后由南侧进入样品保存间保险柜内，使用时从保险柜取出后，在热准备间配制，然后在 γ 谱仪间、放化测量间、低本底测量间、液闪测量间、冷准备间进行仪器校准。本项目 AL1 化学室位于核电站内，购买核素进入时进行错峰转运，避开人员密集区。

10.1.2 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 6.4 辐射工作场所的分区，把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。将高辐射和可能发生高污染的区域划定为控制区，将控制区外较低辐射的区域划定为监督区，在监督区的边界设置醒目的电离辐射警示牌，禁止辐射无关人员进入监督区范围。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程

序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的任何区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件。

本项目 AC2 厂房一层碘源制备间、AL1 化学实验室控制区、监督区划分情况如下：

碘源制备间位于 AC2 厂房热区，其相邻区域也属于 AC2 厂房热区，由于核电站将整个热区作为一个全封闭的辐射控制区进行管理，人员进入该区域需通过专用旋转门/三角闸且得到相关授权，并做好个人防护后才能进入，本项目辐射工作人员在碘源制备间内开展工作，将碘源制备间划分为本项目控制区，除西侧墙外 30cm 为空地（监督区），相邻区域为 AC2 厂房的控制区（非本项目评价的其他控制区域），本项目碘源制备间分区图及平面图见图 10-4。

因 AL1 化学实验室一层实验时需使用较高放射性样品，因此将一层的 γ 谱仪间、放化测量间、低本底测量间、液闪测量间、热准备间、冷准备间、样品保存间、ICP 间、原子吸收间、离子色谱间、常规分析室、准备间等全部划分为控制区，进出控制区需通过唯一的卫生出入口（专用旋转门），并且授权人员才能进入。将一层其他房间包括门厅、值班室、2#楼梯间、一层四周墙体外 30cm 等划分为监督区。

10.1.3 辐射安全场所屏蔽设计方案

(1) 碘源制备间辐射防护屏蔽设计

碘源制备间控制区边界（即碘源制备间墙体）为实体屏障。碘源制备间工作场所辐射防护屏蔽设计情况如下表 10-1 所示。

项目所需¹³¹I 母源瓶从厂家送至核电站时外部自带 3cm 铅屏蔽罐，并储存在碘源制备间内贮存柜内，试验前将铅罐取出在手套箱内分装配制，配制过程使用的碘源试剂瓶放置在 1cm 铅屏蔽罐中，手套箱为负压环境。

表 10-1 碘源制备间辐射防护屏蔽设计一览表

项目		辐射防护情况	
AC2 厂房 碘源制备 间	碘源制备 间	面积	有效使用面积为 51.36m ² （8.56m×6m），高 4m
		四周墙体	240mm 实心砖，南侧窗户为密闭窗户
		顶部	500mm 混凝土
		底部	500mm 混凝土
		房间门	5cm 的实木门
	手套箱	尺寸	长 1.24m、宽 0.6m、高 2.0m
		箱体材质	3mm 不锈钢
		配制试剂源瓶铅罐	1cm 铅
		尺寸	长 1.4m、宽 0.65m、高 2.1m

贮存柜	柜体材质	2mm 不锈钢
	碘母源瓶 铅罐	3cm 铅

(2) AL1 化学实验室

AL1 化学实验室购买的非密封放射性物质活度相对较低，本项目所在建筑主体框架设计为钢筋混凝土结构，各功能用房的墙体采用厚度 240mm 的实心砖，楼顶和地板均采用 550mm 的混凝土，门和窗均为普通的铁门和玻璃，净高 4m。

10.1.4 辐射安全和防护措施

10.1.4.1 碘源制备间辐射安全防护措施

碘源制备间位于 AC2 厂房的热区范围，其中人员进出管控依靠 AC2 厂房卫生出入口管控，配制期间挥发的少量 ^{131}I 气体依托 AC2 厂房通风系统管道排出，整个项目的辐射安全防护措施主要包括如下：

(1) 个人剂量监测和管理设备

个人剂量监测和管理设备主要包括个人剂量计、电子个人剂量计读出器、通行卡读卡器、旋转门。

个人剂量计包括电子个人剂量计（EPD）和热释光剂量计（TLD），用于外照射个人剂量监测（其中 EPD 具有高剂量区报警及累计剂量值报警功能，TLD 由核电站控制区出入监测系统统一管理）。

入口剂量计读出器安装在 AC2 厂房热区卫生入口。入口剂量计读出器的功能为工作人员在进入热区卫生入口时，在入口剂量计读出器上插入电子个人剂量计，划个人通行卡，入口剂量计读出器对电子个人剂量计进行初始化，读取和储存通行卡卡号（通行卡卡号通过位于热区入口的读卡器快速读取并传送到入口剂量计读出器）、剂量计号，并将上述剂量计信息传送到个人剂量管理系统服务器，同时控制旋转门的开启。

出口剂量计读出器安装在 AC2 厂房卫生出口，安装位置可便于工作人员进行相应的操作。出口剂量计读出器的功能为读取并储存剂量计信息（剂量计编号、通行卡号、剂量率和累计剂量数据等），将剂量计信息传送到个人剂量管理系统服务器。

旋转门安装在一层热区入口，对人员进入 AC2 厂房热区进行控制和管理，能限制未授权的人员进入，同时防止热区内的人员从入口退出控制区。

(2) 放射性污染监测设备

AC2 厂房一层热区卫生出入口配备的放射性表面污染监测设备：门框式污染监测仪（C1 门）、全身污染监测仪（C2 门）、小物品污染监测仪，可以实现对离开热区人员的工作服、皮肤及其随身携带的物品进行放射性污染监测，从而避免放射性物质扩散到控制区以外的区

域，将厂内放射性物质转移和人员流动所引起的污染减少至最低限度。

①卫生出入口功能

一层热区的卫生出入口作为除应急情况下人员进出本项目碘源制备间控制区的唯一通道，以便于 AC2 厂房热区人员进出管理并防止污染交叉或扩散。出入口处设置个人剂量监测系统、放射性污染监测设备、人体去污设施、热更衣间、冷更衣间、辐射防护值班室等设备和设施，实现以下功能：

- 1) 为人员提供场所和物品，以完成进入热区作业前的必要准备；
- 2) 控制和管理进出热区的人员，防止未经授权的人员进入；
- 3) 监测离开控制区人员的工作服、体表和随身携带的小件物品等的表面污染状况，确认无污染或污染低于规定的控制值后方可离开，对被污染的人员和小物件进行处理，以避免放射性物质扩散到控制区以外的区域，保障人员和环境的安全；
- 4) 测量和记录工作人员在热区内停留期间所受的外照射累积剂量，实时监测和显示外照射剂量和剂量率，控制人员在热区工作期间所受的累积剂量。

②进出控制区流程如下

进入本项目碘源制备间控制区的流程与进入 AC2 厂房热区其他控制区的流程相同，具体如下：

- a) 进入控制区流程正常情况下，工作人员通过 AC2 厂房地上一层热区卫生出入口进入；
- b) 工作人员佩戴热释光剂量计，凭控制区通行证领取电子个人剂量计，在冷更衣室脱掉除短裤外的个人衣物并锁进临时个人衣柜；
- c) 进入热更衣室：工作人员在入口剂量计读出器上插入电子个人剂量计，对该剂量计进行初始化，读取和储存有关信息，并划个人通行卡，输入正确的工作号后，通过旋转门进入热更衣室；
- d) 工作人员在热更衣室穿好基本防护服，并正确佩戴电子个人剂量计和热释光剂量计后进入控制区。

③离开控制区流程，正常情况下工作人员离开流程如下：

- a) 离开工作区域，通过 C1 门，C1 门用于监测穿着基本防护服的工作人员离开控制区时全身的 γ 污染水平：如果没有发现衣物污染，出口门打开，通过 C1 门进入热更衣室；如果经过 C1 门时发现衣物有污染，应退出 C1 门，立即通知辐射防护值班人员；衣物有污染的男性工作者在值班人员的指导下依次脱掉已沾污的基本防护服，放入指定的收集袋中。如果脱掉所有基本防护服后，仍有放射性污染报警，则在体表上可能有污染，必须由辐射防护人

员进行体表污染检查。如果沾污在颈部以下，并且污染处无伤口，应当由被沾污人员在辐射防护人员的监督下在控制区去污间自行去污。如果沾污部位在颈部以上（由 C1 门和便携式仪器指示）或者有伤口沾污时，不能由工作人员当场去污，应当到职业医疗中心由职业医疗医生专门去污；衣物有污染的女性工作者直接前往职业医疗中心进行去污。

b) 通过 C2 门检测，出控制区，C2 门用于监测工作人员离开控制区时全身体表的 β 污染水平：工作人员在通过 C2 门之前，所有个人随身携带的小物品（工具、钢笔、钥匙、笔记本、程序、剂量计等）必须放入小物品污染检测仪测量，确认无放射性沾污，方可带出控制区；工作人员在通过 C2 门之前，在出口剂量计读出器插入电子个人剂量计，读取和储存剂量计相关信息，将剂量计信息传送到电子剂量系统服务器。

通过 C2 门步骤如下：

若未发现沾污，出口门自动开启，通过 C2 门进入冷更衣室；若发现沾污，退出 C2 门，通知辐射防护值班人员。若沾污在颈部以下，并且污染处无伤口，应当由被沾污人员在辐射防护人员的监督下在控制区去污间自行去污；若沾污部位在颈部以上，或者有伤口沾污时，不能由工作人员当场去污，应当到职业医疗中心由职业医疗医生专门去污；通过 C2 门后，归还借出的电子个人剂量计，领取个人衣物柜钥匙。

（3）辐射防护措施其他要求

①辐射防护对通风的要求

为了保持工作区适当的环境条件，AC2 厂房设有通风系统。对于辐射防护，通风系统的主要目的是控制工作环境的气载放射性污染，以使辐射工作人员的受照量和放射性核素的吸入量保持在“合理、可行和尽可能低的水平”并减少气载放射性物质向环境的排放。

本项目碘源制备间的手套箱为负压且自带通风过滤装置，手套箱上方排风口处布置有碘吸附器及高效过滤器进行吸附，吸附处理后的 ^{131}I 气体接入 AC2 厂房热区的通风管路排放到大气中，本项目依靠 AC2 厂房的通风管路排放。

②碘源贮存场所的管理要求

碘源装在厂家专用铅罐内，统一保存于碘源制备间贮存柜中。AC2 厂房一层碘源制备间指定专人负责非密封放射性物质的管理。贮存柜进行双人双锁管理，双锁钥匙分别由本项目 2 名辐射工作人员持有，碘源制备间的房间门设置电离辐射警告标志和空气污染警示标志，贮存柜上设置电离辐射警告标志。碘源制备间内拟设置 24 小时监控系统。定期测量碘源试剂瓶和配制人员的表面污染水平并形成记录。碘源制备间存放人员授权信息和放射源信息。贮存的碘源及时登记建档，贮存与取用按照核电站程序文件填写使用记录单。

③碘源辐射工作人员辐射防护措施要求

a.现场使用时，辐射工作人员应戴乳胶手套、碘面罩，工作现场进行清场隔离，无关人员禁止进入；

b.辐射工作人员按要求佩戴电子个人剂量计和热释光剂量计，并按照规定定期送检；

c.工作开始前确认系统处于预定状态，每次操作结束后，使用碘源制备间配备的表面污染监测仪检查辐射工作人员的体表沾污情况；

d.辐射工作人员每年进行职业健康检查。

（4）非密封工作场所表面污染防治措施

为保证本项目非密封工作场所的放射性表面污染水平达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的限值要求。本次评价提出以下管理措施和要求：

①碘源制备间房间门上设立电离辐射警告标志，工作场所配备表面沾污仪器；

②碘源具有屏蔽良好的外包装（厂家专用铅罐包装），送入后妥善储存于贮存柜，防止意外洒落；

③分装操作在有负压的手套箱内进行，防止放射性物质飞散；

④辐射工作人员定期参加相关专业培训，具备相应技能与防护知识，配备适当的防护用品；

⑤工作台面平整光滑，室内地面与墙壁衔接处无接缝，易于清洗、去污。工作台、地面选用易于清污的材料或材质，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中工作场所分类中场所安全措施的要求，并且每次操作完成后使用表面污染监测仪器对工作台面、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，发生沾污立即采用去污用品或试剂进行去污，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的限值要求。

（5）辐射防护物资和应急物资配备

本项目碘源制备间拟配备白纱手套 4 双、乳胶手套 4 双、碘面罩 2 件，铅衣 2 件。连体服、T 恤、安全鞋、白纱手套、布鞋套、头套、塑料鞋套等正常劳保防护用品大量放置在进

出厂房控制区的热更衣室内，在进入控制区前已穿着。

10.1.4.2 AL1 化学实验室辐射安全防护措施

(1) 出入口控制与监测设计要求

在 AL1 化学实验室控制区出入区域设置卫生出入口，位于 AL1 化学实验室二层，对出入 AL1 化学实验室辐射控制区的人员进行控制，并对工作人员进行表面污染监测。控制区出入口需刷卡，防止未被授权的人员进入控制区。控制区的边界设有不可逾越的实体屏障，在其出入口处设立醒目的标志，各区域内应有相应的辐射标志。除紧急出口以外，控制区只设一个出入口。

控制区应急逃生出口管理措施：AL1 化学实验室一层控制区设置有逃生门，门设计为单向开门，只能从里面往外开门，外面不能开门；逃生门现场配备备用钥匙，紧急情况可以开门；本项目辐射防护人员定期巡检，检查应急逃生门及钥匙的状态。

在控制区内工作人员离开时，必须在 AL1 化学实验室二层卫生出入口污染监测仪中进行全身污染监测。污染监测仪的作用是测量工作人员退出控制区时的全身各部位皮肤表面的放射性污染，当测得的表面污染值低于限值时，出口门自动打开，人员即可退出控制区；当测得的表面污染值高于限值时，进入 AL1 化学实验室二层去污间进行去污。

对在控制区内工作的辐射工作人员，在控制区卫生出入口发放电子个人剂量计，以监测个人外照射情况。进入控制区的工作人员将电子个人剂量计佩戴在左胸前，以记录或给出工作人员受照剂量、现场实时剂量率、在控制区内的累计工作时间等情况，实现人员职业照射控制。

(2) 出入口进出流程及辐射工作防护措施

1) 进入 AL1 化学实验室辐射控制区的人员必须拥有辐射控制区通行授权；

2) 进入辐射控制区前，工作人员需佩戴个人剂量计，进入时需在辐射控制区入口处刷卡验证人员信息，并同时验证辐射工作许可证条码；

3) 进入后需穿戴基本防护用品，包括白大褂、鞋套、纸帽、白纱手套；

4) 进行非密封放射性物质的配制时严格遵守辐射防护管理规定，在通风橱内进行配制；

5) 配制/消耗非密封放射性物质时，填写《非密封放射性物质消耗记录表》，更新核素台账；

6) 进行非密封放射性物质的配制时，若出现破损、人员沾污等事件应及时通知部门放射源管理人员和辐射防护管理人员；

7) 人员离开 AL1 化学实验室辐射控制区时，需脱除鞋套、纸帽、白纱手套、白大褂，放入 AL1 化学实验室二层卫生出入口指定收集袋中，并进行全身污染监测仪测量，随身物

品需经过小件物品监测仪测量后方可离开辐射控制区,确保无放射性物质被带离辐射控制区。

(3) AL1 化学实验室管理及非密封放射性物质储存场所

非密封放射性物质工作场所设立电离辐射警告标志,配备表面沾污仪器,工作服、手套和工作鞋的 α 放射性限值为 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$, β 放射性限值为 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。T 恤衫和工作袜的 α 放射性限值为 $0.04\text{Bq}/\text{cm}^2$, β 放射性限值为 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

AL1 化学实验室样品保存间保险柜内存放非密封放射性物质,保险柜采用双人双锁制度。放射性物质的放置拟合理有序、易于取放,每次取用、存放的放射性物质只限于需用的部分;贮存的放射性物质及时登记建档,登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、物理性质、活度等。贮存与取用均进行登记,并由放射源管理人员和借用人签字。

(4) 非密封放射性物质管理

AL1 化学实验室非密封放射性物质统一保存于样品保存间保险柜,保险柜的钥匙由非密封放射性物质管理人持有。非密封放射性物质的借用实行登记制度,取核素及还核素需通知放射源管理人员,同借用人一起打开保险柜领取核素和归还核素,并进行借还登记。非密封放射性物质借用在借用过程中对借出的非密封放射性物质负责管理。非密封放射性物质在化学实验室之间传递时,放在专用容器中传递,禁止将非密封放射性物质直接交给工作人员或是放在接样窗口。

1) AL1 化学实验室非密封放射性物质储存

①非密封放射性物质锁在专用保险柜中,保险柜的钥匙由放射源管理人员负责管理,建立非密封源台账,并建立登记、保管、领用、注销和定期检查制度;

②非密封放射性物质容器上贴标签,内容包括核素名称、形态、活度;

③有非密封放射性物质入库、借用和归还登记,保存非密封放射性物质的相关资料;

④非密封放射性物质位于样品保存间保险柜,具备防火防盗措施,不与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放;

⑤定期清点非密封放射源的种类、数量,做到账物相符。工作人员如发现异常情况应按相关规定及时报告。

2) AL1 化学实验室非密封放射性物质借用

①借用非密封放射性物质作为仪器标定使用时,进行借还登记,借用人员和放射源管理人员不能为同一人。

②非密封放射性物质借用原则上要当天归还,如需超过 24h,需提前审批。

(5) AL1 化学实验室非密封放射性物质使用期间的安全要求

①在非密封放射性物质使用期间,使用人(同时为借用人)对非密封放射性物质的安全

负责。

②所有操作非密封放射性物质的人员须佩戴个人剂量计。

③实验室使用非密封放射性物质时始终有人在场所内，工作人员若需短时离开，必须将门锁上。

④非密封放射性物质放在专用容器内。操作时在通风橱内进行，操作人员佩戴防护手套（如橡胶手套），穿白大褂，双脚穿鞋套，做好人员防护措施，并遵守电厂辐射防护管理规定。

⑤操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前进行表面污染检测，如其污染水平超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 规定值，采取相应去污措施。从场所内带出物品进行表面污染检测，以杜绝超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 规定的表面污染控制水平的物品被带出。

（6）去污洗消

当 AL1 化学实验室发生异常导致人员体表沾污时，立即通知辐射防护人员进行体表污染检查和去污处理。

（7）应急物资

AL1 化学实验室配备应急设施包括：洗眼器、橡胶手套、白纱手套、专用白大褂、鞋套、纸帽，位于 AL1 化学实验室二层卫生出入口。

（8）通风系统

AL1 化学实验室一层设置有通风系统，排风量大于通风量，整个一层形成负压。

10.1.5 事故工况去污洗消措施

正常工况下，AC2 厂房一层碘源制备间及 AL1 化学实验室辐射工作人员离开辐射控制区时，经卫生出入口污染监测仪进行全身污染监测，当测得的表面污染值低于限值时，出口门自动打开，人员即可退出控制区。事故工况下人员受到沾污，辐射工作人员需进行去污洗消。

本项目 AC2 厂房卫生出入口旁设有淋浴间，AL1 化学实验室二层卫生出入口旁设有去污间，用于人员去污，衣物有污染的女性工作者直接前往职业医疗中心进行去污。

人员在污染洗消点会产生去污废水，废水纳入核电站内废液处理系统进行处理，不直接向环境排放放射性废水。

10.1.6 监测仪器

本项目配备的监测仪器如下表 10-2 所示。

表 10-2 监测仪器一览表

监测类型	设备名称	数量	单位	备注
AC2 厂房一层碘源制备间				
环境剂量率监测	γ剂量率仪	**	个	新增
	长杆剂量率仪 (γ)	**	个	新增
表面污染监测	表面污染监测仪	**	个	新增
空气污染监测	移动式气溶胶活度监测仪	**	个	新增
	移动式碘连续监测仪	**	个	新增
核素监测	便携式γ谱仪	**	个	新增
内照射监测	全身计数器 (WBC)	**	个	新增
外照射监测	TLD 热释光剂量计	**	个	新增
	EPD 电子个人剂量计 (γ,具有个人剂量报警仪功能)	**	个	新增
卫生出入口污染监测	门框式污染监测仪 (C1 门)	**	个	新增
	全身污染监测仪 (C2 门)	**	个	新增
	小件物品污染监测仪 (βγ)	**	个	新增
AL1 化学实验室一层				
环境剂量率监测	γ剂量率仪	**	个	依托
	长杆剂量率仪 (γ)	**	个	依托
表面污染监测	表面污染监测仪	**	个	依托
核素监测	便携式γ谱仪	**	个	依托
外照射监测	TLD 热释光剂量计	**	个	依托
	EPD 电子个人剂量计 (γ,具有个人剂量报警仪功能)	**	个	依托
卫生出入口污染监测	全身污染监测仪 (C2 门)	**	个	新增
	小件物品污染监测仪 (βγ)	**	个	新增

10.1.7 本项目核技术利用项目与核电站全厂辐射防护的关系

核电站的辐射源主要有两大类，第一类为反应堆运行相关的，如一回路系统及其辅助系统设备，第二类为核技术利用相关的，如放射源及射线装置，核电站内的辐射安全防护体系对电站内所有的辐射源全流程如产生、迁移过程、作业过程、废物处置等统一进行防护与管控，其中也包括了核技术利用相关的辐射源。因此，本项目涉及核技术辐射安全防护是核电站内辐射安全防护体系的一部分。

10.2 三废的治理

10.2.1 放射性废气

本项目放射性废气主要来自碘源制备间内碘源配制期间挥发的少量 ^{131}I 以及现场碘吸附效率试验通过排放口外排的少量 ^{131}I 。本项目碘源制备间的手套箱为负压且自带通风过滤装置，手套箱上方排风口处布置有碘吸附器和高效过滤器进行吸附，吸附处理后的 ^{131}I 气体接入 AC2 厂房热区的通风管路排放到大气中。各试验场所废气经核岛厂房通风系统内碘吸附器吸附后最终排至核电站烟囱排放口。

10.2.2 放射性废液

碘源制备间正常工况下不产生放射性废水，事故工况下人员受到沾污，人员在污染洗消点会产生去污废水，废水纳入核电站内废液处理系统进行处理，不直接向环境排放放射性废水。

本项目放射性废液主要为 AL1 化学实验室产生的放射性废液，每年约 10L。AL1 化学实验室废液接入核电厂放射性废液处理系统（TEU），废闪烁液由中核国电漳州能源有限公司生产服务部门纳入厂区放射性固体废物处理系统。

事故工况下，人员受到沾污，辐射工作人员需进行去污洗消。本项目 AC2 厂房卫生出入口旁设有淋浴间、AL1 化学实验室设有去污间，用于人员去污，可作为专业去污间。人员在污染洗消点会产生去污废水，废水纳入核电站内废液处理系统进行处理，不直接向环境排放放射性废水，对环境影响很小。

本项目放射性废液，纳入电厂废液收集及处理系统，即通过废液回收系统（SRE）排入核电站废液处理系统（TEU），经过过滤、除盐、蒸发后，再通过排放系统（TER）排入大海；排放标准按照总量控制为不超过 1000Bq/L，如排放浓度超标，则重新进入废液处理系统（TEU），经过过滤、除盐、蒸发直到满足排放标准；以此保证废液排放浓度达标。

10.2.3 放射性固废

（1）碘源制备间：碘吸附器每年更换一次活性炭，碘吸附器包含活性炭的重量为**kg，故废活性炭产生量**kg/年。废碘源试剂瓶（每次试验产生）、试验橡胶手套（每次试验后）等，合计约**kg/年。装 ¹³¹I 母液试剂瓶的铅罐和母源瓶由供货单位处置，不作为中核国电漳州能源有限公司放射性废物进行处理。废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭等废物包装在收集袋内由漳州核电厂及时送往 QS 厂房进行处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将废物运至放射性废物处置场进行最终处置。

（2）AL1 化学实验室非密封放射性物质工作场所产生的放射性固废主要为一次性手套、吸水纸和实验物资（如移液枪头、废旧试剂瓶等）等固废。AL1 化学实验室放射性固体废物产生量约**kg/a。放射性固废按照半衰期长短进行分类，分开收集。AL1 化学实验室产生的放射性固废运输至电站 QS 进行处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将废物运至放射性废物处置场进行最终处置。

表 11 辐射环境影响

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目属于漳州核电厂内的核技术利用项目，所有的建设内容均属于核电厂整体建设内容，项目所在 AC2 厂房、AL1 化学实验室已于核电厂前期工程建设完成，本项目施工阶段主要进行贮存柜、手套箱等设备搬运、排风系统安装和接入，会产生短时噪声及少量固体废物。工程在施工期的影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束，施工过程中的各种影响将消失，项目施工期不会对周围环境产生明显影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 工作场所辐射剂量率水平

本项目使用的非密封放射性物质主要考虑韧致辐射和 γ 射线的影响。 α 粒子和 β 粒子穿过周围物质时产生韧致辐射（本质为 X 射线），其穿透能力比 α 粒子和 β 粒子强得多，由于 α 源产生的 X 射线极低，且 α 射线穿透力极低，所以本项目主要对使用纯 β 放射性核素时的韧致辐射进行核算。屏蔽 β 粒子应选用低原子序数的材料以减少韧致辐射，外面用高原子序数的材料屏蔽韧致辐射。

韧致辐射影响评价公式参考《辐射防护导论》（方杰，原子能出版社，1990），无辐射屏蔽时，韧致辐射在空气中的吸收剂量率估算采用下式 11-1 计算：

$$D_0=4.58 \times 10^{-14} AZ(E_b/r)^2 \cdot (\mu_{en}/\rho)_a \dots \dots \dots \text{式 (11-1)}$$

式中： D_0 —屏蔽层中 β 粒子产生的韧致辐射在 r (m) 处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

E_b —韧致辐射平均能量；

r —距离辐射点的距离，m；

$(\mu_{en}/\rho)_a$ —是平均能量为 E_b 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数， m^2/kg ；

A —放射性活度，Bq；

Z —屏蔽材料的有效原子序数，参考《辐射防护导论》。

对于本项目非密封放射性物质工作场所放射性核产生的 γ 射线计算公式如下：

$$H=A\Gamma/R^2 \dots \dots \dots \text{式 (11-2)}$$

式中： H —距离点源 R 处 γ 剂量率， $\mu Sv/h$ ； A —点源活度，MBq； Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu Sv \cdot m^2 \cdot MBq^{-1} \cdot h^{-1}$ ； R —距离点源的距离，m。

屏蔽计算方法参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I，屏蔽体外关注点剂量率控制值 H_1 的计算采用式 11-3 计算：

$$X=TVL \times \lg(A\Gamma/H_1 R^2) \dots \dots \dots \text{式 (11-3)}$$

式中：X—屏蔽厚度，mm；

TVL— γ 射线的十分之一值层厚度，mm；

A—所用放射源的最大活度，MBq；

Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ；

H_1 —屏蔽体外关注点剂量率控制值， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—参考点与放射源间的距离，m。

11.2.1.1 碘源制备间非密封放射源工作场所计算结果

本项目辐射工作人员不会直接接触碘源，在操作时会佩戴手套和碘面罩， ^{131}I 贮存和运送过程中使用玻璃瓶封装并分别置于铅罐中，配制放射性甲基碘的过程均在手套箱内进行，且拟采用 10mm 厚的有机玻璃屏障进行防护，因此，本项目 ^{131}I 产生的 β 射线可以得到有效屏蔽。

根据式（11-1）计算得到， ^{131}I 的 β 射线能量为 0.606MeV，2.8mCi 的 ^{131}I 距离 1m 处空气中的韧致辐射剂量为** $\mu\text{Gy/h}$ ，因此不考虑韧致辐射剂量的贡献值，主要 I-131 产生的 γ 射线对工作人员的外照射。

^{131}I 裸源在 1m 处的辐射剂量率最大值为 $H=A\Gamma=**\mu\text{Sv/h}$ ，碘源制备间相关屏蔽计算结果见表 11-1。

表 11-1 碘源制备间相关屏蔽计算结果

位置	活度 mCi	与源最近距离 m	屏蔽材料	辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
母源铅罐表面 30cm	**	**	3cm 铅	**
贮存柜外 30cm (正对人员操作位, 前面)	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢	**
贮存柜外 5cm (后面)	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢	**
手套箱外 30cm (正对人员操作位, 前面)	**	**	3cm 铅+3mm 不锈钢	**
手套箱外 5cm (后面)	**	**	3cm 铅+3mm 不锈钢	**
手套箱外 30cm (正对人员操作位, 前面)	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢	**
手套箱外 5cm (后面)	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢	**
碘源制备间 东墙外 30cm (A)	手套箱分装	**	1cm 铅+3mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
	贮存柜贮存	**	3cm 铅+2mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
碘源制备间	手套箱分装	**	1cm 铅+3mm 不锈钢	**

大门外 30cm (B)	贮存柜贮存	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢	**
碘源制备间北墙外 30cm (C)	手套箱分装	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
	贮存柜贮存	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
碘源制备间西墙外 30cm (D)	手套箱分装	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
	贮存柜贮存	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
碘源制备间西侧窗户外 30cm (E)	手套箱分装	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢	**
	贮存柜贮存	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢	**
碘源制备间南墙外 30cm (F)	手套箱分装	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
	贮存柜贮存	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢+24cm 实心砖	**
碘源制备间顶部外 30cm (G)	手套箱分装	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢+50cm 混凝土	**
	贮存柜贮存	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢+50cm 混凝土	**
碘源制备间底部外 30cm (H)	手套箱分装	**	**	1cm 铅+3mm 不锈钢+50cm 混凝土	**
	贮存柜贮存	**	**	3cm 铅+2mm 不锈钢+50cm 混凝土	**

根据表 11-1 计算结果可知，手套箱和贮存柜外 30cm 处关注点的辐射剂量率最大值分别为** $\mu\text{Sv/h}$ 和** $\mu\text{Sv/h}$ ，手套箱和贮存柜非正对操作位表面 5cm 的辐射剂量率最大值分别为** $\mu\text{Sv/h}$ 和** $\mu\text{Sv/h}$ ，碘源制备间四周墙外、顶部和底部外 30cm 的辐射剂量率最大值为** $\mu\text{Sv/h}$ ，由此可见，手套箱和贮存柜外表面 30cm、碘源制备间四周墙外、顶部和底部外 30cm 处各关注点的辐射剂量率均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，以及分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.1.2 AL1 化学实验室非密封放射源工作场所计算结果

本项目单次购买核素不超过年最大使用量，部分实验核素不需要分装为整瓶核素，整瓶核素最大活度取单次实验最大活度，部分核素需要分装，即取年最大使用量。

根据表 9-2 和公式 11-1 估算 β 核素源项见表 11-2，根据表 9-2 和公式 11-2 估算 γ 射线源项见表 11-3。

表 11-2 本项目 AL1 化学实验室非密封放射性物质工作场β核素源项

场所名称	序号	核素名称	能量最大的核素能量 (MeV)	单次实验最大操作量 (Bq)	单瓶核素最大活度 (Bq)	E_b (MeV)	μ_{cm}/ρ	Z	单次实验 30cm 处剂量 D 估算值 (μ Gy/h)	单次实验 1m 处剂量 D 估算值 (μ Gy/h)	单瓶核素 30cm 处剂量 D 估算值 (μ Gy/h)	单瓶核素 1m 处剂量 D 估算值 (μ Gy/h)
AL1 化学实验室	1	^{14}C	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	2	^{63}Ni	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	3	^3H	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	4	^{89}Sr	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

表 11-3 本项目 AL1 化学实验室非密封放射性物质工作场γ射线源项

场所名称	序号	核素名称	能量最大核素K 空气比释动能率常数 $\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	单次实验最大操作量 (Bq)	单次实验 0.3m 处剂量率	单次实验 1m 处剂量率	单瓶核素最大剂活度 (Bq)	单瓶核素 0.3m 处剂量率 (μ Gy/h)	单瓶核素 1m 处剂量率 (μ Gy/h)
AL1 化学实验室	1	^{241}Am	**	**	**	**	**	**	**
	2	^{40}K	**	**	**	**	**	**	**
	3	^{137}Cs	**	**	**	**	**	**	**
	4	^{60}Co	**	**	**	**	**	**	**
	5	^{89}Sr	**	**	**	**	**	**	**
	6	^{241}Am	**	**	**	**	**	**	**
	7	^{55}Fe	**	**	**	**	**	**	**
	8	^{85}Kr	**	**	**	**	**	**	**
	9	^{154}Eu 、 ^{57}Co 、 ^{133}Ba 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{65}Zn 、 ^{22}Na 、 ^{60}Co	**	**	**	**	**	**	**
	10	^{109}Cd 、 ^{57}Co 、 ^{139}Ce 、 ^{133}Ba 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{65}Zn 、 ^{60}Co	**	**	**	**	**	**	**

本项目 AL1 化学实验室未进行防护设计，使用裸源进行实验，根据表 11-2 和表 11-3 可知，本项目单次实验最大活度操作时，距核素表面 30m 处及整瓶核素 30cm 处剂量率不大于 $**\mu\text{Gy/h}$ 。可见在仅考虑距离衰减的情况下，均可满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 6.1.5 条要求的“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察和墙壁外

30cm 周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”，以及 6.1.6 条要求的“放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.3 辐射工作人员和公众人员受照剂量估算

11.3.1 碘源制备间辐射工作人员和公众人员受照剂量估算

个人年有效剂量计算公式如下：

$$H_{\gamma}=D_{\gamma}\times T\times t\times 10^{-3}(\text{mSv})\dots\dots\dots\text{式 (11-4)}$$

式中： H_{γ} — γ 辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D_{γ} — γ 辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T—居留因子；

t—年工作时间，h。

(1) 工作人员所受外照射辐射剂量

①厂家将 ^{131}I 非密封放射性物质送至 AC2 厂房门口，本项目碘源制备间辐射工作人员进行接收，每次接收时间为**min，每年最多购买**次，年受照时间为**h。年受照剂量为：**mSv。

②分装配制过程：每次碘源制备时人员接触核素的时间共**min，包括取源**min，分装操作**min（手套箱前），还源**min，不考虑静置交换时人员不在旁边的时间，则保守计算每次进行碘分装配制操作时年所受到外照射剂量为**mSv，按照每年进行约 25 次分装配制过程，则所受到的剂量为**mSv/a。

③运至试验现场过程：单次吸附试验所需的 ^{131}I 最大活度为 2.8mCi，在不考虑运输过程铅屏蔽情况下，则保守预计其 1m 处的辐射剂量率水平约** $\mu\text{Sv/h}$ ，本项目工作人员带至现场近距离接触的平均时间约**min（正式开展试验时放射性甲基碘已释放至通风系统中，人员距离较远无需考虑接触时间），则每次运输至现场近距离接触过程中受到的最大辐射剂量水平约**mSv，按照每年进行约 25 次运送过程所受到的剂量为**mSv/a。

(2) 工作人员所受内照射辐射剂量

类比同类型项目，本项目在碘源制备间内操作 Na^{131}I 溶液有少量的挥发，按照**来保守计算挥发量。

本次根据《放射性核素摄入量及内照射剂量估算规范》（GB/T16148-2009）进行估算，由于本项目禁止工作人员在放射工作场所进食、禁止在有伤口的情况下进行放射性核素操作，食入及伤口进入体内情况很少，因此估算情况采用单次吸入的情况下进行估算。

内照射有效剂量 $E(\tau)$ 的估算采用下式计算：

$$E(\tau)=A_0e(\tau)\dots\dots\dots\text{式 (11-5)}$$

式中： A_0 —放射性核素摄入量，单位：Bq；

$e(\tau)$ —每单位摄入量引起的内照射有效剂量，单位：Sv/Bq；可查 GB18871-2002 附表 B3 可得，**Sv/Bq。

$$A_0=C_{\text{空}}B_{\text{空}}\dots\dots\dots\text{式 (11-6)}$$

$B_{\text{空}}$ —人员呼吸率，参考《Federal Guidance Report No.11》(U.S.EPA)，对于成年人取**m³/h；工作人员单次操作全过程呼吸时间保守按照每次操作时间**min 计算，每次吸收空气为 0.18m³。

$C_{\text{空}}$ —核素在空气中的浓度，为手套箱内泄漏到碘源制备间的浓度。根据设计单位提供资料，手套箱泄漏率不大于**%/h。手套箱内日最大操作量为**Bq，碘源制备间的房间体积为**m³，类比同类型项目，保守按照挥发比例**%和手套箱泄漏率**%/h 估算，则碘源制备间单次操作泄漏碘在空气中浓度约为**Bq/m³，低于本项目 ¹³¹I 的工作场所浓度限值(¹³¹I 的 DAC 值为**Bq/m³)。

本项 AC 碘源制备间年操作次数最大约 25 次，内照射的年吸收剂量最大值为**mSv。

碘源制备间内照射年最大吸收剂量为**mSv，则碘源制备间辐射工作人员受到的最大辐射剂量为**mSv，满足本项目辐射工作人员剂量约束值要求，即辐射工作人员年受照剂量不大于 5mSv。

(3) 公众成员所受外照射辐射剂量

碘源分装配制过程中，碘源制备间四周、顶部和底部因 ¹³¹I 的辐射剂量率贡献值最大为**μSv/h。按照人员年最大操作 25 次，单次**min 时间计，碘源制备间周围相邻场所均无人员长期居留，居留因子取**，则计算出本项目公众年受照剂量最大值为：**mSv，低于本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

碘源贮存过程中，碘源制备间四周、顶部和底部因 ¹³¹I 的辐射剂量率贡献值最大为**μSv/h。在不考虑墙体和门屏蔽的情况下，公众人员受照射时间按年最大工作时间**h 保守计算，碘源制备间周围相邻场所均无人员长期居留，居留因子取**，则计算出本项目公众年受照剂量最大值为**mSv，低于本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

11.3.2 AL1 化学实验室辐射工作人员和公众人员受照剂量估算

(1) 辐射工作人员受照剂量估算

由第 9 章可知，AL1 化学实验室辐射工作人员受照时间为**h。辐射工作人员受照剂量，保守取表 11-2 和表 11-3 中单瓶核素外表面 30cm 处最大剂量率。AL1 化学实验室辐射工作人

员年受照剂量： $^{**}mSv$ ，满足本项目辐射工作人员剂量约束值要求，即辐射工作人员年受照剂量不大于 $5mSv$ 。

(2) 公众受照剂量估算

本项目 AL1 化学实验室公众居留因子取 1，保守取表 11-2 和表 11-3 中单瓶核素外表面 $1m$ 处最大剂量率。AL1 化学实验室公众年受照剂量： $^{**}mSv$ ，低于本项目剂量约束值 $0.1mSv/a$ 的要求。

(3) 非密封放射性物质贮存影响

根据表 11-2 和表 11-3 可知，单瓶核素外表面 $30cm$ 处最大剂量率为 $^{**}\mu Sv/h$ ，核素贮存在样品保存间保险柜内，经保险柜和墙体屏蔽及距离衰减后对辐射工作人员和公众的影响较小。

11.4 非密封放射性物质工作场所放射性表面污染分析

本项目使用衰变 α 射线的核素会产生少量的 α 放射性表面污染，使用衰变发射 β 射线的核素会产生少量的 β 放射性表面污染。由于射线能量较低，只要采取相应的防护措施并配备相应的仪器检测，对受污染的手、皮肤、内衣、工作袜、设备、墙壁、地面采取适当的去污措施，及时清洗，其表面污染水平将不会超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作场所的放射性表面污染控制水平要求。

在日常校准开展过程中，建设单位将认真做好以下工作：

- (1) 操作人员经过专业训练，具备相应的操作技能与防护知识。
- (2) 不允许用裸露的手直接接触放射性核素或进行污染物的操作。
- (3) 做好场所的分区管理，严格划定控制区和监督区，禁止无关人员进入。
- (4) 涉及分装操作的核素在工作结束后，进行辐射水平和表面沾污检测，如发现表面污染水平超过 GB18871-2002 规定限值，及时进行去污，直至检测符合标准为止。

11.5 三废环境影响分析

(1) 放射性废气排放对环境的影响

根据中核国电漳州能源有限公司工作安排，碘源制备间，每天最多开展一次试验操作，手套箱内 ^{131}I 日最大操作量为 $^{**}Bq$ ，保守按照碘挥发比例 $^{**}\%$ 估算，则手套箱内最大碘挥发量为 $^{**}Bq$ ，手套箱上方通风设施中的碘吸附器能有效地去除空气或气流中的放射性甲基碘，去除效率为 $^{**}\%$ ，则单次操作挥发产生的碘在被吸附后排入通风系统的最大量为： $^{**}Bq$ ，根据设计单位提供资料，碘源制备间排出的废气最终由 AC2 厂房排风机抽出外排，AC2 厂房风机总排风量为 $^{**}m^3/h$ ，则每次碘源制备的 $^{**}min$ 时间内 AC 厂房风机可排风 $^{**}m^3$ ，远大于碘源制备

间的房间体积，则配制操作挥发的碘在工作期间可以被全部排出，AC2 厂房排放口 I-131 浓度最大值为**Bq/m³，低于本项目 ¹³¹I 的排放口导出浓度限值（I-131 的 DAC 值为 1.28Bq/m³）。

另外现场吸附效率试验单次使用的 I-131 最大活度为**mCi，各试验场所废气最终排至核电站烟囱排放口，排放口排风量约**m³/h，各核岛厂房通风系统内碘吸附器的净化效率为**%，试验通风时间约 1 小时，则排放口 ¹³¹I 最大浓度约**Bq/m³，低于本项目 ¹³¹I 的排放口导出浓度限值（¹³¹I 的 DAC 值为 1.28Bq/m³）。上述当 ¹³¹I 排放到大气中，经过稀释扩散作用，浓度会更低，对环境影响很小。

（2）放射性废液分析

本项目使用的液态非密封放射源操作大部分需配制，配制的目的主要是部分非密封放射源浓度较高，需要进行配制稀释后才能使用；使用完后将废液倒入废液处理系统。

保守假设所有检定设备均在同一天进行检定，AL1 化学实验室使用非密封放射性物质活度为**Bq。核电站单个排放放射性废水池容量为**m³，则最大可能的单次排放浓度为**Bq/L。收集后的废液进入三废处理系统后经过过滤、除盐、蒸发往 TER（废液排放系统），蒸发产生的浓缩液送往 TES（固体废物处理系统）进行装桶固化处理。

（3）放射性固废暂存过程的辐射影响分析

本项目放射性固废主要为碘源制备间产生的废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭以及 AL1 化学实验室产生的放射性固体废物：一次性手套、吸水纸和实验物资（如移液枪头、废旧试剂瓶等）。AL1 化学实验室产生的放射性固废运输至电站放射性固体废物处理辅助厂房（QS）进行压缩/固化处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。

装 ¹³¹I 母液试剂瓶和铅罐由供货单位回收处置，不作为核电厂的放射性废物处理。废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭等包装在收集袋内送往 QS 厂房进行压缩/固化处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。

漳福建州核电厂内产生的被放射性污染的废物采用分拣、压缩、打包处理工艺，QS 厂房用于对放射性干废物进行分拣，在 200L 钢桶内预压缩废物，并对预压缩后的废物桶进行超级压缩，经超级压缩后的桶饼装在 400L 钢桶内进行固定及封盖处理，分拣箱内设有剂量测量装置，可将剂量率较高和较低的废物进行合理混放，防止某一个桶剂量率偏高。

漳州核电厂废物暂存库（QT）用于暂存机组在运行中产生并经处理整备后的低、中放射性固体废物、轻微污染设备。贮存的低、中水平放射性废物最终转运到低、中水平放射性废物处置场处置。库内废物的贮存以定型包装、分区贮存、监测管理、限期转运处置场为原则。废物暂存库暂存区被划分为三个区域：待解控废物贮存区、贮存区 B（表面剂量率不大于

2mSv/h) 和贮存区A (表面剂量率大于2mSv/h)。三个区域通过实体围墙隔开。

废物桶由废物转运车辆运到QT库的操作间后, 操作人员在吊车操作间通过专用吊具把废物桶吊至桶检测间, 根据桶的表面剂量率, 用吊车把废物桶吊至指定区域暂存。钢桶废物包按照其表面剂量率不同分别存放在贮存区和竖井区, 垂直码放。对于表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的钢桶均采用屏蔽容器运输, 废物桶采用数控吊车远程吊装, 有效降低操作人员受辐照剂量。固体废物处理系统(TES)压实可压缩的固体废物, 将放射性固体废物固化在金属桶内或压实在金属桶内。该系统设有屏蔽, 可使运行人员和公众所受到的辐照剂量率不超过允许限值。另外, 对各种放射性固体废物实施固化和包装, 防止了放射性物质对环境的泄漏。

11.6 事故影响分析

11.6.1 事故类型

①放射性液体洒漏, 使工作环境受到污染, 工作人员受到外照射和可能发生的内照射;

②保管不善, 放射性物品被盗, 流失到社会, 对局部环境产生污染, 并可能使部分公众受到照射。

11.6.2 事故应急措施

(1) 发生非密封放射性物质意外洒落时, 无关人员应立即撤离污染现场, 并对污染场所进行出入控制, 处理人员应迅速戴上防毒面具或活性炭口罩并立即关闭通排风系统, 以防止内照射及污染扩散。

(2) 放射性液体洒落在人员衣物及皮肤处理

①立即脱去被污染的衣服、采取适当的洗浴方法去污(不应将浴池浸泡或全身淋浴作为初始去污措施, 因为这样处理常常会使污染扩散)、换上清洁的衣服。

②将脱下的被污染或怀疑被污染的衣服用塑料袋密封暂存起来, 以避免大面积污染, 放射性衰减后再作处置。

③个人在开始清洗去污前, 自行采集鼻擦样品, 供可能的内污染检测之用。当手和皮肤受到污染时, 要立即用肥皂、洗涤剂、高锰酸钾、柠檬酸等清洗, 也可用1%二乙胺四乙酸钙和88%的水混合后擦洗。头发如有污染也应用温水加肥皂清洗, 对于吸入放射性核素的人, 可用0.25%肾上腺素喷洒上呼吸道或用1%麻黄碱滴鼻使血管收缩, 然后用大量生理盐水洗鼻、漱口, 也可用祛痰剂(氯化铵、碘化钾)排痰; 眼睛、鼻孔、耳朵也要用生理盐水冲洗。而不宜用有机溶剂及较浓的酸洗手, 若这样做则会促使污染物进入体内。

④清除工作服上的污染时, 如果污染不严重, 及时用普通清洗法即可; 污染严重时, 要用高效洗涤剂, 并不宜用手洗, 如用草酸和磷酸钠的混合液。

⑤如果发现较高水平的皮肤污染，则应在医疗和辐射防护人员指导下进行皮肤去污。

⑥对于受到或怀疑受到急性辐射损伤的人员，应迅速送往专门的辐射损伤医疗单位进行诊断或治疗。并向负责救治的医疗单位提供就诊人员的个人剂量监测或估计结果以及他们的受照情况。

(3) 放射性液体洒落在储源罐内处理：当放射性液体洒落在储源罐内时，立即将储源罐的盖子拧紧，然后将储源罐放置在塑料袋内密封，待放射性衰减后再进行处理。

本项目的辐射事故应急措施已纳入电站的辐射应急系统中，若发生环境和人员沾污、放射性物质被盗等辐射事故后，立即启动辐射事故应急预案，辐射防护安全管理组织机构人员按照核电站辐射事故应急预案的要求及时向各级管理部门报告。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求,本项目 AL1 化学实验室一层为丙级非密封放射性物质工作场所,AC2 厂房一层碘源制备间为乙级非密封放射性物质工作场所。本项目应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作;从事辐射工作的人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的培训和考核。

公司成立了以张*为组长,施*华、顾*俊、秦*强、张*青为副组长,赵*磊为辐射防护负责人,吴*、黄*琪、钟*、肖*明为成员的辐射安全与环境保护管理机构,并明确了各自的职责。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求,使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等,并有完善的辐射事故应急措施”。

目前,中核国电漳州能源有限公司已制定了《辐射防护领域管理大纲》(内含《管理政策》《辐射防护原则》《辐射控制区管理》《辐射防护监督》《辐射事件和事故管理》《放射性物品控制》《辐射监测管理》《辐射防护用品和设备管理》《辐射防护培训》《辐射防护管理制度》)《放射源管理》和《个人剂量监测与管理》等规章制度。

上述制度是针对现有装置制定,中核国电漳州能源有限公司拟在本项目投入使用前根据本项目工作内容修改调整相关管理制度。以上制度从落实人员职责、人员培训、对核技术项目进行自我监督、规范辐射安全管理等方面作出了规定,制度的制定符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条(八)款的有关规定。

12.3 辐射工作人员的培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定:从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定:取得辐射安全培训合格证书的人员,应当每五年接受一次再培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(公告 2019 年第 57 号),辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射

安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 参加辐射安全与防护培训, 参加相关考试并通过考核, 做到持证上岗。

本项目碘源制备间为新增人员, 确保所有辐射工作人员持证上岗, 对辐射工作人员, 拟组织学习辐射防护知识, 并通过生态环境部培训平台 () 报名并参加考核, 考核合格后方可上岗。

本项目 AL1 化学实验室日常配备 3 名操作人员 (由公司现有辐射工作人员调配, 调配后只从事本项目工作), 拟新增 2 名放射源管理员。3 名操作人员均在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习, 并考核合格。

新增的 2 名放射源管理员拟组织学习辐射防护知识, 并通过生态环境部培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 报名并参加考核, 考核合格后方可上岗。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及辐射防护最优化原则, 使用放射性同位素与射线装置的单位应该配置与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。根据以上基本要求及核电站的实际需求, 本项目辐射工作场所辐射仪器配置情况详见表 10-2。

12.4.1 个人剂量监测

公司将所有辐射工作人员配备个人剂量计, 开展个人剂量监测。监测工作委托有资质的放射防护技术服务机构承担。个人剂量常规监测周期一般为 1 个月, 最长不应超过 3 个月。辐射防护管理人员收齐辐射工作人员的个人剂量计后交至公司更换佩戴个人剂量计, 公司统一将个人剂量计送至有资质机构检测并领取新的个人剂量计, 发现个人剂量监测结果异常的, 立即核实和调查, 并将有关情况及时报告发放辐射安全许可证的机关。剂量监测结果每季度由公司向各有关部门通报一次; 当剂量监测结果有异常, 由公司通知具体辐射工作人员及部门分管领导。公司拟建立完善的辐射工作人员个人剂量档案, 个人剂量监测档案包括辐射工作人员个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等内容, 个人剂量监测档案终生保存。

本项目依托的辐射工作人员已佩戴个人剂量计, 并每两个月送有资质的单位 (中核核电运行管理有限公司) 进行检测, 建立了个人剂量档案。本项目新增的辐射工作人员拟配备个人剂量计并定期送检。

12.4.2 辐射环境及工作场所监测

(1) 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号) 的相关规定, 使用放射性同位素和射线装置的单位应当按照国家环境监测规范, 对相关场所进行

辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。公司将执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对公司的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报生态环境主管部门。

（2）竣工环境保护验收

公司将根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。本项目环保设施验收期限一般不超过 3 个月，需要对该类环保设施进行调试或者整改的，验收期限可适当延期，但最长不超过 12 个月。

（3）工作场所和周围环境监测

碘源制备间、AL1 化学实验室需同时监测周围剂量当量率以及表面污染水平，碘源制备间还需监测空气中碘浓度。

碘源制备间监测点位主要包括放射源贮存柜、手套箱、周围环境保护目标。AL1 化学实验室监测点位主要包括保险柜、各功能房间、周围环境保护目标。

公司制定的辐射监测计划见表 12-1。

表 12-1 辐射监测计划

监测对象或场所	监测布点方案	监测项目	自行监测频次	委托监测频次
碘源制备间	碘源制备间地面、墙面等	β 表面污染水平	每次工作结束后	竣工进行一次验收监测，年度监测每年一次。
	放射源贮存柜和手套箱外表面 30cm、碘源制备间屏蔽体外 30cm	周围剂量当量率	1 次/月	
	厂房排放口	空气中碘浓度		
	人员全身监测	α/β 表面污染水平、周围剂量当量率	离开卫生出入口	
ALI 化学实验室	各功能房间地面、墙面等	α/β 表面污染水平	每次工作结束后	竣工进行一次验收监测，年度监测每年一次。
	各个涉及辐射场所房间屏蔽外 30cm、保险柜表面 30cm	周围剂量当量率	1 次/月	
	人员全身监测	α/β 表面污染水平、周围剂量当量率	离开卫生出入口	
辐射工作人员	佩戴个人剂量计	年有效剂量	/	按照最长不超过 90 天送检一次，委托有资质单位
各辐射工作场所周围 50m 范围内环境保护目标		周围剂量当量率	/	竣工进行一次验收监测，年度监测每年一次。

由上表 12-1 可知，中核国电漳州能源有限公司制定的辐射监测计划符合公司核技术利用项目的实际情况，包含了竣工环境保护验收监测与定期检查、辐射工作人员个人剂量监测以及日常自行监测，内容全面，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）等要求，监测频率较为合理，中核国电漳州能源有限公司辐射监测计划切实可行。

12.5 辐射事故应急

12.5.1 目的

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，为使在发生辐射事故时，应急响应人员能及时到岗并熟练使用相关的应急程序和应急设施设备处理事故，减小辐射事故后果，特制定《核电厂辐射事件与事故应急响应预案》。

12.5.2 适用范围

预案适用于核电项目调试和运行期间，中核国电漳州能源有限公司及接口承包商发生辐射事件/事故的应急响应、报告、处理和调查等工作。

12.5.3 应急指挥机构及职责

应急指挥机构是公司突发事件日常管理工作的最高领导机构，突发事件发生时自动成为应急指挥部，全面负责突发事件的指挥、决策、协调等处置行动。

1) 应急领导小组由公司董事长和总经理部领导成员组成:

组长(应急总指挥): 董事长/党委书记

常务副组长(常务副总指挥): 总经理/党委副书记

副组长(副总指挥): 其他总经理部成员

如遇特殊情况, 组长(应急总指挥)可由董事长/党委书记授权人员担任;

根据突发事件现场处置实际需要, 可由应急指挥部决策后成立现场处置指挥部。

2) 应急领导小组(应急指挥部)主要职责:

负责批准辐射事件/事故应急响应启动;

负责决定是否启动或终止辐射事件/事故应急响应行动;

负责批准辐射事故初始报告表和辐射事故后续报告表;

负责辐射事件/事故应急响应行动的统一组织、协调、指挥, 在上级主管部门和监管部门介入后, 做好有关的配合工作;

研究制定对外发布或提供事件/事故处置等相关信息的原则、内容和措施, 批准和签发向厂外各部门通报和报告的信息。

12.5.4 应急处置

1) 辐射事件/事故应急处置基本原则: 以人为本, 依法规范; 及时报告, 现场管控: 快速反应, 协同应对; 准确测量, 保守验证: 调查原因、消除隐患。

2) 在应急处置过程中, 应遵守 ALARA 原则, 对应急处置行动相关的辐射风险进行评估, 包括受照剂量评估与监测、内外照射污染与防护等方面, 办理《应急响应现场处置防护措施审批表》, 必要时需制定现场处置方案, 现场处置方案包含但不限于如下内容: 应急处理步骤、预估工作时长、风险分析与防护、应急处置人员预估受照剂量及当年有效剂量, 以保证现场应急处置安全、及时、有效。

12.5.5 应急演练

保健物理处负责每年组织一次《核电厂辐射事件与事故应急响应预案》的培训和演练。

12.6 竣工环境保护验收内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》相关规定, 建设项目竣工后, 建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况, 编制验收监测(调查)报告。本项目竣工环境保护验收要求见下表 12-2。

表 12-2 本项目三同时验收内容

污染源或保护源	主要环保措施	验收标准
辐射防护措施	<p>①辐射安全场所屏蔽设计方案按 10-1 设计；②碘源制备间中挥发的 ^{131}I 气体通过手套箱上方自带的碘吸附器和高效过滤器吸附处理后，排入大气。各通风系统试验时产生的 ^{131}I 气体通过碘吸附处理器吸附处理，未被吸附的由核电站烟囱排入大气。AL1 化学实验室产生的放射性固废运输至电站放射性固体废物处理辅助厂房（QS）进行压缩/固化处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。装 ^{131}I 母液试剂瓶和铅罐由供货单位回收处置，不作为核电厂的放射性废物处理。废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭等包装在收集袋内由漳州核电厂送往 QS 厂房放射性废物收集点进行处理，处理后运至 QT 进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。③本项目各个辐射场所及周围醒目位置处设置符合规范的辐射警示标志，贮存柜及保险柜采取双人双锁管理，定期测量本项目各辐射工作场所的表面污染水平及周围剂量当量率。④监测仪器按表 10-2 进行设计。</p>	<p>1.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>2.《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）</p> <p>3.《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》</p>
管理措施	所有辐射工作人员佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案。	
	制定相应的规章制度和辐射事故（事件）应急预案。	
	辐射工作人员取得辐射安全与防护考核合格证书，持证上岗。	
	辐射工作人员进行职业病健康体检（包括上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康检查）。	
	委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，并按时报送辐射安全年度评估报告。	
项目环评批复后，建设单位应向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续。		

表 13 结论与建议

13.1 结论

本项目拟在漳州核电厂AC2厂房一层碘源制备间设置乙级非密封放射性物质工作场所，日等效最大操作量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ；AL1化学实验室一层设置丙级非密封放射性物质工作场所，日等效最大操作量为 $1.12 \times 10^6 \text{Bq}$ 。

(1) 辐射环境现状结论

项目所在区域及周围环境的辐射环境现状良好，未见异常，辐射环境质量属于当地正常辐射水平。

(2) 辐射安全与防护分析结论

本项目根据各工作场所的特点，配有保险柜、贮存柜存放、双人双锁管理、表污检测、佩戴个人剂量计等防护措施，采取的辐射安全措施总体效能良好，拟采取的各项辐射防护及污染防治措施均符合辐射防护、安全操作以及防护监测的要求。

(3) 环境影响分析结论

根据剂量估算分析，本评价项目中辐射工作场所的操作人员和工作场所外公众的个人累积剂量均低于根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的剂量约束值：工作人员的年有效剂量不超过 5mSv/a ，公众的年有效剂量不超过 0.1mSv/a 。

(4) 三废处理

本项目放射性废气主要为 ^{131}I ，碘源制备阶段经碘吸附器和高效过滤器吸附后排向大气的 ^{131}I 活度最大值为 0.20Bq/m^3 ，现场试验经过通风系统后外排的 ^{131}I 活度最大值为 0.35Bq/m^3 ，均低于本项目 ^{131}I 的排放口导出浓度限值（ ^{131}I 的DAC值为 1.28Bq/m^3 ）。

本项目放射性废液主要来自AL1化学实验室产生的废液，废液进入放射性废液回收系统后排入电站放射性废液处理系统；废液进入三废处理系统后经过滤、除盐、蒸发后排往放射性废液排放系统，单次排放满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的浓度控制要求。本项目废液排放已经包含在整个核电站的液态流出物排放中，相对核电液态流出物，贡献值很小。

AL1化学实验室产生的放射性固体废物，一次性手套、吸水纸和实验物资（如移液枪头、废旧试剂瓶等）经打包后，运输至漳州核电厂固体废物处理系统进行处理，处理后运至QT厂房进行储存衰变，最后将放射性废物运至放射性废物处置场进行最终处置。碘源制备间碘源操作不产生放射源废液；装母液 ^{131}I 试剂瓶的铅罐放置在碘源制备间贮存柜内暂存，由供货单位进行处置；废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭等废物包装在收集袋内由漳州核电厂及时送往QS厂房进行处理，处理后运至QT厂房进行储存衰变，最后将固体废物运至

放射性废物处置场进行最终处置。本项目放射性“三废”经过有效处理后，符合国家标准。

(3) 可行性分析结论

①实践正当性分析

本项目非密封放射性物质 ^{131}I 用于核岛废气处理系统的碘吸附效率试验，其余非密封放射性物质用于设备和仪器标定，是核电站辐射防护和环境保护所必需的，对保证核电站安全运行，提高辐射防护水平，保护环境，保障公众健康具有重要意义。贮存柜可实现对非密封放射性物质进行安全控制和集中管理，防止非密封放射性物质丢失或盗窃，避免意外辐射事故的发生，保证工作人员的辐射安全，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

②产业政策符合性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》的相关规定，本项目属于“鼓励类”中第六项“核能”第4条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合当前国家产业政策。

(4) 总结论

综上所述，中核国电漳州能源有限公司非密封放射性物质工作场所项目符合国家产业政策和实践正当性原则。在落实本环境影响报告表提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，建设单位将具备相应从事辐射活动的技术能力，本项目投入运行后对周围环境的影响符合辐射环境保护的要求。从辐射环境保护角度论证，本项目建设是可行的。

13.2 建议与承诺

(1) 对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

(2) 建设单位如需增加本报告表所涉及之外的放射源、射线装置或对其使用功能进行调整，则应按有关要求向生态环境主管部门进行申报，并采取相应的辐射防护措施。

(3) 建设单位应安排本项目所有辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习、考试，取得考核合格证书后方能上岗。同时按照国家法律法规要求给辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量监测档案。

(4) 建设单位应安排本项目所有辐射工作人员参加职业健康体检，并为辐射工作人员建立职业健康档案。

(5) 本项目环评批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续并按要求开展竣工环境保护验收工作。

