

核技术利用建设项目

福建福清核电有限公司

新增非密封放射性物质工作场所项目

环境影响报告表

（公示版）

福建福清核电有限公司

二〇二五年三月

核技术利用建设项目

福建福清核电有限公司

新增非密封放射性物质工作场所项目

环境影响报告表

建设单位名称：福建福清核电有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：福建省福州市福清市三山镇

邮政编码：350300 联系人：鲁栓

电子邮箱： 联系电话：17750233979

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物(重点是放射性废弃物)	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析和源项	30
表 10 辐射安全与防护	42
表 11 环境影响分析	59
表 12 辐射安全管理	71
表 13 结论与建议	80
表 14 审批	85

附图

附图 1 地理位置图

附图 2 项目平面布置图

附图 3-1 各辐射场所四至图

附图 3-2 各辐射场所四至图

附图 4-1 0AL 实验楼-地下室平面布置图

附图 4-2 0AL 实验楼-地上一层平面布置图（0AL 化学实验室）

附图 4-3 0AL 实验楼-地上二层平面布置图

附图 5-1 7AL 实验楼-地下一层平面布置图

附图 5-2 7AL 实验楼-地上一层平面布置图（7AL 化学实验室）

附图 5-3 7AL 实验楼-地上二层平面布置图

附图 6-1 0AC 厂房-地下一层平面布置图

附图 6-2 0AC 厂房-地上一层平面布置图

附图 6-3 0AC 厂房-地上二层平面布置图（G304 碘源制作间）

附图 7-1 7AC 厂房-地下一层平面布置图

附图 7-2 7AC 厂房-地上一层平面布置图（215 碘源制作间）

附图 7-3 7AC 厂房-地上二层平面布置图

附图 7-4 7AC 厂房-地上三层平面布置图

附图 8 0AC 厂房地上二层辐射分区图

附图 9 7AC 厂房地上一层辐射分区图

附图 10 0AL 化学实验室地上一层辐射分区图

附图 11 7AL 化学实验室地上一层辐射分区图

附图 12 7AL 人流物流路径图

附图 13 0AL 人流物流路径图

附图 14 0AC 人流物流路径图

附图 15 7AC 人流物流路径图

附件

附件 1 委托书

附件 2 原有核技术利用项目的环评批复和验收意见

附件 3 现状检测报告（ γ 、 α/β 表面污染）

附件 4 现状检测报告（I-131）

附件 5 2024 年度福清核电生产区环境 γ 辐射剂量率检测报告

附件 6 辐射防护管理制度

附件 7 辐射安全许可证

附件 8 福清核电放射源管理和使用人员剂量统计表（2024.03~2025.02）

附件 9 辐射工作人员辐射安全防护与培训考核合格证

表 1 项目基本情况

建设项目名称		福建福清核电有限公司新增非密封放射性物质工作场所项目			
建设单位		福建福清核电有限公司			
法人代表	宋林	联系人	鲁栓	联系电话	17750233979
注册地址		福建省福州市福清市三山镇前薛村			
项目建设地点		福清市三山镇前薛村福清核电厂生产区内			
立项审批部门		/	批准文号		/
建设项目总投资 (万元)		400	项目环保投资 (万元)	120	投资比例(环保 投资/总投资)
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☒ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 使用	☐ II 类 ☐ III 类		
	其他				
	项目概况 1.1 建设单位概况、项目建设规模、目的和任务由来 1.1.1 建设单位概况 福建福清核电有限公司（以下简称“福清核电”）成立于 2006 年 5 月 16 日，厂址位于福建省福州市福清市三山镇前薛村。福清核电由中国核工业集团公司、华电福建发电有限公司和福建省投资开发集团有限责任公司分别以 51%控股、39%和 10%参股，其经营范围包括发电及发电技术服务、输电、供电业务、技术咨询、技术开发、技术转让、技术推广等。 1.1.2 项目建设规模 本次新建核技术利用项目（以下简称“本项目”）拟将福清核电内 0AL 化学实验室、7AL 化学实验室设置为丙级非密封放射性物质工作场所，将 0AC 碘源制作间、7AC 碘				

源制作间设置为乙级非密封放射性物质工作场所。其中 7AL 和 0AL 存放、使用放射源和非密封放射性物质用于设备标定和制作标准溶液。碘源制作间用于液态碘化钠(I-131)溶液的分装、贮存，单瓶 I-131 活度约为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ (50mCi)。

0AC、7AC 碘源制作间内设置非密封放射性物质 I-131 的贮存柜和手套箱，0AC 碘源制作间内布置一个手套箱和 1 个贮存柜，7AC 碘源制作间内布置 2 个贮存柜和 3 个手套箱。0AC、7AC 碘源制作间用于非密封放射性物质 I-131 的贮存和分装配制，单瓶 I-131 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，每个碘源制作间年最大操作次数约 40 次，配制后的 I-131 溶液运至核岛相关厂房用于通风系统的碘吸附效率试验。

项目涉及核素种类及用量具体见第 2 及第 3 章节。

1.1.3 目的和任务来源

福清核电根据电站设计要求和运行的需要，拟将 0AL 化学实验室、7AL 化学实验室设置为丙级非密封放射性物质工作场所，将 0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间设置为乙级非密封放射性物质工作场所。为加强非密封放射性物质的辐射安全管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保非密封放射性物质使用期间不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规，本项目需进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)的要求，本项目属于五十五、核与辐射：172 核技术利用建设项目。本次评价内容涉及 2 个丙级非密封放射性物质工作场所、2 个乙级非密封放射性物质工作场所，需要编制环境影响评价报告表。

受福清核电的委托，核工业航测遥感中心承担该核技术利用项目的环评工作。通过资料调研、项目工程分析，并在结合现场勘察和现状监测等工作的基础上，结合项目特点，依据《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)等有关技术规范的相关要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.2 项目选址和环境保护目标

1.2.1 厂区位置

福清核电厂址位于福清市三山镇前薛村的岐尾山前沿，地理坐标为东经 $119^\circ 25' 36.59'' \sim 119^\circ 27' 10.09''$ ，北纬 $25^\circ 25' 53.32'' \sim 25^\circ 27' 07.54''$ 。厂址地处突入兴

化湾的岐尾山，北、南、西三面环海，东北侧与陆地连接。厂址西北距省会福州市 71km，北距长乐市 58km，距福清市 32km，西距莆田市 43km(均为直线距离)。

福清核电的地理位置见附图 1。

1.2.2 项目位置与平面布局

福清核电分为管理区和生产区，本项目所在 0AL 化学实验室、7AL 化学实验室、0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间均位于福清核电生产区内。化学实验室及碘源制作间工作场所边界周围 50m 评价范围也在生产区内部，不涉及居民区、学校、医院等环境敏感目标，选址合理。

0AC 厂房共设置地下一层、地上一层、地上二层，0AC 碘源制作间位于地上二层 G304 房间。7AC 厂房共设置地下一层、地上一层、地上二层、地上三层，7AC 碘源制作间位于地上一层 215 房间。0AL 厂房设有地下室、地上一层、地上二层，0AL 化学实验室位于地上一层。7AL 厂房共设置地下一层、地上一层、地上二层，0AL 化学实验室位于地上一层。

本项目平面布置图见附图 2，其各辐射场所四至图见附图 3。

1.2.3 项目周边保护目标

本项目评价范围以 0AL 化学实验室、7AL 化学实验室、0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间共 4 个辐射工作场所各自为中心 50m 范围内矩形区域范围。项目评价范围保护对象为本核技术利用项目内辐射工作人员和非本项目工作人员（公众），本项目环境保护目标内容详见表 7-1。

本项目各辐射工作场所评价范围内 50m 的主要环境情况见表 1-1。

表 1-1 项目评价范围 50m 内的主要环境情况

辐射工作场所	方位	主要环境特征
碘源制作间（地上二层 0AC-G304 房间）	北侧	0AC 厂房 ¹ 、道路
	西侧	0AC 厂房 ¹ 、道路
	东侧	0AC 厂房 ¹ 、道路
	南侧	0AC 厂房 ¹ 、道路
	楼下	0AC 厂房设备存储区、办公室、会议室等（约 30 人）
碘源制作间（地上一层 7AC-215 房间）	北侧	道路，7AL 实验楼（工作人员 50 人）
	西侧	7AC 厂房，无常驻办公人员，设备检修期间有部分检修人员
	东侧	7AC 厂房，无常驻办公人员，设备检修期间有部分检修人员
	南侧	7AC 厂房，无常驻办公人员，设备检修期间有部分检修人员
	楼上	二层：卫生间、设备间等房间，无常驻办公人员；三层：设备间、大修管理办公室（约 10 人）等
	楼下	暗室、观片室（2 人）、设备间，设备检修期间有部分检修人员
0AL 化学实验室（地上一层）	北侧	马路、0AC 厂房

204~213/225)	西侧	0AL 实验楼化学处办公室（8 人）、马路
	东侧	0AL 实验楼送样间、防护用品存放间、冷实验室等房间（无常驻办公人员）、马路
	南侧	0AL 实验楼过道、马路
	楼上	办公区域（约 30 人）
	楼下	设备存储区 ²
7AL 化学实验室 (地上一层 101-116)	北侧	马路
	西侧	马路
	东侧	楼梯间、马路
	南侧	7AL 内非放射性实验室 ³ 、马路
	楼上	办公区域（约 30 人）
	楼下	设备存储区 ²

注：1 厂房内其余房间无工作人员常驻，设备检修期间有部分检修人员；2 设备存储区仅设有设备，无人员办公；3 为非放实验室，无常驻人员。

1.3 原有核技术利用项目许可情况

1.3.1 许可和环保手续履行情况

福清核电厂区目前涉及使用Ⅱ类源 1 枚（辐照刻度装置一台），Ⅲ类源 8 枚，Ⅳ类源 20 枚，Ⅴ类源 157 枚（瓶），豁免源 519 枚（瓶）。核电厂区设有 1 处丙级非密封放射性物质操作场所（环境实验室），1 处放射源暂存库。放射源使用场所包括反应堆厂房、核辅助厂房、核燃料厂房、AF 刻度室、AC 厂房、环境实验室、流出物实验室、BX 楼、洗衣房、电气厂房等场所。上述场所及放射性物质均已履行环保手续，完成了环境影响评价及环保验收工作。相关手续文件见附件 2。

福清核电目前持有的辐射安全许可证（闽环辐证【00156】）许可种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类放射源；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2025 年 11 月 16 日。

福清核电厂区现有核技术利用项目均已履行了环保手续。现有核技术利用情况见表 1-2。

表 1-2 福清核电现有核技术利用项目情况

放射源					
序号	核素	类别	数量	用途	环评和验收情况
1	⁶⁰ Co	Ⅱ	1	校准源	2011 年 2 月 11 日核技术利用项目获得福建省生态环境厅批复。 2014 年 12 月开展了核技术应用项目（一期）验收，闽环辐验[2014]19 号。
2	²⁴¹ Am	Ⅲ	1	校准源	
3	²³⁸ Pu/Bc	Ⅲ	2	硼表自检源（反应堆用）	
4	¹³⁷ Cs	Ⅲ	1	校准源	
5	²⁵² Cf	Ⅳ	2	一次中子源（反应堆用）	

6	¹³⁷ Cs	IV	4	校准源	
7	⁶⁰ Co	IV	1	校准源	
8	²³⁷ Np	V	16	辐照监督管（反应堆用）	
9	¹³⁷ Cs	V	18	校准源	
10	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	V	2	校准源	
11	⁶⁰ Co	V	2	校准源	
12	²³⁸ Pu/Be	III	4	硼表自检源（反应堆用）	2018年3月重新申领辐射安全许可证（在原许可使用核素和类别范围内增加数量），批准文号闽环辐审[2018]0023号。2022年6月开展了核技术应用项目（二期）竣工环境保护验收。
13	²⁵² Cf	IV	10	一次中子源（反应堆用）	
14	¹³⁷ Cs	IV	3	校准源	
15	²⁴¹ Am	V	14	校准源	
16	²³⁷ Np	V	32	辐照监督管（反应堆用）	
17	¹³⁷ Cs	V	65	校准源	
18	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	V	4	校准源	
19	⁶⁰ Co	V	4	校准源	
非密封放射性物质工作场所					
序号	场所名称	类别	非密封放射性物质使用情况		环评和验收情况
1	环境实验室 EC1	丙级	目前仅使用豁免放射性同位素		2011年2月11日核技术利用项目获得福建省生态环境厅批复。 2014年12月开展了核技术应用项目（一期）验收，闽环辐验[2014]19号。
射线装置					
序号	装置名称	类别	数量		环评和验收情况
/	/	/	/		/

1.3.2 辐射安全管理及防护情况

1、辐射安全管理机构

福清核电已建立放射源辐射安全管理机构，保健物理处负责福清核电核技术利用项目的全面管理，并明确了各使用部门的职责。

2、辐射安全防护管理制度

福清核电已制定辐射安全管理制度，包括辐射防护管理大纲、辐射事故/事件应急预

案、辐射控制区管理等一系列辐射安全防护管理制度。辐照室、化学实验室制定有相关管理规定和操作规程；放射源库、化学实验室、环境实验室等涉放射性物质场所墙上均张贴有相关规章制度和操作说明。各项制度目前执行情况良好。

福清核电已建立放射性同位素及射线装置台账，台账内容包括：核素、出厂日期、出厂活度、标号、编码、类别、用途、储存场所等信息。所有非豁免放射源均办理放射性同位素转让审批手续（进口放射源办理放射源进口手续）和备案手续，豁免放射源均办理放射源豁免审批手续，所有审批、备案档案齐全。

3、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

福清核电涉及核技术利用的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。辐射工作人员每年进行一次职业健康体检，福清核电为每个员工均建立了健康监护档案。

4、辐射工作场所监测情况

福清核电制定有辐射监测方案，并将监测数据记录存档。辐射场所监测目前未出现超标情况。

1.4 产业政策相符性分析

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令 第 7 号公布自 2024 年 2 月 1 日起施行），本项目为核技术利用项目，不属于其限制类和淘汰类产业，为允许类，符合国家现行产业政策。

1.5 与“三线一单”管控方案的相符性

“三线一单”是指生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单，项目建设应强化“三线一单”约束作用，根据福州市“三线一单”生态环境分区管控方案（以下简称“管控方案”）的要求，本项目“三线一单”的符合性分析如下表 1-3 所示。

表 1-3 项目“三线一单”符合性分析表

内容	符合性分析
生态保护红线	本项目所属的福清核电厂位于福清市三山镇前薛村，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的区域。因此，项目建设符合生态红线控制要求。
环境质量底线	根据辐射环境质量现状监测结果，本项目场址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率处于正常本底水平。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，放射性废气和放射性固体废物等均采取了合理、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。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源等，主要来自工作人员操作过程和贮存过程的设施用电，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。
生态环境准入清单	本核技术利用项目利用已建厂房，项目所在位置位于福清核电生产区内，项目不在福清市生态环境准入清单优先保护单元内，项目的建设符合管控方案中生态环境准入清单的要求。

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，本项目的建设符合“三线一单”要求。

1.6 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、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线。根据已批复的《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》，并经核实福清核电厂项目符合《福州市国土空间总体规划》（2021-2035年）的管控要求。本项目 0AC/7AC 碘源制作间、0AL/7AL 化学实验室在福清核电厂内，其评价范围不在城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线范围内，项目所在区域不占用城镇空间、农业空间和生态空间。

因此，本项目符合《福州市国土空间总体规划（2021-2035年）》中“三区三线”的管控要求。

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
本项目不涉及								

注：1.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)	年最大操作量(Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
0AL/7AL 化学实验室（注：以下核素用量为单个实验室最大用量）											
1	H-3	液态	使用	6600	66	3.74×10 ⁴	设备标定,制作标准溶液	简单操作	0AL、7AL 化学实验室	0AL、7AL 化学实验室放射源柜	购买，需配制和消耗。（消耗 5g(1100Bq/g)消耗源，每年 2 次；消耗 1g(1100Bq/g)消耗源，每月 2 次）。每年标定次数最大约 26 次。
2	H-3	液态	使用	1.1×10 ⁵	110	1.32×10 ⁷		很简单的操作			购买，成品，不配制。同时使用 2 枚 SNC 源（5000Bq）和 2 套淬灭源(50000Bq)，每月使用 10 次。每年标定次数最大约 120 次。
3	C-14	液态	使用	2200	220	1.65×10 ⁴		简单操作			购买，需配制和消耗。（消耗 3g(550Bq/g)消耗源，每年 2 次；消耗 1g(550Bq/g)消耗源，每月 2 次）。每年标定次数最大约 26 次。
4	C-14	液态	使用	4600	46	5.52×10 ⁵		很简单的操作			购买，成品，不配制。同时使用 2 枚 SNC 源(2300Bq)，每月 10 次。每年标定次数最大约 120 次。
5	Cs-137	液态	使用	3.66×10 ⁴	366	4.0×10 ⁶		很简单的操作			购买，成品，不配制。同时使用 2 枚马林杯源（1100Bq）、2 枚 289.5mL 标准源（8900Bq）、2 枚 16.5mL 标准源（8300Bq），每月 9 次。每年标定次数最大约 108 次。
6	Co-60	液态	使用	8200	820	4.92×10 ⁵		很简单的操作			购买，成品，不配制。同时使用 1 枚 16.5mL 标准源（8200Bq），每月 5 次。

										每年标定次数最大约 60 次。
7	Fe-55	液态	使用	1100	110	6600		简单操作		购买，需配制和消耗。（消耗 1g（1100Bq/g），每年 6 次）每年标定次数最大约 6 次。
8	Fe-59	液态	使用	1000	100	6000		简单操作		购买，需配制和消耗。（消耗 1g（1000Bq/g），每年 6 次）每年标定次数最大约 6 次。
9	Sr-90（Y-90）	液态	使用	550	550	6600		简单操作		购买，需配制和消耗。（消耗 5g（110Bq/g），每月 1 次）每年标定次数最大约 12 次。
10	Ni-63	液态	使用	1100	110	6600		简单操作		购买，需配制和消耗。（消耗 1g（1100Bq/g），每年 6 次）每年标定次数最大约 6 次。
11	Sr-89	液态	使用	600	60	3600		简单操作		购买，需配制和消耗。（消耗 0.5g（1200Bq/g），每年 6 次）每年标定次数最大约 6 次。
12	Am-241/Eu-155/Co-57/ Ba-133/Cs-137/Mn-54/ Zn-65/Na-22/Co-60	液态	使用	2.8×10^5	2.8×10^5	4.1×10^7		很简单的操作		购买，成品，不配制。同时使用 3 枚马林杯（64000Bq）、2 枚 16.5mL 标准源（46000Bq），每月 12 次。每年标定次数最大约 144 次。
13	Am-241/Eu-155/Co-57/ Ba-133/Cs-137/Mn-54/ Zn-65/Na-22/Co-60	固态	使用	1.1×10^5	1.1×10^4	2.0×10^7		很简单的操作		购买，成品，不配制。同时使用 2 枚碘盒源（7600Bq）、1 枚滤纸源（44000Bq）、1 枚惰性气体源（47100Bq），每月 16 次。每年标定次数最大约 192 次。
14	Am-241/Cd-109/Co-57/ Ce-139/Ba-133/Sn-113/ Cs-137/Mn-54/Y-88/Co-60/Na-22	固态	使用	1.3×10^5	1.3×10^4	2.5×10^7		很简单的操作		购买，成品，不配制。1 枚滤纸源（48800Bq）、1 枚惰性气体源（80000Bq），每月 16 次。每年标定次数最大约 192 次。
15	Cs-137	固态	使用	1000	1	6.0×10^4		很简单的操作		购买，成品，不配制。同时使用枚固态点源（500Bq），每月 5 次。每年标定次数最大约 60 次。
16	Co-60	固态	使用	7.65×10^4	765	4.6×10^6		很简单的操作		购买，成品，不配制。同时使用 1 枚固态点源（76500Bq），每月 5 次。每年标定次数最大约 60 次。
17	Sr-90（Y-90）	固态	使用	9500	95	2.05×10^6		很简单的操作		购买，成品，不配制。同时使用 2 枚面源（4750Bq），每月 18 次。每年标定次数最大约 216 次。

18	Am-241	固态	使用	6600	660	1.4×10 ⁶		很简单的操作			购买，成品，不配制。同时使用 2 枚面源（3300Bq），每月 18 次。每年标定次数最大约 216 次。
19	Kr-85	气态	使用	9000	900	8.6×10 ⁵		很简单的操作			购买，成品，不配制。同时使用 1 枚气体源（9000Bq），每月 8 次。每年标定次数最大约 96 次。
0AC/7AC 碘源制作间（注：以下核素用量为单个碘源制作间最大用量）											
1	I-131	液态	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁸	7.4×10 ¹⁰	碘吸附实验（溶液分装、贮存）	简单操作	0AC、7AC 碘源制作间、核岛厂房	0AC、7AC 碘源制作间贮存柜	购买，需配制和消耗。每年配制操作最多约 40 次。

注：1.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)。

2.福清核电各类试验年合计分装配制操作共约 40 次，在 0AC 或 7AC 碘源制作间进行配制分装，本项目考虑不利因素，按照全部在 0AC 或 7AC 碘源制作间进行配制分装操作。

3. 0AL 化学实验室/7AL 化学实验室核素存在共用情形，本项目考虑不利因素，取 2 个实验室涉及的所有核素及核素用量最大量作为单个实验室核素最大用量。

4.本项目 I-131 的母液试剂活度为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ (50mCi)，考虑不利因素，实际日最大操作量取值为母液试剂活度为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，本项目年合计分装配制操作共约 40 次，则年最大操作量为 $7.4 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。核电站不同试验中配制的 I-131 最大使用活度为 $9.99 \times 10^7 \text{Bq}$ (2.7mCi)，则配制过程中单次最大用源活度为 $9.99 \times 10^7 \text{Bq}$ (2.7mCi)。

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
本项目不涉及										

(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
本项目不涉及									

(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 (μA)	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	
本项目不涉及													

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	最大约 9.0Bq/L	/	约 10L	$\leq 1000\text{Bq/L}$	化学实验室废液倒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（0QT）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	I-131	/	/	碘源制备过程： $\leq 1850\text{Bq}$ 碘吸附试验过程： $8.0 \times 10^6\text{Bq}$	碘源制备过程： $\leq 0.18\text{Bq/m}^3$ 碘吸附试验过程： $\leq 0.33\text{Bq/m}^3$	无	碘源制作间中挥发的 I-131 气体通过手套箱上方自带的碘吸附器（内含浸渍颗粒活性炭）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 I-131 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、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）。	/	/	1、废碘源试剂瓶、废橡胶手套等约 2kg/年；废活性炭 6kg/年 2、实验室产生的放射性固体废物 1250kg/a，总体积 $\leq 3.0\text{m}^3$	/	0QT	1、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（0QS）进行压缩/固化处理，处理后运至 0QT 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 I-131 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福清核电送往 0QS 厂房放射性废物收集点进行处理，处理后运至 0QT 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；年排放量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，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	(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014 年 4 月 24 日发布, 2015 年 1 月 1 日实施); (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订并实施); (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日发布, 2003 年 10 月 1 日实施); (4)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号, 2005 年 12 月 1 日施行; 国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日修订并实施); (5)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部令第 20 号, 2021 年 1 月 4 日起施行); (6)《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, 2011 年 5 月 1 日施行); (7)《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 6 月 21 日公布, 2017 年 10 月 1 日实施); (8)《突发环境事件信息报告办法》(环境保护部令第 17 号, 2011 年 4 月 18 日发布); (9)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起施行); (10)《放射性废物安全管理条例》, 国务院令第 612 号, 2012 年 3 月 1 日起施行; (11)《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, 2016 年 3 月 7 日; (12)《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 年第 57 号, 2019 年 12 月 24 日起施行; (13)福建省环保厅关于印发《福建省建设项目环境影响评价文件分级审批管理规定》的通知, 闽环发[2015]8 号, 福建省环境保护厅, 2015 年 8 月 6 日起施行; (14)《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》, 环发[2006]145 号, 2006 年 9 月 26 日; (15)《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 9 月 20 日公布，自 2019 年 11 月 1 日起施行； (16)《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行。
技术标准	(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)； (2)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)； (4)《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； (5)《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； (6)《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； (7)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128—2019)； (8)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (9)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； (10)《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）。
其他	(1)《福建福清核电厂 1、2 号机组环境影响影响报告书（运行阶段）》（2014 年 5 月）； (2)《福建福清核电核技术利用项目环境影响报告表》及其审查意见（2011 年 1 月）； (3)《福建福清核电有限公司核技术应用项目竣工环境保护验收（一期）》及验收合格函（2014 年 12 月）； (4)《福建福清核电有限公司核技术应用项目竣工环境保护验收（二期）》及其验收意见（2022 年 6 月）； (5)《福建省放射性同位素与射线装置辐射安全和防护状态年度评估报告》（2024 年度，福建福清核电有限公司）； (6)福清核电公司提供的非密封放射性物质及其他相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

依据《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 0AL、7AL 化学实验室为丙级非密封放射性物质工作场所，0AC、7AC 碘源制作间为乙级非密封放射性物质工作场所，均取场所实体屏蔽物边界外 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工作场所。

保护目标

0AL 化学实验室、7AL 化学实验室、0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间辐射工作场所屏蔽体外 50m 范围均位于福清核电生产区内，不涉及居民点、学校和医院等环境敏感目标。本项目辐射工作场所四周环境相对位置关系示意和评价范围见附图 3。已建核技术利用项目中，距离 0AL 化学实验室、7AL 化学实验室、0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间最近的为 0AC 放射性机修厂房西北侧的 9AF 厂房，与 0AC 碘源制作间距离超过 50m。

本项目运行期间环境保护目标一览表见表 7-1。

本核技术利用项目所评价的公众为非操作本项目的工作人员，则本项目评价范围保护对象为核电站内本项目辐射工作人员和非本项目工作人员（公众）。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

辐射工作场所	周边点位描述	环境保护目标	方位	最近距离 (m)	影响人数	剂量约束 值
碘源制作间（地上二层 0AC-G304 房间）	碘源制作间内	本项目辐射工作人员	/	紧邻	2	5mSv/a
	0AC 厂房内设备检修人员	非本项目工作人员 (公众)	/	7	50	0.1mSv/a
	0AC 厂房外侧马路		四周	6.4	偶尔路过人员	
	楼下办公室、会议室等房间 (非正下方)		楼下	30	30	
碘源制作间（地上一层 7AC-215 房间）	碘源制作间内	本项目辐射工作人员	/	紧邻	2	5mSv/a
	7AL 实验楼	非本项目工作人员 (公众)	西北	35	50	0.1mSv/a
	7AC 厂房内设备检修人员		/	5	50	
	楼上二层：卫生间、设备间等		上方	紧邻	偶尔路过人员	
	楼上三层：设备间、大修管理		上	4.2	10	

	办公室		方			
	观片室、暗室		下方	3	2	
0AL 化学实验室	化学实验室内工作人员	本项目辐射工作人员	/	紧邻	2	5mSv/a
	楼上办公区域	非本项目工作人员 (公众)	上方	紧邻	30	0.1mSv/a
	化学处办公室		西	4	8	
	马路、过道		/	紧邻	偶尔经过人员	
	0AL 内送样间、防护用品存放间等		/	2	偶尔经过人员	
	0AC 厂房内工作人员		北	40	10	
7AL 化学实验室	化学实验室内工作人员	本项目辐射工作人员	/	紧邻	2	5mSv/a
	楼上办公区域	非本项目工作人员 (公众)	上方	紧邻	30	0.1mSv/a
	7AL 内非放射性实验室		南	3	非放实验人员(非常驻)	
	楼梯间、马路		/	紧邻	偶尔经过人员	

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

评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

相关条款	具体内容
B1.1 职业照射	B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值： a) 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； b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： a) 年有效剂量，1mSv； b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则单一某一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

①**本项目剂量约束值**：按防护与安全的最优化要求，结合本项目实际情况，取职业照射年平均有效剂量的四分之一作为职业工作人员的管理目标值，即不超过 5mSv；取公众照射年平均有效剂量的十分之一作为公众成员的管理目标值，即不超过 0.1mSv。

第 6.4.1 款控制区：注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

第 6.4.2 款监督区：注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的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。

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）的规定，非密封放射性物质工作场所分级见下表。

表 7-3 非密封放射性物质工作场所分级要求

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最大操作量的计算：

$$\text{日等效最大操作量} = \frac{\text{放射性核素的日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式修正因子}}$$

放射性核素毒性组别修正因子如下表所示。

表 7-4 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

注：本项目放射性核素的毒性分组见 GB18871-2002 附录 D。

操作方式与放射源状态修正因子如下表所示。操作方式的具体方式举例详见《辐射防护手册》（第三分册）辐射安全 P143~144。

表 7-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面的污染水平 较低的固体	液体、溶剂、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	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

（2）工作场所辐射剂量率控制水平

工作场所放射性表面污染控制水平按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的有关规定：

表 7-6 工作场所的放射性表面沾污控制水平

单位: Bq/cm²

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4	40	40
	监督区	0.4	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	0.4	0.4	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.04	0.4

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。

（3）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 表述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 I-131

的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值工作人员取 $1.1 \times 10^{-8} \text{Sv/Bq}$ ，公众取 $7.4 \times 10^{-9} \text{Sv/Bq}$ 。

表 7-7 空气中放射性核素导出浓度

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
I-131	1.89×10^2	4.54×10^5	1.28	1.35×10^4

计算过程说明：计算时职业照射剂量限值取 5mSv/a，公众取 0.1mSv/a，职业工作人员年工作 2000h（工作 250 天，每天工作 8h），公众时间取 8760h（365d，24h），呼吸量为 1.2m³/h（0.02m³/min）；工作人员取 F、M、S 三种状态下不同气溶胶粒径 e(g)1 μm、e(g)5 μm 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》（GB6249-2011）规定：对于滨海厂址，槽式排放口处的放射性流出物中除氚和 ¹⁴C 外，其它放射性核素的浓度不超过 1000Bq/L。

福清核电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。因此，实际运行过程中，电站除氚和 ¹⁴C 外其它液态放射性核素的排放浓度可以实现 GB6249-2011 规定的 1000Bq/L 的浓度控制要求。

0AL/7AL 化学实验室标定用放射源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。

（4）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。

(5) 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。

6.2.4 个人剂量档案应妥善保存，保存时间应不少于个人停止放射工作后 30 年。

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 7-8 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 7-8 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

本项目管理约束值

综合考虑上述标准要求及结合本项目实际情况，本项目场所和人员评价按照以下执行：

1、辐射工作场所周围辐射环境剂量率控制限值

0AC/7AC 碘源制作间四周屏蔽体、手套箱及贮存柜外表面 30cm 的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

0AL/7AL 化学实验室四周屏蔽体、放射源柜、通风柜外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2、本项目辐射工作人员及公众年有效剂量约束值

按防护与安全的最优化要求，取职业照射年平均有效剂量的四分之一作为职业工作人员的剂量约束值，即不超过 5mSv ；取公众照射年有效剂量的十分之一作为公众成员的剂量约束值，即不超过 0.1mSv 。需要说明的是，上述剂量约束值仅针对本项目运行对辐射工作人员和公众的贡献值，对于核电站内所有辐射工作人员在工作期间年受照剂量是纳入核电站职业人员个人剂量的管控要求。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

本项目利用已建厂房，项目涉及的辐射工作场所为 0AL/7AL 化学实验室、0AC/7AC 碘源制作间，均位于核电站辐射控制区内。

0AC 放射性机修厂房北侧为道路及 9AF 厂房，南侧为道路及 0AL 实验楼，东侧为道路及 1/2 号机组，西侧为道路。将 0AC 厂房内地上二层的 G304 房间设置为碘源制作间，该碘源制作间四周 50m 范围内均为 0AC 厂房及道路，厂房内其余房间均为设备存储等房间，没有工作人员常驻，设备检修期间有部分检修人员，该碘源制作间楼下为 0AC 厂房设备存储区、办公室等房间，楼上无建筑设施。

7AC 放射性机修厂房北侧为道路及 7AL 实验楼，南侧为道路，东侧为道路及 5/6 号机组，西侧为道路及 3/4 号机组。将 7AC 厂房内地上一层的 215 房间设置为碘源制作间，该碘源制作间西侧、东侧、南侧 50m 范围内均为 7AC 厂房（无常驻办公人员，设备检修期间有部分检修人员）；北侧 50m 范围内涉及道路及 7AL 实验楼（工作人员 50 人）；楼下为暗室、观片室（2 人）、设备间等，设备检修期间有部分检修人员；楼上二层为卫生间、设备间等房间，无常驻办公人员；楼上三层为设备间、大修管理办公室（约 10 人）等。

0AL 实验楼北侧为道路及 0AC 放射性机修厂房，西侧为道路及车库，东侧及南侧均为道路。将 0AL 实验楼内地上一层 204~213/225 房间设为 0AL 化学实验室，0AL 化学实验室北侧为马路；西侧为 0AL 实验楼化学处办公室（8 人）、马路；东侧为 0AL 实验楼送样间、防护用品存放间等房间（无常驻办公人员）、马路；南侧为 0AL 实验楼过道、马路；楼上为办公区域（约 30 人），楼下为设备存储区（设备存储区仅设有设备，无人员办公）。

7AL 实验楼北侧为道路，南侧为道路及 7AC 放射性机修厂房，东侧为道路及 5、6 号机组，西侧为道路及 3、4 号机组。将 7AL 实验楼内地上一层 101~116 房间设为 7AL 化学实验室，7AL 化学实验室北侧及西侧 50m 范围内均为马路；东侧紧邻楼梯间，楼梯间外为马路；南侧为 7AL 内非放射性实验室（无常驻人员）、马路；楼上为办公区域（约 30 人），楼下为设备存储区（设备存储区仅设有设备，无人员办公）。



0AL 实验楼南侧



0AL 实验楼西侧



0AL 实验楼北侧



0AL 实验楼东侧



0AC 厂房西侧



0AC 厂房北侧



0AC 厂房南侧



0AC 厂房东侧



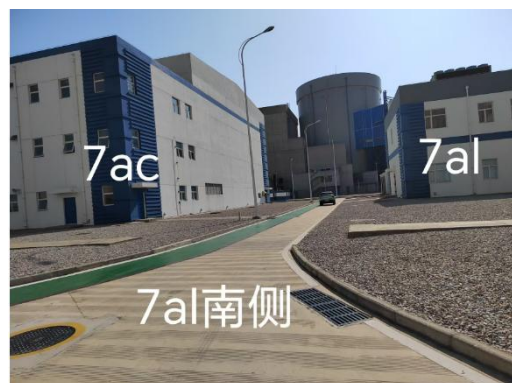
7AL 实验楼西侧



7AL 实验楼北侧



7AL 实验楼东侧



7AL 实验楼南侧



7AC 厂房东侧



7AC 厂房南侧



7AC 厂房西侧



7AC 厂房北侧

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

本项目为非密封放射性物质工作场所,为了解评价范围内的项目所在区域及周围环境的辐射环境质量,核工业航测遥感中心监测人员于 2025 年 3 月对本项目所在区域及周围环境进行环境 X- γ 辐射剂量率和 α 、 β 表面污染水平现状检测。

环境现状监测对象: 0AL/7AL 化学实验室、0AC/7AC 碘源制作间周围辐射环境

环境监测因子: X- γ 辐射剂量率; α 表面污染、 β 表面污染; 空气中 I-131

监测点位: 该项目非密封放射性物质工作场所及周围环境。根据本项目各辐射工作场所拟布置情况,共布置 41 个 γ 辐射剂量率检测点位,17 个 α/β 表面污染检测点位,4 个空气中 I-131 检测点位,可以较好反映项目各辐射工作场所周围辐射环境现状。

8.3 监测方案、质量保证措施、监测结果

(1) 环境 X- γ 辐射剂量率和 α 、 β 表面污染监测方案

①监测单位: 核工业航测遥感中心

②监测日期: 2025.3.11

③监测方式: 现场监测

④监测依据: HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》、HJ61-2021《辐射环境监测技术规范》、GB/T14056.1-2008《表面污染测定第一部分: β 发射体(最大能量大于 0.15MeV)和 α 发射体》

⑤监测因子: X- γ 辐射空气吸收剂量率、 α/β 表面污染

⑥监测设备: 剂量率仪(FH40G+FHZ672E-10)、 α/β 表面污染测量仪 CoMo-170

(2) 空气中 I-131 监测方案

①监测单位: 核工业二三〇研究所

②监测日期: 2025.3.27

③监测方式: 采样监测

④监测依据: GB/T 14584-1993《空气中碘-131 的取样与测定》

⑤监测因子: I-131

⑥监测设备: 高纯锗 γ 能谱仪

(3) 质量保证措施

①委托的检测机构均已通过计量认证,具备有相应的检测资质和检测能力;

②委托的检测机构均制定有质量体系文件,所有活动均按照质量体系文件要求进行,实施全过程质量控制;

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测人员通过专业的技术培训和考核；

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人批准。

(4) 监测结果

对本项目所在区域及周围环境开展环境 γ 辐射剂量率、 α/β 表面污染监测，空气中 I-131 现状监测，监测结果见表 8-1、表 8-2、表 8-3。

表8-1 非密封放射性场所 α 、 β 表面污染检测结果表

序号	检测位置	检测结果 (Bq/cm ²)	
		α 表面污染	β 表面污染
1	0AL 化学实验室东北角（204 房间地面）	未检出	0.13
2	0AL 化学实验室东南角（206 房间地面）	未检出	0.11
3	0AL 化学实验室西南角（212 房间地面）	未检出	0.10
4	0AL 化学实验室西北角（213 房间地面）	未检出	0.07
5	0AC-G304 碘源制作间西北角地面	未检出	0.08
6	0AC-G304 碘源制作间东北角地面	未检出	0.15
7	0AC-G304 碘源制作间东南角地面	未检出	0.15
8	0AC-G304 碘源制作间西南角地面	未检出	0.10
9	7AC-215 碘源制作间东北角地面	未检出	0.15
10	7AC-215 碘源制作间东南角地面	未检出	0.15
11	7AC-215 碘源制作间西南角地面	未检出	0.12
12	7AC-215 碘源制作间西北角地面	未检出	0.08
13	7AL 化学实验室东南角（101 房间地面）	未检出	0.09
14	7AL 化学实验室西南角（107 房间地面）	未检出	0.10
15	7AL 化学实验室东北角（109 源库门表面）	未检出	0.05
16	7AL 化学实验室西北角（115 房间地面）	未检出	0.11
17	7AL 化学实验室西南角（116 房间地面）	未检出	0.04

注：1）未检出指低于仪器探测下限。表面污染仪的 α 表面污染探测下限值为 0.003Bq/cm²；2）检测结果已扣除本底值。

表 8-2 非密封放射性场所 X- γ 辐射空气吸收剂量率检测结果表

序号	检测点位	检测结果 $\pm$ 标准差 (nGy/h)
1	0AL 化学实验室东北角 (204 房间)	101 $\pm$ 4
2	0AL 化学实验室东南角 (206 房间)	101 $\pm$ 5
3	0AL 化学实验室西南角 (212 房间)	96.4 $\pm$ 2.2
4	0AL 化学实验室西北角 (213 房间)	91.0 $\pm$ 1.0
5	0AL 实验间正下方	102 $\pm$ 2
6	0AL 实验间正上方	95.4 $\pm$ 1.8
7	0AL 实验楼南侧墙面	82.4 $\pm$ 0.8
8	0AL 实验楼东侧墙面	79.7 $\pm$ 0.9
9	0AL 实验楼北侧墙面	116 $\pm$ 5
10	0AL 实验楼西侧墙面	119 $\pm$ 2
11	0AC-G304 碘源制作间正下方	91.1 $\pm$ 4.2
12	0AC 厂房南侧	106 $\pm$ 2
13	0AC 厂房东侧	98.9 $\pm$ 4.2
14	0AC 厂房北侧	87.9 $\pm$ 2.0
15	0AC 厂房西侧	104 $\pm$ 4
16	0AC-G304 碘源制作间西北角	92.8 $\pm$ 1.7
17	0AC-G304 碘源制作间西南角	89.8 $\pm$ 2.3
18	0AC-G304 碘源制作间东北角	99.8 $\pm$ 2.8
19	0AC-G304 碘源制作间东南角	89.9 $\pm$ 2.9
20	7AC 厂房东侧	81.4 $\pm$ 0.9
21	7AC 厂房北侧	89.7 $\pm$ 0.8
22	7AC 厂房西侧	92.1 $\pm$ 2.1
23	7AC 厂房南侧	120 $\pm$ 3
24	7AC-215 碘源制作间西南角	107 $\pm$ 3
25	7AC-215 碘源制作间西北角	102 $\pm$ 6
26	7AC-215 碘源制作间东北角	108 $\pm$ 5

27	7AC-215 碘源制作间东南角	107±3
28	7AC-215 碘源制作间正上方（332 卫生间）	124±2
29	7AC-215 碘源制作间正下方（暗室）	102±2
30	7AL 化学实验室东南角（101 房间）	107±4
31	7AL 化学实验室西南角（107 房间）	82.9±1.1
32	7AL 化学实验室东北角（109 房间）	99.6±2.2
33	7AL 化学实验室西北角（115 房间）	84.2±3.7
34	7AL 化学实验室西南角（116 房间）	85.3±4.2
35	7AL 正上方办公室	117±3
36	7AL 正下方 005 排风机房	115±3
37	7AL 实验楼东侧 1	96.2±3.5
38	7AL 实验楼东侧 2	90.8±4.4
39	7AL 实验楼北侧	82.0±1.7
40	7AL 实验楼西侧	90.3±1.6
41	7AL 实验楼南侧	90.9±2.7

注：1）检测结果已扣除宇宙射线响应值。2）本设备宇宙射线响应值为 10.1nGy/h。3）：本设备宇宙射线响应值来源于水库表面检测所得。

表 8-3 空气中 I-131 检测结果表

序号	检测点位	检测结果 (mBq/m ³)
1	0AC 碘源制作间 G304 房间空气碘	< 0.2
2	0AC 厂房外排风口空气碘	< 0.2
3	7AC 碘源制作间 215 房间空气碘	< 0.2
4	7AC 厂房外排风口空气碘	< 0.2

注：高纯锗 γ 能谱仪探测下限值为 0.2 mBq/m³。

根据《福建福清核电厂环境监测月报》（2025 年 2 月）和《福建福清核电厂环境监测月报》（2025 年 1 月），5 个监测子站的空气碘样品中均未检出放射性核素 I-131。根据《福建福清核电厂流出物及环境监测评价年报》（2023 年度），2023 年福清核电各机组气载放射性流出物中碘年排放总量为 $8.32 \times 10^5 \sim 2.99 \times 10^6 \text{Bq}$ ，2023 年福清核电厂厂区及外围环境 I-131 含量均低于探测下限。

根据表 8-3，本项目碘源制作间所在房间及 AC 厂房外排风口处空气中 I-131 的活度

浓度均未检出。与《福建福清核电厂环境监测月报》（2025 年 1 月和 2 月）、2023 年福清核电厂厂区及外围环境 I-131 含量均未检出这一结论一致。

根据《福建福清核电厂流出物及环境监测评价年报》（2023 年度），2023 年度各监测点连续 γ 贯穿辐射空气吸收剂量率为 86.8~115.5nGy/h，2023 年度各监测点即时 γ 辐射空气吸收剂量率为 53.9~128nGy/h。参照《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015），福州市自然环境原野 γ 辐射剂量率为 30.4~145.4 nGy/h，道路 γ 辐射剂量率为 45.3~164.7 nGy/h，室内 γ 辐射剂量率为 89.9~231.0 nGy/h。参照《2024 年度福清核电生产区环境 γ 辐射剂量率检测报告》，福清核电生产区环境 γ 剂量率的测量结果在 72.5~201 nGy/h 范围内。本项目 γ 辐射剂量率检测结果为 79.7~124 nGy/h，检测结果处于福州市 γ 辐射剂量率水平范围内，处于福清核电 2024 年度生产区环境 γ 辐射剂量率水平范围内，处于福清核电 2023 年度各监测点即时 γ 辐射空气吸收剂量率范围内，与福清核电 2023 年度各监测点连续 γ 贯穿辐射空气吸收剂量率处于同一水平。

由表 8-1 的表面污染检测结果可知,项目各辐射场所的 α 表面污染测量值低未检出, β 表面污染测量值为 0.04~0.15 Bq/cm², 符合福清核电控制区 0.04 Bq/cm² (α)、0.4 Bq/cm² (β) 的管控要求。

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,辐射环境质量属于当地正常辐射水平。

表 9 项目工程分析和源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 非密封放射性物质组成

9.1.1.1 非密封放射性物质工作场所分布及源强

本项目非密封放射性物质见表 3。根据表 3 非密封放射性物质清单，确定本项目非密封放射性物质工作场所为 0AL 化学实验室、7AL 化学实验室、0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间。非密封放射性物质工作场所分级见表 9-1，分级计算及源强情况见表 9-2 所示。

放射性核素的日等效最大操作量的计算：

$$\text{日等效最大操作量} = \frac{\text{放射性核素的日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式修正因子}}$$

表 9-1 本项目非密封放射性物质工作场所日等效最大操作量

序号	工作场所	用途	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	级别	备注
1	0AL 化学实验室	设备标定, 制作标准溶液	3.0×10^5	1.1×10^8	丙级	新建
2	7AL 化学实验室	设备标定, 制作标准溶液	3.0×10^5	1.1×10^8	丙级	新建
3	0AC 碘源制作间	碘吸附实验(溶液分装、贮存)	1.85×10^8	7.4×10^{10}	乙级	新建
4	7AC 碘源制作间	碘吸附实验(溶液分装、贮存)	1.85×10^8	7.4×10^{10}	乙级	新建

本项目 0AL/7AL 化学实验室拟使用的非密封放射性物质是通过购买方式得到，到厂时为瓶装运输。使用时自行配制或直接使用，配制消耗非密封放射性物质时填写消耗记录。

本项目 0AC/7AC 碘源制作间拟使用的非密封放射性物质 I-131 为液体源，是通过购买方式得到，到核电站时为铅罐包装运输，存储在碘源制作间内贮存柜内，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。

表 9-2 非密封放射性物质工作场所分级计算及源强情况表

场所	核素名称	毒性/修正因子	理化性质、操作方式 /修正因子	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	总日等效最大操作量 (Bq)
0AL/7AL 化学实验室	H-3	低毒/0.01	液态、转移分装标定、简单操作/1	6600	66	3.0×10^5 (丙级)
	H-3	低毒/0.01	液态、无需分装、很简单的操作/10	1.1×10^5	110	
	C-14	中毒/0.1	液态、转移分装标定、简单操作/1	2200	220	
	C-14	中毒/0.1	液态、无需分装、很简单的操作/10	4600	46	
	Cs-137	中毒/0.1	液态、无需分装、很简单的操作/10	36600	366	

	Co-60	高毒/1	液态、无需分装、很简单的操作/10	8200	820	
	Fe-55	中毒/0.1	液态、转移分装标定、简单操作/1	1100	110	
	Fe-59	中毒/0.1	液态、转移分装标定、简单操作/1	1000	100	
	Sr-90 (Y-90)	高毒/1	液态、转移分装标定、简单操作/1	550	550	
	Ni-63	中毒/0.1	液态、转移分装标定、简单操作/1	1100	110	
	Sr-89	中毒/0.1	液态、转移分装标定、简单操作/1	600	60	
	Am-241/Eu-155/Co-57/Ba-133/ Cs-137/Mn-54/Zn-65/Na-22/ Co-60 (液态)	极毒/10	液态、无需分装、很简单的操作/10	2.8×10^5	2.8×10^5	
	Am-241/Eu-155/Co-57/Ba-133/ Cs-137/Mn-54/Zn-65/Na-22/ Co-60 (固态)	极毒/10	固态、很简单的操作/100	1.1×10^5	1.1×10^4	
	Am-241/Cd-109/Co-57/Ce-139/ Ba-133/Sn-113/Cs-137/Mn-54/ Y-88/Co-60/Na-22 (固态)	极毒/10	固态、很简单的操作/100	1.3×10^5	1.3×10^4	
	Cs-137 (固态)	中毒/0.1	固态、很简单的操作/100	1000	1	
	Co-60 (固态)	高毒/1	固态、很简单的操作/100	7.65×10^4	765	
	Sr-90 (Y-90) (固态)	高毒/1	固态、很简单的操作/100	9500	95	
	Am-241 (固态)	极毒/10	固态、很简单的操作/100	6600	660	
	Kr-85 (气态)	低毒/0.01	气态、密封在气罐内使用、无需分装很简单的操作/0.1	9000	900	
0AC 碘源制作间	I-131	中毒/0.1	液态/转移分装、简单操作/1	1.85×10^9	1.85×10^8	1.85×10^8 (乙级)
7AC 碘源制作间	I-131	中毒/0.1	液态/转移分装、简单操作/1	1.85×10^9	1.85×10^8	1.85×10^8 (乙级)

注： 1) 本项目非密封放射性物质有多种放射性核素的混合核素，在取毒性因子时按照混合源核素内所有核素最大毒性进行保守修正。

2) 放射性核素的毒性分组见 GB18871-2002 附录 D。

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，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，热考烘干，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。

4) 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 为气态非密封放射源，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固态非密封源与待测样品保持同等形态，操作时不需要分装，为很简单的操作，且表面为污染水平较低的固体，修正因子取 100。

③液体放射源，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，按照核电提供的信息，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。

④I-131 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。

由表 9-2 可知，本项目 0AL/7AL 化学实验室为丙级非密封性放射性物质工作场所，0AC/7AC 碘源制作间为乙级非密封放射性物质场所。

9.1.1.2 非密封放射性物质使用核素物理性质

本项目非密封放射性物质工作场所拟使用放射性核素的理化性质见表 9-3。

表 9-3 非密封放射性核素的理化性质

核素名称	状态	半衰期	毒性分组	衰变方式	K 空气比释动能率常数 $\text{Gym}^2\text{Bq}^{-1}\text{s}^{-1}$
H-3	液态	12.35a	低毒	β^-	/
C-14	液态	$5.7 \times 10^3 \text{a}$	中毒	β^-	/
Cs-137	液态	30.17a	中毒	β^-	6.11×10^{-23}
Co-60	液态	5.2713a	高毒	β^-	8.53×10^{-17}
Fe-55	液态	2.7a	中毒	EC	/
Fe-59	液态	44.5d	中毒	β^-	4.80×10^{-17}
Sr-90	液态	28.79a	高毒	β^-	/
Y-90	液态	64.1h	中毒	β^-	/
Ni-63	液态	100a	中毒	β^-	/
Sr-89	液态	50.5d	中毒	β^-	9.80×10^{-21}
Am-241	液态	432.2a	极毒	α	9.80×10^{-18}
Eu-155	液态	4.7a	中毒	β	2.27×10^{-18}
Co-57	液态	271.74d	中毒	EC	6.21×10^{-18}
Ba-133	液态	10.52a	中毒	EC	1.98×10^{-17}
Mn-54	液态	312.12d	中毒	EC、 β^+ 、 β^-	3.06×10^{-17}
Zn-65	液态	244.06d	中毒	EC、 β^+	1.97×10^{-17}
Na-22	液态	2.6a	中毒	EC、 β^+	4.32×10^{-17}
Am-241	固态	432.2a	极毒	α	9.80×10^{-18}
Eu-155	固态	4.7a	中毒	β	2.27×10^{-18}
Co-57	固态	271.74d	中毒	EC、 β^+ 、 β^-	6.21×10^{-18}
Ba-133	固态	10.52a	中毒	EC	1.98×10^{-17}
Cs-137	固态	30.17a	中毒	β^-	6.11×10^{-23}
Mn-54	固态	312.12d	中毒	EC、	3.06×10^{-17}
Zn-65	固态	244.06d	中毒	EC、 β^+	1.97×10^{-17}
Na-22	固态	2.6a	中毒	EC、 β^+	4.32×10^{-17}
Co-60	固态	5.2713a	高毒	β^-	8.53×10^{-17}
Cd-109	固态	461.4d	中毒	EC	1.09×10^{-17}
Ce-139	固态	137.641d	中毒	EC	8.05×10^{-18}

Sn-113	固态	115.09d	中毒	EC	6.63×10^{-18}
Y-88	固态	106.65d	中毒	ECB+	1.04×10^{-16}
Sr-90	固态	28.79a	高毒	β^-	/
Y-90	固态	64.1h	中毒	β^-	/
Kr-85	气态	10.756a	低毒	β^-	8.51×10^{-20}
I-131	液态	8.04d	中毒	β^-	1.45×10^{-17}

注：K 参考《辐射安全手册》（潘自强）P135 第 6.2 的 γ 射线及屏蔽

9.1.2 非密封放射性物质工程分析

9.1.2.1 化学实验室

（1）工艺流程及产污环节

0AL/7AL 化学实验室工艺流程及产污环节均一致，操作流程见图 9-1。

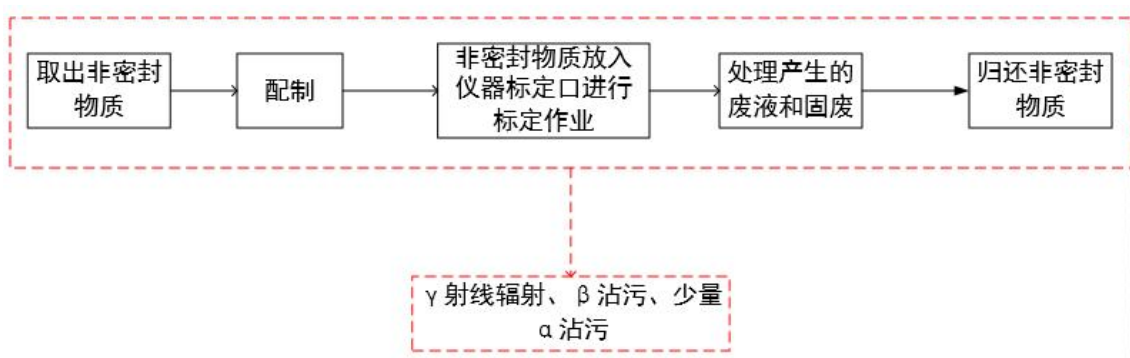


图 9-1 化学实验室非密封放射性物质操作流程及产污环节示意图

非密封放射性物质主要用于标定，其使用操作过程见图 9-1，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；非密封放射性物质配制的目的主要是因为有些液态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。不需要配制的主要为固态和气态非密封放射性物质及部分液态非密封放射性物质。

详细流程如下：

- 1) 实验室放射源管理人员核实借用人核素借用授权的有效性；
- 2) 通过双人双锁取出核素，借用人员需与实验室放射源管理人员一起核对核素信息和状态；
- 3) 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) 对需要进行配制的母液进行配制（母液配制主要涉及操作为母液转移操作，以 H-3 为例，移取母液约 1mL 转移至配制容器内加入约 18mL 除盐水，混合均匀后用作仪器校准）；
- 5) 将无需配制的非密封放射性物质或配置好的非密封放射性物质放入需进行标定

仪器的标定口；

6) 标定完成后，将母液和未消耗的非密封放射性物质归还；将配置消耗过的非密封放射性物质产生的废液和固废进行处置；消耗非密封放射性物质的需填写《非密封放射性物质消耗表》；

7) 归还时实验室放射源管理人员检查核素是否为借出的核素，检查核素状态是否正常；

8) 借用人员和实验室放射源管理人员一起核对核素信息和状态；

9) 用辐射监测仪表测量并记录，确认无异常后，进行借还登记；

10) 通过双人双锁将核素放回存放位置，确保核素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

每个化学实验室日常配备 2 名工作人员，很简单的操作（无需进行核素配制）每次需 1 名工作人员操作核素，每次接触核素的时间约 40min（主要为取源 5min，标定操作 30 分钟，还源 5min）；简单的操作每次需 2 名工作人员操作，1 人进行核素操作，1 人进行监护，每次操作核素的时间约 70min（主要为取源 5min，配制、标定操作 60 分钟，还源 5min）。

(3) 主要污染途径

Kr-85 气态源密封在气罐内，标定时罐体整体使用，使用全程不需要配制，使用时不产生放射性废气，使用完废弃后由厂家回收，属于豁免放射源的则由核电厂进行处理。

非密封放射性物质使用和消耗后会产生放射性废液和固体放射性废物。

化学实验室标定用放射性物质废液排入电站放射性废液处理系统，并入核电厂的放射性废液处理和管控流程，核电厂放射性废液排放系统经过化学分析合格后排放大海，排放过程中由电站辐射监测系统实时监测，若超过限制将会产生报警并自动关闭阀门停止排放。核电厂废液排放按照总量排放标准，单次排放满足 GB6249-2011 规定的浓度控制要求并进行排放前取样分析，如不能达标则进入放射性废液经废液处理系统处理。

打包后的放射性废物，由福清核电运输至放射性固体废物处理系统进行处理，处理后运至 0QS 厂房进行储存衰变，最后将废物运至放射性废物处置场进行最终处置，经处理后对环境影响较小。

(4) 污染因子

1) 非密封放射性物质衰变时主要污染因子是 γ 射线，以及少量 α 、 β 射线和韧致

辐射。

2) 项目产生放射性废液和放射性固废。

3) 表面沾污。从核素衰变特征分析，表面沾污主要是 β 沾污，也有少量 α 沾污。

9.1.2.2 碘源制作间

(1) 工艺流程及产污环节

0AC/7AC 碘源制作间工艺流程及产污环节均一致。

核设施运行过程产生的 I-131 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 I-131 的吸收去除能力。具体方法为在通风系统某处释放一定量 I-131（使用的 I-131 即为本项目中的 I-131，作为示踪源），待废气处理系统吸收完后，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，在手套箱内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 2mL，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 6mL，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 30min 以上进行置换反应，此时人员不需要在旁边。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 30 次/h（此时通风量大于 $11.4\text{m}^3/\text{h}$ ）。

甲基碘发生器现场试验如下：铅罐封装好并充分反应以后，转移至核岛通风系统现场。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，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。甲基碘发生器内在注入过程中始终保持负压，可预防放射性甲基碘气体泄漏。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。该试验操作在机组核岛内部，不再划分为非密封放射性工作场所。

I-131 配制操作流程见图 9-2，手套箱通风系统示意图见图 9-3。

- 2) 佩戴热释光个人剂量计;
- 3) 携带环境剂量率仪;
- 4) 在碘源制作间中一切操作动作均要配戴橡胶手套。

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) 确认厂房通风系统排风正常。

④配制

1) 戴橡胶手套; 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) 更换橡胶手套; 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 6mL。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, 配置完到现场注入需静置 30min 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 I-131。参考同类型已运行核电的试验经验，下表为机组不同试验需要的 I-131 活度范围及频次表。

表 9-4 不同试验场所需要的 I-131 活度范围及频次

系统	每次使用活度 (mCi)	年分装配制次数
1-4 号机组核燃料厂房通风系统 (DVK)	0.24-0.36	各类试验年合计分装配制操作共约 40 次。
1-4 号机组核辅助厂房通风系统 (DVN)	1.50-2.70	
1-4 号机组安全壳环廊房间通风系统 (DVW)	0.70-1.10	
1-4 号机组安全壳内大气监测系统 (ETY)	0.10-0.15	
1-4 号机组废气处理系统 (TEG)	0.12-0.20	
5、6 号机组安全壳大气监测系统 (CAM)	0.18-0.26	
5、6 号机组环形空间通风系统 (CAV)	0.06-0.30	
5、6 号机组核燃料厂房通风系统 (VFL)	0.30-0.40	
5、6 号机组安全厂房机械设备区通风系统 (VMO)	0.24-0.36	
5、6 号机组废气处理系统 (ZGT)	0.12-0.20	

(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、橡胶手套；
- 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) 脱下橡胶手套，关上两个操作手孔；
- 6) 投源停止 15 分钟后，打开操作手孔，戴上新橡胶手套，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，放入厂房碘源制作间，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，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) 主要污染途径

I-131 具有挥发性，手套箱为负压装置，有通风设施、碘吸附器设施，分装过程挥发的 I-131 通过通风设施和手套箱上方自带的碘吸附器（内含浸渍颗粒活性炭）和高效过滤器吸附后，排入大气环境。现场试验释放的气态 I-131 被各自核岛厂房通风系统内碘吸附器吸附后最终通过核电站烟囱排入大气环境。

碘源操作不产生放射性废液，碘溶液用完后，装 I-131 母液试剂瓶和铅罐由供货单位处置。废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭等包装在收集袋内由福清核电及时送往 OQS 厂房进行处理，处理后运至 OQT 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。

(6) 污染因子

- 1) I-131 衰变时产生的主要污染因子为 γ 射线，以及少量 β 射线和韧致辐射。
- 2) 项目产生少量 I-131 放射性废气、放射性固体废物。
- 3) 表面沾污。从核素衰变特征分析，表面沾污为 β 沾污。

(7) 操作方式、工作人员配备、岗位设置和工作负荷情况

每个碘源制作间拟配备 2 名辐射工作人员。每次分装配制时由 2 名工作人员操作，其中 1 人进行 I-131 操作，1 人进行监护，每次分装配制接触 I-131 的时间约 9min（主要包括取源 2min，分装操作 5min，还源 2min），另外每次从碘源制作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 30min，当发生开始试验后，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，每个碘源制作间年最大分装配制操作次数约 40 次。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况

该项目放射性同位素操作，正常工况下该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。

9.2.2 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。

9.3 放射性废物源项

- (1) 放射性固体废物：主要来自化学实验室，约 5kg/天，1250kg/a，总体积约 3.0m³/a，

包括一次性手套、吸水纸和实验物资（如移液枪头、废旧试剂瓶等）。

碘源制作间碘吸附器每年更换一次活性炭,单个碘吸附器包含活性炭的重量为 6kg,故废活性炭产生量 6kg/年（约 0.01m³）。少量来自碘源制作间的废碘源试剂瓶（每次试验产生）、试验橡胶手套（每次试验后）等,合计约 2kg/年。

实验室产生的放射性废物由福清核电运输至核电厂 0QS 进行处理,处理后运至 0QT 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。购买的碘溶液用完后,装 I-131 母液试剂瓶的铅罐和母源瓶由供货单位处置,不作为福清核电的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福清核电及时送往 0QS 厂房进行处理,处理后运至 0QT 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。

（2）放射性废气：主要来自碘源制作间内的 I-131 挥发,经表 11 计算得知,0AC 厂房排放口浓度最大约 0.13Bq/m³、7AC 厂房排放口浓度最大约 0.18Bq/m³。另外,核电站不同试验中配制的 I-131 最大使用活度为 2.7mCi,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 0.33Bq/m³,均满足本项目空气中 I-131 导出浓度限值水平（I-131 的 DAC 值为 1.28Bq/m³）。

（3）放射性废水：正常工况下,本项目碘源制作间不产生放射性废水,项目放射性废水主要为化学实验室产生的放射性废水,每年约 10L。化学实验室废液进入三废处理系统后经过滤、除盐、蒸发后排往 TER,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。

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 0AC/7AC 厂房卫生出入口旁设有淋浴间,用于人员去污,可作为专业去污间。0AL/7AL 化学实验楼未设淋浴间,当化学实验室发生异常导致人员体表沾污时,应立即通知辐射防护人员进行处理。当人员沾污严重,在淋浴间去污洗消无法达到清洁水平时,由职业医师进行去污处置。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。

9.4 非放射性废物源项

（1）废气

本项目不涉及非放射性废气。

（2）废水

主要为工作人员产生的少量生活污水，利用厂房冷区内的设施进行排放，进入核电站生活污水处理设施处理。

（3）固体废物

主要为工作人员产生的生活垃圾、实验过程中产生的非放射性固体废物（文件标签等），均由福清核电统一分类收集，按规范处置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 工作场所布局与分区管理

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 0AL/7AL 化学实验室、0AC/7AC 碘源制作间，其分布及相对位置关系见附图 3。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化学实验室（0AL/7AL）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（仅一条道路相隔），布局合理。

②福清核电放射性机修车间及仓库（0AC/7AC 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，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应堆的位置（仅一条道路相隔），布局合理。

(2) 从各个辐射场所内部布局：①0AL 厂房设有地下室、地上一层、地上二层。地下室布置有贮存间、设备间、配电间、通信设备室、控制室、备用间、制冷机房等；地上一层布置有配置间、离子色谱、原子吸收、放化测量间、放化存样间、热制备间、放化制备间、腐蚀实验室、热室、冷室、仪器测量间、气体贮存间、值班室、送样间、 γ 谱仪探头间等；地上二层设置有油分析室、试剂贮存间、会议室、办公室、值班室、复印室、卫生间、更衣间等房间。各实验室设有通风柜、排风罩、工作台等设备，以及水、电、气、通风等公用设施。0AL 厂房各个楼层平面布置见附图 4。

本项目丙级非密封放射性物质工作场所（0AL 化学实验室）位于地上一层，由于化学实验室样品含较高放射性，整个场所全封闭，进出需通过唯一的卫生出入口；卫生出入口门旁设有衣物回收桶，进入化学实验室需穿戴实验室专用衣物，出化学实验室时需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。

0AL 化学实验室非密封放射性物质物流途径：非密封放射性物质进出场所需通过送

样窗进出，进入非密封放射性物质储存柜内，使用时从储存柜取出后（部分需要进行配制后使用），在实验室进行设备标定。0AL 化学实验室人员流动、核素流动路径见附图 13。

②7AL 厂房共设置地下一层、地上一层、地上二层。地下一层布置有低放废液输送间、备用间、机房、配电室等；地上一层布置有计数测量间、冷制备间、热实验室、天平间、送样间、核素测量间、 γ 谱仪探头间、热制备间、源存放间、离子色谱间、原子吸收间、放化制备间、放化测量间等实验室；地上二层设置有会议室、办公室、值班室、更衣室、卫生间、储藏间、清洁间、洗衣间等房间。各实验室设有通风柜、排风罩、工作台等设备，以及水、电、气、通风等公用设施。7AL 厂房各个楼层平面布置见附图 5。

本项目丙级非密封放射性物质工作场所（7AL 化学实验室）位于地上一层，由于化学实验室样品含较高放射性，整个场所全封闭，进出需通过唯一的卫生出入口；卫生出入口门旁设有衣物回收桶，进入化学实验室需穿戴实验室专用衣物，出化学实验室时需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。

7AL 化学实验室非密封放射性物质物流途径为：非密封放射核素进出场所需通过送样窗进出，进入非密封放射性物质储存柜内，使用时从储存柜取出后（部分需进行配制后使用），在化学实验室进行设备标定。7AL 化学实验室人员流动、核素流动路径见附图 12。

③福清核电放射性机修车间及仓库（0AC/7AC 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；热机修车间和仓库分成冷区和热区。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。

0AC 厂房共设置地下一层、地上一层、地上二层，0AC 碘源制作间位于地上二层 G304 房间。地下一层设置有 SRE、生物屏蔽室、去污通风室、工具库、储存区、办公室、观片室、干燥室等；地上一层设置有 AC1 存储区、贮存间、热机修区、PSI 设备存放区、AC2 存储区等；地上二层设有碘源制作间、在役检查沾污设备室、沾污设备工具贮存室等房间。

7AC 厂房共设置地下一层、地上一层、地上二层、地上三层，7AC 碘源制作间位于地上一层 215 房间。地下一层设置有 WSR、热储藏室、去污通风室、沾污设备存放区、

工具库等房间；地上一层设有 AC1 区、AC2 区、螺栓拉伸机存放区、热机修区、碘源制作间、主泵屏蔽容器存储区等；地上二层设有剂量鉴定室、沾污设备贮存室、在役检查沾污设备室、辐射仪表检修间等房间；地上三层设有超声实验室、金属性能实验室、储藏室等房间。

本项目乙级非密封放射性物质工作场所（0AC/7AC 碘源制作间）均位于热区，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。本项目非密封放射性物质储存柜和手套箱均位于碘源制作间内，靠墙体布置，同时该制作间通过带锁的防护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，本项目碘源制作间布置在该场所内；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 I-131 对周围环境的影响，因此本项目碘源制作间布局合理。

0AC/7AC 厂房各个楼层平面布置见附图 6-7。

0AC/7AC 厂房地上一层设置有冷区人员热区人员出入口（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，分别在男、女更衣室穿戴辐射控制区专用衣物后进入，沿通道到达碘源制作间，离开时需在卫生出口检测，出入口处设有衣物回收桶，离开厂房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）。卫生出入口旁设有淋浴间，用于人员去污，可作为专业去污间。

碘源制作人员流动、核素流动路径图见附图 14-15。

10.1.2 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，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制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射电离辐射警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件。

本项目化学实验室及碘源制作间控制区、监督区划分情况如下：

0AL 化学实验室：因地上一层实验时需使用放射性样品，因此将 0AL 化学实验室全部划分为控制区，用红色阴影表示，进出控制区需通过唯一的卫生出入口，并且授权人员才能进入。一层其他房间划分为监督区，用黄色阴影表示。控制区、监督区划分见附图 8~11。

7AL 化学实验室：地上一层实验时需使用放射性样品，因此将 7AL 化学实验室全部划分为控制区，进出控制区需通过唯一的卫生出入口。一层其他房间划分为监督区，用黄色阴影表示。控制区、监督区划分见附图 8~11。

0AC/7AC 碘源制作间均位于厂房热区，其相邻区域也属于厂房热区，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，且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作间内开展工作，将碘源制作间划分为本项目控制区，相邻区域为 AC 厂房的控制区（非本项目评价的其他控制区域），碘源制作间相邻四周不划分监督区。

控制区、监督区划分见附图 8~11。

10.2 辐射防护屏蔽设计及辐射安全设施

10.2.1 化学实验室辐射防护屏蔽设计

化学实验室控制区边界为实体屏障，0AL/7AL 化学实验室辐射防护屏蔽情况如下。

表 10-1 化学实验室辐射防护屏蔽设计一览表

项目			辐射防护情况
0AL 化学实验室	化学实验室	四周墙体	240mm 混凝土
		顶部	110mm 混凝土
		底部	110mm 混凝土
		房间门	5cm 的实木门
7AL 化学实验室	化学实验室	四周墙体	东墙：300mm 混凝土； 南墙：240mm 混凝土； 西墙：200mm 混凝土； 北墙：200mm 混凝土。
		顶部	120mm 混凝土
		底部	180mm 混凝土
		房间门	5cm 的实木门

10.2.2 碘源制作间辐射防护屏蔽设计

碘源制作间控制区边界（即碘源制作间墙体）为实体屏障。0AC/7AC 碘源制作间工作场所辐射防护屏蔽设计情况如下表所示。

项目所需 I-131 母源瓶从厂家送至核电站时外部自带 3cm 铅屏蔽罐，并储存在碘源制作间内贮存柜（屏蔽材料 2mm 不锈钢，柜体长 1.4m、宽 0.65m、高 2.1m）内，试验前将铅罐取出在手套箱（屏蔽材料 3mm 不锈钢，箱体长 1.24m、宽 0.6m、高 2.0m）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 10-2 碘源制作间辐射防护屏蔽设计一览表

项目		辐射防护情况	
0AC 碘源制作间 (304)	碘源制作间	面积	有效使用面积为 18m ² （4.5m×4m），高 4.2m
		四周墙体	200mm 混凝土
		顶部	200mm 混凝土
		底部	200mm 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
	贮存柜	尺寸	长 1.4m、宽 0.65m、高 2.1m
		柜体材质	2mm 不锈钢
		碘母源瓶铅罐	3cm 铅
7AC 碘源制作间 (215)	碘源制作间	面积	有效使用面积为 48.38m ² （8.2m×5.9m），高 4.2m
		四周墙体 ¹	内墙：200mm 混凝土，外墙 250mm 混凝土
		顶部	200mm 混凝土
		底部	200mm 混凝土
		房间门	5cm 的钢制平开门
	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
	贮存柜	尺寸	长 1.4m、宽 0.65m、高 2.1m
		柜体材质	2mm 不锈钢
		碘母源瓶铅罐	3cm 铅

注：1 外墙指与 7AC 厂房外环境直接接触的墙体，内墙指与 7AC 厂房内环境直接接触的墙体，本处外墙仅涉及 215 房间的北侧墙体。

10.2.3 0AL/7AL 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

在实验室控制区出入区域设置卫生出入口，对出入厂房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。控制区出入口应防止未被授权的人员进入控制区。

控制区的边界应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。除了紧急出口以外，每个控制区只设一个出入口。

控制区应急逃生出口管理措施：1、门设计为单向开门，只能从里面往外开门，外面不能开门；2、逃生门现场配备备用钥匙，紧急情况可以开门；3、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，出口门不能打开，人员须退回控制区，通知辐射防护工作人员来处理。

对在控制区内工作的放射性工作人员，必须对其作外照射个人剂量监测，以便于对放射性工作人员作个人剂量评价。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。进入控制区的人员需将电子式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需严格遵守辐射防护管理规定，在通风橱内进行配置；

5) 配制/消耗非密封放射性物质时，需填写《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人员；

7) 人员离开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、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要设立电离辐射警示标志，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 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

化学实验室储存柜内存放非密封放射性物质，放射源柜采用双人双锁制度；放射性物质的贮存容器或保险箱根据存放非密封放射性物质的最大使用量采用恰当的屏蔽，确保表面剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。放射性物质的放置应合理有序、易于取放，每次取用、存放的放射性物质应只限于需用的部分；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。贮存与取用均应登记，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

实验室非密封放射性物质统一保存于放射源柜，放射源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，同借用人一起打开放射源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人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实验室之间传递时，应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) 实验室非密封放射性物质储存

①非密封放射性物质必须锁在专用放射源柜中（固定在设备中除外），放射源柜的钥匙由具有授权的人员负责管理；②非密封放射性物质容器上应贴标签，内容包括核素、放射源编号、源强度；③有非密封放射性物质入库、借用和归还登记，应保存非密封放射性物质的相关资料；④非密封放射性物质应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放。

(2) 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表刻度/检查使用时，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、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配戴个人剂量计。

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

(4) 非密封放射性物质都应放在专用容器内。在通风橱内操作时，操作人员要戴防护手套（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应进行表面污染检测，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，应采取相应去污措施。从场所内带出物品应进行表面污染检测，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

当化学实验室发生异常导致人员体表沾污时，应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

化学实验室配备应急设施包括：洗眼器、环境剂量率仪、表面污染监测仪、电子个人剂量计（EPD）、橡胶手套、白纱手套、专用白大褂、鞋套、纸帽。

10.2.4 0AC/7AC 碘源制作间辐射安全防护措施

碘源制作间位于厂房的热区范围，其中人员进出依靠厂房卫生出入口进行管控，配制期间挥发的少量 I-131 气体依靠手套箱上方的通风系统管道排出，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、旋转门/三角闸。

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。

剂量计读出器安装在 AC 厂房辐射控制区卫生出入口。剂量计读出器的功能是辐射工作人员信息、授权的识别、读取和写入，并对电子个人剂量计进行开关操作，同时将剂量信息上传至个人剂量管理系统，同时控制旋转门/三角闸的开启。

旋转门/三角闸安装在热区入口，对人员进入 AC 厂房热区进行控制和管理，能限制未经授权的人员进入，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

厂房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，以实现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辐射控制区以外的区域，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）辐射控制区（热区）应设置卫生出入口，作为除应急情况下人员进出本项目碘源制作间控制区的唯一通道，以便于 AC 厂房热区人员进出管理并防止污染交叉或扩散。辐射控制区（热区）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为人员提供必要的场所和防护用品，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监测离开辐射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辐射控制区以外的区域，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，控制人员在热区工作期间所受的累积剂量。

（2）进出碘源制作间的流程如下：

进入本项目碘源制作间的流程与进入 AC 厂房辐射控制区的流程相同，具体如下：

1）进入辐射控制区：①工作人员佩戴热释光剂量计，凭辐射控制区通行证领取电子个人剂量计，在冷更衣室脱掉除内衣外的个人衣物并锁进临时个人衣柜。②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，并输入正确的辐射工作许可证号码后，通过旋转门/三角闸进入热更衣室。③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。

进入辐射控制区流程示意图如图 10-1 所示。

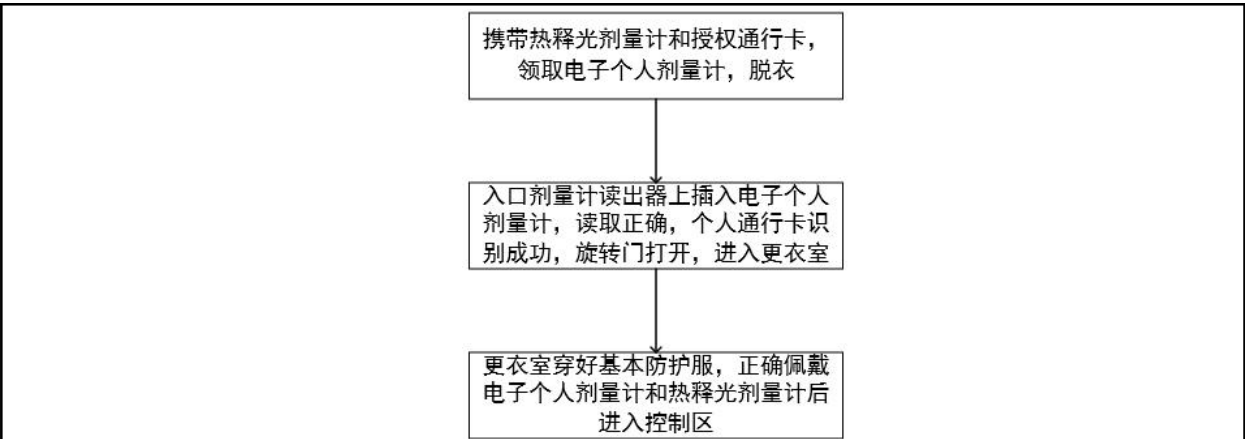


图 10-1 AC 厂房进入辐射控制区流程示意图

2) 离开辐射控制区:

①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辐射控制区时全身的 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。在热更衣室脱下基本防护服，放入指定的收集袋中；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，如存在沾污，则由辐射防护人员进行去污。如有伤口沾污时，应当由职业医师进行专门去污。

②通过 C2 门检测出辐射控制区，C2 门用于监测工作人员离开辐射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，方可带出辐射控制区；

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，将剂量信息传送到个人剂量管理系统。

按照如下的步骤通过 C2 门：

若未发现沾污，出口门自动开启，通过 C2 门进入冷更衣室；如有放射性污染报警，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，如存在沾污，则由辐射防护人员进行去污。如有伤口沾污时，应当由职业医师进行专门去污。

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。

离开控制区流程示意图如图 10-2 所示。

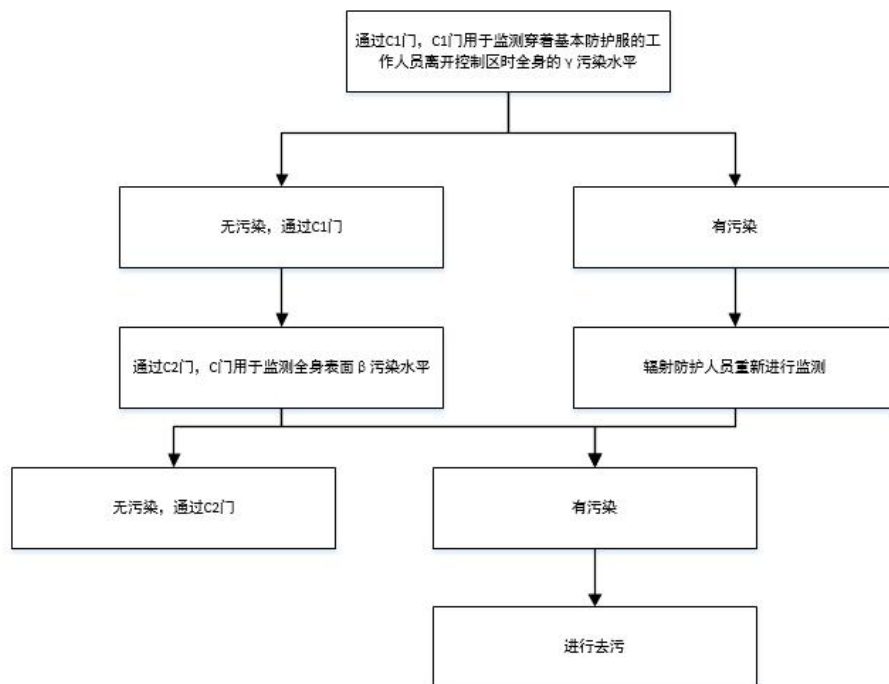


图 10-2 AC 厂房离开控制区流程示意图

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，应设置厂房通风系统。对于辐射防护管理，通风系统的主要目的是控制工作环境的气载放射性污染，以使职业放射性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。

本项目碘源制作间的手套箱、贮存柜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 and 高效过滤器进行处理，吸附处理后的 I-131 气体排放到大气中。

(2) 碘源制作间辐射防护要求

①在碘源制作间出入口及控制区内明显的位置设置醒目的电离辐射警示标识；②碘源制作间边界应设置不可逾越的实体屏障；③为便于去除可能产生的放射性污染，碘源制作间内地面、墙面及天花应平整光滑，并涂装易于去污的涂料。

(3) 碘源贮存场所的管理要求

①碘源装在厂家提供的专用铅罐内，统一保存于碘源制作间贮存柜中，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责非密封放射性物质的管理；②放射源容器粘贴放射源信息标识（安装在设备中的放射源除外）以及电离辐射警示标志；③贮存

柜进行双人双锁管理，双锁钥匙分别由具有放射源管理授权的两名员工持有，碘源制作间的房间门及碘源贮存柜上设置有明显的电离辐射警示标志；④定期对碘源制作间开展表面污染水平及空气污染水平测量并形成记录。

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。贮存与取用均应进行登记并让贮存人与取用人签字。

（4）碘源使用工作人员辐射防护措施要求

①现场使用时，工作人员应戴橡胶手套、碘面罩，工作现场进行清场隔离，无关人员禁止进入；

②工作人员按要求佩戴个人剂量计，个人剂量计按照要求定期送检；

③工作开始前确认系统处于预定状态，每次操作结束后，工作人员需进行表面污染监测；

④辐射工作人员每年进行职业健康检查。

（5）污染监测

操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应进行表面污染检测，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，应采取相应去污措施。从辐射控制区带出物品应进行表面污染检测，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控制区。

（6）应急设施

本项目碘源制作间应急设施依托放射性机修车间的应急设施，包括：沐浴室，环境剂量率仪、电子个人剂量计（EPD）、橡胶手套、白纱手套、连体服、袜子、鞋子、纸帽、口罩、碘滤盒、面罩。

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）碘源制作间房间门上处设立电离辐射警示标志。

（2）碘源具有屏蔽良好的外包装（厂家专用铅罐包装），送入后要妥善储存于贮存柜，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辐射安全相关培训，具备相应技能与防护知识，配备适当的防护用品。

(5) 工作台面等平整光滑，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，能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中场所安全措施的要求，配备表面污染测量仪器并且每次操作完成后应当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，发生沾污应采用去污用品或试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的限值要求。

10.2.5 事故工况去污洗消措施

正常工况下，碘源制作间及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 0AC/7AC 厂房卫生出入口旁设有淋浴间，用于人员去污，可作为专业去污间。0AL/7AL 化学实验楼未设淋浴间，当化学实验室发生异常导致人员体表沾污时，应联系辐射防护人员进行处理。当人员沾污严重，在去污洗消无法达到清洁水平时，由职业医师进行去污处置。

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。

10.3 防护用品和监测仪器

本项目防护用品和监测仪器如下表所示。

表 10-3 防护用品和监测仪器一览表

监测类型	设备名称	数量	单位	备注
环境剂量率监测	γ 剂量率仪	8	个	(1) 使用场所：0AL/7AL 化学实验室；0AC/7AC 碘源制作间。 (2) EPD 电子个人剂量计（ γ ）兼具个人剂量报警仪功能。
	长杆剂量率仪（ γ ）	2	个	
表面污染监测	表面污染监测仪	8	个	
空气污染监测	移动式碘连续监测仪	2	个	
	移动式气溶胶活度监测仪	2	个	
核素监测	便携式 γ 谱仪	2	个	
内照射监测	全身计数器（WBC）	2	个	
外照射监测	TLD 热释光剂量计	320	个	
	EPD 电子个人剂量计（ γ ）	240	个	
卫生出入口污染监测	门框式污染监测仪（C1 门）	2	个	
	全身污染监测仪（C2 门）	6	个	
	小件物品污染监测仪（ β 、 γ ）	6	个	

本项目辐射防护用品和监测仪器利用福清核电 0AC/7AC 厂房、0AL/7AL 实验楼已有防护用品和监测仪器，项目已配备充足的防护用品和监测仪器，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪”要求。满足《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）“5.3.2 辐射工作人员应根据实际需要配备适用、足够和符合标准的个人防护用具（器械、衣具），并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份，均应妥善保管,并应对其性能进行定期检验。5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施,做好个人防护工作。5.3.4 在伴有外照射的工作场所,应做好个人外照射防护,包括 β 外照射防护。6.2.3 对于参加大修或特殊操作而有可能造成体内污染的工作人员,操作前后均应接受内照射监测”要求。

10.4 辐射防护物资和应急物资配备

本项目碘源制作间及化学实验室内每日工作期间的辐射防护物资和应急物资拟配备清单及数量如下表所示。连体服、T 恤、安全鞋、白纱手套、布鞋套、纸帽、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。

表 10-4 主要辐射防护物资和应急物资清单及数量一览表

场所	连体服	T 恤	安全鞋	白纱手套	布鞋套	白大褂	橡胶手套	塑料鞋套	纸衣	碘面罩
0AC/7AC 碘源制作间、 0AL/7AL 化学实验室	大量放置在进出厂房控制区的更衣室内									

10.5 人员培训

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年）第三章——人员安全和防护，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

每个碘源制作间拟安排 2 名辐射工作人员，每个化学实验室拟安排 2 名辐射工作人员，本项目拟安排共 8 名辐射工作人员。上岗前均需参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训并考核合格。

10.6 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。

10.7 三废的治理

10.7.1 放射性废气

本项目放射性废气主要来自碘源制作间内碘源配制期间挥发的少量 I-131 以及现场碘吸附效率试验通过排放口外排的少量 I-131。

经表 11 计算得知，0AC 厂房排放口浓度最大约 0.13Bq/m³、7AC 厂房排放口浓度最大约 0.18Bq/m³。另外，福清核电不同试验中配制的 I-131 最大使用活度为 2.7mCi，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 0.33Bq/m³，均满足本项目空气中 I-131 导出浓度限值水平（I-131 的 DAC 值为 1.28Bq/m³）。

10.7.2 放射性废液

碘源制作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化学实验室产生的放射性废水，每年约 10L。化学实验室废液进入三废处理系统后经过滤、除盐、蒸发后排往废液排放系统（TER），单次排放前取样分析达标后排放，如不能达标则重新进入放射性废液处理系统处理。

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液态核素年最大操作活度，则化学实验室使用非密封放射性物质活度为 $8.33 \times 10^4 \text{Bq}$ 。

10.7.3 放射性固废

10.7.3.1 福清核电放射性固废收集系统

固体废物处理系统是为核电站运行和维修时所产生的废树脂、废过滤器滤芯、浓缩液、干废物等废物在处置之前提供收集、整备和临时暂存而设计的。放射性固体废物最终按照国家处置政策送处置场永久处置。

福清核电产生的放射性固体废物的管理主要通过固体废物处理系统（TES）实现。TES 处理的湿废物主要为废离子交换树脂、废过滤器芯子、来自废液处理系统的废活性

炭等；处理的干废物主要为被放射性污染的抹布、废纸、塑料、防护鞋套、口罩、手套、衣服、废金属及设备部件等。TES 系统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露。

（1）系统功能

TES 系统按不同的功能主要分为三部分：

第一部分为水泥固化线，位于核辅助厂房（NX）内。根据废物的特性采取不同的方法处理，分为容器进出站、空气闸门间、钢桶搅拌站、清洗水回收工位、取/封盖站和废滤芯装桶站。

第二部分为分拣压缩打包线，位于废物辅助厂房（QS）。

第三部分为废物暂存库，位于废物暂存库（QT）。

在 TES 系统中各类湿废物和干废物经处理、整备最终形成的废物包为 400L 钢桶，废物包在厂内采用专用运输车运送至废物暂存库（QT）暂存，废物包在 QT 内的暂存时间不超过五年，之后运往国家指定的放射性废物处置场进行最终处置。

（2）系统描述

1）干废物的收集和处理

福清核电内产生的被放射性污染的干废物（如布、纸、塑料及废的设备零部件等），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。

2）废物暂存库

福清核电废物暂存库（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。

3）放射性固体废物的最终处置

根据我国有关法规文件的要求，核电站产生的放射性固体废物，在厂内暂存一段时间后，应送往国家指定的废物处置场进行处置。

10.7.3.2 本项目放射性固废处理措施

（1）碘源制作间：碘吸附器每年更换一次活性炭，单个碘吸附器包含活性炭的重量为 6kg，故废活性炭产生量 6kg/年（约 0.01m³）。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 2kg/年。装 I-131 母液试剂瓶的铅罐和母源瓶由供货单位处置，不作为福清核电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福清核电及时送往 0QS 厂房进行处理，处理后运至 0QT 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）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。化学实验室放射性固体废物产生量为 1250kg/a。放射性固废按照半衰期长短进行分类，分开收集。实验室产生的放射性固废运输至电站 0QS 进行处理，处理后运至 0QT 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 环境影响分析

建设阶段环境影响分析

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 0AC、7AC、0AL、7AL 厂房均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。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。

运行期环境影响分析

1、碘源制作间非密封放射源工作场所

1.1 工作场所辐射剂量率水平

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，I-131 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 I-131 产生的 β 射线可以得到有效屏蔽。

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计算：

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

式中：D₀—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，Mev，约为入射 β 射线的最大能量的 1/3，即 E_b≈E_{max}/3，则 E_b=0.6065MeV/3≈0.2022MeV；

r—距离辐射点的距离，m；

(μ_{en}/ρ)_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，m²/kg，由《辐射防护导论》附表 1 查取 2.672×10⁻³m²/kg；

A—试验所需的最大放射性活度，Bq，为 2.7mCi（9.99×10⁷ Bq）；

Z—屏蔽材料的有效原子序数，参考《辐射防护导论》，普通玻璃取 10.6。

计算得到距离 1m 处空气中的韧致辐射剂量贡献值很小（小于 0.005 μ Gy/h），因此本项目可以不用考虑韧致辐射剂量的贡献值。

综上考虑，对于本项目非密封放射性物质工作场所的射线屏蔽，主要考虑放射性核

I-131 产生的 γ 射线对工作人员的外照射。

碘源 γ 剂量率计算按照下式计算：

$$H=A\Gamma/R^2$$

式中：H—距离碘源 R 处的 γ 剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；A—碘源活度，MBq； Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ；R—距离碘源的距离，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 的计算，采用下式计算：

$$x=\text{TVL}\times\lg(A\Gamma/\text{HR}^2)$$

式中：x—屏蔽厚度，mm；

TVL— γ 射线的十分之一值层厚度，mm；

A—单个患者或受检者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—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。

贮存柜长 1.4m，宽 0.65m，高 2.1m，手套箱长 1.24m，宽 0.6m，高 2.0m，则贮存柜外 30cm 处距离源约 0.625m，手套箱外 30cm 处距离源约 0.6m。

计算条件做如下保守考虑：根据碘源制作间非密封放射性物质的实际日最大操作量 A 和空气比释动能率常数 K，I-131 裸源在 1m 处的辐射剂量率最大值为 $H=AK=1.85\times10^9\text{Bq}\times1.45\times10^{-17}\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\times3600\times10^6=96.6\mu\text{Sv/h}$ 。I-131 在铅中的什值层厚度为 1.1cm，在混凝土墙体中的什值层厚度为 17cm，在不锈钢中的什值层厚度为 4.2 cm，碘源制作间相关屏蔽计算结果见表 11-1。

表 11-1 碘源制作间相关屏蔽计算结果

位置	活度	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	50mCi	0.3	3cm 铅	2.0
贮存柜外 30cm	50mCi	0.625	3cm 铅+2mm 不锈钢	0.42
碘源制作间墙外 30cm	50mCi	0.825	3cm 铅+2mm 不锈钢+20cm 混凝土	0.04
手套箱外 30cm	50mCi	0.6	3cm 铅+3mm 不锈钢	0.43
手套箱外 30cm	$9.99\times10^7\text{Bq}$	0.6	1cm 铅+3mm 不锈钢	1.5
碘源制作间墙外 30cm	$9.99\times10^7\text{Bq}$	0.8	1cm 铅+3mm 不锈钢+20cm 混凝土	0.16
碘源制作间顶部外 30cm	$9.99\times10^7\text{Bq}$	2.5	1cm 铅+3mm 不锈钢+20cm 混凝土	0.02

碘源制作间底部外 30cm	$9.99 \times 10^7 \text{Bq}$	1.5	1cm 铅+3mm 不锈钢+20cm 混凝土	0.04
碘源制作间大门外 30cm	$9.99 \times 10^7 \text{Bq}$	2.8	1cm 铅+3mm 不锈钢	0.07

注：（1） $9.99 \times 10^7 \text{Bq}$ 为配制过程最大用源活度；（2）对碘源制作间四周墙外剂量率保守取配制过程中手套箱外最大剂量率的源项计算。（3）对碘源制作间四周墙体屏蔽计算考虑不利因素，按照 20cm 混凝土计算。

根据上述计算结果，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 $1.5 \mu\text{Sv/h}$ 和 $0.42 \mu\text{Sv/h}$ ，碘源制作间四周墙外、顶部和底部外 30cm 的辐射剂量率最大值为 $0.16 \mu\text{Sv/h}$ ，由此可见，手套箱和贮存柜外表面 30cm、碘源制作间四周墙外、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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.2 辐射工作人员辐射剂量

（1）工作人员所受外照射辐射剂量

①分装配制过程：每次碘源制作时人员接触核素的时间共 9min，包括取源 2min（贮存柜前），分装操作 5min（手套箱前），还源 2min（贮存柜前），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所受到外照射剂量为 $(2.0 \mu\text{Sv/h} \times (4/60) \text{h} + 1.5 \mu\text{Sv/h} \times (5/60) \text{h}) \div 1000 \approx 2.6 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，按照每年进行约 40 次分装配制过程，则所受到的剂量为 $1.0 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

②运至试验现场过程：根据前文工程分析，单次吸附试验所需的 I-131 最大活度为 2.7mCi ，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 $5.2 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目工作人员带至现场近距离接触的平均时间约 30min（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 0.003mSv ，按照每年进行约 40 次运送过程所受到的剂量为 0.12mSv/a 。

③碘源制作间相邻区域对本项目工作人员的辐射影响：根据福清核电保健物理处提供的 2024 年度福清核电生产区环境 γ 辐射剂量率检测报告（见附件 5），福清核电生产区环境 γ 剂量率的测量结果在 $72.5 \sim 201 \text{nGy/h}$ 范围内。本次评价按照最不利因素考虑，碘源制作间受相邻区域的辐射影响最大取值为 201nGy/h ，相邻区域与碘源制作间操作位的最近距离按照 3m 计算，屏蔽计算保守不考虑四周墙体的屏蔽作用，仅考虑距离衰减。则碘源制作间相邻区域对本项目工作人员辐射剂量的最大贡献值为 22.3nGy/h （ $0.022 \mu\text{Sv/h}$ ）。按照

人员年最大操作 40 次，单次 9min 时间计，碘源制作间相邻区域对本项目工作人员辐射剂量的最大贡献值为 $1.3 \times 10^{-4} \text{ mSv/a}$ 。

需要说明的是，本项目场所产生的放射性固废在 AC 厂房放射性固体废物收集点进行收集，不在碘源制作间暂存，不会对本项目碘源制作间辐射工作人员产生外照射辐射影响。

(2) 工作人员所受内照射辐射剂量

本项目在碘源制作间内操作 Na^{131}I 溶液期间时有少量的挥发，按照千分之一来保守计算挥发量。

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：

$$E(\tau) = A_0 e(\tau)$$

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， $7.6 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$ 。

$$A_0 = C_{\text{空}} B_{\text{空}}$$

$B_{\text{空}}$ —人员呼吸率，参考《Federal Guidance Report No.11》（U.S.EPA），对于成年人取 $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ ；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 9min 计算，每次吸收空气为 0.18 m^3 。

$C_{\text{空}}$ —核素在空气中的浓度，为手套箱内泄漏到碘源制作间的浓度。根据设计单位提供资料，手套箱泄漏率不大于 $0.05\%/\text{h}$ 。手套箱内日最大操作量为 $1.85 \times 10^9 \text{ Bq}$ ，0AC 碘源制作间的房间体积为 75.6 m^3 ，7AC 碘源制作间的房间体积为 203.2 m^3 ，保守按照挥发比例 0.1% 和手套箱泄漏率 $0.05\%/\text{h}$ 估算，则 0AC 碘源制作间单次操作泄漏碘在空气中浓度约为 1.8 Bq/m^3 ，7AC 碘源制作间单次操作泄漏碘在空气中浓度约为 0.6 Bq/m^3 ，低于本项目 I-131 的工作场所浓度限值（I-131 的 DAC 值为 189 Bq/m^3 ）。

本项目 7AC 碘源制作间年操作次数最大约 40 次，内照射的年吸收剂量最大值为 $0.18 \text{ m}^3 \times 0.6 \text{ Bq/m}^3 \times 40 \times 7.6 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq} \times 10^6 \approx 0.03 \mu\text{Sv}$ ；0AC 碘源制作间年操作次数最大约 40 次，内照射的年吸收剂量最大值为 $0.18 \text{ m}^3 \times 1.8 \text{ Bq/m}^3 \times 40 \times 7.6 \times 10^{-9} \text{ Sv/Bq} \times 10^6 \approx 0.1 \mu\text{Sv}$ 。

1.3 评价范围内其他场所公众辐射剂量

AC 厂房内其他场所中非本核技术利用项目人员（公众）成员不会进入碘源制作间内部，因此不会造成内照射。

按照联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)-2000 年报告附录 A，X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式计算。

$$H=T \times D \times 10^{-6}$$

式中：H—受照的剂量，mSv/a；

D— γ 外照射剂量率增量，nSv/h，按照辐射场所所在建筑外墙辐射剂量率与距离的平方成反比计算；

T—受照工作时间，h/a。

碘源分装配制过程中，碘源制作间四周、顶部和底部因 I-131 的辐射剂量率贡献值最大为 0.16 μ Sv/h。在不考虑墙体和门屏蔽的情况下，公众保守取距离碘源制作间内按照 1m 计算，居留因子按 1 计，按照人员年最大操作 40 次，单次 9min 时间计，则计算出本项目公众年受照剂量最大值为 $40 \times \frac{9}{60} \times \frac{0.16}{1^2} \times 1 \times 10^{-3} = 9.6 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

碘源贮存过程中，碘源制作间四周、顶部和底部因 I-131 的辐射剂量率贡献值最大为 0.04 μ Sv/h。在不考虑墙体和门屏蔽的情况下，公众保守取距离碘源制作间内按照 1m 计算，居留因子按 1 计，公众人员受照射时间按年最大工作时间 2000h 保守计算，则计算出本项目公众年受照剂量最大值为 $2000 \times \frac{0.04}{1^2} \times 1 \times 10^{-3} = 0.08 \text{mSv/a}$ ，低于本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

1.4 碘源制作间辐射工作人员和公众年最大受照剂量汇总

根据上述计算结果，碘源制作间辐射工作人员和公众的年最大受照剂量见下表所示。

表 11-2 碘源制作间辐射工作人员和公众年最大受照射剂量汇总

人员类型	外照射剂量 mSv/a				内照射剂量 μ Sv/a	年最大受照射剂量 mSv/a	剂量约束值 mSv/a
	碘源贮存过程	分装配制过程	运至现场试验	相邻区域贡献值			
辐射工作人员	-	1.0×10^{-2}	0.12	1.3×10^{-4}	0.1	0.23	5
公众	0.08	9.6×10^{-4}	-	-	-	0.08	0.1

经计算，本项目辐射工作人员和公众年受照剂量最大值分别是 0.23mSv/a 和 0.08mSv/a，可以满足 GB18871-2002 中的限值要求以及本项目职业人员剂量约束值

5mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的要求。

需要说明的是，0AC/7AC 碘源制作间工作人员不为同一人员，故 0AC/7AC 碘源制作间辐射工作人员剂量无需叠加。

1.5 放射性废气排放对环境影响

根据福清核电工作安排，每天最多开展一次试验操作，手套箱内 I-131 日最大操作量为 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$ ，保守按照碘挥发比例 0.1% 估算，则手套箱内最大碘挥发量为 $1.85 \times 10^6 \text{Bq}$ ，手套箱上方通风设施中的碘吸附器能有效的去除空气或气流中的放射性甲基碘，去除效率为 99.9%，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： $(1.85 \times 10^6) \text{Bq} \times (1 - 99.9\%) = 1850 \text{Bq}$ ，根据设计单位提供资料，碘源制作间排出的废气最终由 AC 厂房排风机抽出外排，0AC 厂房风机总排风量为 $93496 \text{m}^3/\text{h}$ ，7AC 厂房风机总排风量为 $65000 \text{m}^3/\text{h}$ ，则每次碘源制作的 9min 时间内 0AC 厂房风机可排风 14024m^3 ，每次碘源制作的 9min 时间内 7AC 厂房风机可排风 9750m^3 ，远大于碘源制作间的房间体积，则配置操作挥发的碘在工作期间可以被全部排出，则 0AC 厂房排放口 I-131 浓度最大值为 $0.13 \text{Bq}/\text{m}^3$ ，7AC 厂房排放口 I-131 浓度最大值为 $0.18 \text{Bq}/\text{m}^3$ ，均低于本项目 I-131 的排放口导出浓度限值（I-131 的 DAC 值为 $1.28 \text{Bq}/\text{m}^3$ ）。

另外现场吸附效率试验单次使用的 I-131 最大活度为 2.7mCi ，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 $300000 \text{m}^3/\text{h}$ ，各核岛厂房通风系统内碘吸附器的净化效率为 99.9%，试验通风时间约 1 小时，则排放口 I-131 最大浓度约 $0.33 \text{Bq}/\text{m}^3$ ，低于本项目 I-131 的排放口导出浓度限值（I-131 的 DAC 值为 $1.28 \text{Bq}/\text{m}^3$ ）。上述当 I-131 排到大气中，经过稀释扩散作用，浓度会更低，对环境影响很小。

2、化学实验室非密封放射源工作场所

通过源项分析可知，发射 α 粒子的核素（如 Am-241）因 α 射线在空气中的穿透能力很弱，极易屏蔽，且工作人员操作过程均不会直接与放射性物质直接接触，故本次不分析其对环境的辐射影响。

本项目辐射工作人员在操作时会佩戴防护手套，并使用专用防护用具，购买的 β 核素使用玻璃瓶封装，实验室辐射工作人员在配制稀释核素过程中均在通风橱内进行，且拟采用 10mm 厚的有机玻璃屏障进行防护，因此项目核素产生的 β 射线可以得到有效屏蔽。同时根据《辐射防护导论》中韧致辐射在空气中吸收剂量率计算公式，取表 9-3 中需要配制的核素中 β 射线能量最高的 Y-90（最大能量为 2.283MeV ）进行计算，得知距离 20cm 处空

气中的韧制辐射剂量贡献值很小（小于 $0.002\mu\text{Gy/h}$ ），因此本项目可以不用考虑韧制辐射剂量的贡献值。

综上，对于本项目化学实验室非密封放射性物质工作场所的射线屏蔽，主要考虑放射性核素产生的 γ 射线对工作人员的外照射。

2.1 工作场所辐射剂量率水平

非密封放射性物质 γ 剂量率计算按照下式计算： $H=A\Gamma/R^2$

计算条件做如下保守考虑：根据表 3 节中非密封放射性物质化学实验室使用各核素的实际日最大操作量 A，以及表 9-3 中各核素空气比释动能功率常数 K 可知，取混合源仅有 Y-88 时，其裸源在 30cm 处的 γ 辐射剂量率最高，为 $H=AK/R^2=2.8\times 10^5\text{Bq}\times 1.04\times 10^{-16}\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\div 0.3^2\times 3600\times 10^6=1.16\mu\text{Gy/h}$ ，可见仅考虑距离衰减的情况下，在通风橱进行配制过程中，以及在功能房内使用每个核素进行标定时，均可以满足实验室屏蔽墙体、通风柜等外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

2.2 辐射工作人员辐射剂量

根据表 3，需要配制和消耗（简单操作）的核素年实际最大标定次数为 88 次，无需配制（很简单的操作）的核素年实际最大标定次数为 1584 次。很简单的操作每次接触核素的时间约 40min（主要为取源 5min，标定操作 30 分钟，还源 5min）；简单的操作每次操作核素的时间约 70min（主要为取源 5min，配制、标定操作 60 分钟，还源 5min）。取源、操作、还源时工作人员所受照射剂量率保守按照 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 考虑，则本项目每年使用非密封放射性物质时所受到的最大剂量为 $[2.5\mu\text{Sv/h}\times(70/60)\times 88+2.5\mu\text{Sv/h}\times(40/60)\times 1584]\div 1000=2.9\text{mSv/a}$ 。

0AL/7AL 化学实验室设备标定工作由不同的工作人员组成，同个化学实验室使用非密封放射性物质的为同一批人员，因而 0AL/7AL 化学实验室工作人员所受辐射剂量无需叠加 2 个实验室工作人员所受辐射剂量。

综上，0AL/7AL 化学实验室辐射工作人员的年受照剂量为 2.9mSv/a ，低于本项目剂量约束值 5mSv/a 的要求。

需要说明的是，设备标定期间工作人员无需全程守在设备旁，仅观察标定状况时短暂停留，实际每次操作核素时，标定期间人员远离核素，不需要接触放射性核素，本项目按照不利因素，保守考虑工作人员全程守在设备旁。且上述计算结果保守考虑全年工作由 1

名工作人员完成，实际每名工作人员的受照剂量低于上述计算结果。

2.3 公众人员辐射剂量

0AL/7AL 化学实验室内其他楼层公众成员不会进入化学实验室控制区内，按照联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)-2000 年报告附录 A，公众人员年受照剂量按照下式计算： $H=T \times D \times 10^{-6}$ 。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 的计算： $x=TVL \times \lg(AI/HR^2)$ 。

根据表 10-1，0AL 化学实验室顶部为 110mm 混凝土，7AL 化学实验室顶部为 120mm 混凝土，楼上区域距离实验台按照 3m 计算，综合考虑混凝土屏蔽及距离，楼上区域周围剂量当量率最大为 $0.03\mu\text{Sv/h}$ 。根据第 3 章节及第 11 章节，各个核素年最大工作时间约为 1159h，则楼上区域公众年受照剂量最大值为 $1159 \times 0.03 \times 1 \times 10^{-3} = 0.03\text{mSv/a}$ ，低于本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

0AL 化学实验室西侧 4m 处设有化学处办公室，0AL 化学实验室四周墙体为 240mm 混凝土，综合考虑混凝土屏蔽及距离，该区域周围剂量当量率最大为 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ，各个核素年最大工作时间约为 1159h，则该区域公众年受照剂量最大为 $1159 \times 0.003 \times 1 \times 10^{-3} = 0.003\text{mSv/a}$ ，低于本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

0AL/7AL 化学实验室其他区域（楼梯间、马路等非人员常驻区域）保守考虑距离化学实验室 1m 远，居留因子取 1/16，根据表 10-1，0AL/7AL 化学实验室四周墙体混凝土厚度 $\geq 200\text{mm}$ ，综合考虑混凝土屏蔽及距离，则化学实验室其他区域周围剂量当量率最大为 $0.08\mu\text{Sv/h}$ ，各个核素年最大工作时间约为 1159h，则该区域公众年受照剂量最大为 $1159 \times 0.08 \times 1/16 \times 10^{-3} = 0.006\text{mSv/a}$ ，低于本项目剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

综上，0AL/7AL 化学实验室评价范围内各处公众人员年受照剂量均低于剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

2.4 化学实验室排放放射性废液分析

本项目非密封放射性物质操作分为需要配制和不需要配制两种，其中大部分不需要配制，需要配制的主要是因为有些非密封放射性物质在实际标定的时候稀释后才能使用。使用完后将废液转至废液处理系统。

根据化学实验室每日使用非密封放射性液态物质叠加后的总活度 $4.5 \times 10^5\text{Bq}$ ，以及核电站单个放射性废液贮存槽容量为 50m^3 ，则单个废液贮存槽内因本项目核素活度贡献的最大活度浓度为： $(4.5 \times 10^5\text{Bq}) / 50000 = 9.0\text{Bq/L}$ 。

本项目化学实验室产生的放射性废液经放射性废液回收后直接将其排放至放射性废液处理系统，经过滤、除盐后并取样合格后送往废液排放系统，或蒸发后产生的浓缩液送往固体废物处理系统进行装桶固化处理。处理后进入储存罐的废液在放射性水平化验合格后予以排放，如不能达标则进入放射性废液经废液处理系统处理。本项目放射性废液排放已纳入整个核电站的液态流出物排放中，相对于核电站的液态流出物排放总量，本项目贡献值很小。

3、本项目职业人员和公众年最大受照剂量汇总

根据前文计算结果，本项目职业人员和公众的年最大受照剂量见下表。

表 11-3 职业人员和公众年最大受照剂量汇总

场所	人员类型	年最大受照射剂量 mSv/a	剂量约束值 mSv/a
0AL 化学实验室	职业人员	2.9	5
	公众	0.03	0.1
7AL 化学实验室	职业人员	2.9	5
	公众	0.03	0.1
0AC 碘源制作间	职业人员	0.23	5
	公众	0.08	0.1
7AC 碘源制作间	职业人员	0.23	5
	公众	0.08	0.1

综上，本项目职业人员和公众年受照剂量最大值分别是 2.9mSv/a 和 0.08mSv/a，可以满足 GB18871-2002 中的限值要求以及本项目职业人员剂量约束值 5mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的要求。

各辐射工作场所的工作人员为不同部门人员，不兼职其他部门岗位操作，因此不考虑上述职业人员剂量叠加。需要说明的是，上述计算均是考虑最不利因素计算得到，实际每名工作人员及公众人员的受照剂量均小于上述计算结果。

4、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、地面经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。

在日常开展工作过程中，应认真做好以下工作：

- （1）辐射工作人员应经过专业训练，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) 涉及分装操作的核素在工作结束后, 应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, 应及时进行去污, 直至检测符合标准为止。

5、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作间产生的废碘源试剂瓶、废橡胶手套、废活性炭以及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))。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(0QS)进行压缩/固化处理, 处理后运至 0QT 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 I-131 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福清核电送往 0QS 厂房放射性废物收集点进行处理, 处理后运至 0QT 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。

福清核电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。

福清核电废物暂存库(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 0QT 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制定区域暂存。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 > 2mSv/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。

综上，采取上述措施后，本项目放射性固废暂存过程对外环境的辐射环境影响较低。

事故影响分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条之规定，本项目放射源可能引起的辐射事故认定为一般辐射事故，较大辐射事故以及重大辐射事故。

1、事故类型

- (1) 放射性液体撒漏，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，放射性物质被盗，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。

2、事故应急措施

福清核电成立了专门的职业医疗团队，配备医生和护士，具备污染洗消的人员和物质条件。

(1) 发生非密封放射物性物质意外洒落时，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，处理人员应迅速带上防护面罩并立即关闭通排风系统，并立即开展放射性污染普查和去污，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并联系辐射防护人员，在辐射防护人员指导下进行去污。
- 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，放射性衰减后再做处置。
- 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。同时，针对不同部位采取相应的清洗处理措施。
- ④如果发现较高水平的皮肤污染，则应在职业医疗指导下进行皮肤去污。
- ⑤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，待放射性衰减后再做处理。

本项目的辐射事故/事件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、放射性物质被盗等事故/事件后，立即启动辐射事故/事件应急预案，按照预案的要求处

理及报告。

3、辐射事故预防措施

（1）该项目各辐射场所操作人员应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核，取得合格证明后方可上岗。

（2）加强非密封放射性物质的实体保卫工作，源柜采取双人双锁管理制度，钥匙由专业管理人员掌管，做好借用归还记录，防止无关人员盗取放射性物质时间发生。

（3）碘源使用加厚玻璃瓶封装，并包装于铅罐内，储存在碘源柜内；操作时固定在手套箱内，实行监护制操作，并佩戴专用防护用品及监测仪表；转运时使用碘源专用运输工具车，防倾倒洒漏。

（4）碘源制作间位于核电站放射性机修车间热区内，进入该厂房需进行考核授权。

（5）定期检查非密封放射性物质工作场所辐射防护安全设施、设备的安全防护效果，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即整改，避免事故的发生。

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 0AL/7AL 化学实验室为丙级非密封放射性物质工作场所，0AC/7AC 碘源制作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。

福清核电站已针对本核技术利用项目成立辐射安全管理组织机构，由保健物理处统筹管理碘源制作间、化学实验室的辐射安全工作，并由辐射防护人员对本项目放射性核素的运输、贮存及使用进行监督。

管理小组职责如下：

组长职责：

（1）负责确保公司根据国家有关放射源管理的法规和标准建立放射源的安全管理体系。

（2）负责为电厂开展放射性同位素与射线装置安全管理提供充足的人力、物力和物资资源。

（3）负责领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资源保障。

（4）向当地环保、卫生、公安主管部门报告。

（5）组织辐射事故的内部处理与调查，组织各部门配合外部单位对辐射事故的处理和调查。

副组长职责：

（1）配合组长工作。

（2）负责制定辐射事故的应急预案。

（3）负责制定本公司放射性同位素与射线装置的管理制度和开展监察工作。

组员职责：

（1）负责本公司辐射安全许可证的申领、变更、延续等手续的办理；

（2）负责本公司核技术利用项目的环境影响评价的中报和竣工验收的组织实施；

（3）负责放射源转让、豁免备案等手续的办理；

（4）负责废旧放射源的处理、送贮工作；

- (5) 负责贮存场所的日常巡检和安保措施的组织实施；
- (6) 负责放射源与射线装置台账的管理和维护；
- (7) 负责全国核技术利用辐射安全中报系统账目一致性核查和数据信息填报，负责本公司辐射安全隐患的整改。
- (8) 负责对本公司核技术利用项目“三同时”制度执行情况进行检查。
- (9) 组织开展对辐射事故对人员、环境造成的后果进行评估。
- (10) 负责辐射事故现场处理的组织实施。
- (11) 负责对辐射事故处理中的工作场所和相关的辐射防护监测与控制放射性去污工作。
- (12) 负责对辐射事故中急性损伤人员实施医疗急救，对污染人员实施去污处理，对现场处置活动提供辐射防护技术支持。
- (13) 当辐射事故发生后，对辐射事故中急性损伤人员实施医疗急救，迅速与医疗救护单位联系，协助其工作，协调非计划照射人员的转院治疗，必要时对辐射事故/事件中相关受害人员进行心理疏导。
- (14) 为事故的救助提供必要的物质保障，配备和提供充足的应急物资和有效的应急文件管理。

福清核电核技术利用项目已有辐射安全管理机构，已具有安全管理人员，本项目拟安排 8 名辐射工作人员。根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函 54〔2019〕853 号）和《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》（2019 年，第 57 号）要求，人员需通过核技术利用辐射安全与防护考核，可以从事相应的放射性工作，并按照要求 5 年参加复训。

表 12-1 本项目各场所辐射工作人员数量情况一览表

场所	辐射工作人员数量（名）
0AL 化学实验室	2
7AL 化学实验室	2
0AC 碘源制作间	2 ^①
7AC 碘源制作间	2 ^①

注：①碘源制作间工作人员均为协作单位工作人员。②0AL 化学实验室、7AL 化学实验室、0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间工作人员均不为同一批工作人员。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射安全管理规章制度制定情况

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，福清核电已针对辐射安全管理制定了系统的管理制度，主要包括辐射防护管理大纲、辐射事故/事件应急预案、辐射控制区管理等一系列辐射安全防护管理制度，具体见附件 6。

12.2.2 辐射安全管理规章制度评价

结合上述管理制度的内容和《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，本项目环评做如下评价：

1) 操作规程：针对本项目核技术利用涉及的操作内容完善相应的操作规程，辐射工作人员培训合格后持证上岗，应明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及操作程序等，重点是工作时必须佩戴个人防护用品。操作规程需要张贴上墙于相应的辐射工作场所。

2) 设备检修维护制度：在后续程序文件中完善各辐射工作场所相关设备的安全设施及措施（包括警示标志、双人双锁等）保持良好工作状态的内容。

3) 人员培训计划：应根据《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》（2019 年，第 57 号）的要求参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，经考核合格后可上岗，并按要求及时参加复训。公司内部已有辐射防护培训，工作人员考试合格后方可授权进入。加强辐射工作人员培训档案的管理，做到有据可查。

4) 监测方案：制定化学实验室及碘源制作间辐射监测方案，主要包括个人剂量监测、工作场所及周围环境监测，监测方式为自主监测与有资质单位开展的年度监测。辐射工作人员定期开展个人剂量检测，并建立档案，明确辐射工作人员的清单。定期对本项目辐射工作场所开展辐射环境水平监测，并做好监测记录，定期上报。详细内容见后

文“12.3 辐射监测”。

后续要求：

(1)每年 1 月 31 号前向福建省生态环境厅提交辐射安全与防护管理年度评估报告，并在全国核技术利用辐射安全申报系统进行网上申报。

(2) 辐射工作人员的辐射安全和防护考试成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息应统一。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本）第四十一条规定，职业健康监护档案应长期保存。

12.3 从事放射性活动能力分析

生态环境部部令第 20 号文提出了使用放射性同位素、射线装置的单位应当具备的条件，《操作非密封源的辐射防护规定》规定了操作非密封源的辐射防护原则与要求，将本项目具备的条件与相关要求进行了对比，给出了是否符合要求的结论，详见下表。

表 12—2 从事放射性活动能力分析表

法规要求		单位情况	符合情况
《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》	1. 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	福清核电已成立辐射安全管理组织机构。	符合
	2. 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。	拟配备的 8 名辐射工作的人员按要求参加并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，通过考核后持证上岗。	符合
	3. 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目非密封放射性物质工作场所均采取了屏蔽防护措施，非密封放射性物质在碘源制作间及化学实验室的贮存柜内存储。	符合
	4. 放射性同位素和射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	福清核电制定了相应的操作规程，并为工作人员配备了辐射防护用品，辐射工作人员均持证上岗。	符合
	5. 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	福清核电配备了辐射防护用品、辐射防护设施和监测仪器。	符合
	6. 有健全的操作规程、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。	已制定了辐射防护管理大纲、辐射事故/事件应急预案、辐射控制区管理等一系列辐射安全防护管理制度。	符合
	7. 有完善的辐射事故应急措施。	有较完善的辐射事故应急预案及措	符合

		施。	
	8. 产生放射性废气、废液、固体废物的,还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	福清核电对放射性废水、固废、废气均有相应的处理措施,确保达标排放。	符合
《操作非密封源的辐射防护规定》	5.3.2 辐射工作人员应根据实际需要配备适用、足够和符合标准的个人防护用具(器械、衣具),并掌握其性能和使用方法。个人防护用具应有备份,均应妥善保管,并应对其性能进行定期检验。	本项目辐射防护用品和监测仪器利用福清核电 0AC/7AC 厂房、0AL/7AL 实验楼已有防护用品和监测仪器,项目已配备充足的防护用品和监测仪器。	符合
	5.3.3 辐射工作场所应具备适当的防护手段与安全措施,做好个人防护工作。	0AC/7AC 厂房、0AL/7AL 实验楼设有卫生出入口污染监测、外照射监测、内照射监测、核素监测、空气污染监测、表面污染监测及环境剂量率监测等设备。	符合
	5.3.4 在伴有外照射的工作场所,应做好个人外照射防护,包括 β 外照射防护。	本项目碘源制作间及化学实验室内连体服、T 恤、安全鞋、白纱手套、布鞋套、纸帽、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更衣室内。碘源制作间工作人员配备碘面罩、橡胶手套。	符合
	6.2.3 对于参加大检修或特殊操作而有可能造成体内污染的工作人员,操作前后均应接受内照射监测	0AC/7AC 厂房、0AL/7AL 实验楼设有卫生出入口污染监测、外照射监测、内照射监测、核素监测、空气污染监测、表面污染监测及环境剂量率监测等设备。	符合

从以上对比可知:福清核电符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部部令 第 20 号)第十六条要求应当具备的八个条件及《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)的相关要求,具备从事放射性活动的技术能力。

12.4 辐射监测

12.4.1 验收监测

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 253 号令）、《国务院关于修改〈建设项目竣工环境保护管理条例〉的决定》（国务院令第 682 号）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），建设单位应自主进行竣工环境保护验收监测。建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。建设单位在环境保护设施验收过程中，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，不得弄虚作假。除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，环境保护主管部门对上述信息予以公开。

因此本项目所有设施建设完成后，需要在项目竣工 3 个月内组织竣工验收。福清核电应当将验收报告以及其他档案资料存档备查。

12.4.2 年度监测

每年由有资质的单位对碘源制作间、化学实验室及周围环境进行年度监测。

12.4.3 日常监测

福清核电配备有相应的监测仪器，定期对辐射工作场所进行日常监测，并保存相关记录。

12.4.4 监测点位要求

化学实验室、碘源制作间需同时监测 X- γ 辐射剂量率以及 α 、 β 表面污染水平，碘源制作间另外还需监测空气中碘浓度。

化学实验室监测点位主要包括放射源储存柜、各功能房间、周围环境保护目标。碘源制作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。

依据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《操作非密封源的辐射防

护规定》（GB11930-2010），制定本项目监测计划。项目拟采用的监测计划见下表所示。

表 12-3 监测计划表

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
化学实验室	放射源储存柜外表面 30cm; 各功能房间地面	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室内空气	γ 辐射空气吸收剂量当量率	1 次/月	
碘源制作间	放射源贮存柜和手套箱外表面 30cm、碘源制作间地面	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。
	碘源制作间室内空气、厂房排放口	γ 辐射空气吸收剂量当量率；空气中碘浓度	1 次/2 周	
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		γ 辐射空气吸收剂量当量率	/	竣工进行一次验收监测，年度监测每年一次。

每次监测结束后，记录监测数据做好归档工作，如发现监测数据异常或发生辐射事故应立即上报相关单位并启动辐射事故/事件应急预案。

12.4.5 个人剂量监测

所有辐射工作人员工作时均需佩戴个人剂量计，按最长 90 天 1 次的频度定期进行个人剂量监测，并按《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部 18 号令)的要求，建立个人剂量档案。

12.4.6 环境监测仪器配备情况

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福清核电的实际需求，本项目辐射工作场所辐射仪器配置情况详见第 10 章节。

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，为使在发生放射源事故时，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，减小放射源事故后果，特制定《辐射事故/事件应急预案》，具体见附件 6。

12.5.2 适用范围

预案适用于福清核电放射源事故应急响应。根据实际情况，预案主要针对在放射源使用过程中丢失或因设备故障、误操作引起放射源屏蔽丧失而造成的放射源事故或异常事件。

12.5.3 应急指挥机构及职责

福清核电应急指挥机构由应急处置指挥部和应急现场处置组组成。现场处置组包括辐射事故/事件应急处置办公室、辐射防护组、医学急救组、出入控制组、环境监测评价组和现场实施组。

应急处置指挥部分为应急响应行动总指挥与副总指挥，副总指挥担任现场处置组组长，在 I 级辐射事故/事件应急响应时，总指挥为总经理或其授权人、副总指挥为分管辐射安全的公司领导或其授权人；在 II 级辐射事件应急响应时，总指挥为分管辐射安全的公司领导或其授权人、副总指挥为保健物理处负责人。应急处置指挥部是辐射事故/事件应急处置的指挥核心，全面负责公司辐射事故/事件应急处置行动的指挥与协调；负责决定是否启动或终止 I 级/II 级辐射事故/事件应急响应行动；负责 I 级/II 级辐射事故/事件应急响应行动的统一组织、协调、指挥，在上级主管/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故/事件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。

现场处置组又称辐射事故/事件应急处置办公室，主任由保健物理处负责人或授权人担任，全面组织协调落实应急指挥部的各项指令；负责辐射事故/事件应急处置的组织协调，研究制定对外发布或提供事件处置等相关信息的原则、内容和措施，发布相关部门通报和报告信息；负责协调现场处置组之间相关活动，提出辐射事故/事件应急响应分级建议；负责向应急处置指挥部和上级主管/监管部门的汇报、联络，协调开展应急救援；向应急指挥部提出启动或终止 I 级/II 级辐射事故/事件应急响应的建议；在上级主管/监管部门介入后，做好有关的配合工作。

12.5.4 应急处置

辐射事故应急处置遵循“以人为本、预防为主，统一领导、分类管理、分级响应，专兼结合、充分利用现有资源”的原则。应急处置行动执行前应充分分析风险并采取必要的个人防护措施，当危及个人生命安全等紧急情况下现场处置人员有权撤离现场。

本项目运行后，应做好以下工作：

（1）应加强应急人员的培训，建立事故报告制度，定期组织开展应急演练，并做好记录；

（2）应定期修改完善应急预案等相关规章制度，加强部门之间以及与管理部門的联动。

综上，在落实上述应急方案相关内容后，本项目辐射事故应急方案是可行的。

表 13 结论与建议

结论

13.1 项目概况

本项目位于福清核电站生产区内，拟新增 0AL 化学实验室、7AL 化学实验室 2 处丙级非密封放射性物质工作场所，新增 0AC 碘源制作间、7AC 碘源制作间 2 处乙级非密封放射性物质工作场所，各个辐射工作场所边界周围 50m 评价范围都在生产区内部，不涉及居民区、学校、医院等环境敏感目标，选址合理。

本项目涉及化学实验室、碘源制作间均在已有厂房内进行建设，不新建厂房。7AL 和 0AL 存放、使用放射源和非密封放射性物质用于设备标定和制作标准溶液，碘源制作间进行液态碘化钠（I-131）溶液的分装、贮存。

13.2 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。

13.3 辐射安全措施结论

本项目根据各工作场所的特点，配有铅屏蔽容器、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，可满足防护实际需要。

13.4 环境影响分析结论

（1）年有效剂量

根据预测分析，本项目辐射工作人员和公众预测受到的最大年有效剂量分别为 2.9mSv/a 和 0.08mSv/a，低于职业 20mSv/a 剂量限值和公众 1mSv/a 的剂量值，也低于本报告提出的职业 5mSv/a 剂量管理目标值和公众 0.1mSv/a 的剂量管理目标值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

（2）三废处理

本项目放射性废气主要为 I-131，碘源制作阶段经碘吸附器（含浸渍颗粒活性炭）吸附后排向大气的 I-131 活度最大值为 0.18Bq/m³，现场试验经过通风系统后外排的 I-131 活度最大值为 0.33Bq/m³，均低于本项目 I-131 的排放口导出浓度限值（I-131 的 DAC 值为 1.28Bq/m³）。

本项目放射性废液主要来自 0AL/7AL 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GB6249-2011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。

0AL/7AL化学实验室非密封源工作场所产生的放射性废物主要为废弃固态非密封放射源试剂瓶，以及擦拭液态非密封放射源的卫生纸，被污染的手套等固废；放射性固体废物经打包后，运输至福清核电固体废物处理系统进行处理，处理后运至0QT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。0AC/7AC碘源制作间碘源操作不产生放射源废液；装母液I-131试剂瓶的铅罐放置在碘源制作间贮存柜内暂存，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福清核电及时送往0QS厂房进行处理，处理后运至0QT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。

13.5 辐射安全管理评价

本次新建项目为两处丙级非密封放射性物质工作场所及两处乙级非密封放射性物质工作场所，福清核电已建立辐射安全管理机构，统筹管理碘源制作间、化学实验室的辐射安全工作，并由辐射防护人员对本项目涉及的非密封源的运输、贮存及使用进行监督。福清核电已制定辐射防护管理大纲、辐射事故/事件应急预案、辐射控制区管理等一系列辐射安全防护管理制度，满足国家法律/法规要求。

本项目辐射工作人员经考核合格并取得相应资格后持证上岗，并按每5年一次的要求进行复训，同时建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康档案。

13.6 可行性分析结论

福清核电核技术应用项目符合当前国家产业政策以及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。本项目选址及布局合理，采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目剂量约束值要求。

综上，从保护环境及人员的角度而言，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射管理计划后，福清核电站具备与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全防护措施，本次评价内容投入运行后对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要

求。故从辐射环境保护角度论证，该项目是可行的。

建议和承诺

1、要求组织所有的辐射工作人员参加生态环境部的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按每 5 年一次的要求进行复训，同时做好辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案管理。

2、环评报批后，福清核电根据项目建成情况及时更新辐射安全许可证，并按期组织完成竣工环保自主验收。

3、承诺按照辐射安全许可证的活动范围和类型开展相应工作，若发生重大变动时及时完善环保手续。

为了执行《建设项目环境保护管理条例》中的“三同时”制度，要求建设项目必须按照《建设项目竣工环境保护验收管理办法》规定，依据环境保护验收监测结果，并通过现场检查等手段，考核该建设项目是否达到环境保护要求。该项目“三同时”验收内容和要求见表 13-1。

表 13-1 项目“三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	成立辐射安全管理组织机构，由保健物理处统筹管理碘源制作间、化学实验室的辐射安全工作，并由辐射防护人员对本项目放射性核素的运输、贮存及使用进行监督。	满足《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。	5
辐射安全和防护措施	(1)0AL 化学实验室四周墙体屏蔽厚度为 240mm 混凝土，顶部楼层屏蔽厚度为 110mm 混凝土，底部楼层屏蔽厚度为 110mm 混凝土。 (2)7AL 化学实验室东墙屏蔽厚度为 300mm 混凝土；南墙屏蔽厚度为 240mm 混凝土；西墙屏蔽厚度为 200mm 混凝土；北墙屏蔽厚度为 200mm 混凝土，顶部屏蔽厚度为 120mm 混凝土，底部屏蔽厚度为 180mm 混凝土。 (3)项目所需 I-131 母源瓶从厂家送至核电站时外部自带 3cm 铅屏蔽罐，并储存在碘源制作间内贮存柜（屏蔽材料 2mm 不锈钢，柜体长 1.4m、宽 0.65m、高 2.1m）内，试验前将铅罐取出在手套箱（屏蔽材料 3mm 不锈钢，箱体长 1.24m、宽 0.6m、高 2.0m）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。 (4)0AC 碘源制作间四周墙体屏蔽厚度为 200mm 混凝土，顶部屏蔽厚度为 200mm 混凝土，底部屏蔽厚度为 200mm 混凝土，房间门为 5cm 的实木门。 (5)7AC 碘源制作间北侧墙体屏蔽厚度为 250mm 混凝土，	碘源制作间四周、顶部和底部屏蔽体、手套箱及贮存柜外表面 30cm 的周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h 的要求。 化学实验室屏蔽墙体、通风柜等外表面 30cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h 的要求。 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业工作人员的剂量约束值 5mSv 和公众成员的剂量约束值 0.1mSv 的要求。	40

	东西南侧墙体屏蔽厚度为 200mm 混凝土，顶部屏蔽厚度为 200mm 混凝土，底部屏蔽厚度为 200mm 混凝土，房间门为 5cm 的钢制平开门。 碘源制作间中挥发的 I-131 气体通过手套箱上方自带的碘吸附器（内含浸渍颗粒活性炭）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 I-131 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。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（OQS）进行压缩/固化处理，处理后运至 OQT 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 I-131 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福清核电送往 OQS 厂房放射性废物收集点进行处理，处理后运至 OQT 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。 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，放射源柜采取双人双锁管理，放射源容器粘贴放射源信息标识，定期测量本项目各辐射工作场所的表面污染水平及 γ 剂量率。		
	成立辐射安全管理机构，配备安全管理人员，本项目每个碘源制作间拟安排 2 名辐射工作人员，每个化学实验室拟安排 2 名辐射工作人员，共拟安排 8 名辐射工作人员。本项目辐射工作人员上岗前均需参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训并考核合格。 公司内部已有辐射防护培训，工作人员考试合格后方可授权进入。	满足《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中对于非密封放射源管理、放射防护措施的要求	
	所有从事辐射的工作人员工作时均需佩戴个人剂量计，定期进行个人剂量监测，建立个人剂量档案。	满足《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）中对于辐射防护监测的要求。	3
	辐射工作人员每年参加职业健康检查，并建立职业健康档案。	满足《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》等法规的要求	6
人员配备			
监测仪器和防护用品	环境剂量率监测：γ 剂量率仪 8 个，长杆剂量率仪（γ）2 个。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器和《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）中对于辐射防护监测的要求。	60
	表面污染监测：表面污染监测仪 8 个。		
	空气污染监测：移动式碘连续监测仪 2 个，移动式气溶胶活度监测仪 2 个。		
	核素监测：便携式 γ 谱仪 2 个。		
	内照射监测：全身计数器（WBC）2 个。		
	外照射监测：TLD 热释光剂量计 320 个，EPD 电子个人剂量计（γ）240 个。		
	卫生出入口污染监测：门框式污染监测仪（C1 门）2 个；全身污染监测仪（C2 门）6 个；小件物品污染监测仪（β、γ）6 个。 本项目碘源制作间及化学实验室内连体服、T 恤、安全鞋、白纱手套、布鞋套、纸帽、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更衣室内。碘源制作间工		

	作人员配备碘面罩、橡胶手套。		
辐射 防护 规章 制度	制定辐射防护管理大纲、辐射事故/事件应急预案、辐射控制区管理等一系列辐射安全防护管理制度。	满足《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。	/
总计	/	/	120

表 14 审批

下一级环境保护行政主管部门审查意见： 公章 经办人： 年 月 日
审批意见： 经办人： 年 月 日