

核技术利用建设项目
夹江县人民医院
核医学科门诊改造项目
环境影响报告表
(公示本)

夹江县人民医院

2023年1月

生态环境部监制

目 录

表 1：项目基本情况.....	3
表 2：放射源.....	18
表 3：非密封放射性物质.....	19
表 4：射线装置.....	20
表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）.....	22
表 6：评价依据.....	23
表 7：保护目标与评价标准.....	26
表 8：环境质量和辐射现状.....	29
表 9：项目工程分析与源项.....	33
表 10：辐射安全与防护.....	36
表 11：环境影响分析.....	54
表 12：辐射安全管理.....	65
表 13：结论与建议.....	71

表 1：项目基本情况

建设项目名称		夹江县人民医院核医学科门诊改造项目			
建设单位		夹江县人民医院			
法人代表	吴强	联系人	杨静	联系电话	13551671815
注册地址		夹江县千佛大道二段 1 号			
项目建设地点		夹江县千佛大道二段 1 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	70	项目环保投资(万元)	32	投资比例（环保投资/总投资）	45.7%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		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 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	/			
	<p>项目概述</p> <p>一、概况</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>夹江县人民医院（统一社会信用代码 12511026451672965B），位于夹江县千佛大道二段 1 号，是政府主办的公立国家三级乙等综合医院、世界卫生组织授予的“爱婴医院”、“省级精神文明单位”。医院历经 82 年的发展历程，逐步发展成为集医疗、教学、科研、预防保健、急救、康复为一体的区域医疗中心。</p> <p>院区占地面积约 100 亩，建筑面积约 64337.64 平方米，编制床位 500 张，</p>				

实际开放床位 550 张，目前全院职工 666 人，其中在编职工 220 人，临聘人员 446 人。设有 15 个临床科室，7 个医技科室，19 个职能科室，所开设诊疗科室按三级综合医院标准设置基本齐全。其中普通外科、神经外科为市级医学重点学科（乙级），医院护理学和康复医学科为市级医学重点专科（甲级），诊疗技术处于全县领先水平。医疗设备先进，科室设置齐全，每年诊治门急诊病人 41 万余人次，住院病人 2 万余人次。医院目前拥有诊疗设备 360 余台件，其中包括美国 GE 多排螺旋 CT、美国 GE1.5T 超导核磁共振、美国 GE 双板数字化 X 线平板摄影系统（DR）等一系列全球一线品牌高档影像设备。

目前，夹江县人民医院已取得乐山市生态环境局核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[12099]），许可种类和范围为：使用 III 类射线装置，有效期至 2026 年 10 月 17 日。

2、项目由来

为更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高区域医疗服务水平，夹江县人民医院拟在氧站及氧舱办公室区域新建核医学科门诊，涉及使用的非密封放射性物质为铯-89、碘-125、铯-90、钨-99（钨^[99Tc]亚甲基二膦酸盐注射液注射，豁免管理范围内）等核素，属于丙级非密封放射性物质工作场所。其中碘-125 为密封籽源，在核医学科进行储存分装，后续碘-125 粒子植入操作在医院 CT 手术室进行；铯-90 敷贴治疗已另行填报备案了登记表；钨-99 为钨^[99Tc]亚甲基二膦酸盐注射液（云克），主要用作类风湿性关节炎，豁免管理范围内。

夹江县人民医院院区主要包括门急诊医技综合楼、第一住院楼、感染楼、发热门诊、氧站及氧舱、后勤综合楼和过路费以及其他辅助设施，本项目依托的氧站及氧舱已在《关于<夹江县卫生和计划生育局迁建县人民医院项目环境影响报告书>的审批意见》中进行了评价，并在 2018 年 4 月取得了原乐山市环境保护局批复（批复文号为：乐市环审[2018]20 号）。

为加强核技术应用医疗设备的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保相关医疗设备的使用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保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、

《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）的规定，本项目为使用丙级非密封放射性物质工作场所，应编制环境影响报告表。为此，夹江县人民医院委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对该项目开展环境影响评价工作（见附件1）。我院接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《夹江县人民医院核医学科门诊改造项目环境影响报告表》。

3、环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据原国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的规定：建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告表的全本信息；各级生态环境主管部门在受理建设项目环境影响评价报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

二、项目概况

1、项目名称、性质、建设地点

项目名称：夹江县人民医院核医学科门诊改造项目

建设单位：夹江县人民医院

建设性质：新建

建设地点：夹江县千佛大道二段1号

2、建设内容及规模

本项目在夹江县人民医院氧站及氧舱大楼建设，该大楼已建成，共一层，为地上一层。氧站及氧舱主要功能区为液氧站、库房及设备修理间等。

（1）建设内容及规模

医院拟在氧站及氧舱建筑内开展核医学科门诊业务，将氧站及氧舱办公室区

域改造为核医学科门诊。

核医学科门诊总建筑面积约 36.43m²，主要辐射工作场所包括：1 个源库、1 个操作室、1 个注射室、1 个留观室、1 个废物暂存间、1 个清洁间、1 个敷贴治疗室及卫生通过间和预约登记等候处等。

各房间的屏蔽结构如下：

卫生通过间（1.57m²，北侧和南侧墙体为 240mm 页岩实心砖，东侧铅门为 5mmPb，西侧为普通门）；

源库（1.34m²，存放 ⁸⁹Sr 和 ¹²⁵I 密封籽源，四面墙体为 240mm 页岩实心砖，铅门为 3mmPb）；

操作室（3.94m²，分装 ⁸⁹Sr，四面墙体为 240mm 页岩实心砖，铅门为 5mmPb，注射窗为 10mm 铅当量）；

注射室（4.43m²，注射 ⁸⁹Sr，四面墙体为 240mm 页岩实心砖，铅门为 5mmPb）；

敷贴室（8.99m²，四面墙体为 240mm 页岩实心砖，铅门为 3mmPb）；

留观室（5.43m²，注射后病人留观，四面墙体为 240mm 页岩实心砖，铅门为 5mmPb）；

废物暂存间（1.10m²，四面墙体为 240mm 页岩实心砖，铅门为 3mmPb，内设两个铅桶）；

清洁间（1.29m²，东、西、北墙体为 240mm 页岩实心砖，普通门）；

配套建设预约登记等候处、卫生通过间等辅助用房。

核医学科涉及使用的非密封放射性物质为锶-89，日最大操作量为 7.4×10⁸Bq，年最大用量为 2.22×10¹⁰Bq，日等效最大操作量为 7.4×10⁶Bq；碘-125 籽源储存、分装在核医学科源库，日最大操作量为 2.96×10⁷Bq，年最大用量为 2.37×10⁹Bq，日等效最大操作量为 2.96×10⁴Bq。

根据各种核素日等效操作量叠加后确定该核医学科门诊区的场所等级，经计算得出核医学科门诊区日等效最大操作量为 7.43×10⁶Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）规定，该核医学门诊区属于丙级非密封放射性物质工作场所。

核医学科病人就诊量及非密封放射性物质使用情况见表 1-1。

表 1-1 核医学科就诊病人量及非密封放射性物质用量情况表

序号	放射性核素	用途	单个病人最大用量 (mCi/人·次)	日最大病人量(人)	年最大病人量(人)	日最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	使用场所
1	⁸⁹ Sr	骨癌转移治疗	20	1	30	7.4×10 ⁸	2.22×10 ¹⁰	操作室、注射室
2	¹²⁵ I	肿瘤治疗	0.8	1	80	2.96×10 ⁷	2.37×10 ⁹	源库、操作室

*注：①本项目碘-125 储存、分装在核医学科，粒子植入手术在 CT 手术室，日最大操作量 2.22×10⁸；②本项目拟使用的非密封放射性物质均通过外购获得，建设单位应在项目建成运行前确定其出售单位，签订相关供货协议，确保售出单位具备销售相应的辐射安全许可证，并且在今后项目投入运行后继续严格执行其来源的合法、合规管理。

根据建设单位提供资料，夹江县人民医院 ¹²⁵I 粒子植入治疗肿瘤，日最大就诊病人 1 人，碘-125 密封籽源在核医学科源库储存和分装，医院使用的碘-125 籽源，医院日最大接诊病人 1 人，年最大接诊病人 80 人次，日最大操作量为 2.96×10⁷Bq，均在 CT 手术室进行籽源植入。

日最大病人量与年最大病人量符合性分析：本项目实行 8 小时单班工作制度，年工作日为 250 天。

核医学科门诊：⁸⁹Sr 日最大接诊病人量为 1 人，按一年 250 天计算，则年最大可接纳病人量为 250 人，大于医院计划治疗年最大病人量 30 人。医院计划治疗年最大病人量可以满足医院年最大可接纳病人量。

核医学科门诊主要涉放功能房间用途见表 1-2。

表 1-2 核医学科门诊主要涉放功能房间用途

房间名称	功能用途	备注
敷贴治疗室	敷贴治疗的 ⁹⁰ Sr 储存、治疗场所，内安放一台保险柜	已另行填报备案了登记表
源库	放射性药物的储存场所，碘-125 籽源储存场所	/
操作室	作为 ⁸⁹ Sr、 ¹²⁵ I 分装场所	/
注射室	作为 ⁸⁹ Sr 的注射场所	/
留观室	注射 ⁸⁹ Sr 的病人在此留观	内设两个留观位置
废物暂存间	放射性废物的暂存场所	内设两个铅桶
清洁间	主要用作对涉放功能房间进行清洁	采取清洁布擦拭清洁的方式

(2) 工作场所分级

根据中华人民共和国环境保护部办公厅文件《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），满足以下3个特点的放射性药物使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：A、有相对独立、明确的监督区和控制区划分；B、工艺流程连续完整；C、有相对独立的辐射防护措施。本项目核医学科位于氧站及氧舱办公室区域，有相对独立、明确的监督区和控制区划分，各自的工艺流程连续完整，且有相对独立的辐射防护措施，因此本项目单独划为一个非密封放射性物质工作场所。

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C非密封放射性物质工作场所的分级判据如表1-3。

表 1-3 非密封源工作场所的分级

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 $\sim 2 \times 10^7$

根据建设单位提供的核素日最大操作量及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C确定的核素毒性因子、操作方式因子等（见表1-4、表1-5），并根据下式可以计算日等效最大操作量。

$$\text{日等效用量} = \frac{\text{日操作量} \times \text{毒性修正因子}}{\text{操作方式的修正因子}} \dots\dots\dots (\text{式 1-1})$$

表 1-4 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

表 1-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体, 溶液, 悬浮液	表面有染 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

放射性同位素日等效操作量修正因子及日等效操作量计算结果见表 1-6。

表 1-6 本项目核医学科工作场所分级

工作场所	核医学科门诊区	
核素名称	⁸⁹ Sr	¹²⁵ I
日最大操作/Bq	7.4×10 ⁸	2.96×10 ⁷
毒性分组	中毒	中毒
毒性组别修正因子	0.1	0.1
性状	液态	表面污染水平较低的固体
操作方式	很简单操作	很简单操作
方式与状态修正因子	10	100
日等效最大操作量/Bq	7.4×10 ⁶	2.96×10 ⁴
	7.43×10 ⁶	
工作场所级别	丙级	

根据表 1-6，核医学科门诊区的日等效最大操作量为 7.43×10⁶Bq，因此该场所确定为丙级非密封放射性物质工作场所。

3、项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要的环境问题见表 1-7。

表 1-7 项目组成及主要的环境问题表

	建设内容及规模		可能产生的环境问题		
			施工期	运营期	
主体工程	核素	⁸⁹ Sr	年最大操作量为 2.22×10 ¹⁰ Bq，日最大操作量为 7.4×10 ⁸ Bq，日等效最大操作量为 7.4×10 ⁶ Bq。	施工废水、固体废物、噪声、扬尘等	β、γ射线、废水、固体废物、β表面沾污
		¹²⁵ I	年最大操作量为 2.37×10 ¹⁰ Bq，日最大操作量为 2.96×10 ⁷ Bq，日等效最大操作量为 2.96×10 ⁴ Bq。		
		合计	日等效最大操作量为 7.43×10 ⁶ Bq（丙级）		

	非密封放射性物质工作场所	<p>总面积约 36.43m²，主要辐射工作场所包括：卫生通过间（1.57m²）、源库（1.34m²）、操作室（3.94m²）、注射室（4.43m²）、敷贴室（8.99m²）、留观室（5.43m²）、放射性废物间（1.10m²）、清洁间（1.29m²）等，以上辐射工作场所墙体防护为 240mm 页岩实心砖墙；地面和顶面均为 12cm 混凝土，无需增加防护；屏蔽门为 3-5mm 铅当量铅钢防护门；注射窗为 10mm 铅当量铅玻璃。</p> <p>相关配套功能房间包括预约登记等候处（8.34m²），顶面为 12cm 混凝土，地下无地下建筑，无需增加防护。</p> <p>涉及使用的非密封放射性物质为 ⁸⁹Sr、¹²⁵I，日等效最大操作量为 7.43×10⁶Bq。整个场所属于丙级非密封放射性物质工作场所。</p>		β射线、废水、固体废物、β表面沾污
辅助工程	相关配套功能房间包括 2 个更衣室，依托氧站已有更衣室。			依托
环保工程	放射性废物间 1 间，面积 1.10m ² ，内置 2 个铅桶。本项目产生的含放射性废物经放射性废物间暂存衰变，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求后可进行清洁解控。			固体废物、废气
	清洁间 1 间，面积 1.29m ² ，辐射工作场所清洁采样抹布擦拭。			
	控制区设立独立通排风系统。		施工废水、固体废物、噪声、扬尘等	
	<p>清洁间和卫生通过间少量废水依托医院现有的污水处理站处理后排入市政污水管网。污水处理站位于感染楼南侧，采用地埋式，采用“预处理+曝气+混凝沉淀+二氧化氯消毒工艺”，设计处理能力 850m³/d。</p> <p>本项目产生的含放射性废物经放射性废物间暂存衰变，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求后可进行清洁解控，按医疗废物处理，依托医院现有医疗废物暂存间进行暂存后，定期交由有资质单位进行清运和处置；项目产生的生活垃圾暂存于垃圾收集间后交由市政环卫清运。医疗废物暂存房位于污水处理站东侧。</p>			依托
公用工程	依托医院已有的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。			/

4、主要技术参数

本项目非密封放射性物质工作场所使用的放射性核素的主要技术参数见表 1-8。

表 1-8 本项目主要技术参数表

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要β粒子能量/MeV	主要γ射线能量/MeV	药品名称	用途
⁸⁹ Sr	50.4d	β ⁻ (100%)	1.49	/	氯化锶[⁸⁹ Sr]注射液	肿瘤转移治疗
¹²⁵ I	60.1d	EC (100%)	/	0.0355	¹²⁵ I 籽源	籽源植入治疗肿瘤

5、工作人员及工作制度

(1) 劳动定员

本项目新增辐射工作人员 3 名，其中 1 名医生、1 名护士、1 名碘-125 籽源分装转移。职责分工：护士负责分装、注射操作；医生负责病情诊断。本项目辐射工作人员不会从事其它辐射工作，不存在剂量叠加的问题。

(2) 工作制度

本项目实行 8 小时单班工作制度，年工作日为 250 天。

6、产业政策符合性分析

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及 2021 年第 49 号令《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》相关规定，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 5 条“医疗卫生服务设施建设”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目，符合现行的国家产业政策。

三、项目选址、外环境关系及实践正当性分析

1、外环境关系分析

(1) 医院外部外环境

夹江县人民医院位于夹江县千佛大道二段 1 号，项目占地面积 100 亩，建筑面积为 63804.46m²。目前整个项目周边外环境较简单，主要以规划的商住区为主，其具体外环境关系主要为：医院北侧紧邻道路千佛大道二段，隔道路以北为碧桂园滨江府小区；东侧紧邻市政绿地，绿地以东为瓷都大道，距离瓷都大道最近距离 50m；南侧紧邻市政绿地，绿地以南为青衣江，距离青衣江约 97m；西侧紧邻道路，隔道路以西 15m 为锦泰棕榈银滩商住小区。因此，医院周边 200m 范围内均为商住小区、道路、市政绿地、河流等。

(2) 医院内部外环境

本项目位于夹江县人民医院内，辐射工作场所位于氧站及氧舱楼（共地上一层）。氧站及氧舱位于医院西部区域住院出入口及后勤办公出入口北侧，其北侧15m处为后勤综合楼（食堂位于后勤综合楼一层），南侧院区道路以南为地面生态停车场，东侧80m处为第一住院楼，东侧56m为门急诊医技综合楼。

2、项目选址合理性分析

本项目所在主体大楼已在《关于<夹江县卫生和计划生育局迁建县人民医院项目环境影响报告书>的审批意见》中进行了评价，并取得了原乐山市环境保护局批复（批复文号为：乐市环审[2018]20号），医院整体项目选址合理性已在《夹江县卫生和计划生育局迁建县人民医院项目环境影响报告书》中进行了论述，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地。

本项目核医学科具体位于氧站及氧舱楼南侧中间区域，核医学科门诊房间北侧为氧站及氧舱楼库房，东侧房间为医院设备维修间，西侧房间为液氧站。核医学科门诊北侧50m范围内为氧站及氧舱楼库房、院内道路和后勤综合楼；东侧50m范围为医院设备维修间、院内道路和医院景观广场；南侧50m范围内为院内道路和地面生态停车场，153个生态停车位；西侧50m范围内为液氧站、院内道路、市政道路、西侧46m处的锦泰棕榈银滩商铺和居住楼（商铺2F、居住楼15F）。核医学科楼上为房顶，楼下无地下建筑物。

项目辐射工作场所50m范围内不存在自然保护区、保护文物、风景名胜区、饮用水源保护区、学校等生态敏感目标和环境敏感目标（见附图2），位于城市建成区，不涉及生态红线，项目选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求（对照分析见表1-9）。

本项目辐射工作场所不毗邻产科、儿科和食堂等部门，同时避开了医院内人流量较大的住院区域、门诊大厅区域。本项目拟建设的各个辐射工作场所，均按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

表 1-9 核医学科与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）选址要求对照分析

标准要求	本项目实际情况	备注
核医学工作场所宜建在医疗机构内	本项目核医学科位于氧站及氧舱楼南侧中	满足

<p>单独的建筑物内,或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层,设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。</p>	<p>间区域,为独立的非密封放射性物质工作场所,根据平面布置,该非密封放射性物质工作场所已设置有独立的人员、物流通道。</p>	
<p>核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区,并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。</p>	<p>本项目核医学科位于氧站及氧舱楼南侧中间区域,核医学科楼上为房顶,楼下无地下建筑物,不毗邻产科、儿科和食堂等部门(产科位于第一住院楼8、9楼,距本项目直线距离最近约95m;儿科位于第一住院楼10楼,距本项目直线距离最近约95m;食堂位于后勤综合楼1层,距本项目直线距离约16m),同时避开了医院内人流量较大的住院区域、门诊大厅区域,同时与周围非辐射工作场所有明确的分界隔离,并有实体屏蔽措施。</p>	<p>满足</p>
<p>核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。</p>	<p>本项目核医学科控制区内设置有独立排风系统,且排风管道引至氧站及氧舱楼楼顶进行排放,且已远离周围高层建筑。</p>	<p>满足</p>

3、与周边环境的相容性分析

本项目依托已有场所开展工作,医院建有完备的放射性废物及普通医疗废物、生活垃圾等收储设施。

(1) 废水: 本项目不产生放射性废水,医护人员产生的少量办公污水经医院已有污水管网排入医院现有污水处理系统处理达标后排入市政污水管网,本项目辐射工作人员新增2名工作人员,产生少量办公污水(约0.01m³/d),医院现有污水处理系统(设计处理能力850m³/d,目前实际处理水量180m³/d,剩余污水处理能力670m³/d)满足本项目废水处理需求。

(2) 固废: 本项目产生的办公垃圾依托医院已有的收集系统进行回收后由当地环卫部门清运,本项目产生的含放射性废物经放射性废物间暂存衰变,监测达标后,作为医疗废物管理并依托医院现有医疗废物暂存间进行暂存后,定期交由有资质单位进行清运和处置。

本项目所依托的医院已有环保设施满足本项目建设需求,同时本项目建设不占用现有消防通道和内部公共设施,与医院内部原有布置及周围环境相容。

4、实践正当性

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病（特别是恶性肿瘤）的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断的方法效果显著、病人诊断中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中射线装置、非密封放射性物质的使用可能会造成如下辐射影响问题：

（1）给周围环境造成一定的辐射影响。

（2）给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。

（3）非密封放射性物质使用及管理的失误会造成较大和一般的辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对非密封放射性物质的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理非密封放射性物质的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

四、原有核技术利用情况

本项目建设地点位于氧站及氧舱办公室区域，在本项目之前为氧站及氧舱办公室、消毒间和仓库，不属于辐射工作场所。经现场踏勘，未发现环境遗留问题。

1、辐射安全许可证的许可种类和范围

夹江县人民医院已取得乐山市生态环境局核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[12099]），许可种类和范围为：使用III类射线装置，有效期到2026年10月17日。

医院已获许可使用的III类医用射线装置共9台，医院现有实际使用医用射线装置与辐射安全许可证一致，具体射线装置清单见表1-10。

表 1-10 医院已获许可使用的医用射线装置

序号	名称	型号	类别	使用场所	备注
1	医用 X 射线计算	Revolution	III	放射科 CT 室 1	

	机断层扫描(CT)装置	Ace	类		已上证, 正常使用
2	医用诊断 X 射线装置 (DR)	OptimaXR646 HD	III 类	放射科 DR 室 1	
3	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	Optima CT540	III 类	放射科 CT2 室	
4	医用诊断 X 射线装置 (DR)	Brivo XR575	III 类	放射科 DR 室 2	
5	移动式 C 臂 X 光机	Brivo OEC715	III 类	手术室第三、四手术室	
6	口腔(牙科) X 射线装置	FT-H	III 类	医院口腔科牙片室	
7	口腔颌面锥形束计算机体层摄影	OP300-1	III 类	医院口腔科 CBCT 室	
8	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	NeuViz ACE SP	III 类	放射科发热门诊 CT 室	
9	移动式一体化平板 C 形臂 X 射线机	PLX118C-D	III 类	手术室	

2、辐射安全管理现状

(1) 辐射安全管理机构及规章制度

建设单位根据辐射安全管理需求,于 2018 年 12 月 27 日已以“夹医发【2018】35 号”文调整了放射(X 线辐射)安全与环境保护管理领导小组(见附件 4),领导小组组长由法人代表吴强担任,副组长由游浩、徐强担任,成员为陈堃、宋学中、吴谯、黄萍、任波涛、祖志。建设单位目前涉及 III 类射线装置,根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]11400 号)和《生态环境部核技术利用监督检查技术程序》(2020 发布版)规定制度要求,建设单位已制定辐射安全管理规定。

环评要求:建设单位辐射安全管理委员会应尽快对相关规章制度按最新的要求进行修订完善,使其能更好指导后续辐射安全管理工作。

(2) 辐射安全与防护学习考核

目前,医院共有 7 名辐射工作人员,其中 7 名已取得辐射安全与防护培训合格证书或成绩报告单。本项目设定 3 名辐射工作人员,其中均为新增辐射工作人

员。

根据（生态环境部公告 2021 年第 9 号）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》和《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021 年 3 月 29 日），医院应根据辐射安全许可要求和实际工作情况，组织安排仅从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员参加自行考核；从事其他核技术利用活动的辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上的考试并取得相应的成绩报告单，申请辐射安全许可证时做到持证上岗。医院应根据上述规定落实院内辐射工作人员辐射安全与防护培训工作，超过培训合格证或成绩报告单有效期后应进行复训。

（3）年度评估报告

建设单位编制了《核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2021 年度）》，并于 2021 年 1 月 31 日前通过“全国核技术利用辐射安全申报系统”进行提交，2021 年建设单位年度评估报告结论如下：

①本年度我单位辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作。

②本年度我单位制定和完善了辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。

③本年度我单位辐射工作人员没有变动，目前共有 7 名辐射工作人员，均参加了辐射安全和防护知识培训。

④本年度我单位委托有资质单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量，结果表明均满足国家标准要求。

⑤本年度我单位未发生辐射事故。

⑥本年度我单位未新增、改建、扩建和退役辐射工作场所。

⑦本年度我单位对环保部门现场检查提出的整改要求进行了整改落实，在年度评估中对发现的安全隐患及时进行了整改。

（4）开展监测情况

①个人剂量监测

建设单位辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《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 18 号）要求建立个人剂量档案，根据查阅医院辐射工作人员个人剂量档案，医院 2021 年全员辐射工作人员个人剂量满足 5mSv 要求，未出现个人剂量超标情况。

②工作场所辐射水平监测

夹江县人民医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。对于医用射线装置使用场所，主要对射线装置机房周围（四周墙体、楼上和楼下、防护门和观察窗外）、控制室进行监测，监测数据记录存档。

夹江县人民医院委托了四川世阳卫生技术服务有限公司开展了辐射环境现状监测（四川世阳（HJ）监（2020）1501 号、四川世阳（HJ）监（2020）1498 号、四川世阳（HJ）监（2020）1502 号），根据辐射环境监测报告，夹江县人民医院现有辐射工作场所的周围 X~ γ 辐射剂量率范围为 0.09~0.41 μ Sv/h，小于 2.5 μ Sv/h 的标准值，屏蔽防护设施和措施均能满足辐射防护要求；医用射线装置工作中所致职业人员所受剂量满足 5mSv/a 的年剂量约束值，所致公众所受剂量均满足 0.1mSv/a 的年剂量约束值。

（5）辐射事故应急情况

根据调查，医院已制定《辐射事故应急预案》，医院投运至今未发生过辐射安全事故。

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
1	⁸⁹ Sr	液态	使用	7.4×10^8	1.48×10^6	2.22×10^{10}	医学诊疗	很简单操作	核医学科	源库保险柜
2	¹²⁵ I	固态	贮存、分装	2.96×10^7	2.96×10^5	2.37×10^9	肿瘤治疗	很简单操作	CT 手术室	源库保险柜

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/min)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

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
1	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	1	Revolution Ace	140	600	诊断	放射科 CT 室 1	已上证
2	医用诊断 X 射线装置 (DR)	Ⅲ类	1	OptimaXR646 HD	150	1000	诊断	放射科 DR 室 1	已上证
3	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	1	Optima CT540	140	440	诊断	放射科 CT2 室	已上证
4	医用诊断 X 射线装置 (DR)	Ⅲ类	1	Brivo XR575	125	500	诊断	放射科 DR 室 2	已上证
5	移动式 C 臂 X 光机	Ⅲ类	1	Brivo OEC715	110	20	诊断	手术室第三、四手术室	已上证
6	口腔(牙科) X 射线装置	Ⅲ类	1	FT-H	55-70	4-7	诊断	医院口腔科牙片室	已上证
7	口腔颌面锥形束计算机体层摄影	Ⅲ类	1	OP300-1	60-90	14	诊断	医院口腔科 CBCT 室	已上证
8	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	Ⅲ类	1	NeuViz ACE SP	140	320	诊断	放射科发热门诊 CT 室	已上证

9	移动式一体化平板 C 形臂 X 射线机	III类	1	PLX118C-D	120	100	诊断	手术室	已上证
---	---------------------	------	---	-----------	-----	-----	----	-----	-----

(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	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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
一次性注射器、口罩、口杯、 擦拭纸和空药瓶、手套、塑 料袋、清洁抹布等	固体	⁸⁹ Sr、 ¹²⁵ I	/	/	1.5kg/a	小于清洁解控水 平	暂存于核医学科放射 性废物间，并编号记 录存储日期，衰变经 监测达标后转入普通 医疗废物暂存间	暂存衰变经监测达标后按 医疗废物交由有资质单位 回收处理。
——	——	——	——	——	——	——	——	——

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》（2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》（2018 年 12 月 29 日实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）；</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 682 号令）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）对其进行了修改）；</p> <p>(6) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）；</p> <p>(9) 《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）；</p> <p>(10) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部工业和信息化部国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号）；</p> <p>(11) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》（部令 第 47 号）对其进行了修改，2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令 第 7 号）对其进行了修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021 版）；</p> <p>(13) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（发展和改革委员会令 第 29 号）；</p>
------	--

	<p>(14) 《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号文）；</p> <p>(15) 《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，2020年1月1日施行）；</p> <p>(16) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）；</p> <p>(17) 《关于印发<四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020版）>的通知》（川环发[2020]2号）；</p> <p>(18) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021年第9号）；</p> <p>(19) 《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021年3月29日）。</p>
技术标准	<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》（GB11930-2010）；</p> <p>(3) 《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>(4) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）；</p> <p>(5) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(7) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(10) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ244-2017）；</p> <p>(11) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>(12) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WST613-2018）；</p> <p>(13) 《核技术利用放射性废物最小化》（HAD401/11-2020）。</p>
其他	<p>(1) 《核技术利用监督检查技术程序》生态环境部（国家核安全局）（2020年发布版）；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》（第一分册、第三分册），李德平、潘自强主编，原子能出版社；</p>

- (3) 《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社；
- (4) 《电离辐射剂量学》，李士骏编，原子能出版社；
- (5) 《放射卫生学》，章仲侯主编，原子能出版社；
- (6) 《实用辐射安全手册》，从慧玲主编，原子能出版社；
- (7) 《 γ 射线屏蔽参数手册》，中国科学院工程力学研究所编，原子能出版社；
- (8) 《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》（Published by Nuclear Technology Publishing）；
- (9) 《Release of patients after therapy with unsealed radionuclides》
ICRP Publication 94；
- (10) 项目委托书及建设单位提供的其他资料。

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点并参照《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）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。确定本次评价范围为核医学科非密封放射性物质工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，见附图 2。

保护目标

本项目的�主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、总平面布置及外环境特征，本项目重点关注的环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

保护名单		人数（人）	位置	距离辐射源最近距离（m）	剂量限值（mSv/a）
职业	核医学科工作人员	2 人	卫生通过间、源库、操作室、注射室、留观室、废物暂存间、清洁间、敷贴室、预约登记等候处等	0.5	5
公众	核医学科周围公众	约 10 人	东侧更衣室、走道、设备维修间	2.5	0.1
		约 5 人	北侧库房	0.24	
		约 10 人	北侧院内道路	12.5	
		约 80 人	北侧后勤综合楼	27.5	
		约 10 人	南侧院内道路	3.7	
		约 50 人	南侧地面生态停车场	9.5	
		约 10 人	东侧医院道路、绿化景观	44.0	
		约 10 人	西侧院内道路	14.5	
	医院外部公众	约 200 人	西侧锦泰棕榈银滩商铺和居住楼	46.0	

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- (2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准；
- (3) 地下水：执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准；
- (4) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

二、污染物排放标准

- (1) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (2) 废水：执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中的预处理标准后排入市政污水管网。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）各阶段标准；营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准。

三、辐射环境评价标准

1、年受照剂量约束限值

(1) 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，任何工作人员的职业照射不超过由审管部门决定的连续5年平均有效剂量20mSv；第B1.2条的规定，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年有效剂量1mSv。

(2) 标准剂量约束限值

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

2、放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表B11工作场所的放射性表面污染的控制水平见表7-2。

表7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		β 放射性物质（Bq/cm ² ）
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40

	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

3、控制剂量率水平

根据核医学放射防护要求（GBZ120-2020），在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h；控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 uSv/h，宜不大于 2.5 μ Sv/h；合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证距柜体外表面 5cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μ Sv/h。

4、放射性废物清洁解控水平

表 7-3 本项目涉及放射性核素的清洁解控水平

核素	活度浓度/（Bq/g）	活度/Bq
¹²⁵ I	1E+03	1E+06
⁸⁹ Sr	1E+03	1E+06

备注：摘自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“附录 A 中表 A1”。

5、表面污染解控

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 表面污染控制水平：“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时（即 0.8Bq/cm²），经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。”。

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、场所现状

本项目位于四川省乐山市夹江县千佛大道二段1号（项目地理位置见附图1），本项目位于夹江县人民医院氧站及氧舱一层，涉及丙级非密封放射性物质工作场所，主要污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水、声环境等影响较小，本次评价的环境空气质量、地表水环境质量、声环境质量等引用《乐山市2021年环境状况公报》进行评价，本次重点针对评价区域开展了辐射环境的现状监测评价。本项目工作场所周围环境现状见图8-1。



图 8-1 本项目拟建地现状照片

二、监测对象、监测因子和监测点位

本项目为丙级非密封放射性物质工作场所，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

根据本项目各辐射工作场所布置情况，本次选择在拟建操作室、拟建注射室、拟建废物暂存间、拟建病患通道、拟建核医学科出口及医院周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，具体见表 8-1 和附图 8。主要监测因子为 X- γ 辐射剂量率、 β 表面沾污，本次共布设 8 个监测点位，能较好反映项目周围辐射环境现状，其监测点位布设合理。

表 8-1 监测布点方案表

序号	监测点位	监测因子	监测频次
1	拟建操作室	X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染活度	监测一次

2	拟建注射室	X-γ辐射剂量率、β表面污染活度	监测一次
3	拟建废物暂存间	X-γ辐射剂量率、β表面污染活度	监测一次
4	拟建病患通道	X-γ辐射剂量率、β表面污染活度	监测一次
5	拟建核医学科出口	X-γ辐射剂量率、β表面污染活度	监测一次
6	夹江县人民医院氧站及氧舱东北侧道路处	X-γ辐射剂量率、β表面污染活度	监测一次
7	夹江县人民医院氧站及氧舱楼东北侧后勤综合楼旁	X-γ辐射剂量率、β表面污染活度	监测一次
8	夹江县人民医院西北侧锦泰·棕榈银滩小区居民楼东侧外	X-γ辐射剂量率、β表面污染活度	监测一次

3、监测时间及现场环境状况

监测日期：2022年12月26日；环境温度：12.2℃~14.5℃；环境湿度：58.6%~60.2%；天气状况：晴。

4、监测仪器

表 8-2 监测仪器一览表

监测因子	监测方法	监测仪器
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	仪器名称：便携式 X-γ 辐射剂量率仪 仪器型号：BH3103B 仪器编号：082 能量响应范围：25keV~3MeV 证书编号：DLjl2022-01326 检定单位：中国计量科学研究院 检定日期：2022年02月09日 有效日期：2023年02月08日
β表面污染活度	《表面污染测定 第一部分：β发射体(Eβmax>0.15MeV)和α发射体》(GB/T 14056.1-2008)	仪器名称：α、β表面沾污仪 仪器型号：LB124 仪器编号：10-9145 能量响应范围：50keV~1.3MeV 检定单位：四川省核工业辐射测试防护设备计量检定站 证书编号：检定字第 2022-30 号 检定日期：2022年12月02日 有效日期：2023年12月01日

5、质量保证

本次监测单位为四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：220020341133），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了

监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）、《表面污染测定 第一部分： β 发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T14056.1-2008）和项目实际情况制定监测方案及实施细则；

②严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作；

③监测仪器每年经过计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑥建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑦检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

6、监测结果

本项目辐射工作场所辐射剂量率本底值监测结果见表 8-3~8-4。

表 8-3 X- γ 辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X- γ 辐射剂量率 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	标准差 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	备注
1	拟建操作室	12.3	0.24	/
2	拟建注射室	11.8	0.18	/
3	拟建废物暂存间	11.5	0.20	/
4	拟建病患通道	12.1	0.21	/
5	拟建核医学科出口	11.1	0.17	/
6	夹江县人民医院氧站及氧舱东北侧道路处	8.3	0.14	/
7	夹江县人民医院氧站及氧舱楼东北侧后勤综合楼旁	8.6	0.13	/
8	夹江县人民医院西北侧锦泰·棕榈银滩小区居民楼东侧外	7.7	0.16	/

注：X- γ 辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

表 8-4 β 表面污染活度监测结果

编号	测量点位置	β 表面污染活度水平(Bq/cm ²)	标准差(Bq/cm ²)	备注
1	拟建操作室地面	0.31	0.007	/
2	拟建注射室地面	0.28	0.011	/
3	拟建废物暂存间地面	0.29	0.007	/
4	拟建病患通道地面	0.30	0.015	/
5	拟建核医学科出口地面	0.27	0.011	/
6	夹江县人民医院氧站及氧舱东北侧道路处地面	0.23	0.009	/
7	夹江县人民医院氧站及氧舱楼东北侧后勤综合楼旁地面	0.27	0.008	
8	夹江县人民医院西北侧锦泰·棕榈银滩小区居民楼东侧外地面	0.21	0.008	

根据表 8-3，项目拟建核医学科周围 X- γ 辐射剂量率范围为 $11.1 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 12.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ($111 \text{nGy/h} \sim 123 \text{nGy/h}$)，医院其他区域 X- γ 辐射剂量率范围为 $8.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 8.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ($83 \text{nGy/h} \sim 86 \text{nGy/h}$)，医院西北侧锦泰·棕榈银滩小区居民楼处 X- γ 辐射剂量率为 $7.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ (77nGy/h)。上述监测结果均与四川省生态环境厅《2021 年四川省生态环境状况公报》中全省环境电离辐射水平 ($\leq 130 \text{nGy/h}$) 基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

根据表 8-4，拟建地及周围 β 表面污染为 $0.23 \text{Bq/cm}^2 \sim 0.31 \text{Bq/cm}^2$ ，西北侧锦泰·棕榈银滩小区居民楼东侧外地面 β 表面污染为 0.21Bq/cm^2 ，属于当地正常水平。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期污染源项分析

本项目主体工程施工环境影响已包含在批复的《夹江县卫生和计划生育局迁建县人民医院项目环境影响报告书》中，本次评价不涉及。

本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

本项目装修施工期很短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

本项目所有设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。本项目无射线装置，设备安装基本为常规设施安装，不涉及电离辐射。

二、营运期污染源项分析

1、锶-89 肿瘤转移治疗

(1) 工作原理

锶-89 放射性药物主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射 β 射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

(2) 操作流程

医院根据与病人预约情况提前向药物供货商订氯化锶（ ^{89}Sr ）注射液，由药物供货商负责药物运输至核医学科源库内，患者先在护士站登记并提前如厕，然后医生通知患者进入注射室，按配送的药物直接给每个病人注射，不用稀释分装。注射药物时，工作人员从铅罐内吸取药物进行注射。

医院预计使用 ^{89}Sr 病例每天最多 1 例，预计每名患者所使用 ^{89}Sr 的活度不超过 $7.4 \times 10^8 \text{Bq}$ (20mCi)，患者用药后在留观室进行一定时间的观察，如无异常情况，患者随即就可以离开医院。肿瘤转移治疗流程见图 9-1。

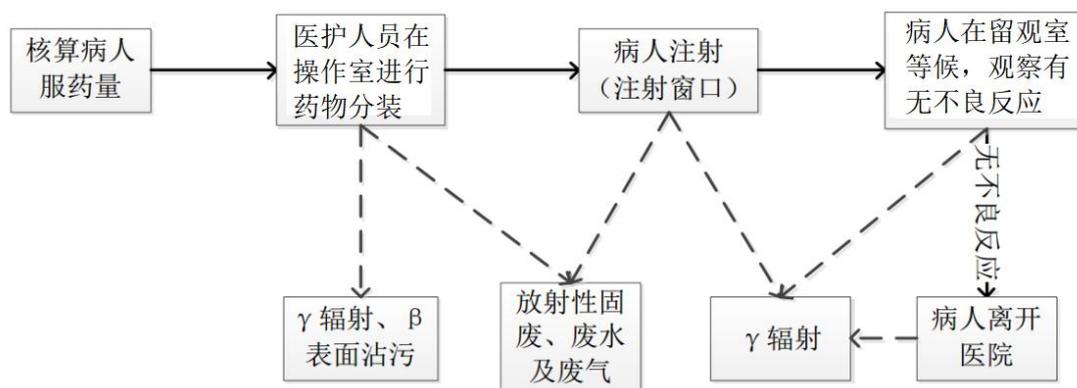


图 9-1 骨癌转移治疗流程图

2、碘-125 密封籽源

本项目碘-125 为密封籽源，在核医学科进行储存与分装，后续碘-125 粒子植入操作在医院 CT 手术室进行）。

(1) 工作原理

^{125}I 粒籽源源植入治疗恶性肿瘤是一种微创治疗方法，属于近距离内放射治疗。该治疗方法是将 ^{125}I 粒籽源源在手术中由 CT 引导，根据三维立体治疗计划，将 ^{125}I 粒籽源源准确植入肿瘤内或受肿瘤侵犯的组织中，通过微型放射源持续放出的低能量的 γ 射线连续不断地作用于肿瘤，使进入活跃期的肿瘤细胞都被射线抑制或杀灭，使局部肿瘤得到最为有效的控制，而正常组织不受损伤或仅有微小损伤，从而达到良好的治疗效果。

(2) 药物分装

通过前期影像学检查和评估，若病人适合碘-125 粒子植入治疗，医院将根据病人实际情况制定治疗方案，并向放射性药物生产厂家订购碘-125 密封籽源，订购的碘-125 密封籽源最早在手术前 1 天送达医院，经药物管理人员检查合格后进行台账登记并转入核医学科源库保险柜内。

根据建设单位提供资料，本项目使用的碘-125 籽源植入，医院日最大就诊病人 1 人，年最大就诊病人 80 人，年最大就诊病人 80 人，日最大操作量为 $2.96 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大用量为 $2.37 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

医院在进行碘-125 籽源植入手术前，由固定的一名工作人员进行装枪操作。

工作人员穿着防护服、戴上防护手套将粒籽源从保险柜内取出，在铅屏蔽操作台下通过镊子将碘-125 粒子装入“子弹夹”内（操作时间约 10 分钟），然后将装好粒子的“子弹夹”和粒子枪放入铅屏蔽箱内；用布包好后放入消毒柜内进行消毒，然后转移至 CT 手术室。碘-125 粒子分装在核医学科完成。

3、核医学科人流、物流路径

核医学科放射性物品在院内的通行运输路径：由西侧住院出入口及后勤办公出入口进入院区后经地面通道从核医学科门诊区西侧病人通道出口门送至核医学科源库，附图 5 核医学科人流、物流路径示意图。

①医生路径：医生从氧站及氧舱东侧通道进入更衣室，经核医学科门诊北侧卫生通过间，进入操作室，操作完成后沿原路返回。

②患者路径：病人在核医学科东侧预约登记等候处由医生进行病情诊断，初步检查确定病症后，需要注射 ^{89}Sr 病人由预约登记等候处病患通道经过防护门进入，在注射室内接受药物注射后，在留观室留观并最终通过病患通道西侧出口离开。

③药物通道合理性：外购药物在预约的核医学工作开始前通过病患通道西侧出口运送至源库；固体废物在放射性废物间内存放一定时间后，由工作人员在结束检查工作后从病患通道出口运出。医院拟制定放射性物品运输管理制度，约束放射性药物/物品的运输时间和操作方式等。

④放射性废物间设置合理性：核医学科在西侧设置了 1 个放射性废物间，内设两个铅桶，放射性废物均从西侧病患通道出口运出核医学科，该区域流动人员少，降低了对医生及公众照射的可能性，设置合理。

详见附图 5 核医学科人流、物流路径示意图。

本次核医学科工作场所相关配套布局能够保证各项工作程序沿着相关房间单向开展，最大限度的减少了人员的流动性，有助于实施工作程序；医护人员与病患有各自独立的通道，核医学科门诊区丙级非密封放射性物质工作场所布局同样满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。

污染源项描述

一、施工期工艺分析

本项目主体工程施工环境影响已包含在批复的《夹江县卫生和计划生育局迁建县人民医院项目环境影响报告书》中，本次评价不涉及。

本项目施工期主要是核医学科房间装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

1、施工阶段

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。

2、设备安装、调试阶段

本项目射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线和臭氧。

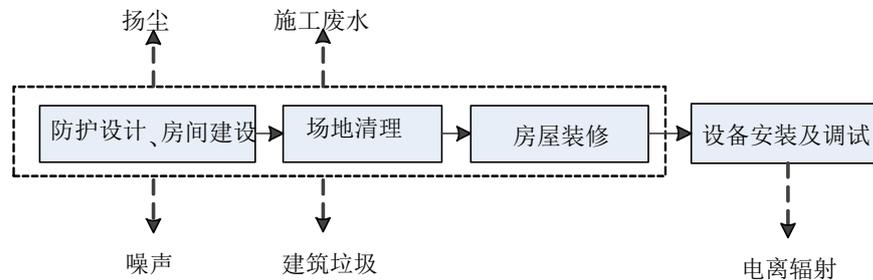


图 9-2 施工期施工工序及产污位置图

二、运行期正常工况污染源分析

1、电离辐射

根据核医学科涉及使用的放射性核素，运行过程可产生的电离辐射包括： β 射线。

2、废水

本项目 ^{125}I 仅在核医学科进行储存分装，不会产生放射性废水； ^{89}Sr 核素治疗患者治疗时间较短，注射后无特殊情况即可离开，在接受注射前工作人员将提前告知其进行入厕，核医学科门诊未设置厕所，故不考虑其产生的放射性废水；本项目核医学科房间若出现地面污染，不采用大水量冲洗，采取局部擦拭的方式进行去污，无放射性废水产生。核医学科仅卫生通过间和清洁间设置有洗手池，核医学科工作场所清洁采用局部擦拭，不采用水冲洗，工作人员洗手产生少量废水，工作人员清洗废水产生量以 10L/d 计，该部分废水不属于放射性废水，直接依托医院已有的废水处理设施进行处理后排入市政污水管网。

3、固体废物

本项目碘-125 在核医学科进行储存分装，碘-125 籽源分装过程中不慎掉落时将产生废源作为放射性固废处理，经收集并暂存于碘-125 籽源储放室的铅罐内，定期由厂家统一回收处置。锶-89 肿瘤转移治采取注射的方式进行给药，产生的固废废物包括：一次性注射器、针头、手套、药瓶、含 ^{89}Sr 的擦拭废物等，一次性防护用品（包括：手套、口罩、纱布、手术洁净服）和一次性铺巾、垫巾等，产生量约 50g/人·次。

根据前述分析，放射性固废产生情况见表 9-1。

表 9-1 核医学科放射性固废汇总表

核素名称	产生来源	产生量 (g/d·人)	日最大 病人数 (人)	日产生量 (kg/d)
^{89}Sr	一次性注射器、口罩、手套、药瓶以及含 ^{89}Sr 的擦拭废物	50	1	0.05
^{125}I	废碘-125 粒子	少量	/	/
合计				0.05

4、废气

本项目碘-125 为密封籽源，为固态，正常情况下难以在空气中形成气溶胶；项目涉及使用的非密封放射性物质锶-89，属于液态放射性药物，且属于非挥发性化合物，采用负压瓶进行密封储存，在分装过程中采取注射器进行抽取，并最终通过静脉注射进入病人体内，在整个过程中注射类药物放射性核素气溶胶挥发量较小。因此本次评价不考虑放射性废气。

5、 β 放射性表面污染

医生在对含有放射性锶-89 的各种操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

表 10：辐射安全与防护

项目安全设施

通过污染源分析可知，本项目产生的主要污染物为 γ 射线、 β 射线和表面沾污。同时病人治疗和诊断过程还会产生放射性固废。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。

一、平面布置合理性分析

本项目核医学科与医院氧站及氧舱区域独立设置，进入核医学科的门均设有门禁，非工作人员引导不能进入，降低了公众受到照射的可能性，同时两个区域的完全分开，保证医护人员和病患就诊不交叉。

核医学科门诊位于氧站及氧舱楼南侧中部区域，该楼为一栋地上 1 层的现浇框架建筑。核医学科门诊东侧为设备维修间、更衣室及通道，其南侧为院内道路，西侧为液氧站，北侧为库房。

核医学科北侧从东至西依次是核医学科卫生通过间、源库、操作室、注射室、留观室、放射性废物间、清洁间；中间为病患通道；南侧从东至西依次为预约登记等候处、敷贴室、病患通道。本项目核医学科在中间病患通道中部设置了 1 道防护铅门，将北侧锶-89 注射治疗与南侧锶-90 敷贴治疗（已另做登记表）独立隔开，减少了病患之间交叉影响。核医学科楼上为房顶，楼下无地下建筑物。

整个核医学科设置有独立门禁出入口，非工作人员引导不能直接进入，整个场所相对封闭。建设项目功能用房相对集中且齐全，基本满足功能需要。设施布局顺序和建设项目诊断流程一一对应，便于放射性药物注射及检查等步骤的逐步实施，在流程上分区较明显。

核医学科的平面布置符合性与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对照分析情况见表 10-1 和表 10-2。

表 10-1 核医学科平面布局与《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对照分析一览表

标准要求	设计落实情况	备注
在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口	本项目核医学科场所不邻接产科、儿科、食堂等部门，整个场所相对独立且各个功能房间布置相对集中，且设计有单独的病人和医护人员的出口和入口，出口处未设置在门诊大厅、收	满足

不宜设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。	费处等人群稠密区域。	
<p>①使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；</p> <p>②保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；</p> <p>③在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；</p> <p>④在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。</p>	<p>①本项目核医学科辐射工作场所均设置有实体辐射屏蔽措施，有效屏蔽射线贯穿辐射，对周围公众辐射影响较小，同时辐射工作场所相对封闭，且布局实现了人、物分流，能有效控制污染扩散和交叉影响。</p> <p>②本项目无影像设备工作场所。</p> <p>③整个核医学科入口设置有门禁系统，且有相应权限人员才能被许可进入，同时病人入口和病人出口设置单向门禁，实现病人单向流通，避免人员交叉影响。</p> <p>④本项目核医学科分装场所出入口设置有卫生通过间，并配置表面沾污检测仪，医护人员在完成药物分装后须进行表面沾污监测合格后才能离开核医学科。</p>	满足
<p>①对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室、给药后患者或受检者候诊室(根据放射性核素防护特性分别设置)、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；</p> <p>②对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房；</p> <p>③诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；</p> <p>④对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利用。</p>	<p>①本项目核医学科已设置有预约登记等候处、放射性药物贮存室、分装给药室、给药后患者或受检者候诊室和放射性废物储藏室等功能用房。</p> <p>②本项目核医学科已设置有清洁用品储存场所、预约登记等候处、更衣室、卫生通过间等辅助用房。</p>	满足
核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、	本项目按要求对核医学科进行控制区、监督区分区管理，具体场所分区见表 10-3，其中控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量减小在控制区内居留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。	满足

医务人员卫生间等。应根据 GB 18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。		
核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开布置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区(病房)的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。	本项目氧站及氧舱楼核医学科分主要开展锝-99m 注射治疗、碘-125 储存分装。本项目注射室靠近注射后留观室，且用药后的病人不经过非放射性区域，有效减小用药病人流通路径长度。	满足
通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。	根据前述人流、物流路径分析，本项目核医学科布局能实现病人与医护人员分流，同时通过时间空间隔离措施，能实现给药前、后患者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。碘-125 籽粒转移采用铅屏蔽箱和清理通道的方式，确保转移过程不对周围人群造成不必要的影响。本项目放射性药物和放射性废物是通过病患通道进行运送，并采用时间隔离的方式进行分流，避免与病人、医护人员交叉，便于放射性污染的清理、清洗等工作。	满足
应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。	本项目核医学科无影像设备，核医学科不会对诊断区设备成像、功能检测产生影响。	满足

表 10-2 核医学科平面布局与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）对照分析一览表

标准要求	设计落实情况	备注
核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减少放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	①本项目氧站及氧舱楼核医学科为单一的诊断工作场所，工作场所内根据诊疗流程进行了合理设计，高活区域已采取集中布置设计，且布置于核医学科的一端，可防止交叉污染；②本项目已设置独立的放射性药物储源室和放射性废物暂存间，同时整个场所设置单向门禁系统可有效控制给药后患者的活动空间。	满足
核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药	本项目设置有独立的工作人员和患者通道，可以避工作人员和免病人交叉影响，同时针对放射性药物和放射性	满足

<p>后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。</p>	<p>废物采取时间隔离措施，避免交叉影响，且储源室和放射性废物暂存间采取集中布置，减小流通过程。</p>	
<p>核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。</p>	<p>①本项目核医学科设置有独立的病人用药后的留观室，同时场所内设置病人单向流通门禁系统，可有效控制病人流动范围，避免工作人员和公众受到不必要的照射；②控制区出入口已设计工作人员卫生缓冲区，并配备工作人员使用的更衣间和表面沾污监测设备，辐射工作人员需经过表面沾污监测→合格→更衣流程后离开；③⁸⁹Sr核素治疗患者治疗时间较短，注射后无特殊情况即可离开。</p>	<p>满足</p>

综上所述，本项目核医学科布局满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），整个核医学科位置相对封闭且独立，各组成部分功能分区明确，满足诊治工作要求，既能有机联系，又不相互干扰。从辐射安全的角度考虑，本项目各辐射工作场所，产生的电离辐射经屏蔽后对周围辐射环境影响是可接受的，平面布置合理。

二、工作区域管理

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目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。

控制区：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。

监督区：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的区域。

2、控制区与监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）并结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐

射防护分区划分。

核医学科拟将源库、操作室、注射室、留观室、敷贴室、病患通道、放射性废物间和清洁间等划分为控制区，该区域涉及放射性同位素操作，是药物分装及带药病人的主要活动区域，设置有病人专用通道供带药病人行走，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：卫生通过间、预约登记等候处、男女更衣室等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射。

表 10-3 本项目工作区域划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
核医学科	源库、操作室、注射室、留观室、敷贴室、病患通道、放射性废物间和清洁间	卫生通过间、预约登记等候处、男女更衣室	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

3、控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见图 10-1；

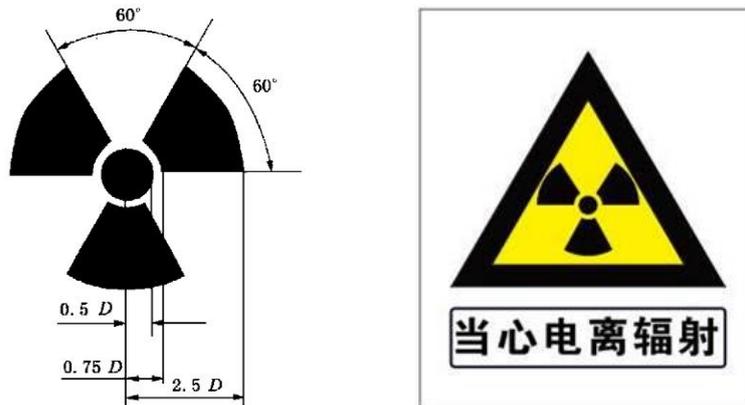


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门禁）限制进出控制区；

④在卫生通过区域配备个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜等；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

4、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

三、辐射安全及防护措施

1、核医学科非密封放射性物质工作场所

(1) 防护要求

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）核医学的开放型工作场所根据操作放射性核素的权重活度分为三类，见表 10-2。

表 10-2 临床核医学工作场所分级

分级	权重活度, MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

注：权重活度=（计划的日最大操作活度×核素毒性权重系数）/操作性质修正系数

本项目放射性核素毒性权重系数和操作性质修正系数见表 10-3 和 10-4。

表 10-3 核医学常用放射性核素的毒性权重系数

类别	放射性核素	权重系数
A	⁸⁹ Sr、 ¹²⁵ I	100

表 10-4 不同操作性质的修正系数

操作方式和地区	修正系数
贮存	100
废物处理；闪烁法计数和显像；候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药；简单放射性药物制备；治疗病床区	1
复杂放射性药物配置	0.1

表 10-5 本项目拟使用核素权重活度结算结果

工作场所	核素	日最大操作量 (Bq)	操作性质修正因子	毒性权重系数	计算结果 (MBq)	合计结果 (MBq)	防护分类
储源室	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁸	100	100	7.4×10 ²	7.70×10 ²	II

	¹²⁵ I (籽源)	2.96×10 ⁷	100	100	2.96×10 ¹		
操作室	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁸	1	100	7.4×10 ⁴	7.70×10 ⁴	I
	¹²⁵ I (籽源)	2.96×10 ⁷	1	100	2.96×10 ³		
注射室	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁸	1	100	7.4×10 ⁴	7.4×10 ⁴	I
留观室	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁸	1	100	7.4×10 ⁴	7.4×10 ⁴	I
废物暂存间	⁸⁹ Sr	7.4×10 ⁸	10	100	7.4×10 ³	7.4×10 ³	II

根据表 10-5 计算结果,可以得出不同级别工作场所室内防护要求,见表 10-6。

表 10-6 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

工作场所	工作场所	地面	表面	分装柜	通风	管道 ^①	清洗及去污设备
I	操作室、注射室、留观室	与墙壁接缝无缝隙	易清洗	需要	特殊的强制通风	特殊的管道	吸收盆 ^② 和去污设备
II	储源室、废物暂存间	与墙壁接缝无缝隙	易洗	需要	良好通风	普通管道	吸收盆 ^② 和去污设备

①下水道宜短,大水流管道应有标记以便维修。
②洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

综上所述,通过计算操作室、注射室、留观室需达到I级场所防护要求;储源室、废物暂存间需达到II级场所防护要求。

根据场所各级防护要求,本项目核医学科具体设计情况见表 10-7。

表 10-7 本项目非密封放射性物质工作场所防护设计落实情况

工作场所	地面	工作台面	通风橱	室内通风	管道	清洗及去污设备
核医学科	地面采用PVC地面,墙面与地面交接作圆角处理,地面全部敷设易去污并可以拆除更换的材料,其边缘应高出地面15~25cm,且地面光滑,并具有易去污,受辐照后不易老化,且防水。	操作室操作台设置易清洗不锈钢台面	操作室内设置1套通风橱,风速大于0.5m/s	已设计独立排风系统,引至氧站及氧舱建筑楼屋顶设置的排风筒,排入大气环境,排气筒高出屋面,通排风管道不对非核医学科开放接口	不涉及放射性废水产生	拟设置表面沾污检测设备和去污设备

2、防护措施

本项目非密封放射性物质工作场所采取的辐射防护与放射性污染防治措施主要包括以下方面：

(1) 建筑物屏蔽设计

本项目辐射工作场所的设计和修建均由相应资质的单位进行设计和装饰，房间四周及屋顶均修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，屏蔽状况见表10-8。

表 10-8 核医学科非密封放射性物质工作场所所房间防护情况一览表

场所名称	面积 m ²	墙体				顶板	门	窗
		东	南	西	北			
卫生通过间	1.57	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	东侧 5mmPb 当 量铅门、西 侧为普通 门	/
源库	1.34	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	3mmPb 当 量铅门	/
操作室	3.94	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	5mmPb 当 量铅门	10mmPb 铅防护 注射窗
注射室	4.43	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	5mmPb 当 量铅门	/
留观室	5.43	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	5mmPb 当 量铅门	/
敷贴室	8.99	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	西侧和北 侧分别一 扇 3mmPb 当量铅门	/
废物暂存间	1.10	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	3mmPb 当 量铅门	/
清洁间	1.29	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	24cm 页岩 实心砖	12cm 混 凝土	普通门	/

注：本项目使用的混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅板的密度不低于 11.3g/cm³，实心砖的密度不低于 1.65 g/cm³。

(2) 储存过程的防护措施

本项目碘-125 籽源、锶-89 放射药物外购时其自身带有屏蔽层，且转入医院

前表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019），货包表面任意一点的最高辐射水平为 $0.005\text{mSv/h} < H \leq 0.5\text{mSv/h}$ ，转入医院后放射性药物先运至核医学科源库内，由医护人员转入操作室的通风橱进行分装操作，对于未使用完的放射性药物转入源库的单人双锁保险柜中，存储室设置有红外监控摄像头，固定式剂量报警仪及红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏，并建立放射性药物使用台账。

（3）操作过程的防护措施

^{89}Sr 的分装操作在操作室的通风橱内完成，该通风橱设置有 5mm 铅当量防护层，操作窗为 5mm 铅当量铅玻璃，分装后的 ^{89}Sr 药物装于外套 5mm 铅当量铅套的注射器内，注射器装于 5mm 铅盒中转运至注射台，注射时医生和病人间设置有 10mm 铅当量的铅玻璃注射窗。操作过程中产生的放射性废物采用 2mm 铅当量铅桶收集屏蔽，待铅桶收集满了，由清洁工把口袋提到放射性废物间，放入放射性废物间内 5mm 铅当量的铅桶中。

^{125}I 粒子源分装操作在操作室的铅屏蔽粒籽源分装操作台（含长柄镊），操作过程医生穿着有铅衣、铅帽、铅围领、铅手套、铅眼镜等，其防护铅当量为 0.5mm。

表 10-9 核医学科辐射屏蔽设施

名称	数量	铅当量	拟设置场所
废物桶	2	2mmPb	操作室、注射室各 1 个
铅桶	2	5mmPb	放射性废物间
通风分药橱	1	5mmPb	操作室
铅玻璃注射窗	1	10mmPb	操作室
注射器防护套	1	3ml, 1 个, 2mmPb	操作室
防护铅屏风	1 个	1mmPb	留观室
送药防护铅屏蔽箱	1	40mmPb	碘-125 转移
铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾	3	0.5mm	/

（4）辐射安全措施

① 电离辐射警告标志

医院计划在核医学科门诊区工作场所控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。

②视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、核素诊断与治疗工作场所进出/口情况。

③门禁系统

在核素诊断与治疗工作场所受检者各出入口处设置专用门禁系统，对受检者的出入进行控制。

④对控制区内带药病人的监督管理

医院应做好本项目控制区的监督管理工作，防止无关人员入内；加强对控制区内病人的监督管理，避免其给药后随意走动；同时应告知检查完成后病人离开路线，防止其对公众造成不必要照射。

⑤“两区”内安全防护措施规定

工作人员离开工作室前洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

⑥源库红外报警系统

源库内拟设置双人双锁的保险柜，放射性药物放置于铅罐中由供应单位派专人直接送至源库暂存，未用完的放射性药物放置在源库双人双锁的保险柜内，日常期间由值班人员巡视检查，存储室出入口安装摄像头、红外报警系统。

(5) 本项目核医学科源库的安全措施

本项目使用的放射性同位素均由有资质单位供应，由厂商经室外通道进入核医学科源库，并贮存于室内的双人双锁保险柜中，本项目源库外均设置有红外监控摄像头及红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏。

源库的墙体满足防护要求，采取了防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施。

建设单位应做到：

①放射性药物的存储容器要有合适的屏蔽。放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分；

②源库要有专人进行管理，并定期进行辐射剂量的监测，无关人员禁止进入；

③放射性药物要有进出登记，包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等，建立放射性同位素台帐制度；

④医院应建立完善的放射性核素贮存、领取、使用、归还登记和检查制度，做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整。

2、表面沾污防治措施

为保证非密封放射性物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准，提出以下管理措施和要求：

①针对放射性核素的分装操作（特别是挥发的药物）采用负压隔离的方法进行防护，即本项目设置通风橱把放射性核素局限在某一空间内操作，操作过程通风橱内风速不小于 0.5m/s，并保持手套箱内负压，防止放射性核素逸散到实验室内。

②非密封放射性物质工作场所地面采用环氧树脂自流平地面，墙面与地面交接作圆角处理，地面全部敷设易去污并可以拆除更换的材料，其边缘应高出地面 15~25cm，且地面光滑，并具有易去污和防渗能力（渗透系数 $\leq 10^{-10}$ cm/s）。

③对于放射性核素的分装过程中在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。保持工作台面清洁，定期对工作台面采用湿法擦拭清洁，防止放射性核素沉降经伤口或皮肤渗透转移至体内，且严禁工作人员在开放性工作场所内进食、饮水和吸烟。

④每天操作结束后，对场所内易接触的部位进行表面沾污监测，若出现超标情况，应即时按制定的去污操作规程开展去污操作，去污废水和擦拭纸等均需按放射性废物管理。

⑤辐射工作人员在进行实验前应做好个人防护用品的佩戴，包括：防护工作服、帽子、鞋子、手套、袖套、围裙、口罩、防护眼镜、个人剂量计、个人剂量报警仪等，在完成实验后按指定人员通道离开，同时缓冲区设置表面沾污监测仪，并经过“洁衣剂量检查（监测不合格需经过“去污”过程）→脱洁衣→穿家常服→穿家常鞋→出口”的流程。

⑥所有辐射工作人员上岗前应经过专业培训，并熟悉自己岗位的操作流程，并具备相应的技能与防护知识，管理人员需定期进行检查，严禁人员违规操作。

⑦用药病人在就诊前，医生需提前告知病人及家属辐射可能带来的危害性，就诊病人在用药后均实行病人与陪护人员及其他公众的隔离管控，用药病人候诊和留观期间禁止病人随意流动，尽量控制因吐痰或随意丢弃垃圾等行为造成表面污染范围，在留观结束后须按指定线路离开核医学中心。

3、工作场所的气流组织

本项目使用的放射性核素在带有通风装置的通风橱内进行分装，会产生少量含放射核素的气溶胶。

本项目核医学科设置有新风系统及排风系统，并保证了工作场所为负压工作场所。

4、人员防护措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

①辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和注射器防护提盒。

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少工作时间，使照射时间最小化。

距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

②其他人员防护

屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

四、辐射工作场所安防措施

为确保本项目所使用的丙级非密封放射性物质工作场所的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-10。

表 10-10 放射性工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
------	------	------

非密封放射性物质工作场所	防火	核医学科安装有烟气报警装置和消防栓，且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006），本项目核医学科禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时人员易接触的地方均配备干粉式灭火器。
	防水	整个场所做了较好的防水和防渗设计，四周设置有排水沟，并可有效防止雨水渗入，同时整个非密封放射性物质工作场所将敷设防水材料，避免放射性污染物下渗影响。
	防盗和防破坏	①整个核医学科控制区进行封闭管理，并设有门禁系统，非相关人员不能直接进入核医学科内。 ②各个非密封放射性物质储存场所储存场所设置有保险柜并设置双人双锁，非密封放射性物质的转入、转出均由专人进行台账管理。 ③整个核医学科控制区设置严密的监控系统，实行 24h 实施监控，并将核医学科作为保安人员重点巡查范围。
	防泄漏	①本项目使用的各种放射性核素药品均来自于正规生产厂家，出厂时包装用铅罐（10mm 厚铅）密闭，铅罐表面剂量满足标准要求，且用完后的空铅罐经表面去污处理后放置于储源库内待厂家进行回收。 ②核医学科非密封放射性物质工作场所均采取有效的实体屏蔽措施，能够达到《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中的I、II级工作场所的要求。 ③核医学科储源库设置固定式剂量报警仪，若出现放射性物质泄漏，将进行报警提示；建设单位还自行配备便携式 γ 辐射监测仪及 β 表面沾污仪，并进行定期或不定期场所监测，发现异常及时查明原因并进行处置。

五、辐射安全防护设施对照分析

为防止发生辐射事故，根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函[2016]1400号）中对丙级非密封放射性物质工作场所辐射防护安全装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表 10-11。

表 10-11 辐射安全防护设施汇总对照分析表

非密封放射性物质工作场所				
序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	备注
1	场所设施	场所分区布局是否合理及有无相应措施标识	分区合理	拟配置
2		场所门外电离辐射警示标志	/	拟配置
3		独立的通风设施及流向	设计中有	/
4		有负压和过滤的工作箱/通风柜	/	拟配置
5		治疗病房病人之间防护	/	拟配置
6		注射或口服药用屏蔽	/	拟配置
7		易去污的工作台和防污染覆盖材料	/	拟配置
8		移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破	/	拟配置

		裂的套		
9		病人专用卫生间	/	本项目 ^{89}Sr 核素治疗患者治疗时间较短, 注射后无特殊情况即可离开, 未设置病人专用卫生间
10		放射性同位素暂存或设施	设计中有	/
11		放射性固体废物收集容器和放射性标识	/	拟配置
12	监测设备	便携式辐射监测仪 (污染、辐射水平等)	/	拟配置
13		个人剂量计	/	拟配置
14		个人剂量报警仪	/	拟配置
15		放射性活度计	/	拟配置
16		放射性和废液	放射性下水系统及标识	/
17	放射性固体废物暂存间		设计中有	/
18	废物暂存间屏蔽措施		设计中有	/
19	废物暂存间通风系统		设计中有	/
20	防护器材	个人防护用品	/	拟配置
21		放射性表面去污用品和试剂	/	拟配置
22		灭火器材	/	拟配置

三废的治理

一、废气处理措施

本项目碘-125 为密封籽源, 为固态, 正常情况下难以在空气中形成气溶胶; 项目涉及使用的非密封放射性物质锝-89, 属于液态放射性药物, 且属于非挥发性化合物, 采用负压瓶进行密封储存, 在分装过程中采取注射器进行抽取, 并最终通过静脉注射进入病人体内, 整个过程无裸露液面, 因此无放射性废气产生, 核医学科设有独立排风系统, 引至氧站及氧舱建筑楼屋顶排放, 排气筒高出屋面。

二、废水处理措施

本项目 ^{125}I 仅在核医学科进行储存分装, 不会产生放射性废水; ^{89}Sr 核素治疗患者治疗时间较短, 注射后无特殊情况即可离开, 在接受注射前工作人员将提前告知其进行入厕, 核医学科门诊未设置厕所, 故不考虑其产生的放射性废水; 本项目核医学科房间若出现地面污染, 不采用大水量冲洗, 采取局部擦拭的方式进行去污, 无放射性废水产生。

医护人员产生的少量生活污水经医院已有污水管网排入进入医院现有污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。

三、固体废物处理措施

1、放射性废物处理措施

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要是一次性口杯、注射器、针头和手套等医用器具以及封装药物的铅罐和含镭-89 的废擦拭物等，涉及的放射性核素包括：镭-89、碘-125。本项目注射室、操作室等内均设置有放射性固废收集桶（2mm 铅当量），用于分核素种类收集产生的核素放射性固废，到达一定量时转入放射性固废暂存间进行暂存衰变。本项目碘-125 在核医学科进行储存分装，碘-125 籽源分装过程中不慎掉落时将产生废源作为放射性固废处理，经收集并暂存于碘-125 籽源储放室的铅罐内，定期由厂家统一回收处置。

根据《医用放射性固废的卫生防护管理》（GBZ133-2009）针对放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

（1）放射性固体废物收集

①放射性固废收集桶应避开工作人员和经常走动的区域；②放射性固废收集桶内应放置于专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，转运至放射性废物间进行衰变处置；③对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后在装入专用塑料袋内；④每袋废物的表面剂量不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

（2）放射性固废临时贮存和最终处理

①建立放射性废物收集、暂存、转运、回收台账，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；②不同核素种类放射性固废进行分类收集，衰变后经监测达标后，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理；③放射性固废收集桶封存时应在显著位置标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明；④废物包装体表面污染控制水平 $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

2、一般医疗废物处理措施

本项目产生的办公、生活垃圾依托医院的收集系统进行回收后由当地环卫部门清运。

五、环保措施及其投资估算

项目辐射防护措施及其投资估算见表 10-12。本项目总投资 70 万元，环保投

资 32 万元，占总投资的 45.7%。

表 10-12 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施（措施）	数量	金额（万元）	备注
辐射屏蔽措施	房间辐射屏蔽（墙体、顶面、门、窗屏蔽）	/	/	纳入主体工程范围
	通风分药橱（5mm 铅当量、操作室）	1 套	2.0	/
	铅玻璃注射窗（10mm 铅当量、操作室）	1 套	2.0	/
	注射器防护套（2mmPb）	1 个	1.5	/
	送药防护铅屏蔽箱	1 个	3.0	/
	防护铅屏风（1mm 铅当量）	1 个	1.0	/
个人防护用品	便携式个人辐射剂量监测及报警装置	1 台	4.0	/
	个人剂量计	3 人×2 个	0.5	/
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	3 套	1.0	/
	放射性活度计	1 台	1.0	/
	表面污染监测仪	1 套	1.0	/
	X、γ 辐射检测仪	1 台	1.0	/
放射性固废	放射性废物桶（2mm 铅当量）	2 个	2.0	/
	废物储存铅桶（5mm 铅当量）	2 个	2.0	/
	放射性固废暂存间	1 间	1.0	/
安全装置	存储室红外监控系统	1 套	1.0	/
	存储室固定式剂量报警仪	1 套	1.0	/
	存储室防盗入侵报警装置	1 套	1.0	/
	控制区入口、出口单向门禁系统	1 套	1.0	/
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套	1.0	/
通风系统	放射性废气独立通排风系统	1 套	/	纳入主体工程范围
其它	控制区地面防渗	/	/	纳入主体工程范围
综合管理	辐射工作人员上岗考核	/	1.0	/
	规章制度上墙	/	1.0	/
	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练等）	/	2.0	/
合计			32	/

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主体工程施工环境影响已包含在批复的《夹江县卫生和计划生育局迁建县人民医院项目环境影响报告书》中，本次评价不涉及。

本项目不涉及射线装置安装，项目施工期主要是工作场所装修施工阶段环境影响。

1、装修施工的环境影响分析

(1) 大气环境影响分析

装修过程中采用“环保型”油漆及涂料，产生的废气污染物主要是扬尘，装修过程中采取湿法作业、加强通风或室内空气净化措施，可尽量降低粉尘对周围环境的影响。

(2) 水环境影响分析

装修过程中施工人员会排放一定量的生活污水，可依托医院污水处理站处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生不良影响。

(3) 声环境影响分析

装修过程会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取尽量选择低噪音设备、避免夜间施工、注意对施工设备的维修、保养以使各种施工机械保持良好的运行状态等措施，可大大降低本项目噪声对周围的影响。

(4) 固体废物影响分析

装修过程固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。产生的废弃物如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送成都市指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托医院生活垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理。

此外，在符合建筑设计和辐射防护要求的前提下，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，避免各屏蔽体之间有漏缝产生。

本项目装修施工期很短，施工量较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

运行阶段对环境的影响

一、核医学科辐射环境影响分析

本项目涉及核素中锶-89 为 β 衰变，为 100% β 衰变，不伴随 γ 辐射，需考虑 β 射线影响、 β 表面沾污以及 β 射线产生的韧致辐射影响。

1、 β 射线辐射影响分析

本项目涉及使用的锶-89 核素在衰变过程中会有 β 粒子，根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）， β 粒子在不同介质中的射程按式 11-1 计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{MAX} \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

式中： d —最大射程，cm； ρ —屏蔽材料密度，g/cm³

表 11-1 各核素 β 射线在空气中理论最大射程

核素	⁸⁹ Sr
β 射线能量(MeV)	1.495
空气密度(g/cm ³)	1.29×10 ⁻³
空气中的射程 (cm)	579
砖墙密度(g/cm ³)	1.8
砖墙中的射程 (cm)	0.42
铅玻璃密度(g/cm ³)	7.36
铅玻璃中射程 (cm)	0.101

综上所述，本项目涉及使用的锶-89 核素在整个过程中均采取了有效的屏蔽措施屏蔽 β 射线，同时在整个使用过程中职业人员还穿戴有 0.5mm 铅当量的防护铅服，且公众与放射性核素之前还采取了距离隔离措施，因此 β 射线对职业人员和公众辐射影响是很小的。

2、 β 表面沾污

β 表面沾污的影响主要来源于医生操作时，放射性物质逸出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面，对职业人员和公众造成辐射影响，因此，为了使本项目非密封放射性物质工作场所的 β 表面污染水平达到 GB18871-2002 规定的要求，环评要求建设方要做到以下防护措施：

- ①使用、操作放射性同位素的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；
- ②开瓶、转移、标记、分离纯化等易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作须在通风柜内进行；
- ③操作液体放射性物质应在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料；

④吸取液体的操作必须用合适的器具，严禁用口吸取；

⑤不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；

⑥放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污。工作人员应进行淋浴；

⑦放射性药品用后应及时存放在专用柜内，需防盗、防水、防火、柜外应有电离辐射标志；

⑧做好就诊病人的管理，特别是已服药和注射放射性药品的病人管理工作，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动。

⑨如β表面污染水平超过 GB18871-2002 规定值，医院应暂停开展核医学活性区的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务，同时辐射工作人员出现手、皮肤、内衣、工作袜等出现污染情况（超过 0.4Bq/cm²）需及时进行去污操作并暂停放射性物质操作评估其受照射剂量，并根据评估结果采取下一步措施（调整工作或接受治疗等）。

3、韧致辐射（X 射线）影响分析

本项目涉及的铯-89 为β衰变，需要考虑韧致辐射屏蔽分析。由于β粒子在遇到重质材料（如：铅、铁等原子序数大于 56 的材质）屏蔽时会产生韧致辐射，因此本次评价主要考虑分装操作过程中有铅屏蔽时的韧致辐射影响，根据《放射卫生学》（P189），韧致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式如下：

$$D=1.49 \times 10^{-6} A \cdot Z \cdot (E/r)^2 \dots\dots\dots \text{（式 11-2）}$$

式中：D—屏蔽层中β粒子产生的韧致辐射在 r(0.5m)处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

E—保守按β粒子最大能量带入计算，韧致辐射能量为入射β粒子能量的 1/3；

A—放射源活度，Ci；

Z—电子屏蔽材料的有效原子序数，根据《辐射防护导论》表 4.4 查得铅有效原子序数为 82。

根据《辐射防护导论》（P134）经屏蔽体衰减后，屏蔽体外剂量当量率由下式计算：

$$E=D \cdot 0.1^{(d/TVL)} \dots\dots\dots \text{（式 11-3）}$$

式中：D—屏蔽层中β粒子产生的韧致辐射在 r(0.5m)处空气中的吸收剂量率，

Gy/h;

d —屏蔽层厚度;

TVL —屏蔽层在 β 粒子平均能量下的什值层厚度, cm, 由《辐射防护导论》表 3.5 查得。

β 粒子所致韧致辐射空气吸收剂量率及屏蔽体外辐射剂量当量率计算结果见表 11-2。

表 11-2 韧致辐射空气吸收剂量率及屏蔽体外剂量率计算表

核素		锶-89
β 粒子能量 (MeV)		1.49
韧致辐射能量 (MV)		0.50
操作活度	(Bq)	7.4E+08
	(Ci)	0.02
屏蔽前空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		2.44E+00
屏蔽层铅当量厚度 (cm)		5.0
铅什值层厚度* (cm)		0.14
屏蔽体外操作位剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		4.87E-36

*注: 铅什值层厚度源自《辐射防护导论》表 3.5。

经计算, 在操作位距离辐射源 0.5m 处韧致辐射剂量当量率最大为 $4.87 \times 10^{-36} \mu\text{Sv/h}$, 因此韧致辐射为周围辐射剂量率贡献值很小, 本次评价可以忽略。

二、大气环境影响分析

本项目碘-125 为密封籽源, 为固态, 正常情况下难以在空气中形成气溶胶; 项目涉及使用的非密封放射性物质锶-89, 属于液态放射性药物, 且属于非挥发性化合物, 且密封于药瓶中, 分装、注入都是在密封的容器或管道中完成, 在分装过程中采取注射器进行抽取, 并最终通过静脉注射进入病人体内, 整个过程无裸露液面, 因此无放射性废气产生。

本项目药品分装在通风橱完成, 通风橱设有独立抽风装置, 整个核医学科也设有通排风系统, 通风管引致屋顶排放, 经扩散后大气环境影响较小。

该项目核医学风向基本由低活度区流向至高活度区, 且各排风管道设置止回阀, 拟设置排风系统和放射防护措施基本符合要求。通排风管道不对非核医学科开放接口。根据《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 的要求, 合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置, 风速应不小于 0.5m/s。

三、水环境影响分析

本项目 ^{125}I 仅在核医学科进行储存分装，不会产生放射性废水； ^{89}Sr 核素治疗患者治疗时间较短，注射后无特殊情况即可离开，在接受注射前工作人员将提前告知其进行入厕，核医学科门诊未设置厕所，故不考虑其产生的放射性废水；本项目核医学科房间若出现地面沾染，不采用大水量冲洗，采取局部擦拭的方式进行去污，无放射性废水产生。

医护人员产生的少量生活污水经医院已有污水管网排入进入医院现有污水处理系统处理达标后排入市政污水管网，对区域水体环境影响很小。

四、固体废物环境影响分析

1、放射性固废

本项目核医学科放射性固废产生量为 1.5kg/d ，核素种类包含：锶-89、碘-125，医院采用专门固废收集桶分类收集后，置于放射性固废暂存间进行暂存衰变，经监测达标后，转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理，不外排。

2、非放射性固废

医务人员产生的固体废物直接依托已有垃圾回收系统收集后交由市政环卫部门进行收集处理。

五、声环境影响分析

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机、空调。本项目均拟选用低噪设备，噪声源强约为 65dB(A) 。通排风系统拟采用低噪声风机并设置减振降噪装置，且加上建筑物墙体的隔声作用及医院场址内的距离衰减，噪声较小，无需采用专门的降噪措施。

辐射事故影响分析

一、事故等级判断依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）和《四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020 版）》，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）等四级，详见表 11-2。

表 11-2 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果	放射性同位素失控量化指标
特别重大辐射事故 (I级)	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果, 或者放射性同位素失控导致 3 人以上 (含 3 人) 急性死亡。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量; ②事故造成地表、土壤污染 (未造成地下水污染) 时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+14Bq$ 的 Sr-90 当量。
重大辐射事故 (II级)	I类、II类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素失控导致 2 人以下 (含 2 人) 急性死亡或者 10 人以上 (含 10 人) 急性重度放射病、局部器官残疾。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+12Bq$ 且小于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量; ②事故造成地表、土壤污染 (未造成地下水污染) 时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+13Bq$ 且小于 $1.0E+14Bq$ 的 Sr-90 当量。
较大辐射事故 (III级)	III类放射源丢失、被盗、失控, 或者放射性同位素导致 9 人以下 (含 9 人) 急性重度放射病、局部器官残疾。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+11Bq$ 且小于 $1.0E+12Bq$ 的 Sr-90 当量; ②事故造成地表、土壤污染 (未造成地下水污染) 时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+12Bq$ 且小于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量。
一般辐射事故 (IV级)	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控, 或放射性同位素失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 $1.0E+11Bq$ 的 Sr-90 当量; ②事故造成地表、土壤污染 (未造成地下水污染) 时液态放射性物质的释放量小于 $1.0E+12Bq$ 的 Sr-90 当量。

同时根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲, 北京: 原子能出版社)急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系, 见表 11-3。

表 11-3 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

二、非密封放射性物质辐射事故影响分析

1、事故类型

根据污染源分析本项目核医学中心可能存在的最大潜在辐射事故包括：

- (1) 放射性药物试剂发生丢失或被盜；
- (2) 试剂操作时打翻、洒漏造成操作台、地面、仪器设备表面污染；
- (3) 发生火灾造成的放射试剂瓶撒漏。

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：非密封放射性物质操作时，发生辐射事故判定因子为：事故造成一定范围内环境剂量率、事故造成水环境污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）、事故造成地表、土壤污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）。

2、判定因子：环境剂量率

(1) 事故情景假设

①放射性核素分装过程中导致放射性药物试剂瓶或铅罐打翻或破碎，或放射性药物分装过程中造成放射性药物泄漏，本次以核素单日最大操作量计算。

②若发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③受照人员不考虑任何屏蔽措施。

(2) 剂量估算模式与参数选取

根据式 11-2，分别计算距辐射源 0.1m、0.2m、0.3m、0.5m、1.0m、2.0m、5.0m、10m、12.6m 处的剂量率。

(3) 计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m~12.6m 范围内剂量率，计算结果见表 11-4。

表 11-4 放射性药物丢失和撒漏事故和下不同距离处剂量率分布表

距源距离 (m)	事故持续时段的韧致辐射剂量率 (mGy/h)
	铯-137
0.1	6.11E-05
0.2	1.53E-05
0.3	6.79E-06
0.5	2.44E-06
1.0	6.11E-07
2.0	1.53E-07

5.0	2.44E-08
10.0	6.11E-09
12.6 (500m ² 半径范围)	3.85E-09

(4) 事故后果

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：500m²（半径为 12.6m）范围的环境剂量率超过 0.1mSv/h，结合表 11-4 可知，本项目放射性药品在撒漏情况下构成一般辐射事故，同时在事故状态下最大韧致辐射剂量率仅为 6.11E-05 mGy/h，不会造成急性放射性病。

3、判定因子：事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量（以 Sr-90 当量为标准）

本次评价以本次以核素单日最大操作量最为事故状态下的释放量，并以日操作量相对较大的锶-89 核素进行评价，各核素事故状态下锶-90 当量释放量见表 11-5。

表 11-5 事故状态下锶-90 当量释放量计算表

核素	评价核素日最大操作量 (Bq)	锶-90 食入所致待积有效剂量 (Sv/Bq) *	评价核素食入所致待积有效剂量 (Sv/Bq) *	锶-90 当量释放量 (Bq)
锶-89	7.4×10 ⁸	2.3×10 ⁻⁷	3.6×10 ⁻⁸	1.16E+08

*注：①食入所致待积有效剂量根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B6 查得；②锶-90 当量释放量=评价核素释放量(Bq)×评价核素食入待积有效剂量(Sv/Bq)/锶-90 食入待积有效剂量 (Sv/Bq)。

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 1.0E+11Bq 的 Sr-90 当量时或者事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量小于 1.0E+12Bq 的 Sr-90 当量时为一般辐射事故。根据表 11-5 计算结果，本项目发生辐射事故，各核素事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量均小于上述限值，为一般辐射事故。

综上，本项目非密封放射性物质使用过程中发生辐射事故时，最大可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。

4、事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程

中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

(1) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物撒漏事故的发生。发生撒漏等事故后，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦拭，应注意从污染区的边沿向中心擦拭，直到擦干污染区。

患者在初期用药后，遇到不良反应引起呕吐造成工作场所的污染，医院工作人员应立即打扫，主要的呕吐物将打扫至控制区专门设置的废物桶内，并作为固体废物处理，暂存于废物暂存间内，地面再用专门的清洁工具擦拭去污后，在进行清扫，此时会产生少量的废水，清扫废水量较小，且该事件发生率较低，不会造成放射性废水量的显著增加。

撒漏或病人呕吐后造成的地面污染，在清洁后须用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，该污染区未达到控制标准，应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。擦拭物收集放到放射性固体废弃物衰变桶中，作为放射性固体废物进行管理。

(2) 制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。注射间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

(3) 加强对用药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对用药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。

(4) 加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性废水和固体废物经足够长的时间衰变后，方可排放或按照普通医疗垃圾处理，并做好监测记录。

(5) 核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽等基本防护用品，以及铅防护衣、防护镜等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人计量仪佩戴于铅衣内部左胸前。在进行分装及注射放射性药物时穿铅衣、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放

射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。科主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

(6) 严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果监测表明防护墙外辐射水平偏高，应适当增加防护墙厚度。

5、辐射事故应急措施

发生辐射事故时，采取的应急处理措施如下：

(1) 由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

(2) 因不慎造成放射性核素大面积污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大，之后根据不同核素分别去污，最终去污标准需达到 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

(3) 若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（环保、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

(4) 若发生放射性试剂丢失、被盗，应立即启动辐射事故应急预案；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，

根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

(5) 放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。

(6) 如果出现人员误入射线装置机房或射线装置失控，应立即启动“紧急止动开关”关闭电源，并对受误照射人员进行医学诊断和观察。

表 12：辐射安全管理

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，使用II、III类射线装置和非密封放射性物质工作场所的单位应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。

目前医院已成立了辐射安全和防护管理领导小组，由医院院长吴强作为组长负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障放射工作人员、社会公众的健康与安全。该文件明确了辐射安全和防护管理领导小组工作职责：

辐射安全和防护管理领导小组的职责是：①负责医院辐射安全与防护管理工作；②组织对各项有关辐射安全与防护管理规章制度的制定和修订工作，并负责对全院放射诊疗过程中相关规章制度、防护措施落实情况进行监督和检查；③组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习，并落实辐射工作人员上岗培训计划；④负责辐射工作人员个人剂量和健康管理，并组织开展辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作；⑤负责对全院所有辐射安全与防护设施、设备进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。领导小组人员设置如下：

表 12-1 放射防护管理领导小组人员设置表

职务	人员
组长	吴强 院长
副组长	游浩、徐强
组员	陈堃、宋学中、吴譙、黄萍、任波涛、祖志

本评价建议：建设单位应进一步完善领导小组的职责，补充医院辐射安全与防护管理的职责。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

本项目拟设置3名辐射工作人员，辐射工作人员为新增人员。

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》（生态环境部，公告2019年第57号）：“自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）

报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“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，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每5年接受一次再培训考核。

医院应尽快安排医院现有辐射工作人员尽快参加培训学习，取得证书后持证上岗。在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

辐射安全管理规章制度

一、档案分类管理

医院应对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料应包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”，并由专人进行管理。

二、规章制度

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表12-2。

表12-2 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况
1	综合	辐射安全和防护管理规定（综合性文件）	已制定，需把本项目纳入管理
2		放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	需补充制度
3		辐射工作场所安全保卫制度	已制定，需把本项目纳入管理
4	场所	场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	需补充制度
5		非密封放射性物质操作规程（分操作核素或诊治类别进行制定）	需补充制度
6		去污操作规程	已制定，需把本项目纳入管理
7		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定，需把本项目纳入管理
9	监测	监测方案	已制定，需把本项目纳入管理
10		监测仪表使用与校验管理制度	已制定，需把本项目纳入管理

11		辐射工作人员培训/再培训管理制度	需补充制度
12		辐射工作人员个人剂量管理制度	需补充制度
13	人员	辐射工作人员健康管理制度	需补充制度
14		辐射工作人员岗位职责管理	需补充制度
15		辐射工作人员资质管理	需补充制度
16	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定，需把本项目纳入管理
17	三废	放射性“三废”管理规定	需补充制度

医院需在辐射安全和防护管理领导小组组织下及时定制上述各项规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。领导小组需定期对辐射安全规章制度执行情况进行评议，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。

同时根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号），各辐射工作场所职业人员操作室或医生办公室内需将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

1、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49号）做好个人剂量管理的工作。同时根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）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，同时建设单位应建立个人剂量档案。辐射工作人员个人剂量档案内

容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，医院应当将个人剂量档案保存终身。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，并建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

2、辐射工作场所监测

（1）监测内容：射线装置工作场所监测因子为：X- γ 辐射剂量率、 β 表面沾污。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查；

（3）监测频度：对于 X- γ 辐射剂量率应自行配备监测设备每 1 个月监测 1 次； β 表面沾污应在每次工作完成，离开放射性工作场所前进行监测。另外建设单位需委托有监测资质的单位在项目投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，监测报告附到年度评估报告中，于每年 1 月 31 日前将评估结果上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mec.gov.cn>）。

（4）监测范围：非密封放射性物质工作场所主要监测控制区人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等表面沾污，以及控制区内所有场所及控制区外邻近房间的 X- γ 辐射剂量率。

（5）监测设备：X- γ 辐射剂量率仪（能量相应范围需大于 15MV）、 β 表面沾污。

(6) 质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表 12-3 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	非密封放射性物质工作场所	β表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	每月一次（记录监测数据存档）	β表面沾污仪
		X-γ辐射剂量率	控制区内所有场所、控制区外邻近房间	每月一次（记录监测数据存档）	X-γ辐射监测仪
		β表面沾污	手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽	离开放射性工作场所前	β表面沾污仪
委托监测	非密封放射性物质工作场所	β表面沾污	人员易接触的工作台、地面、墙面、病床、桌椅等	(1) 竣工环保验收监测；(2) 编制辐射防护年度评估报告（每年）	β表面沾污仪
		X-γ辐射剂量率	控制区、监督区		X-γ辐射监测仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计

3、年度监测报告情况

医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

为了加强对非密封放射性物质的安全和防护的监督管理，促进射线装置和非密封放射性物质的安全使用，保障人体健康，保护环境，建设单位需根据最新要求制定《辐射事故应急预案》，其内容应包括：①应急机构和职责分工；②应急人员的组织；③培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；④辐射事故分级及应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序。

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

(1) 一旦发现放射性药物被盗或者丢失，及时向公安部门、生态环境主管部门和卫生健康部门报告。

(2) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

(5) 医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

(6) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(7) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

其他要求：（1）辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

（2）在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13：结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：夹江县人民医院核医学科门诊改造项目

建设单位：夹江县人民医院

建设性质：新建

建设地点：夹江县千佛大道二段 1 号

本项目建设内容：医院拟在氧站及氧舱建筑内开展核医学科门诊业务，将氧站及氧舱办公室区域改造为核医学科门诊。核医学科门诊总建筑面积约 36.43m²，主要辐射工作场所包括：1 个源库、1 个操作室、1 个注射室、1 个留观室、1 个废物暂存间、1 个清洁间、1 个敷贴治疗室及卫生通过间和预约登记等候处等。涉及使用铯-89，储存分装碘-125、铯-90 敷贴治疗（已另做登记表）、锝-99（锝 [99Tc]亚甲基二膦酸盐注射液（云克）注射，豁免管理范围内），属于丙级非密封放射性物质工作场所。

2、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域应用，根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

3、本项目选址及平面布局合理性分析

本项目辐射工作场所不毗邻产科、儿科和食堂等部门，同时避开了医院内人流量较大的住院区域、门诊大厅区域，医院所在区域道路、给排水、电力等城市基础配套设施完善，为项目建设提供了良好条件；医院周围没有项目建设的制约因素，且该辐射工作场所相对独立，为专门的辐射工作场所，本项目产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，其选址是合理的。本项目辐射工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护来进行布置，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰；在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。综上所述，项目总平面布置是合理的。

4、工程所在地区环境质量现状

项目拟建核医学科周围 X-γ辐射剂量率范围为 11.1×10⁻⁸Gy/h~12.3×10⁻⁸Gy/h

($111\text{nGy/h} \sim 123\text{nGy/h}$)，医院其他区域 X- γ 辐射剂量率范围为 $8.3 \times 10^{-8}\text{Gy/h} \sim 8.6 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ($83\text{nGy/h} \sim 86\text{nGy/h}$)，医院西北侧锦泰·棕榈银滩小区居民楼处 X- γ 辐射剂量率为 $7.7 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ (77nGy/h)。上述监测结果均与四川省生态环境厅《2021 年四川省生态环境状况公报》中全省环境电离辐射水平 ($\leq 130\text{nGy/h}$) 基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

拟建地及周围 β 表面污染为 $0.23\text{Bq/cm}^2 \sim 0.31\text{Bq/cm}^2$ ，西北侧锦泰·棕榈银滩小区居民楼东侧外地面 β 表面污染为 0.21Bq/cm^2 ，属于当地正常水平。

5、环境影响评价结论

(1) 辐射环境影响分析

本项目涉及使用的锶-89 核素在整个过程中均采取了有效的屏蔽措施屏蔽 β 射线，同时在整个使用过程中职业人员还穿戴有 0.5mm 铅当量的防护铅服，且公众与放射性核素之前还采取了距离隔离措施，因此 β 射线对职业人员和公众辐射影响是很小的。

经计算，在操作位距离辐射源 0.5m 处韧致辐射剂量当量率最大为 $4.87 \times 10^{-36}\mu\text{Sv/h}$ ，因此韧致辐射为周围辐射剂量率贡献值很小。

(2) 大气的环境影响分析

本项目碘-125 为密封籽源，为固态，正常情况下难以在空气中形成气溶胶；项目涉及使用的非密封放射性物质锶-89，属于液态放射性药物，且属于非挥发性化合物，且密封于药瓶中，分装、注入都是在密封的容器或管道中完成，在分装过程中采取注射器进行抽取，并最终通过静脉注射进入病人体内，整个过程无裸露液面，因此无放射性废气产生。

本项目药品分装在通风橱完成，整个核医学科也设有通排风系统，通风管引致屋顶排放，经扩散后大气环境影响较小。

(3) 废水的环境影响分析

本项目 ^{89}Sr 核素治疗患者治疗时间较短，注射后无特殊情况即可离开，在接受注射前工作人员将提前告知其进行入厕，核医学科门诊未设置厕所，故不考虑其产生的放射性废水；本项目核医学科房间少量工作台面清洁采样抹布擦拭的方式进行，不产生清洗废水；医护人员产生的少量生活污水经医院已有污水管网排入进入医院现有污水处理系统处理达标后排入市政污水管网，对区域水体环境影响很小。

(4) 固体废物的环境影响分析

本项目放射性固废采用专门固废收集桶分类收集后，衰变至监测达标后转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理，不排除。

本项目产生的办公、生活垃圾依托医院的收集系统进行回收后由当地环卫部门清运，对环境的影响较小。

6、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理规章制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

8、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，考试（核）合格，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

9、项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目在夹江县人民医院内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议

(1) 在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

(2) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

(3) 不断提高工作人员素质，增强职工环保意识和安全意识，做好辐射防护设施、设备的维护保养，避免发生辐射事故。

承诺

(1) 对未参加辐射安全培训的辐射工作人员尽快安排参加培训。

(2) 加强对病人和核医学科住院病人活动区的辐射安全管理。

(3) 项目应按照国家相关法律法规尽快进行验收。

(4) 接受环境保护行政主管部门的监督检查。

项目竣工验收检查内容

根据《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 682 号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后，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，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 竣工环境保护验收一览表

项目	设施（措施）	数量
辐射屏蔽措施	房间辐射屏蔽（墙体、地板、楼板、门、窗屏蔽）	/
	通风分药橱（5mm 铅当量、操作室）	1 套
	注射台（10mm 铅当量、操作室）	1 套
	注射器防护套（2mmPb）	1 个
	送药防护铅屏蔽箱	1 个
	防护铅屏风（1mm 铅当量）	1 个
个人防护用品	便携式个人辐射剂量监测及报警装置	1 台
	个人剂量计	3 人×2 个
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	3 套
	放射性活度计	1 台

	表面污染监测仪	1 套
	X、 γ 辐射检测仪	1 台
放射性固废	放射性废物桶（2mm 铅当量）	2 个
	废物储存铅桶（5mm 铅当量）	2 个
	放射性固废暂存间	1 间
安全装置	存储室红外监控系统	1 套
	存储室固定式剂量报警仪	1 套
	存储室防盗入侵报警装置	1 套
	控制区入口、出口单向门禁系统	1 套
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套
通风系统	放射性废气独立通排风系统	1 套
其它	控制区地面防渗	/
综合管理	辐射工作人员上岗考核	/
	规章制度上墙	/
	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练等）	/
合计		

审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日