

核技术利用建设项目

第四住院楼核医学科退役及后装机房迁建

项目环境影响报告表

(公示本)



生态环境部监制

核技术利用建设项目

第四住院楼核医学科退役及后装机房迁建

项目环境影响报告表

建设单位名称：内江市第二人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：内江市东兴区新江路 470 号

邮政编码：641199 联系人：杨**

电子邮箱：26***@qq.com 联系电话：0832-23**

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	20
表 3 非密封放射性物质	20
表 4 射线装置	21
表 5 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	31
表 9 项目工程分析与源项	43
表 10 辐射安全与防护	58
表 11 环境影响分析	73
表 12 辐射安全管理	101
表 13 结论与建议	111

表 1 项目基本情况

建设项目名称		第四住院楼核医学科退役及后装机房迁建项目			
建设单位		内江市第二人民医院			
法人代表	唐**	联系人	杨**	联系电话	0832-23**
注册地址		内江市东兴区新江路 470 号			
项目建设地点		核医学科退役：内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院第四住院楼二层；后装机搬迁：内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院第四住院楼一层搬迁至直线加速器新机房综合楼北外侧			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资（万元）		**	项目环保投资（万元）	**	投资比例 **%
项目性质		☒ 新建（迁建） ☐ 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	☒ 乙级非密封放射性物质工作场所退役			
	项目概述 一、建设单位情况 内江市第二人民医院（统一社会信用代码：1251**）前身为中国人民解放军第 95 军医院，1985 年更名为内江市第二人民医院，是一家集医疗、科研、教学、急救、妇幼保健、社区卫生服务、健康管理于一体的三级甲等综合医院，占地总面积为 329 亩，现编制床位 1500 张。内江市第二人民医院（后文简称“医院”）现有在职职工 1397 名，正高级职称 74 名，副高级职称 208 名，博士研究生 5 名，硕士研究生 111 名。医院拥有 GE1.5T 和（3.0T）超导核磁共振（MRI）、飞利浦 256 排高端多排 CT、				

GE64 排 128 层螺旋 CT、西门子 SPECT(单光子发射及计算机断层扫描仪)、医科达医用直线加速器、西门子医用直线加速器、四维彩超、GE 血管成像系统 (DSA)、西门子血管成像系统 (DSA)、高压氧舱、体外循环机、ECMO 等先进设备。医院设有临床一、二级科室 38 个，医技科室 10 个，职能科室 19 个，主要有肿瘤科、核医学科、神经科、肿瘤四科、影像中心、检验科、心血管内科、泌尿科、耳鼻咽喉科、感染科、耳鼻咽喉科、精神科、病理科，心胸外科，肝胆外科等。

(一) 项目建设的必要性和任务由来

近年来，随着人民生活水平的提高，各地医患需求激增，医院为改变现有诊疗场所不足、设备设施老旧的现状，拟将第四住院楼内的核医学科和原后装机房进行退役，并将后装机房内的后装机进行搬迁，再对包含第四住院楼及其附属建筑在内的拆除后，新建住院综合大楼及附属设施。根据现场踏勘，医院第四住院大楼二层核医学科工作场所、一层直线加速器机房均已停用，后装机机房后装机内已无放射源。第四住院楼及其附属建筑在内的物资搬迁、建筑拆除和新建住院综合大楼及附属设施包含在《内江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目环境影响报告书》，并已取得内江市生态环境局出具的批复（内市环审批〔2025〕4 号），本次仅对第四住院楼核医学科退役及后装机房迁建部分进行评价。

根据医院提供资料，第四住院楼二层核医学科于 2005 年开始投用，至今已投入运营将近二十年，运营期间开展的项目甲亢治疗、甲状腺吸碘功能测定、放免分析、转移性骨肿瘤治疗、实体肿瘤治疗、风湿性关节炎治疗和毛细血管瘤治疗等项目，属于乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。该核医学科工作场所取得了原四川省环境保护局出具的环评批复（川环建函〔2005〕189 号），于 2010 年通过了原四川省环境保护局出具的验收批复（川环核验〔2010〕15 号）；在第四住院楼一层内使用的后装机房及其他相关用房在 2014 年取得了原四川省环境保护厅出具环评批复（川环审批〔2014〕405 号），并于 2015 年通过了原四川省环境保护厅出具的验收批复（川环核验〔2015〕69 号），后装机内使用的 ^{60}Co 放射源在 2020 年更换为 ^{192}Ir 放射源，编制了《辐射安全分析报告》（2020 年 12 月 21 日），并将原 ^{60}Co 放射源交由厂家进行了回收，重新办理了辐射安全许可证。医院在决定搬迁后装机房后，设备厂家对后装机内的 ^{192}Ir 放射源进行了回收。

医院于 2019 年在全科医生培养基地一层新建了 SPECT/CT 影像中心，该场所已

取得环评批复（川环审批〔2018〕101号），并已建成投用；直线加速器新机房综合楼二层正在建设的核医学科工作场所，已取得环评批复（川环审批〔2023〕44号），新建 SPECT/CT 影像中心和新增核医学科工作场所可以满足医院核医学诊疗需求，医院拟将四住院楼二层核医学科整体退役；拟将第四住院楼一层后装机房实施退役，在直线加速器新机房综合楼北外侧空地新建 1 间后装机治疗机房及其配套用房，建成后再将第四住院楼原有后装机搬迁至新建治疗机房内使用，并在后装机房内使用Ⅲ类放射源。

（二）编制目的

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第五十五项—173 条核技术利用项目退役-乙级非密封放射性物质工作场所、172 条核技术利用建设项目—使用Ⅲ类放射源”应编制环境影响报告表。根据四川省生态环境厅《关于调整建设项目环境影响评价文件分级审批权限的公告》（2019 年第 2 号文），本项目应报四川省生态环境厅审查批准”。因此，内江市第二人民医院委托四川同佳检测有限责任公司编制本项目的环境影响报告表。

四川同佳检测有限责任公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，在进行实地踏勘、辐射环境现状检测和相关资料收集整理的基础上，按照辐射环境影响评价技术规范的要求，编制完成环境影响报告表。

二、产业政策符合性

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《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，2024 年 2 月 1 日起施行），项目属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1 条“医疗卫生服务设施建设”，可更好的为内江市及周边肿瘤患者提供放射治疗服务，符合现行的国家产业政策。

三、本项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：第四住院楼核医学科退役及后装机房迁建项目

建设单位：内江市第二人民医院

建设性质：新建（迁建）、退役

建设地点：内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院

（二）建设内容与规模

本次具体建设内容及规模为：内江市第二人民医院拟对第四住院楼二层核医学科及原后装机房进行退役，在直线加速器机房综合楼北外侧新建后装机房及其配套用房后，将第四住院楼一层原有后装机搬迁至新建机房内使用。

核医学科退役：第四住院楼二层核医学科主要有化学发光免疫分析室、放免分析室、清洗室、病人治疗室、多功能室、放射源库（配药室、活性室/治疗室、 ^{125}I 分药储源室、放射性废水处理室）等，放射性废水衰变池 1 座，使用放射性核素 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm 、 ^{32}P 、 ^{125}I 、 ^{125}I （粒子）、 ^{99}Tc 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，该区域内设有乙级、丙级非密封放射性物质工作性场所，日等效最大操作量为 $3.41\times 10^9\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.35\times 10^9\text{Bq}$ 。第四住院楼二层核医学科已于 2024 年 8 月全面停止使用非密封放射性物质，目前已无放射性药品。根据医院的建设规划需要，医院拟将第四住院楼二层核医学科工作场所进行退役，对场所内的相关设备、设施等物品实现清洁解控，并妥善处置（见表 1-2）。

后装机房迁建：医院拟将第四住院楼一层后装机机房进行退役，并紧邻直线加速器新机房综合楼北外侧新建 1 间后装机房及配套功能用房（地上 1 层，无地下室，高 5.7m），再将第四住院楼一层后装机房内原后装机（不含放射源）搬迁至新建后装机房内，在后装机内安装使用 1 枚最大装源活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ 的新购 ^{192}Ir 放射源（属于 III 类放射源），年出源时间约 207.5h（出源治疗+质控+放射源校准），主要用于腔内、组织间等肿瘤的放射治疗。医院拟新建后装机房采用钢筋混凝土浇筑，净空面积（不含迷道）为 31.2m^2 （净空尺寸：长 6.0m×宽 5.2m×高 4.0m），东侧设控制室（净空面积 13.7m^2 ）、候诊大厅（净空面积 11.8m^2 ）。根据建设单位提供设计图纸，后装机房北侧、南侧墙体为 600mm 厚混凝土结构，东侧、西侧、顶部墙体及迷道内外墙体均为 800mm 厚混凝土结构，3.7m 长“L”型迷道位于机房东侧，东侧 8mm 铅当量单扇铅钢结构电动平移防护门。

1、项目组成内容及环境问题

项目组成及主要的环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称		建设内容及规模	可能产生的环境问题	
			施工期	营运期
主体工程	核医学科退役场所	①第四住院楼二层核医学科：化学发光免疫分析室、放免分析室、清洗室、病人治疗室、多功能室、放射源库（含配药室、活性室/治疗室、 ^{125}I 分药储源室、放射性废处理室）、衰变池等； ②各工作场所设备和用品：防护门、铅防护屏、铅分装柜、铅废物桶、排风管道、 ^{125}I 粒子保险柜、铅砖、铅玻璃、铅罐、铅衣等； ③可能污染的区域和物品：墙面、地面、桌面、台面、仪器设备 & 办公用品表面、排风管道、放射性废水排水管道等。	退役中：放射性固体废物、放射性废水	退役后：达到无限限制开放水平
	后装机房迁建	医院拟将第四住院楼一层后装机房进行退役，并紧邻直线加速器新机房综合楼北外侧新建1间后装机房及配套功能用房（地上1层，无地下室，高5.7m），再将第四住院楼一层后装机房内原后装机（不含放射源）搬迁至新建后装机房内，在后装机内安装使用1枚最大装源活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ 的新购 ^{192}Ir 放射源（属于III类放射源），年出源时间约207.5h（出源治疗+质控+放射源校准），主要用于腔内、组织间等肿瘤的放射治疗。医院拟新建后装机房采用钢筋混凝土浇筑，净空面积（不含迷道）为 31.2m^2 （净空尺寸：长 $6.0\text{m}\times$ 宽 $5.2\text{m}\times$ 高 4.0m ）。后装机房四面墙体、迷道和顶部、底部均为钢筋混凝土（ $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），3.7m 长“L”型迷道位于机房东侧。后装机房北侧、南侧墙体为600mm厚混凝土结构，东侧、西侧、顶部墙体及迷道内外墙体均为800mm厚混凝土结构，8mm铅当量单扇铅钢结构电动平移防护门。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、建筑废渣等	γ 射线、臭氧、噪声
	后装机房迁建	后装机房东侧配套设置有控制室（ 13.7m^2 ）及候诊大厅（ 11.8m^2 ）		废水、固体废物
	核医学科退役	专用卫生间、离心机、放免分析仪、卫生洁具、污水管道等	退役中：放射性固体废物、放射性废水	/
办公及生活设施	核医学科退役	主任办公室、医生办公室、医生值班室、库房、办公座椅、电脑、风扇、空调等	依托医院现有处理设施	生活垃圾、生活污水
	后装机房迁建	依托直线加速器新机房综合楼放疗科办公室、计划室、模拟定位室等		
公用工程		配电、供电和通讯系统等		/

环保工程	①废水处理依托医院污水管道和污水处理站；②办公、生活垃圾依托医院收集系统进行回收处理；③后装机房设置独立的通排风系统，室内气体由通排风系统抽排至机房屋面排放。		/
------	---	--	---

2、项目依托设施

1) 本项目废水主要为辐射工作人员和患者产生的少量的生活污水，依托医院污水处理站预处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2预处理排放标准后排入市政管网，汇入内江市城市污水处理厂进一步处理达标后排入沱江。本项目不涉及新增辐射工作人员，第四住院楼二层核医学科退役后和后装机房搬迁后不会改变医院就诊患者数量，不会增加生活污水总量，医院污水处理站现有处理能力能够满足现有生活污水产生量和排放量的排放需求。

2) 本项目产生的生活垃圾依托原有生活垃圾站收集后由市政环卫部门统一清运。医院已设置生活垃圾站，本项目产生的生活垃圾在此集中暂存，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

3) 本项目后装机搬迁投运后，依托直线加速器新机房综合楼一层模拟定位室内既有型号为HMD-IB的模拟定位机进行模拟定位，该模拟定位机已履行相关手续。经与医院放疗科核实，该建筑内现有1台在用直线加速器，现有模拟定位机能够同时满足既有直线加速器和后装治疗模拟定位的需求，且后装机房与模拟定位室直线距离约16.6m，依托可行。

3、核医学科主要设备设施及处置方式

**

4、主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-3。

表1-3 主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	使用量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	^{192}Ir 放射源	年使用量 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq} \times 3$ 枚 (III类放射源)	医院统一采购	-
能源	煤(T)	-	-	-
	电(度)	100kW·h/a	市政电网	-
	气(Nm ³)	-	-	-
水量	地表水	600m ³ /a	市政水网	-
	地下水	-	-	-

5、医院使用放射性同位素的理化性质

表1-4 医院涉及放射性同位素特性

序号	使用核素	半衰期	状态	毒性分组	衰变方式	主要射线及能量
1	^{125}I	59.4d	固态、液态	中毒	EC	γ :0.035(6.7%)、X:27.47
2	^{131}I	8.02d	液态	中毒	β^-	β :0.6065(86%)、0.336(13%)、 γ :0.2843(7.46%)、0.3645(81%)、0.6369(8.94%)
3	^{153}Sm	46.44h	液态	中毒	β^-	β :0.810(20%)、0.710(49%)、0.640(30%)、 γ :0.06967(40.4%)、0.09743(43) X: 41.54
4	^{89}Sr	50.5d	液态	中毒	β^-	β :0.5846
5	^{32}P	14.26d	液态	中毒	β^-	β :1.711(100%)
6	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	液态	低毒	IT、 β^-	γ :0.1405(89.0%)、0.1426、0.3224
7	^{99}Tc	$2.13\times 10^5\text{a}$	液态	低毒	IT、 β^-	β :0.292(99%)、 γ :0.0897($6.5\times 10^{-5}\%$)
8	^{192}Ir	74.0d	固态	中毒	β^-	β :0.672(46%)、0.536(41%)、 γ :0.3165(82.9%)

表 1-5 放射源基本参数情况

放射源种类	单枚/单次装源	放射源类别	半衰期	辐射类型	放射源编号	出厂日期	备注
^{192}Ir	$3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ $\times 1$ 枚	III类	74.0d	β 射线、 γ 射线	NL24IR0088 93	2024-08-08	已由设备厂家进行回收，新建后装机房建成投运后，再配置放射源

5、放射源出源时间

根据医院提供资料，后装机每次设备质控出源时间最多 30min，每月开展一次，则每年质控出源时间为 6h；最全年最多更换 3 次放射源，每次换源均要进行放射源校准，每次校准出源时间最多 30min；医院全年最大后装放射治疗患者约 800 人次（约 200 人，每人平均治疗周期为 4 次），每人次出源治疗时间约 15min，则年出源治疗时间约为 200h。

6、核医学科退役相关内容

（1）本次主要退役内容

①第四住院楼二层核医学科内的墙面、地面、清洗池、工作台、卫生洁具等场所设施表面，达到清洁解控水平；

②第四住院楼二层核医学科场所内配套使用的防护门、铅防护屏、铅分装柜、铅废物桶、排风管道、 ^{125}I 粒子保险柜、铅砖、铅玻璃、铅罐、铅衣等设备或设施均得到妥善处置；

③第四住院楼二层核医学科内的办公桌椅、电脑、空调、风扇等仪器设备及办公用品达到清洁解控要求后妥善处置；

④现有的放射性固体废物均实现妥善处置；

⑤第四住院楼二层核医学科衰变池废水达到解控水平后，先排入医院污水处理站处理，再将衰变池内底泥铲出并妥善处理。

(2) 主要工作内容

针对退役对象，因此第四住院楼二层核医学科退役工作的主要内容是：

①委托环评单位对拟退役场所开展环境影响评价；

②进行源项调查，委托有资质的单位开展辐射环境现状检测；

③根据源项调查和辐射环境现状监测结果，编制退役方案。对拟退役场所辐射环境现状监测和放射性废水进行检测，如核医学科工作场所已达到国家相关标准，无须进一步去污，场所内的设备和用品等可作为普通物品继续使用或处置；如有污染，应做有效去污处理直至达到污染解控水平；如需去污，在去污完成后，应妥善收集去污过程中产生的放射性废物、废液，由专人置于容器（容器材质为铅）中，使其衰变后作为医疗废物进行处理；

④环评编制单位对拟退役场所进行辐射环境影响评价，结合专家和监管单位意见，并向省生态环境主管部门提交最终的环境影响报告表；

⑤结合环境影响评价文件及批复文件的要求组织、实施退役；

⑥组织终态验收监测，向审管部门申请该场所为“达到无限制开放的要求”的场所，完成退役。

(3) 核医学科退役评价目的

1) 在第四住院楼二层核医学科退役前对该工作场所的辐射环境进行监测，掌握其现状水平；

2) 对第四住院楼二层核医学科的退役方案、拟采取的各项辐射防护措施判断是否得当，针对发现的不合理项或存在的问题提出完善意见；

3) 评价第四住院楼二层核医学科退役过程中医院采取的辐射应急措施是否得当，能否有效防止辐射事故的发生；

4) 评价第四住院楼二层核医学科退役过程对职业人员、公众人员及对周围环境带来的影响；

5) 评价第四住院楼二层核医学科退役后，该场所能否达到无限制开发利用的要求；

6) 为建设单位的退役实施提供技术支持, 为生态环境主管部门管理提供依据。

(4) 退役目标

第四住院楼二层核医学科工作场所实施整体退役, 退役目标为: 第四住院楼二层核医学科工作场所及场所内的设备、设施等物品达到清洁解控水平, 实现无限制开放的目标, 该场所内的设备、设施、办公用品等物品可以作为普通物品进行处置。

(5) 退役工作计划

表 1-6 第四住院楼二层核医学科的退役计划

阶段划分	工作内容	拟实施时间
准备阶段	退役组织机构和分工的设立, 资料收集	**
	委托有资质的单位开展退役环境影响评价	
	源项调查、开展辐射环境现状检测, 制定退役方案	**
实施阶段	按照环评文件及批复要求实施退役	**
验收阶段	委托有资质的单位开展退役终态监测	**
	组织自主验收	

(6) 工作人员配置情况

核医学科退役由医院放射卫生与辐射安全领导小组负责, 医院总务科和既有核医学科牵头, 招标的搬家公司负责搬运, 专业施工单位实施拆除, 进行退役后场所不需要再配置人员进行运维, 搬运和建筑拆除人员属于公众。因此不再配备额外的工作人员, 项目运营配备的工作人员仅涉及后装迁建项目。

表 1-7 工作人员配置情况

序号	所属科室	装置名称	配备人数	人员构成	备注
1	放疗科	后装机	8	医师 4 名、技师 2 名(兼摆位工作)、物理师 2 名	均为原有辐射工作人员

本项目迁建后装机拟配备辐射工作人员 8 名, 均为医院放疗科后装治疗原有辐射工作人员, 且均通过辐射安全与防护考核成绩单。今后, 医院根据承担诊疗和教学科研任务量等实际情况适当增减。本项目辐射工作人员专岗专责, 从事后装诊疗项目后不承担其他辐射工作, 不存在人员交叉使用情况。

工作制度: 医院实行 8 小时工作制度, 周工作日为 5 天, 年工作时间为 250 天。

(三) 实践的必要性 with 正当性分析

医院为改变现有医疗场所不足和设备设施陈旧的情况, 对第四住院楼既有核医学科工作场所及设备、设施等物品实施退役, 实现无限制开放条件后, 将包含第四住院楼在内的建筑拆除后新建住院综合楼。医院委托了中远智信设计有限公司编制了《内

江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目环境影响报告书》，并已取得内江市生态环境局出具的批复（内市环审批〔2025〕4号），新建的住院综合楼及附属工程建成后，可缓解医院医患需求，增强医院发展后劲，促进当地经济发展。

根据《关于发布放射源分类办法的公告》（原国家环境保护总局公告2005年62号），乙级非密封放射性物质工作场所的安全管理参照Ⅱ类放射源，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第三十三条要求，使用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类放射源的场所和生产放射性同位素的场所，以及终结运行后产生放射性污染的射线装置，应当依法实施退役。医院现有乙级、丙级非密封放射性物质工作场所退役是为了防止放射性污染物对周围环境及公众的危害，确保环境安全，该项目的实施所带来的社会效益远大于其处置过程中的危害。

在后装机内使用Ⅲ类放射源，是为了对患者肿瘤部位开展近距离治疗，拟迁建的后装机房有良好的实体屏蔽设施和防护措施，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分： γ 射线源放射治疗机房》进行预测，机房屏蔽体厚度能够满足要求，满足放射防护的最优化原则； ^{192}Ir 后装机中放射源用于肿瘤治疗，为患者带来的利益大于健康损害的代价； ^{192}Ir 后装机在放射治疗过程中，产生的射线经屏蔽和防护后，辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的个人剂量限值的要求。

综上，本项目的实施可缓解医院医患需求、促进当地经济发展，满足辐射防护三原则的要求，所带来的利益是大于所付出的代价的，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”原则与要求，本项目的实施是有必要且具有实践的正当性。

（四）选址合理性分析

第四住院楼二层核医学科为既有场所，医院拟对其进行退役，不再考虑选址和布局的合理性。对于后装机房迁建相关建设内容选址合理性分析如下：

1、外环境关系

后装机房选址于内江市东兴区新江路470号内江市第二人民医院直线加速器新机房综合楼北外侧处，为拟建地上单层建筑，高约4.8m。以后装机房实体屏蔽为边界，在评价范围内，后装机房东侧紧邻控制室和候诊大厅，约15~50m为堡坎和停车

场；北侧约 7~50m 为堡坎，约 45m~50m 为内江市第二人民医院家属院；南侧约 0.8~42m 为直线加速器新机房综合楼，44m~50m 为第四住院楼；西南侧约 37~50m 为行政办公楼；西侧约 15m~50m 为第五住院楼。

2、选址合理性分析

根据医院提供用地许可证“内市国用（2016）第 007062 号”可知，项目所在区域用地性质为医卫慈善用地。医院拟在院内医院直线加速器新机房综合楼北外侧处新建后装机房及配套用房，为医院配套建设项目，不新增用地，且拟建的后装机房为专门辐射工作场所，建成后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，从辐射安全防护角度分析，后装机房迁建选址是合理的。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）第5.1.1、5.1.2条选址要求，后装机房选址于院内直线加速器新机房综合楼北外侧处，建成后与直线加速器新机房综合楼一层相互联通，充分考虑了其对周边环境以及院区公众的辐射影响，实现了后装机房与医院放疗科原有辐射场所集中布置，便于医院按照科室统一管理，也便于患者就诊。后装治疗场所为地上一层独立建筑，南侧紧邻加速器综合楼，东、北两侧靠近山坡堡坎，利用地势条件，减少了机房四周人员居留，避开了医院住院大楼及门诊楼等人员密集、流动性大的活动区域。因此，本项目后装机房迁建选址满足（HJ 1198—2021）要求。

综上，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目后装机房迁建选址是合理的。

四、原有核技术利用情况

在接到建设单位关于本项目的环评评价委托后，四川同佳检测有限责任公司对建设单位原有核技术核技术利用情况进行了调查，调查结果如下：

1、医院核医学科运营情况

（1）核医学科工作场所环保手续履行情况

根据医院提供资料，医院现有已批准使用非密封放射性物质为 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I （粒子）、 ^{99}Tc 、 ^{32}P 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，共计8种，核医学科非密封放射性物质工作场所共3个，分别为全科医生培养基地一层SPECT/CT影像中心、第四住院楼二层、直线加速器新机房综合楼二层北侧（在建）。其中，医院第四住院楼二层核医学科工作场

所内分布有乙级、丙级非密封放射性物质工作性场所，已于2024年8月全面停止使用放射性同位素。医院核医学科工作场所内使用的各种放射性同位素环保手续履行情况见表1-8。

表 1-8 医院核医学科使用放射性同位素环保手续履行情况

放射性同位素	项目名称	许可内容	批复情况	验收情况	实际建设内容
^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 粒子、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{32}P	内江市第二人民医院核医学科项目	在 第四住院楼二层 建放免室、肾功能测定室、甲吸测定室、服药注射室、放射源库等，使用放射性同位素 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 粒子、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{32}P ，分别用于开展甲亢治疗、甲状腺吸碘功能测定、放免分析、转移性骨肿瘤治疗、实体肿瘤治疗、风湿性关节炎治疗和毛细血管瘤治疗等，属于乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。	川环审批（2005）189 号	通过了原四川省环境保护厅的验收（川环核验（2010）15 号）	仅使用放射性同位素 ^{131}I 、 ^{125}I 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 粒子
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	新增医用放射性同位素及射线装置应用项目	在 第四住院楼二层 设淋洗室、配药室，新增使用放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，用于 SPECT/CT 显像检查，属于乙级非密封放射性物质工作场所。在核医学科 ECT 显像室新增 1 台 SPECT/CT，属于 III 类射线装置。	川环审批（2014）405 号	未验收	未建设
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	新增 SPECT/CT 应用项目	在 全科医生培养基地一层 部分区域改建为 SPECT/CT 影像中心，安装 1 台 SPECT/CT，属于 III 类射线装置，使用放射性同位素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，用于心肌、骨、肾脏、内脏和甲状腺显像，属于乙级非密封放射性物质工作场所。	川环审批（2018）101 号	2019 年 9 月完成验收	与环评批复内容相同
^{131}I	新增核医学科工作场所项目	在 医院直线加速器新机房综合楼二层北侧 新建核医学科工作场所，拟使用非密封放射性核素 ^{131}I 开展甲癌治疗、甲亢治疗和甲吸检查，属于乙级非密封放射性物质工作场所。	川环审批（2023）24 号	暂未投用	与环评批复内容相同

由表可知，医院现有核医学科工作场所和使用的非密封放射性物质均已进行了环境影响评价，本次拟退役的第四住院楼二层核医学科工作场所环保手续齐备。

（2）第四住院楼二层放射性同位素使用情况

根据辐射安全许可证副本相关信息，结合核医学科放射性同位素实际使用情况，对医院已获得批准的放射性同位素进行了梳理，具体情况见表1-9。

表 1-9 医院第四住院楼二层核医学科放射性同位素使用情况一览表

序号	核素名称	理化性质	活动种类	许可最大使用量		实际日等效最大操作量 (Bq)	用途	批准使用地点	场所等级	停用时间
				日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)					

1	⁸⁹ Sr	液态、半衰期 50.5d	使用	1.48×10 ⁷	1.48×10 ¹⁰	1.48×10 ⁷	治疗转移性骨痛	第四住院楼二层核医学科治疗室	丙级	2024年4月
2	¹²⁵ I 粒子	固态、半衰期 59.6d	使用	1.48×10 ⁸	7.40×10 ¹⁰	0	粒子植入	第四住院楼二层核医学分装储源室	乙级	2024年8月
3	¹²⁵ I	液态、半衰期 59.6d	使用	1.21×10 ⁷	2.66×10 ¹¹	0	放免分析	第四住院楼二层核医学科放免室	丙级	2014年
4	¹³¹ I	液态、半衰期 8.04d	使用	1.80×10 ⁶	8.88×10 ⁹	7.77×10 ⁵	甲吸检查	第四住院楼二层核医学科治疗检查室	丙级	2024年8月
5	^{99m} Tc	液态、半衰期 6.02h	使用	2.13×10 ⁹	4.50×10 ¹²	0	用于心肌、骨、内脏和甲状腺显像	第四住院楼二层核医学科淋洗室	乙级	从未使用
6	¹³¹ I	液态、半衰期 8.04d	使用	2.02×10 ⁸	4.44×10 ¹⁰	0	肾图显像	第四住院楼二层核医学科多功能室	乙级	2008年
7	⁹⁹ Tc	液态、半衰期 2.13×10 ⁵ 年	使用	1.68×10 ⁶	3.70×10 ⁸	0	风湿、类风湿突眼治疗	第四住院楼二层核医学科治疗检查室	丙级	从未使用
8	¹³¹ I	液态、半衰期 8.04d	使用	4.03×10 ⁸	8.88×10 ¹⁰	5.55×10 ⁷	甲亢治疗	第四住院楼二层核医学科放射性室	乙级	2024年8月
9	³² P	液态、半衰期 14.26d	使用	1.48×10 ⁸	7.40×10 ¹¹	0	血管瘤治疗	第四住院楼二层核医学科治疗室	乙级	从未使用
10	¹⁵³ Sm	液态、半衰期 46.44h	使用	1.0×10 ⁸	1.11×10 ¹¹	0	治疗转移性骨痛	第四住院楼二层核医学科治疗室	乙级	从未使用

由表1-8和表1-9可知，该场所内实际使用过的放射性同位素为¹³¹I、⁸⁹Sr和¹²⁵I粒子，放射性同位素⁹⁹Tc、^{99m}Tc、³²P、¹⁵³Sm从未使用。

(3) 第四住院楼二层核医学科辐射环境现状监测情况

2024年9月委托了四川省永坤环境监测有限公司对第四住院楼二层核医学科工作场所及周边进行了退役前的现状监测，出具了报告编号为永环监字（2024）第RM0107G号的监测报告。

根据监测报告，医院第四住院楼二层核医学科所β表面污染水平监测数据均低于探测下限，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关

于“表面污染控制水平”的规定，即“控制区 β 表面污染水平不大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区 β 表面污染水平不大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，”同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 中规定的污染水平降低到所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，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，即满足“ β 表面污染解控水平为 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ”的要求。

（4）第四住院楼二层核医学科放射性“三废”处置情况

根据医院提供资料：①第四住院楼二层核医学科内放射性固体废物根据所含核素种类进行分别收集，均在第四住院楼二层核医学科放射性废物暂存间内暂存超过十个半衰期后，经检测达到清洁解控水平后，再由专人按照一般医疗垃圾进行暂存，最终交由有资质的单位收运处置；②第四住院楼二层核医学科建立了放射性固体废物衰变处置台账，对暂存的放射性废物存入放射性固废桶的时间、种类、数量、监测活度和处置日期等进行了登记，根据台账记录，最后一批次放射性废物存入时间为 2024 年 8 月；③第四住院楼二层核医学科辐射工作人员每天离开控制区，均进行了一次辐射工作场所表面沾污监测；④第四住院楼二层核医学科每天对工作场所开展了 X- γ 辐射剂量率的监测；⑤第四住院楼核医学科产生的放射性废水较少，最近一次放射性废水排放为 2023 年 7 月，医院委托了四川省辐射环境管理监测中心站对医院放射性废水进行了检测，根据编号为“川辐环监字（2023）第 RM0055 号”的检测报告，第四住院楼核医学科衰变池内放射性废水中总 α 监测结果为 $4.54\times 10^{-2}\text{Bq}/\text{L}$ ，总 β 为 $4.03\times 10^{-2}\text{Bq}/\text{L}$ ，能够满足《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 限值（总 $\alpha\leq 1\text{Bq}/\text{L}$ ；总 $\beta\leq 10\text{Bq}/\text{L}$ ）的要求后，排入医院污水预处理池进行处理。

2、原有后装机项目运营情况

（1）环保手续履行情况

本项目拟搬迁的后装机于 2014 年 7 取得了《四川省环境保护厅关于内江市第二人民医院新增医用放射性同位素及射线装置应用项目环境影响报告表的批复》（川环审批[2014]405 号），许可使用 ^{60}Co 放射源用于后装治疗，最大装源总活度为 $1.85\times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于 III 类放射源；于 2015 年 12 月 31 日通过了原四川省环境保护厅出具的验收批复（川环核验[2015]69 号）；医院结合市场调研和临床需要，决定将后装机内原装 3 枚 ^{60}Co 放射源更换为 1 枚 ^{192}Ir 放射源，编制了《辐射安全分析报告》（2020 年 12 月 21 日），同时委托成都中核高通同位素股份有限公司对 ^{60}Co 放射源进行回

收，在四川省生态环境厅进行了备案（川环辐备[2021]5003号）；根据医院重新申领的辐射安全许可证（川环辐证[00258]），使用 ^{192}Ir 放射源，装源活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ ，每年最多使用3枚，属于III类放射源。因此，后装机房迁建前，后装机房内原有 ^{192}Ir 后装机已履行了相关环保手续，环保手续齐全。

（2）原辐射工作场所年度监测情况

医院于2024年11月委托四川世阳卫生技术服务有限公司对第四住院楼一层 ^{192}Ir 后装机房及周围辐射环境剂量率进行了年度监测，并出具了年度监测报告（四川世阳(HJ)监(2024)2973号）。根据监测报告，后装机房内 ^{192}Ir 后装机出源时机房周围各监测点X- γ 辐射剂量率范围为 $0.020\sim 0.69\mu\text{Sv/h}$ ，各关注点处辐射剂量监测结果均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《放射治疗放射防护要求》（HJ1198-2021）的相关规定。

（3）原后装机房辐射环境现状

医院原后装机房 ^{192}Ir 后装机内放射源已由设备厂家进行回收，后装机（不含放射源）在原后装机房内暂存，在新建后装机房建成后， ^{192}Ir 后装机（不含放射源）再搬迁至新建机房内，医院邀请了四川省永坤环境监测有限公司对后装机房开展了现状监测。

根据编号为“永环监字（2025）第RM0028号”监测报告，后装机贮源器周围、后装治疗室内及周围关注点处X- γ 辐射剂量率为 $102\text{nGy/h}\sim 110\text{nGy/h}$ ， β 表面污染水平平均低于 $3.8\times 10^{-2}\text{Bq/cm}^2$ ，属于正常天然辐射水平。因此，后装机房内及周围关注点监测结果满足标准限值要求的，可对后装机房无限制开放。

3、医院辐射安全许可证情况

医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00258]），许可的种类和范围为：使用II类、III类射线装置，使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所，发证日期：2024年11月29日，有效期至2029年10月24日。根据《辐射安全许可证副本》，医院已获许可使用的III类医用X射线装置22台，II类医用X射线装置4台，非密封放射性物质工作场所2个。

4、医院核技术利用其他情况

（1）医院通过全国核技术利用申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2023年度四川省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”，对医院2023年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了说明。

(2) 据了解，医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故，具体情况见。

(3) 根据原环保部 18 号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，医院先后委托了有资质的单位对全院所有在用射线装置工作场所和核医学科工作场所及周边进行了监测，委托四川鸿源环境检测技术咨询有限公司对全科医生培训大楼负一层核医学科衰变池废水开展了送样监测，分别出具了报告编号为瑜仁嘉(辐)字(2024)第(379)号、四川世阳(HJ)监(2024)2973 号、四川世阳(HJ)监(2024)2974 号、川鸿源环监字[2024]第 765 号的监测报告。

根据监测报告，医院所有在用固定场所内的Ⅲ类射线装置工作场所中，使用的型号为 Optima XR646HD 的 DR 室穿墙电缆孔处剂量率为最大，辐射剂量率为 $3.38\mu\text{Sv/h}$ ，其余射线装置周围关注点处辐射剂量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；所有在用的数字减影血管造影装置（Ⅱ类）工作场所周围关注点处最大辐射剂量率为 $0.18\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足 GBZ130-2020 中规定的“具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的规定。放射治疗设备中，后装机房防护门外表面（下缝）关注点处最大，辐射剂量率为 $0.69\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足 HJ1198-2021 中的辐射剂量率限值不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。核医学科工作场所控制区内测得储源箱表面 X- γ 辐射剂量率最大，辐射剂量率为 $1.82\mu\text{Sv/h}$ ，监督区内测得 X- γ 最大辐射剂量率为 $0.15\mu\text{Sv/h}$ ；在核医学科控制区内测得 β 表面污染水平最大值为 3.84Bq/cm^2 、监督区及其余区域 β 表面污染水平均低于 0.06Bq/cm^2 （仪器探测下限）；全科医生培养基地核医学科 1#衰变池内放射性废水中总 α 浓度为 0.043Bq/L （仪器检出下限），总 β 浓度为 1.05Bq/L 。核医学科工作场所监测结果均能够满足 HJ1188-2021 和 GB18871-2002 中的相关规定。

(4) 医院有专人负责个人剂量档案管理工作。医院全院共有 179 名辐射工作人员，医院为每一名辐射工作人员配备了个人剂量计，委托了四川蓝瑞鑫卫生检测技术有限公司进行个人剂量检测，医院提供了由检测单位统计的全院 2024 年度连续四个季度个人剂量统计报告，全院辐射工作人员年最大辐射剂量为 0.309mSv ，不存在个人剂量单季度超过 1.25mSv ，年最大剂量超过 5.0mSv 管理约束值的情况。

(5) 医院现有辐射工作人员 179 人，其中 50 名辐射工作人员通过了生态环境主管

部门组织的考核，取得了辐射安全与防护考核成绩合格单；使用Ⅲ类射线装置的108名辐射工作人员通过了医院自主组织的辐射安全与防护考核。

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》、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》的相关规定，对于仅从事Ⅲ类射线装置活动的辐射工作人员和管理人员，医院应尽快组织其参加培训和考核，并将考核记录存档，考核通过才能上岗；对于从事Ⅱ射线装置、其他辐射源及装置活动的辐射工作人员及管理人员应尽快在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fjnshe.mee.gov.cn>）学习辐射安全与防护知识并通过考核，考核成绩有效期为五年，到期前应再次通过考核。

（6）医院具有污水处理站、指定的垃圾集中收集点和衰变池等环境设施。医院医疗废水和生活污水经过医院现有污水处理站预处理后，达标排放到市政污水管网，进入内江市城市污水处理厂处理；生活垃圾通过集中收集后，统一由环卫拖运到指定的地方进行集中处理，医疗废弃物由有资质的单位进行回收处理；衰变池废水经过衰变处理后，排入医院现有的污水处理站进行处理。

5、辐射管理规章制度管理情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，医院已成立了放射卫生与辐射安全领导小组机构，并制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《放射源与射线装置台账管理制度》、《场所分区管理规定》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故处理、应急处置规章制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。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，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，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。医院应本次项目内容补充完善，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。

6、小结

综上所述，医院在落实上述要求后，本项目所在医院无环境遗留问题。



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
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹¹ Bq/3.7×10 ¹¹ Bq×1	III类	使用	用于后装 机治疗	迁建后的后装机房内	密封放置在后装机内	搬迁
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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 (MeV)	额定电流 (mA)/剂量 (Gy/h)	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、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (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
针筒、棉签、服药杯、纸巾手套、滤芯等	固态	^{131}I 、 ^{89}Sr	—	—	—	—	在放射性废物库内暂存，直至达到清洁解控水平	按普通医疗废物处理
患者产生的废水、去污废水	液态	^{131}I 、 ^{89}Sr	—	—	—	—	在衰变池内衰变，直至达到清洁解控水平	排入医院污水处理站
废活性炭	固态	^{131}I 、 ^{89}Sr	—	—	—	—	在放射性废物库内暂存，直至达到清洁解控水平	按普通医疗废物处理
衰变池底泥	固态	^{131}I 、 ^{89}Sr	—	—	—	—	衰变池底部	经监测，达到清洁解控水平后，按普通医疗废物处理
排风管道、放射性废水管道	固态	^{131}I	—	—	—	—	放射性废物暂存间	经监测，达到清洁解控水平后，按一般固体废物处理
退役 ^{192}Ir 放射源	固态	^{192}Ir	—	—	—	—	无（放射源服务器满退役或更换放射源时才会产生）	厂家回收
臭氧	气态	—	—	—	少量	—	不暂存	通过排风系统排入外环境
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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，年排放总量为 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》(中华人民共和国主席令第九号, 2014 年4月24日修订); (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第二十四号, 2018年12月29日修正); (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号, 2003年10月1日起施行); (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订); (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第449号令, 2005年12月1日起实施, 2019年3月2日第二次修订); (6) 《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日起施行); (7) 《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号第四次修订, 自2021年1月4日起施行); (8) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第682号, 2017年10月1日实施); (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(生态环境部令第16号, 2021年1月1日起施行); (10) 《放射性废物安全管理条例》(中华人民共和国国务院令第612号, 2012年3月1日起施行); (11) 《放射源分类办法》(国家环保总局公告 2005 年第 62 号, 2015 年 12 月 23 日起施行); (12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行)。
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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);

技术标准	(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (6) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； (7) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； (8) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； (9) 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； (10) 《表面污染测定第一部分：β发射体($E_{\beta\max}$ 0.15MeV)和α发射体》(GB/T14056.1-2008)； (10) 《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-1989）； (11) 《关于发布<放射性废物分类>的公告》（原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告2017年第65号）； (12) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98—2020）； (13) 《核技术利用设施退役》（HAD401/14-2021）； (14) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； (15) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014）； (16) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； (17) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）； (18) 《密封放射源及密封伽马源容器放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）； (19) 《医用电气设备 第 2-11 部分：γ射束治疗设备的基本安全和基本性能专用要求》（GB 9706.211-2020）。
其他	(1) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））； (2) 《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）； (3) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）； (4) 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、

	国防科工局公告，公告 2017 年第 65 号，自 2018 年 1 月 1 日起施行； （5）《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，2024 年 2 月 1 日起施行）； （6）医院第四住院楼二层核医学科原有环评批复及验收文件； （7）本项目辐射环境现状检测报告； （8）本项目环境影响评价的委托书； （9）建设单位提供的与本项目相关的其他技术资料。
--	--

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，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定本项目评价范围分别为第四住院楼二层核医学科和后装机迁建场址辐射工作场所建筑实体为边界，50m 范围内区域作为评价范围。

保护目标

本项目涉及第四住院楼二层核医学科工作场所退役和第四住院楼一层后装机房迁建两个部分。

一、第四住院楼二层核医学科工作场所退役

第四住院楼二层核医学科退役评价范围为该场所内及建筑实体边界外 50m 的区域。退役时，核医学科周围主要是核医学科辐射工作人员、退役工作实施人员及周围停留的公众。结合本项目特点，保护目标为第四住院楼二层核医学科辐射工作场所内，X-γ辐射剂量率超过 2.5μSv/h，β表面污染水平超过国家标准限值（控制区 40Bq/cm²，监督区 4Bq/cm²）的区域内的相关人员。

根据辐射工作场所辐射环境现状监测报告可知，医院第四住院楼二层核医学科非密封放射性物质工作场所 X-γ辐射剂量率均属于正常天然本底辐射水平；β表面污染水平监测数据均低于探测下限，满足“β表面污染解控水平为 0.8Bq/cm²”的要求，已能够满足无限制开发使用的要求。

因此，核医学科退役工作场所评价范围内，无保护目标。

二、第四住院楼一层后装机房退役及迁建

第四住院楼一层后装机房退役后，已达到无限制开发使用条件，周围不再有保护目标。后装机房迁建至直线加速器新机房综合楼北外侧后，评价范围为后装机房内及机房建筑实体外 50m 的范围内，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围公众，

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，本次评价选取距离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 后装机房迁建后环境保护目标一览表

位置	方位	与辐射源最近距离(m)		人流量 (人次/d)	照射类型	剂量约束 值 (mSv/a)
		水平	垂直			
后装机房内摆位人员	机房内	1.0	/	2	职业照射	5.0
控制室技师	东侧	6.8	/	2	职业照射	5.0
堡坎上方地面停车场	东侧	13.5	6	约 500	公众照射	0.1
后装机房外大厅人员	东侧	6.5	/	约 50	公众照射	0.1
主任、医生办公室工作人员	南侧	10	/	约 40	公众照射	0.1
直线加速器新机房综合楼内其他 公众	南侧	3.5	/	约 300	公众照射	0.1
行政办公楼内公众	南侧	42	/	约 500	公众照射	0.1
室外空地处的公众	北侧	4.5	/	约 30	公众照射	0.1
堡坎上方空地公众	北侧	17	6	约 200	公众照射	0.1
院内道路上的公众	西侧	4.0	/	约 500	公众照射	0.1
第五住院大楼内的公众	西侧	19	/	约 1000	公众照射	0.1
内江市第二人民医院家属院公众	北侧	48	6	约 400	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量及污染物排放的执行标准

1、环境质量控制标准

环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准；
声环境质量执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声功能区环境
噪声限值。

2、污染物排放标准

大气污染物：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准；
水污染物：《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理排放标准；
噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中不同

施工阶段噪声限值；营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准；

固废：一般非放射性固体废物执行《四川省固体废物污染环境防治条例》；医疗废物执行医疗废物处理处置污染控制标准（GB39707-2020）；放射性固体废物执行《核技术利用放射性废物最小化》（核安全导则 HAD401/11-2020）、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）。

二、电离辐射剂量限值和剂量约束值

（1）电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

（2）职业照射：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，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。

（3）公众照射：第 B1.2.1 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。

（4）根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合如下要求：①一般情况，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a；②公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

三、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

1、后装机房：后装机工作场所边界周围剂量率控制水平根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）有关规定，治疗机房墙和入口门外、机房顶部关注点周围剂量当量率参考控制水平不大于 6.1.4 中 a）、b）、c）所确定的周围剂量当量率参考控制水平：

a）治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1）和 2）所确定的剂量率参考控制水平 H_c ：

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平(H)求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$, d($\mu\text{Sv/h}$):机房外辐射工作人员: $\dot{H}_c < 100 \mu\text{Sv/周}$;机房外非辐射工作人员: $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$, max($\mu\text{Sv/h}$): 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所: $\dot{H}_c, \text{max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$;人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所: $\dot{H}_c, \text{max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250 \mu\text{Sv}$ 加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

2、后装机机房工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等有关规定，本项目后装机机房屏蔽体外30cm处剂量控制水平为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

四、辐射剂量率水平控制值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）4.2.5条解控的要求，结合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），确定退役的核医学科非密封放射性物质工作场和原有后装机房内任何可达位置、物品、放射性固体废物等表面的周围剂量当量率达到所处环境本底水平，即达到清洁解控水平。

五、表面污染控制值

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五十分之一以下时，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”。因此，本次退役的非密封放射性物质工作场所表面污染的控制水平为 0.8Bq/cm^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	4×10
	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
-------------	---	-----

综上所述，本项目的建筑物（如墙壁、地面等）、设备、材料表面污染水平低于0.8Bq/cm²时，可作为普通物品使用。

六、清洁解控要求

（1）放射性核素豁免水平

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
¹³¹ I	1E+02	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”。

（2）放射性废物清洁解控要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天、所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍、所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β表面污染小于 0.8Bq/cm² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

七、臭氧及排风

根据《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）本项目室内臭氧须符合最高允许浓度0.16mg/m³的要求；根据《环境空气质量标准》（GB3095—2012）本项目室外臭氧小时平均浓度须符合二级标准（0.20mg/m³）的要求。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求，加速器机房内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置；进风口应设在机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

1、第四住院楼二层核医学科

内江市第二人民医院位于四川省内江市东兴区新江路 470 号，第四住院楼位于医院用地范围中部。在第四住院楼二层核医学科周围 50m 范围内，西北侧连廊外 4m 处为直线加速器新机房综合楼；西侧约 12m 处为行政办公楼；南侧药剂科、技术供应区所在楼与核医学科所在区域最近距离约 20m。

经现场勘查，目前第四住院楼二层核医学科工作场所为空置，暂未对运营期配置的相关仪器设备、设施等进行搬迁。在该工作场所内，办公桌面、电脑及监控设施、空调及电风扇、离心机、放免分析等仪器设备及办公生活设施均未处理，有一定放射性固体废物在存，衰变池内已无放射性废水，工作场所地面、墙面、工作台面、患者厕所等基础设施均未拆除，防护门、手套箱、通风橱、排风管道、铅质分源室（柜）、核素暂存柜等暂未拆除，若干铅屏风、铅砖、铅罐、铅衣、办公桌椅以及其他包装废物等暂未处置。

2、后装机房迁建

本项目后装机房拟迁建址于医院直线加速器新机房综合楼北外侧，拟建后装机房为地面单层建筑。在评价范围内，后装机房东侧紧邻控制室和候诊大厅，约15m~50m为堡坎和停车场；北侧约7m~50m为堡坎，约45m~50m为内江市第二人民医院家属院；南侧约0.8m~42m为直线加速器新机房综合楼，42m~50m为空地；西南侧约37m~50m为行政办公楼；西侧约15m~50m为第五住院楼。

二、辐射环境现状监测及评价

1、现状评价对象及监测因子

本项目涉及了医院第四住院楼二层乙级、丙级非密封放射性物质工作场所和迁建的后装机房，在退役实施过程和新机房建设中，对环境空气、地表水质量、声环境影响均较小，核医学科工作场所退役完成后对环境几乎无影响，后装机房投运后主要对

环境的影响为 γ 射线。因此，本项目主要环境影响为第四住院楼二层核医学科工作场所的辐射环境和迁建后的后装机房出源过程中产生的 γ 射线。为掌握第四住院楼二层核医学科在退役前和后装机房建设前的辐射环境现状水平，委托了四川省永坤环境监测有限公司分别对第四住院楼二层核医学科辐射工作场所和场所内的设备、物品等表面的 γ 辐射剂量率、 β 表面污染水平监测，后装机房迁建场址及周围关注点处开展了 γ 辐射剂量率水平监测；委托了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)对衰变池内底泥中总 β 、I-131 质量活度进行了检测。

2、监测方法及监测仪器

其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
γ 辐射剂量率	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范	HJ 1157-2021
	辐射环境监测技术规范	HJ 61-2021
β 表面污染	表面污染测定第一部分 β 发射体（最大 β 能量大于 0.15MeV）和 α 发射体	GB/T14056.1-2008
总 β	水质总 β 放射性的测定厚源法	HJ 899-2017
I-131	环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法	GB/T 16145-2022

3、质量保证

从事监测的两公司均通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的校准合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

（1）计量认证

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司、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），均具备检验检测能力。四川省永坤环境监测有限公司于 2024 年 3 月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证，证书编号为：242312051074，有效期至 2030 年 3 月 12 日；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)取得了中国国家认证认可监督管理委员会颁发的检验检测机构资质认定证书,编号为 220020341133,有效期至 2028 年 07 月 31 日

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化;②计量器具的标准化;③计量器具、仪器设备的校准。

(3) 记录与报告

①数据记录制度;②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训,考核合格持证上岗。

4、监测布点原则及监测点布置

核医学科在正常运行时,主要对环境影响的污染因子为 γ 辐射剂量率、 β 表面污染,因此,对 γ 辐射剂量率、 β 表面污染进行了监测。根据现场实际情况,监测点位主要包括非密封放射性物质工作场所内各功能用房、相关设备设施及用品、评价范围内附近的建筑等。

原后装治疗室可能存在放射源遗留、放射源活化贮源器等情况,主要污染因子为 γ 辐射剂量率、 β 表面污染。根据现场情况,监测点位包含了贮源器周围、后装治疗室内及周围。迁建的后装机房投用后,主要环境影响因子为放射源衰变时产生的 γ 射线,在评价范围内最近的各关注点处开展了环境 X- γ 辐射剂量率监测。

5、监测点位代表性、合理性分析

因第四住院楼二层核医学科的衰变池内无放射性废水、排水管道埋于地下。因此,未对放射性废水和排水管道内壁进行监测。本次对第四住院楼二层核医学科辐射工作场所和设备、用品表面的 γ 辐射剂量率共计布设了 41 个监测点位、80 个 β 表面污染监测点(含衰变池内底泥)。其中 γ 射线监测范围包含了核医学科可能存在污染的所有非密封放射性物质工作场所、场所内的物品及场所边界等, β 表面污染监测点位涵盖了本项目所有的工作场所地面、四周墙面和相关设备设施及用品,本次监测均采用巡测的方式进行。

在原后装治疗室后装机贮源器、治疗室内及周围布设了监测点,14 个 γ 辐射剂量率和 β 表面污染监测点;在后装机房拟建场址和周围最近的保护目标处进行了布点监测,共布设了 7 个 X- γ 辐射剂量率监测点位,其中拟建后装机房处布设 1 个,4 个最近的保护目标所在建筑,2 个其他监测点位。

本项目各监测布点涵盖了辐射工作场所范围内和距离最近的保护目标及关注点处，根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，能够科学的反映该工作场所的辐射环境现状，点位布设符合技术规范要求。

6、监测结果及评价

（1）第四住院楼二层核医学科工作场所内及周围

根据监测结果，医院第四住院楼二层核医学科工作场所及周围 X- γ 辐射剂量率（未扣除环境本底）为 97nGy/h~111nGy/h，与四川省生态环境厅发布《2023 年四川省生态环境状况公报》中 2023 年全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图范围（ ≤ 160 nGy）基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

②表面污染

根据监测结果，医院第四住院楼二层核医学科所 β 表面污染水平监测数据均低于探测下限，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“表面污染控制水平”的规定，可当作普通物品使用，即满足“ β 表面污染解控水平为 0.8Bq/cm²”的要求。

③衰变池底泥

根据监测报告可知，底泥样本检测数据中，总 β 检测结果为 4.53×10^2 Bq/kg，远低于 GB18871 中规定的放射性核素 Sr-89 的豁免活度（ 1×10^6 Bq/kg），碘-131 检测结果为 7.98×10^{-1} Bq/kg，远低于 GB18871 中规定的放射性核素碘-131 的豁免活度（ 1×10^5 Bq/kg）。因此，本项目衰变池内底泥中放射性活度浓度已远低于豁免活度浓度水平，已满足申报豁免的条件。

（2）原后装机房内及周围

根据监测报告可知， β 表面污染水平均低于 3.8×10^{-2} Bq/cm²，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“表面污染控制水平”的规定，可当作普通物品使用，即满足“ β 表面污染解控水平为 0.8Bq/cm²”的要求。后装机贮源器周围、后装治疗室内及周围关注点处 X- γ 辐射剂量率为 102nGy/h~110nGy/h，与四川省生态环境厅发布《2023 年四川省生态环境状况公报》中 2023 年全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图范围（ ≤ 160 nGy）基本一致，属于正常天然辐射水平。因此，后装机房内及周围关注点监测结果满足标准限值要求的，不

存在放射性污染。

(3) 后装机房迁建区域及周围

根据监测报告，本项目后装机房拟建址 X- γ 辐射剂量率为 93nGy/h~99nGy/h，与四川省生态环境厅发布《2023 年四川省生态环境状况公报》中 2023 年全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图范围 ($\leq 160\text{nGy/h}$) 基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

本项目主要包含第四住院楼二层核医学科工作场所退役和后装机房迁建两个部分，本次评价对其进行分别分析。

一、第四住院楼二层核医学科工作场所退役

(一) 退役过程概述

根据《核技术利用设施退役》（核安全导则 HAD 401/14-2021），本项目退役工艺流程如下：

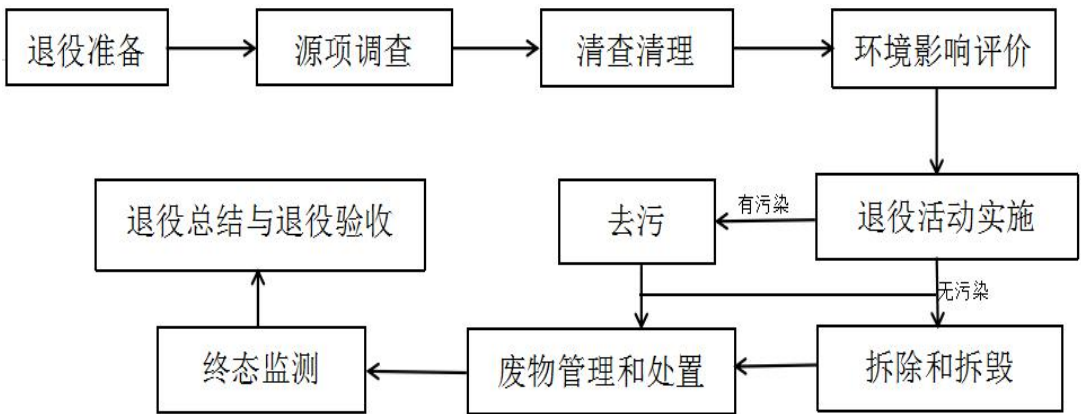


图 9-1 本项目退役工艺流程图

根据工艺流程图，本项目工作场所退役过程概述如下：

- ①退役前的准备，建立退役组织机构，明确分工，收集退役工作场所环境影响评价、竣工环境保护验收、运行期间的相关资料及记录等
- ②开展源项调查，确定放射性物质的存量和分布，清查清理设施内积存的物项；
- ③编制必要的退役工艺程序文件，委托有能力的单位拟退役场所开展环境影响评价；
- ④配备退役实施必需的防护用品、工器具和材料等，以及退役实施的费用；
- ⑤结合环境影响评价文件及批复文件的要求实施退役，并做好退役活动过程中的监测，如果存在污染则应进行去污处理后才能实施拆除和拆毁，如果不存在污染则对相关设备设施等进行拆除和拆毁；
- ⑥按照环评文件和批复的要求，妥善管理和处置各类固体废物；
- ⑦委托有资质的机构对拟退役场所开展终态验收监测；

⑧对退役过程进行总结，并组织开展自主验收。

（二）退役深度要求

- 1、退役辐射工作场所内的放射性废物全部进行妥善处理；
- 2、退役辐射工作场所内相关仪器设备、办公生活设施、材料再利用满足相关的控制标准（工作场所中的相关物品表面污染解控水平为 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ）；
- 3、退役辐射工作场所恢复正常的环境本底水平，达到无限制开放使用的程度。

（三）退役总体原则

由于第四住院楼二层核医学科使用的非密封放射性物质半衰期均较短，如果存在放射性污染，采取房门紧闭的封存、放置衰变的方法，使退役场所用房、设备和用品等残留的放射性核素自然衰变殆尽，最终达到无限制开放使用的要求。

（四）污染源源项

本项目为核医学科工作场所退役，经过现场踏勘，结合现场监测情况，项目主要污染物源项为放射性工作场所、工作场所内的仪器设备、办公生活设施、材料及放射性“三废”。

1、放射性工作场所

第四住院楼二层核医学科非密封放射性物质工作场所内主要可能污染的关注点为墙体、地面、工作台、清洗池、衰变池等。根据监测报告得知，第四住院楼二层核医学科内所有的放射工作场所内的关注点表面X- γ 辐射剂量率与全省正常天然本底辐射水平基本一致，已达到清洁解控水平； β 表面污染水平监测数据均低于探测下限，因此，本项目拟退役的乙级非密封放射性物质工作场所无需再进行进一步的清洗去污处理，即已能够满足无限制开发使用的要求。

2、放射性工作场所内的设施用品

内江市第二人民医院第四住院楼二层核医学科配套使用设施用品主要为防护门、铅防护屏、铅分装柜、铅废物桶、排风管道、 ^{125}I 粒子保险柜、铅砖、铅玻璃、铅罐、铅衣、办公桌椅、电脑、患者座椅、仪器设备等。根据监测报告得知，第四住院楼二层核医学科内各关注的设施用品表面 X- γ 辐射剂量率与全省正常天然本底辐射水平基本一致，已达到清洁解控水平； β 表面污染水平监测数据均低于探测下限，因此，本项目拟退役的乙级非密封放射性物质工作场所内的设施用品无需再进行进一步的清

洗去污处理，可以直接作为普通用品进行处置。

3、放射性“三废”

(1) 放射性废水

第四住院楼二层核医学科产生的放射性废水主要包括：辐射工作场所清洗水和给药后患者上卫生间产生的冲洗水。本项目区域未设住院病房，转移性骨痛患者受药后就离开医院，不进行留观，衰变池中不会有放射性核素Sr-89；甲亢患者短暂留观后就离开医院，甲吸患者服药量较少，仅在规定的时段才到核医学科进行检测，检测后随即便离开医院，所以患者产生的含 ^{131}I 核素的放射性废水进入放射性废水管道和衰变池的极少。第四住院楼二层核医学科设有独立专用的排水管道，设有患者专用卫生间，放射性废水统一排放入衰变池内，采用三级衰变，由3格水池组成，单格容积约 43.56m^3 ，放射性废水在衰变池内待其衰变到清洁解控水平后，按普通废水排入医院污水处理站。

据现场踏勘，第四住院楼二层核医学科设置的衰变池位于第四住院楼与后山岩体之间的巷道内，衰变池内无放射性废水存集。

(2) 放射性固体废物



第四住院楼二层核医学科产生的放射性固体废物主要有：棉签、服药杯、纸巾、手套、衰变池内底泥、排风管道、排水管道等。

经现场勘查，第四住院楼二层核医学科放射性固体废物约10kg，废活性炭包1个，共约4kg， β 表面污染水平低于检测下限；衰变池内共有约1.0m³底泥。放射性固体废物主要为少量服药纸杯、棉签、纸巾、针筒等，经现场监测已经达到清洁解控水平，医院应将其分类收集作为医疗废物进行处理；因第四住院楼二层核医学科于2024年8月全面停用，废活性炭、衰变池底泥等均已超过所含核素（不含Sr-89）最长半衰期的10倍。根据底泥检测结果可知，所含放射性核素均已达到豁免水平，已达到清洁解控条件。

（3）放射性废气

第四住院楼二层核医学科放射性废气主要来自药物分装操作时，挥发产生的气溶胶，第四住院楼二层核医学科设有2个通风橱，1个自动分药柜，通风橱通过排风管道引至室外。排风管道内安装有废活性炭，因第四住院楼二层核医学科放射性药物仅为简单的分装操作，产生的放射性废气量很小，经废活性炭过滤后，极少量的废气排入大气，对外环境的影响很小。第四住院楼二层核医学科停止使用放射性药物后，不再有放射性废气产生。

根据监测报告，废活性炭已达到清洁解控水平，可作为普通危险废物，交由有资质的单位收运处理。

（五）退役方案概述

建设单位在决定退役后，编制了退役方案，方案主要内容如下：

1、退役工作组织

本次退役工作在医院“放射卫生与辐射安全领导小组”的领导下，总务科统筹安排，指派专人负责退役工作的开展，由核医学科和第三方搬迁单位共同实施。

2、退役时间阶段安排

①退役准备阶段，时间1个月。确立退役领导组织机构，委托有能力的单位开展源项调查和辐射环境现状检测，据此制定退役计划和方案，并委托编制环境影响评价文件。分类规划整理退役设施及物品，封存放射性废物，开展第四住院楼二层核医学科整体表面污染清洁工作。

②退役实施阶段，时间半个月。按照退役计划，制定详细的搬运计划，整理需要搬运的仪器设备、办公生活设施、辐射防护等相关物品，记录待搬运物品的数量，并

对拟搬运的物品进行封存，统筹规划拟放置的位置；对场所内的物品、拆除的排风及排水管道内壁、活性炭滤芯等进行检测，确定清洁解控后作为普通固体废物进行处理。

③退役验收阶段，时间半个月。委托有资质的单位进行退役工作场所、遗留物品及封存的物品解控验收检测，满足无限制开放使用的标准要求后，向主管部门提出场所退役验收申请，经审批后，清理遗留物品。

3、设施或物品处置

本次退役拟将第四住院楼二层核医学科内的墙体、地面、工作台、清洗池和卫生洁具等设施使其清洁解控；第四住院楼二层核医学科场所内配套使用的仪器设备、办公生活设施及相关用品，如防护门、铅防护屏、铅自动分装柜、铅废物桶、¹²⁵I粒子保险柜、铅砖、铅玻璃、铅罐、铅衣、办公桌椅、柜子、电脑、空调、电扇、仪器设备、患者座椅等得到妥善处理。

4、搬运工作实施

(1) 搬运前准备

①医院总务科制定详细的搬运计划，提前对第三方搬运服务单位进行招标，核医学科负责组织对搬运物品进行整理、归类，指定人员清点并记录需搬运的物品名称和数量。

②总务科提前设定好搬运线路，并在搬运实施前提前划出警戒线进行隔离，为保障搬运工作顺利进行，选择在人员较少的时间段进行。

③核医学科安排专人配合搬运工作，将搬运物品与搬运人员一一对应，确保搬运时有序行动，迅速实施完成。

④安排专人对拟搬运的物品进行再次监测，并做好记录。

④核医学科人员提前考虑好各类物品的处置方案，按照“点对点”的原则，尽量一次性搬到位，避免反复搬运。

(2) 搬运过程中

①由医院放射卫生与辐射安全管理领导小组组长负责指挥，核医学科和总务科组织人员实施搬运，总务科派专人协调、配合，确保整个过程顺利、高效完成。

②废物转运桶为现有场所主要废弃物，经监测已达到清洁解控水平，可作为一般固体废弃物进行处理。

③总务科负责对搬运路线进行严格控制，沿途安排专人对全过程监督。

④搬运人员应穿戴个人防护用具（工作服，一次性帽子、口罩、鞋套、手套等），在搬运废物桶、手套箱、分装柜等物品时，指定人员还需穿戴防护服、防护手套，佩戴个人剂量报警仪，一旦发现异常，立即停止搬运，直至问题解除。

（3）搬运结束后

①核医学科指定负责人对搬运物品和数量进行一一核对。

②对第四住院楼二层核医学科进行封闭，设置警示标识，提醒无关人员勿入。

（4）场所设施拆除

①在场所内相关物品搬离后，应对对场所隐蔽设施（排水管道等）、隐藏部位（原设备设施等占用位置）关键部位进行X-γ辐射剂量率、表面污染布点监测。

②因隐蔽设施埋于地面以下或管道比监测仪器探测窗口小，无法直接进行测量，应先将其拆除后再进行监测。

③管道检测位置应重点关注弯曲（回弯、拐弯）处，可采用间接监测的方法进行，如通过擦拭一定面积的管道内壁，再使用监测仪器对表面擦拭物进行检测。

④对隐藏部位监测应在设备设施等占用物搬离/拆除后，再采用直接检测法进行检测。

5、退役验收检测

退役实施完成之后，委托有资质的单位对退役场所内及遗留物品进行表面污染和空气吸收剂量率水平进行检测，确认满足清洁解控要求，并经主管部门批准该场所可无限限制开发利用后，可对第四住院楼二层核医学科用房及相应设施拆除。经过监测，排风、排水管道内壁等达到表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的清洁解控限值，空气吸收剂量率达到周围环境本底水平，即可按照退役方案处置相关固体废物。

根据建设单位编制的退役方案，本次退役有领导负责，医院内有具体部门实施，搬运过程安全可靠。因此，本评价认为，建设单位严格落实本方案后，污染源能够得到有效控制。

（六）辐射安全事故

第四住院楼二层核医学科已全面停止放射性同位素的使用，通过对第四住院楼二层核医学科进行检测可知，该退役场所已满足清洁解控要求，可直接作为非放射性工作场所无限限制开放使用，因此，本项目第四住院楼二层核医学科在退役过程中不会发

生辐射安全事故。

二、后装机房迁建

（一）施工期污染源项分析

医院拟在直线加速器新机房综合楼北外侧新建 1 间后装机房及其配套用房，建成后从医院第四住院楼一层原后装机房搬迁 1 台 ^{192}Ir 后装机至新建机房内。目前，后装机房及辅助用房暂未开工建设，迁建后的新后装机房建设施工过程中会产生一定的扬尘、噪声、固体废物、以及施工人员产生的生活垃圾和生活废水。施工期工艺流程及污染物产生环节见图 9-2。

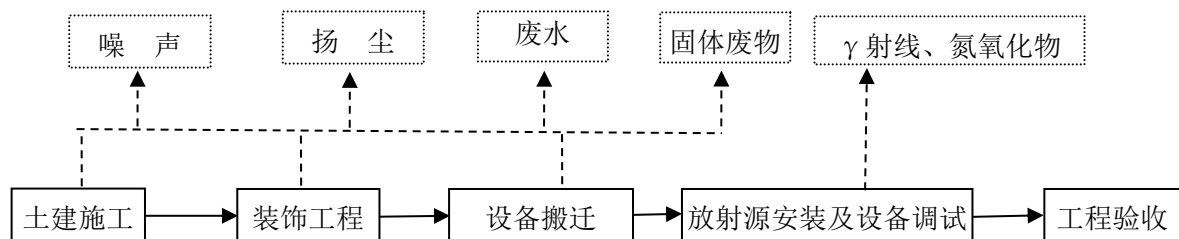


图 9-2 施工期工艺流程及污染物产生环节图

1、施工期主要污染源处理措施

（1）扬尘

1) 施工期现场大气污染源分析

本项目属于新建工程，涉及到土方施工，在土方施工过程中会破坏地表结构，造成地面扬尘，在装修过程中也会产生扬尘，其扬尘量的大小与施工现场条件、管理水平、机械化程度及施工季节等诸多因素有关，是一个复杂、较难定量的问题。施工现场扬尘的主要来源：

- ①土方挖掘及现场堆放扬尘；
- ②建筑材料的现场搬运及堆放扬尘。
- ③施工垃圾的清理及堆放扬尘。
- ④房屋装修过程中产生的扬尘。
- ⑤人、车来往造成的现场道路扬尘。

2) 施工场地扬尘防治措施

①施工前须制定控制工地扬尘方案，施工期间接受城管部门的监督检查，采取有效防尘措施。

②施工工艺要求：施工场地在非雨天时适时洒水，最大程度地减少粉尘污染。

③风速四级以上易产生扬尘时，建议施工单位应暂停土方开挖，采取覆盖堆料、湿润等措施，有效减少扬尘污染。

④及时清运施工废弃物，暂时不能清运的应采取覆盖等措施，工程完毕后及时清理施工场地。

⑤在施工现场周围的彩钢板围墙上方设置喷淋防尘降尘设施。

⑥严格落实大气污染防治措施。施工期，通过加强施工管理，减少施工扬尘对周围环境影响；装修阶段采用绿色环保装修材料，防治装修废气影响。

(2) 噪声

1) 施工期噪声源强分析

本项目施工噪声源主要有挖掘机、材料加工机械、运输车辆等，噪声级可达80~100dB（A），其中土建施工期间噪声级可达100dB（A）。由于施工期场地在医院内部，噪声源位置固定，施工范围小，施工期相对较短，因此在施工期采用彩钢板围墙进行隔音。

①施工准备期

施工准备期内的施工作业主要是进行场地平整、搭建彩钢板围墙，施工噪声源主要有挖掘机、装载机、运输车辆等，噪声可达80dB（A）。

②土建施工期

土建施工期内的施工作业主要是构筑基础等土建工作，施工噪声源主要有各种材料加工机械、运输车辆等，噪声可达100dB（A）。

2) 施工现场采取的噪声污染防治措施

①选用低噪声的机械设备和工法，按规范操作机械设备，尽量减少碰撞噪声，在施工现场装卸建筑材料的，应当采取减轻噪声的作业方式，对工人进行环保方面的教育。尽量少用哨子、钟、笛等指挥作业。在装卸进程中，禁止野蛮作业。

②施工场界搭建高2m的彩钢板围墙，降低施工噪声影响。

③施工单位按照环境噪声污染防治管理法律、法规的规定防止施工噪声污染，噪声排放不得超过国家、省、市建筑施工场界环境噪声排放标准。

④现场加工、绑扎钢筋，场内周转建筑材料，场内切割、加工建筑材料，安装、拆除脚手架、模板等工序应尽量安排在白天，并采取降噪措施，以免对医院内部公

众以及患者造成影响。

⑤严格落实噪声污染防治措施。施工场所紧邻住院大楼，禁止在午休期间和夜间施工，通过合理布局，合理安排施工时间，优化运输路线，文明施工及选用低噪声设备等措施，减轻施工噪声对周围环境的影响。

(3) 废水

本项目建设施工废水经沉淀后循环使用；生活污水经医院已建的污水处理站处理后达标排入市政管网，汇入内江市城市污水处理厂进一步处理达标后排入沱江。

(4) 废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时喷涂等工序产生的废气和装修材料中释放的废气，影响装修人员的身体健康，该废气的排放属无组织排放。因此在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气。因施工量小，装修周期较短，施工期对环境的影响较小。

(5) 固体废物

施工过程中固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾、包装垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。建筑垃圾由施工单位经收集后运送至指定的建筑垃圾堆放点暂存；装修期间和设备安装期间的产生的包装垃圾经过分类收集，能回收利用部分回收处理，不能回收部分，作为建筑垃圾进行处理；生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运。

(二) 设备安装调试阶段工艺分析

根据医院实际情况，后装机房内放射源厂家已对¹⁹²Ir放射源进行回收，在迁建后装机房投用后，再重新购入设计装源活度的¹⁹²Ir放射源，并委托放射源及设备厂家对设备进行装源和调试。

设备安装调试时，会产生γ射线（β射线穿透力很弱，经源罐屏蔽后不会对环境产生明显影响）、少量臭氧和氮氧化物，造成一定的影响。在后装机安装调试过程中，医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，经墙体的屏蔽及距离衰减后，后装机安装调试过程对周围环境的影响是可以接受的。

(三) 运营期

1、后装机工艺流程及产污环节分析

(1) 设备组成

后装机由储源器、施源器、通道和控制台组成。储源器是可容纳一个或多个放射源的容器，当放射源不工作时可提供电离辐射的防护。施源器是将放射源送入预定位置的部件，自带屏蔽防护；通道是在后装机中专供密封放射源或其组件在其运动的轨迹，此管道与储源器和施源器相连接，本项目后装机为单源多通道后装机。

①储源器

可容纳一个或多个放射源的容器，当放射源不工作时，它可提供电离辐射的防护。

②施源器

它是将一个或多个放射源送入预定位置的部件，自带屏蔽防护。施源器的形状、结构设计以及材料选择应适应靶区的解剖特点，保证放射源在其中正常驻留或运动，并按照剂量学原则，形成各种预定的剂量分布，最大限度地防护邻近正常组织和器官。

③通道

专供密封放射源或其组件在其中运动的轨道，此管道与储源器和施源器相连接，其接头衔接严密、牢固，防止放射源冲出或脱落。管道应尽量平滑，具有可允许的最小曲率半径，以保证放射源传输畅通无阻。

④控制台

后装机的控制系统能准确地控制照射条件，可显示放射源的启动、传输、驻留及返回工作储源器的源位，还能显示治疗日期、通道、照射总时间及时间倒计时。控制系统设有安全锁等多重保护和联锁装置，防止意外情况下对患者的误照射。

(2) 后装机工作原理

后装机即近距离放射治疗机，是新一代肿瘤治疗设备，可进行后装放射治疗。它是将密封放射源置于病灶附近，提高局部剂量，利用 γ 射线的生物效应对肿瘤进行治疗的设备。这种方式可用于治疗人体内各种腔道周围的肿瘤，所选取的核素的射线能量较低，并以射线的距离衰减效应减少正常组织的损伤，同时也减少了操作人员接受的辐射剂量。

(3) 治疗流程及产污环节

本项目后装机治疗项目主要用于近距离肿瘤治疗，其主要治疗流程如下：

①病人经医生诊断、治疗正当性判断后，确定需要治疗的患者与放疗科预约登记，以确定模拟定位和治疗时间。

②预约病人首先通过 CT 模拟定位机进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心。定位操作过程类似于 X 射线影像诊断，工作人员隔室操作。

③确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成。

④治疗计划制定后，肿瘤病人进入准备间安装施源器，完成后进入机房，技师实施摆位，依据计划在治疗床上进行连接施源器，该过程在治疗机房内完成。

⑤技术人员进入控制室，确定所有安全措施到位后，启动治疗机进行照射。

⑥照射完毕后，放射源返回后装机贮源装置，技术人员协助病人离开机房，为下次照射做准备。

本项目后装机贮源装置安装在机房内，驱动装置控制系统安装在控制室内，在对病人进行治疗时由辐射工作人员在控制室隔室操作。本项目后装机每年最多使用 3 枚 ^{192}Ir 放射源， ^{92}Ir 放射源的半衰期为 74.0d，衰变过程会发出的 β 、 γ 射线，当放射源衰变至其活度不能满足放射治疗需要时，将更换放射源，从而产生退役后的废放射源。

后装机的治疗过程及其产污环节见图 9-4。

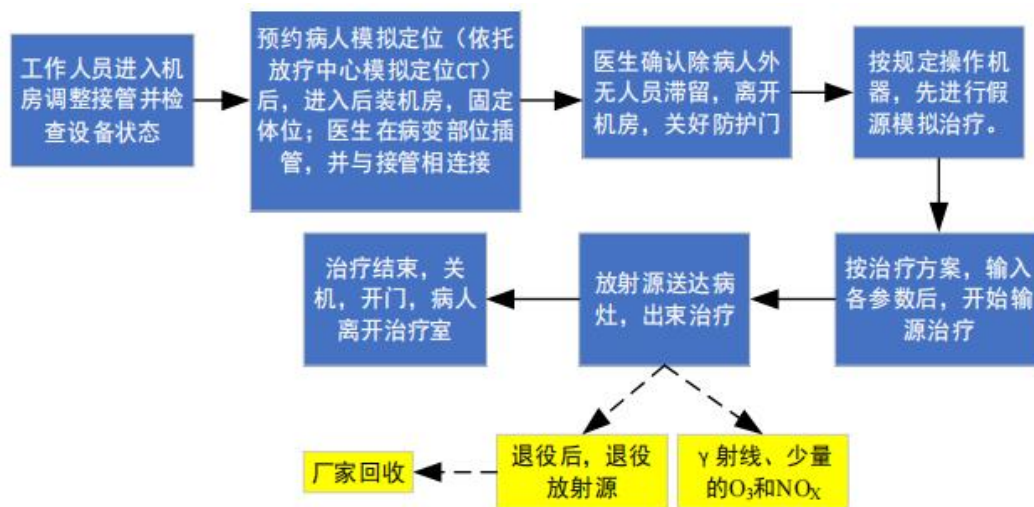


图 9-4 后装机治疗工艺流程及产污环节图

（4）后装机换源过程介绍

根据放射源出厂活度，本项目后装机每半年需要更换一次放射源。废旧放射源由供源单位回收处理，不在医院暂存，医院仅负责日常安全使用及管理。后装机换源时医院需制定周密的计划，并且报相关部门备案。

换源流程具体如下：供源单位专业换源工作人员先行将专用的贮源器（专用贮源

器的屏蔽能力与后装机未出源时的屏蔽能力基本一致)与后装机输源管连接,然后退出机房,关闭防护门,通过电脑控制其出源,源进入专用的贮源器后,待回收;然后换源工作人员将含有新源的专用贮源器上一根长约 1m 的钢丝连接到后装机(钢丝的另一端即为新源),然后退出机房,关闭防护门,通过电脑控制将钢丝连同新源一起进入后装机,完成一次换源工作,废源由供源单位回收处理,不在医院内暂存。

(5) 医护人员和病人路径分析

患者路径:预约病人经直线加速器新机房综合楼门厅出入口进入放疗科,先通过模拟定位室内的模拟定位机进行肿瘤定位,随后等待工作人员叫号后向北沿走廊直行通过楼梯间至后装机房东侧防护门,通过防护门进入后装机房内接受治疗,治疗结束后原路返回。

医生路径:本项目辐射工作人员由直线加速器新机房综合楼放疗科出入口进入,后装机控制室位于机房东侧,辐射工作人员经由机房东侧入口处进入后装机机房,对患者进行摆位等治疗准备后离开机房,在控制室内对后装机设备进行隔室操作。

(6) 污染因子

本项目后装机运行期间主要污染因子为 γ 射线、 β 射线及治疗过程中产生的少量臭氧和退役后的废放射源。

污染源项描述

一、施工期污染源

核医学科退役不涉及施工期,因此施工期仅考虑后装机放迁建部分。

1、废水

施工期产生的废水主要为施工废水和施工人员产生的生活污水。

2、废气

施工期的产生的废气主要为扬尘,为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自墙体改造及装修扬尘、建筑材料(包括水泥、沙子等)搬运扬尘、运输车辆引起的二次扬尘等。

3、固体废物

施工期产生的固体废物主要为施工人员的生活垃圾和废弃的各种建筑装饰材料

等建筑垃圾。

4、噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

二、运行期污染源

核医学科退役后，不再开展核医学科相关业务。因此，运营期仅考虑后装机放迁建部分。

1、辐射污染因子

(1) 废旧放射源

第四住院楼一层后装机房内的放射源已由厂家进行回收，目前后装治疗室后装机内中已无放射源。

随着核素的自然衰变， ^{192}Ir 放射源的活度不断降低，当 ^{192}Ir 放射源使用到一定时间后，会产生退役的 ^{192}Ir 放射源，退役 ^{192}Ir 放射源由原厂家回收处置，不在医院内暂存。

(2) 原后装机房

在原后装机房内放射源厂家回收后，四川省永坤环境监测有限公司对该场所开展了后装机房退役辐射环境现状补充监测。根据监测报告，场所内无污染，已满足无限制开放条件。

(3) 外照射

后装机内 ^{192}Ir 放射源主要发生 γ 射线和 β 射线，因 β 射线能量较低，射程较近，对周围环境和保护目标的影响主要为 γ 射线。

2、非辐射污染因子

(1) 废气

在后装机内装源期间， ^{192}Ir 后装机房内的空气在电离辐射作用下产生臭氧及氮氧化物等有害气体。

(2) 废水

后装机治疗运营过程中产生的废水主要为工作人员和患者产生的生活污水。

(3) 固体废物

本项目工作人员工作中会产生的少量的生活垃圾和办公垃圾。

(4) 噪声

本项目噪声源为后装机房通排风装置，该装置采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

本项目包含核医学科工作场所退役和后装机房迁建两个部分，根据项目特点，分别对本项目辐射工作场所分区管控和拟采取的辐射防护措施进行概述。

一、平面布局及合理性分析

1、第四住院楼二层核医学科平面布局

第四住院楼二层核医学科为已有建筑，已经投运二十余年，具有良好的屏蔽，根据现场踏勘，场所内已无放射性药品和放射源，在退役过程中对周围公众影响较小。

医院第四住院楼位于医院用地范围中部，在第四住院楼二层内，医患通道将第四住院楼二层分为东、西两个部分。在第四住院楼二层东侧，自南向北依次为值班室、库房、医生办公室、化学发光放免分析室、治疗检查室、多功能室、放疗科办公室（2间），其中仅化学发光放免分析室、治疗检查室、多功能室涉及放射性核素；在第四住院楼二层西侧，自南向北依次为值班室（含休息室）、医生值班室、主任办公室、放免分析室、离心室、清洗室（含卫生间）、放射源库（含配药室、活性室/治疗室、 ^{125}I 分药储源室、放射性废处理室），其中放免分析室、离心室、清洗室（含卫生间）、放射源库涉及放射性同位素；地埋放射性废水衰变池位于第四住院楼外东南侧。

2、后装机房区域平面布局及合理性分析

医院拟迁建的后装机房为地面单层建筑（高约 4.8m，无地下室），并与直线加速器新机房综合楼一层相互联通。在评价范围内，后装机房东侧墙体外 50m 范围内由近及远依次为控制室及候诊大厅、室外空地、堡坎和停车场；南侧 50m 范围内依次为直线加速器新机房综合楼内的电梯及楼梯间、医生办公区及卫生间、模拟定位控制室、模拟定位室、直线加速器机房及其他辅助用房（缓冲间、控制室、辅助机房、配电间等）；西南侧约 37m~50m 为行政办公楼；西侧约 15m~50m 为第五住院楼；北侧约 7m~50m 为堡坎，约 45~50m 为内江市第二人民医院家属院。

由后装机房平面布局图可知，后装机房位于直线加速器新机房综合楼北端，机房为单层建筑，评价范围内无儿科、产房等特殊人员及人员密集区域。该场所与直线加速器新机房综合楼一层连通，使得放疗科直线加速器、模拟定位 CT 和后装机集中布置，

既便于医院对辐射源设施统一管理，又利于患者就近诊疗，医院利用北侧、东侧靠近堡坎的地理优势，使得最大限度的避开了人流量较大的活动区，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中 5.1.2 中规定的“放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域”。在放疗科内各设备机房与控制室均采用隔室操作，墙体、防护门窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

医院对后装机工作场所结合医疗流程的要求，采取有利于辐射防护和环境保护进行布局，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。因此，本项目迁建的后装机房平面布局能够标准规定的选址的要求，也能够满足放射诊疗的需求，同时有利于辐射防护。本评价认为，迁建后的后装机房选址和平面布局是合理的。

二、辐射工作场所区域管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，医院应对工作场所进行区域管控，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。

控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；

监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

1、第四住院楼核医学科退役工作区域管理

目前，第四住院楼二层核医学科尚未完成退役工作，但已无放射性药品暂存。医院目前对第四住院楼二层核医学科各放射性区域采取门锁常闭的方式对非密封放射性物质工作场所进行封存、管控。

第四住院楼二层核医学科非密封放射性物质工作场所经过监测，已经达到无限制开发利用的要求，评价范围内已无保护目标。因此，核医学科退役不需要再划定控制区和监督区。

2、迁建后后装机工作区域管理

(1) 控制区与监督区的划分

根据控制区和监督区的定义，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。拟将后装机房（含迷道）划分为控制区，将控制室划为监督区。控制区和监督区划分情况见表 10-1。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

项目	控制区	监督区
后装机房 迁建	后装机房（含迷道）	控制室
备注	控制区内禁止除治疗病人及职业工作人员外的无关人员进入，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。	监督区范围内应限制无关人员进入

(2) 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 10-2；
- 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定期审查控制区实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

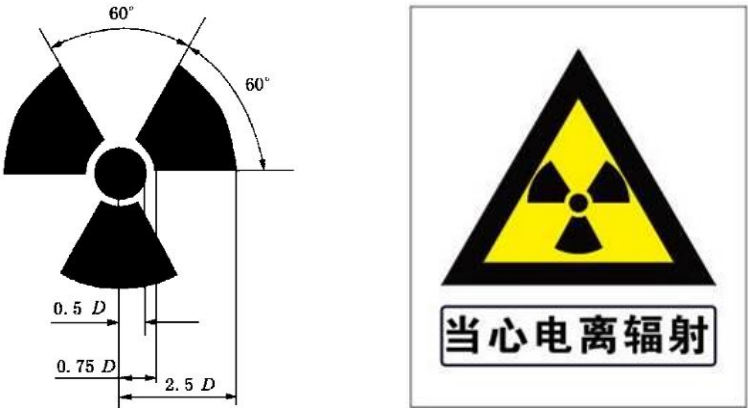


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

(3) 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、辐射安全与防护措施

1、第四住院楼二层核医学科退役

（1）工作过程辐射防护措施

根据现状监测结果，本项目退役场所地面、墙面及台面，现有设备设施用品等表面的X-γ辐射剂量率已达到环境本底水平、β表面污染水平小于0.8Bq/cm²，已经达到清洁解控水平，在退役过程中不会产生放射性固体废物、废水和废气，不需要采用进一步的辐射安全防护措施。

（2）退役过程辐射安全与防护措施

①制定详细的退役方案，成立退役工作组，本次退役工作在医院“放射卫生与辐射安全领导小组”的领导下，由核医学科和总务科共同实施。

②制定完整的工作场所内仪器设备、办公生活设施及用品等处置方案，分类按照计划进行处置。制定详细、完整的搬运计划，提前设定好搬运线路、监测计划、并在搬运实施前提前划出警戒线进行隔离。

③合理安排搬运时间，选择在人员相对较少的时间段进行搬运。

④合理分配搬运工作，将搬运物品与搬运人员一一对应，并提前设计好各物品的新放置位置，按照“点对点”的原则一次性搬运到位。

2、迁建后的后装机

（1）工作场所的屏蔽措施

本次迁建后装机房屏蔽设计见表 10-2。

表 10-2 后装机迁建机房实体防护设施表

场所名称	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
后装机房	北侧墙体		600mm 厚混凝土结构
	南侧墙体		600mm 厚混凝土结构
	西侧墙体		800mm 厚混凝土结构
	东侧墙体	迷道内墙	800mm 厚混凝土结构
		迷道外墙	800mm 厚混凝土结构
	屋顶		800mm 厚混凝土结构
	防护门		单扇 8mmPb 铅钢结构防护门

备注：上表中混凝土的密度为 2.35t/m³，铅的密度为 11.3t/m³，屏蔽门使用铅防护门，机房下方无地下室。

（2）施工质量的要求

①结合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分：γ射线源放射治疗机房》（GBZ/T201.3-2014），穿过后装机房墙体的各种管道、电缆、通排风管道应采用“Z 型”或“μ型”穿墙方式，并进行相应的屏蔽补偿，确保屏蔽墙体的屏蔽效能。

②结合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）

4.8.8: 防护门结构应考虑因自身重量而发生形变, 频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因, 其宽于门洞的部分需大于“门—墙”间隙的 10 倍。

③穿过后装机房墙体的各种管道、电缆不影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果, 开孔处需做铅屏蔽补充措施, 且不得正对工作人员经常停留的地点。

④在建设过程中应严格按照施工规范施工, 使用符合要求的水泥, 混凝土墙体浇灌应充分振捣、连续整体浇灌成型, 确保无气泡、漏缝, 保证施工质量。

(3) 辐射安全装置

后装机主要辐射影响因子为 γ 射线, 对 γ 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源和必要的屏蔽, 医院对 γ 射线外照射的防护措施主要有以下几方面:

1) 设备固有安全性

① ^{192}Ir 后装机机头贮源部位设置了两层重金属屏蔽体, 里层为 3cm 厚的金属钨, 外层为 5cm 厚的金属铅, 最外层为特制的防护钢壳, 不易坏。在贮源状态下, 设备贮源位屏蔽体外辐射剂量率应满足《医用电气设备 第 2-11 部分: γ 射束治疗设备的基本安全和基本性能专用要求》(GB 9706.211-2020) 中 201.10.2.5.2.1 规定的“防护屏蔽应将辐射衰减到一定程度, 使得束控机械装置在关束位置时, 距辐射源 1m 处测得的由于杂散辐射引起的吸收剂量率不应超过 0.02mGy/h 的水平, 在距防护屏蔽表面 5cm 任一易接近的位置, 由于杂散辐射引起的吸收剂量率不得超过 0.2mGy/h”, 同时机体张贴有醒目的电离辐射警示标识。

②设有紧急回源装置, 在任何紧急情况下(如供电系统中断)放射源可自动返回到贮源位(贮、照联锁、断电联锁), 主机本身有贮电电源, 计算机有 UPS 系统。

③后装机设计有独特的放射源驱动装置(若遇到管道堵塞情况可自动回源)、强制回源装置以及手动回源装置, 防止出现卡源问题。

④后装机设计有仿真模拟运行, 便于操作人员熟悉操作流程, 同时在正常运行状态下, 控制台显示器可以显示放射源的位置。

⑤控制台设置有防止非工作人员操作的锁定开关, 只有完成治疗准备后(已正确输入准直器号、治疗时间, 机房门已关闭、联锁系统就位等), 才能启动按钮开始治疗, 如果未完成治疗准备, 不能启动治疗按钮。

2) 屏蔽防护

后装机的各种电缆管线采用地沟形式在地坪以下布设, 电缆沟(宽 100mm×深

300mm)距墙 50mm,地沟盖板采用活动不锈钢板覆盖。电缆穿墙采用“μ”型路径设计,下沉后穿越迷道外墙到达控制室与控制系统连接,在电缆沟穿墙处增设铅板围护。通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计,增加了射线的散射和衰减次数,从而保证墙体的屏蔽效果。本项目后装机电缆穿墙及电缆沟剖面设计见图 10-3。

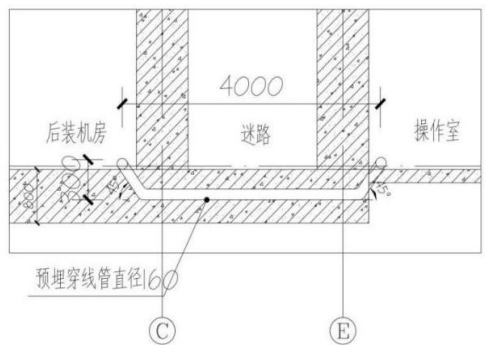


图 10-3 后装机电缆穿墙及电缆沟剖面示意图

后装机房拟设置“上送下排”的机械通排风系统,通排风管道均为镀锌钢管道,穿墙管道采用“Z”型穿墙,排风系统拟采用轴流风机排风,机房内排风口位于机房西南角距地高度为 0.3m,经排风管道穿墙引出机房后在屋面排放(距地约 4.8m)。

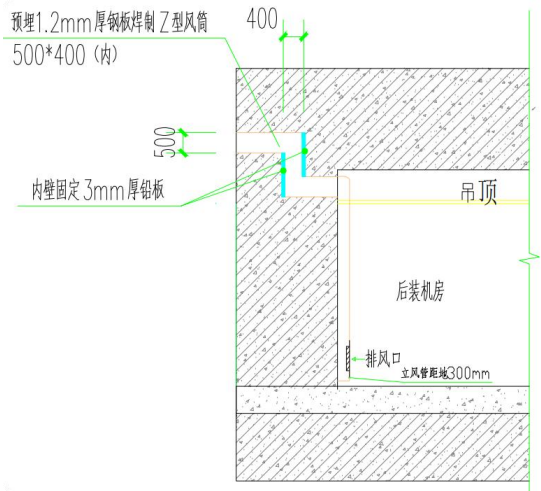


图 10-4 排风管道穿墙示意图

本项目通排风管道及电缆沟分别采用“Z”“μ”多次弯折形式穿出机房,出束期间γ射线经管道多重折射、吸收和削减后辐射能量急剧下降,射线通过管道外漏的影响可忽略不计。

3) 时间防护

在满足诊断要求的前提下,在每次使用放射源进行诊疗之前,根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案,选择合理可行尽量低的射线照射参数,以及尽量

短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

4) 距离防护

本项目治疗区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的 人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制 无关人员进入，以免受到不必要的照射。

5) 时间防护

通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

6) 个人防护

进入后装机机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

(4) 安全联锁系统

①工作状态显示及警示标识：后装机房防护门外顶部拟设工作状态显示的指示灯，后装治疗机处于出源照射状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当后装治疗机处于非出源照射状态，指示灯为绿色。后装治疗机机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

②施源器与放射源联锁：施源器连接好后，才能出源治疗。

③门源、剂量联锁装置：后装治疗机、固定式辐射剂量率监测仪与屏蔽门之间拟设联锁装置，开门状态下不能出源照射，出源照射状态下若开门放射源自动回到后装治疗设备的安全位置；机房迷道内的剂量超过预设的剂量阈值时触发报警器，提此时防护门不能被打开。

④放射源位置显示装置：控制台上拟设放射源位置显示装置，并与治疗机上显示同步；控制台设紧急停止照射按钮；控制台上设防止工作人员操作的锁定开关；设置仿真源模拟运行系统。

⑤监控对讲装置：后装机房配备有电视监控对讲装置，控制室能通过电视监控观察机房内患者治疗的情况，并通过对讲机与机房内患者沟通。机房内墙体交叉口、迷道口处应安装有监控装置，确保机房内监控全覆盖。

⑥应急开关：后装机房内拟设置紧急回源开关、放射源返回储源器的应急开关、

管道遇堵自动回源装置、手动回源装置；停电或意外中断照射时自动回源装置、手动回源装置，实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射时，放射源可自动返回贮源器；当自动回源装置功能失效时，设手动回源措施应急处理。

⑦紧急止动装置：除了后装治疗机主机上以及控制台上自带的紧急止动按钮外，机房内墙壁内侧、迷道门出口处均设置有紧急止动按钮，以使误入人员按动紧急止动按钮，后装治疗机会执行紧急收源程序。

⑧紧急开门装置：拟在迷道口及控制室出入口设置紧急开门装置，且相互串联，若触动任意开关可紧急打开铅防护门，使得机房内人员紧急逃离，按钮位置应有中文标识。同时，该紧急开门装置也带手动开门装置，可保证在断电情况下，防护门可以从治疗室内部打开。

⑨固定式剂量报警仪：拟在后装机房内拟安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能，一般安装在迷道的内入口处，可随实际情况进行调整），与防护门联锁，剂量显示屏位于控制室内易于操作人员看见的地方，只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），将触发报警器进行报警，提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑩应急设备：后装机房内拟应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具，辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

（5）分区防护

机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入机房内的控制区，以免受到不必要的照射。

（6）后装机搬迁、安装调试、装源、换源

本项目后装机内放射源已由供源单位回收，搬迁时后装机内已无放射源。后装机搬迁后设备、安全连锁设施等安装调试均由设备厂家专业人员进行，后装机的装源工作由厂家委派的工程师在后装机房内完成，医院工作人员不进入后装机房参与装源、换源等工作。在设备倒源、安装、调试等过程中，医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全连锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁

并派人看守。

本项目拟搬迁的后装机后期放射源由医院申购，倒源仍然由厂家后装机工程师负责，退役放射源由厂家回收处置。铱源的购买需报四川省生态环境厅备案，铱源的生产、运输、均由厂家负责，每次申购铱源后由厂家运输至后装机房，由厂家进行换源操作，当厂家工程师导源完毕后，将旧源回收。

(7) 放射源使用工作场所的安防措施

为确保本项目使用III类放射源工作场所的安全，本项目采取的安全保卫措施见表10-3。

表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表

工作场所	措施类别	应对措施
后装机房	防水	本项目区域禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目的物品，同时机房内安装有火警报警装置，场所配有粉式灭火器。
	防火	机房地面采取硬化及防水、防渗处理。
	防盗、防抢及防破坏	①后装机储源容器设置双人双锁，实行 24h 实时监控； ②本项目后装机选址周围无滑坡、塌陷等不良地质区域； ③后装机房整体采用钢筋混凝土浇筑，具有较高的抗震，抗破坏能力。
	防泄漏	①后装机自带有屏蔽层，其屏蔽效果能满足《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS 262-2017）要求； ②后装机房设计有一定厚度的实体屏蔽措施，根据辐射环境影响分析，其屏蔽设计满足要求； ③后装机房迷道口安装有固定式报警仪，当出现放射源外露剂量超标时将启动声光报警装置； ④建设单位将制定监测计划，并自行配备便携式 X- γ 剂量监测仪，定期或不定期对后装机房四周进行巡测，有效防止射线泄漏。

四、辐射安全防护设施对照分析

1、第四住院楼二层核医学科退役

在第四住院楼二层核医学科内，已无非密封放射性物质在存，经现场监测，场所、设备设施等物品已达到无限制利用条件。因此，本项目退役过程中，不需要再采用其他辐射安全防护措施。

2、后装机机房迁建

根据《核技术利用监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局））和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目		应具备条件	落实情况	备注
后装治疗项目	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	已设计	新建
		铅防护门	已设计	新建
	安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	满足
		施源器与源联锁	设备自带	满足
		管道遇堵自动回源	设备自带	满足
		仿真源模拟运行系统	设备自带	满足
		主机外表电离辐射警示标志	设备自带	满足
		控制台显示放射源位置	设备自带	满足
		控制台紧急停止照射按钮	设备自带	满足
		停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带	满足
		手动回源装置	设备自带	满足
	应急、联锁设施	机房门与束流联锁（门-机联锁）装置	已设计	满足
		门灯联锁	已设计	满足
		有中文标识的紧急停机按钮	已设计	满足，机房内四周及迷道内墙、控制室操作台旁拟设急停按钮，距地高度 1.6m
		紧急开门按钮	已设计	满足，拟设置在迷道出口处的铅门内侧墙、控制室内，按钮高度 1.6m
		手动开门装置	已设计	满足
		门源安全联锁装置	已设计	满足
		备用应急贮源罐	已配备	利旧原有
		UPS 应急电源	已配备	利旧原有
		长柄夹具（长柄镊子）	已配备	利旧原有
	警示设施	停电或意外中断照射时声光报警	已设计	满足
		控制室及机房内对讲装置	已设计	满足
		防护门上方工作状态指示灯	已设计	满足
		入口当心电离辐射警告标识	已设计	满足
	监测设备	便携式辐射监测仪	已配备	利旧
		固定式辐射监测仪	已配备	利旧
		机房内视频监控系统	拟配备	满足，拟在机房内设置两个摄像头，保证机房全覆盖
		个人剂量报警仪	已配备	利旧原有
		个人剂量计	已配备	利旧原有
	其他	机房内通风系统	已设计	满足
		灭火器材和火警报警装置	拟配备	满足
		机房内设紧急照明或独立通道照明系统	拟配备	满足

五、环保措施及其投资估算

为保障核医学科退役和后装机房迁建安全有序的进行，医院采取的辐射防护的相关设施（措施）见表10-5。

表10-5 辐射防护设施（措施）及投资一览表

项目		配备环保设施（措施）	数量	投资金额（万元）	备 注
核医学科退役		个人防护用品（铅衣4件、铅围裙4件、铅围脖4条、铅眼镜4副）	/	/	/
		防护口罩	40只	**	/
		乳胶手套	40双	**	/
		普通手套	40双	**	/
		监督区警戒线	/	**	/
		表面污染监测仪	1台	**	/
		便携式辐射监测仪	1 台	**	/
		个人剂量报警仪	4个	**	/
后装 机房 迁建	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	1 间	**	/
		铅防护门	1 扇	**	
	安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	**	/
		施源器与源联锁			
		管道遇堵自动回源			
		仿真源模拟运行系统			
		主机外表电离辐射警示标志			
		控制台显示放射源位置			
		控制台紧急停止照射按钮			
		停电或意外中断照射时自动回源装置			
		手动回源装置			
	应急 联锁 设施	机房门与束流联锁（门-机联锁）装置	1 套	**	/
		门灯联锁	1 套		
		门源安全联锁装置	1 套		
		有中文标识的紧急停机按钮	5 个	**	/
		紧急开门按钮	2 个		
		手动开门装置	1 套		
		备用应急贮源罐	1 个	**	/
		UPS 应急电源	1 套	**	/
		长柄夹具（长柄镊子）	1 套	**	/
	警示 设施	停电或意外中断照射时声光报警	1 套	**	/
		控制室及机房内对讲装置	1 套	**	/
		防护门上方工作状态指示灯	1 套	**	/
		入口当心电离辐射警告标识	1 套	**	/
	监测	便携式辐射监测仪	1 台	**	/

设备	固定式辐射监测仪	1 台	**	/
	机房内视频监控系统	1 套	**	/
	个人剂量报警仪	2 台	**	/
	个人剂量计	8 套	**	/
其他	机房内通风系统	1 套	**	/
	灭火器材和火警报警装置	1 套	**	/
	机房内设紧急照明或独立通道照明系统	1 套	**	/
合计			**	/

本项目实施总投资为**万元，其中环保预算为**万元，占总投资的**%，今后在项目实践中，医院应根据辐射防护和管理要求，结合自身实际情况对环保设施做相应补充完善，使之更能满足实际和相关管理要求。

三废的治理

1、核医学科退役

(1) 衰变池内无放射性废水。在退役过程中，如果发现污染，采用干式去污，不产生放射性废水。

(2) 医院第四住院楼二层核医学科内有少量放射性固体废物，此外衰变池内的少量底泥。医院应对放射固体废物分类收集，达到清洁解控水平的固体废物作为医疗废物进行处理，未达到清洁解控水平的暂存达到清洁解控水平后再作为医疗废物进行处置；底泥在衰变池底部暂存，经过监测达到清洁解控水平后，作为普通医疗废物交由有资质的单位收运处理；排水、排气管道经过内壁监测达到清洁解控水平后，作为一般固体废物进行处理。

(3) 第四住院楼二层核医学科停止放射性药物使用后，不再产生放射性废气，无需再另行处理。

2、后装机房迁建

(1) 废气治理

在后装机房施工期间，不会产生放射性废气，产生的废气主要为扬尘和汽车尾气，其中扬尘通过封闭施工，定期洒水等措施进行治理，后装机房建设场址相对空旷，汽车尾气产生量较少，通过自然稀释后，对周围环境影响较小。

后装机投用期间，不会产生放射性废气，主要产生废气为少量的臭氧和微量氮氧化物。迁建后装机房内拟设独立的通排风系统，后装机房容积（含迷道）约为160.2m³，

机房内风机的排风风量不低于900m³/h，则每小时的换气次数约为5.6次，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“换气次数不少于4次/h”的要求。本项目后装机房拟设置“上送下排”的通排风系统，排风系统拟采用混流风机排风，机房内拟设排风口位于机房内西南角，采用管道沿机房内墙延伸至顶部，通过“Z”形穿墙后，经管道延伸至屋面排放（距地约4.8m），经自然分解和稀释，能够满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

（2）废水治理

后装机房迁建施工期间不产生放射性废水，产生的废水主要为施工废水和生活污水，其中施工废水主要通过集中收集经沉淀后再利用，生活污水依托医院既有污水收集处理设施进行处理。迁建后的后装机房运营期间不产生放射性废水，产生的废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水，依托医院已建的污水处理站处理达标后排入市政管网，经管网进入内江市城市污水处理厂进一步处理达标后排入沱江。本项目不涉及新增工作人员，医院污水处理站现有处理能力能够满足现有生活污水产生量和排放量的排放需求。

（3）固体废物处置

1）废放射源处理措施

随着核素的自然衰变，¹⁹²Ir 放射源的活度不断降低，当 ¹⁹²Ir 放射源使用到一定时间后，会产生退役的 ¹⁹²Ir 放射源，退役 ¹⁹²Ir 放射源由原放射源厂家回收处置。

2）非放射性固废治理措施

后装机房施工期产生的固体废物主要为建筑垃圾、生活垃圾等。其中建筑垃圾主要为废砖屑、混凝土块、废塑料、废金属、碎木块等，不能利用的废砖屑、混凝土块、碎木块等由施工单位经收集后运送至指定的建筑垃圾堆放点暂存；装修期间和设备安装期间的产生的包装垃圾经过分类收集，能回收利用部分回收处理，不能回收部分，作为建筑垃圾进行处理，生活垃圾经统一收集后由环卫部门定期清运。后装机房运营期产生的固体废物主要为生活垃圾，经过分类、集中收集后交由环卫部门定期清运。

（4）噪声

后装机房施工过程中产生的噪声主要为机械噪声、车辆运输噪声、装修和设备安装噪声等。由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理安排施工时间、建筑隔声、选用低噪设备等措施后，施工噪声对周围环境的影响较小。

后装机房运营期期间，噪声源主要为通排风风机等，通过选用低噪声设备及距离衰减后，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界噪声标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、核医学科退役

第四住院楼二层核医学科退役，无建设阶段的环境影响，因此不再进行分析。

二、后装机房迁建

后装机房施工期主要环境影响为施工噪声、固体废弃物、废水及废气。

1、施工期噪声分析

在施工过程中产生的噪声主要为墙体浇筑、机械施工、载重车辆运输、装修和设备安装等过程产生的不同程度的噪声，会对周围环境造成一定的影响。施工单位在施工时应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量使用噪声低的施工设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如需连续施工，在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的许可，并公告附近居民。后装机房施工量较小，施工期较短，施工结束即可消除影响，对周围环境和保护目标的影响较小。

2、固体废物影响分析

项目施工期间，产生的固体废弃物主要为建筑垃圾、包装废物和生活垃圾，其中建筑垃圾由施工单位负责收集清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落；包装废物经分类收集，能回收利用部分回收处理，不能回收部分，作为建筑垃圾进行处理；生活垃圾经分类收集后交由市政环卫部门清运处置。

3、废水影响分析

施工期产生的废水主要为施工机械冲洗废水和施工人员的生活污水。项目施工现场应设置临时沉淀池，施工机械冲洗废水沉淀后循环使用；生活污水产生量较少，可依托医院已有污水收集系统收集处理，经处理后污水进入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

4、废气影响分析

施工期废气主要是施工过程中产生的扬尘，主要是在原墙体拆除、基础开挖、弃土运输、建材运输、露天堆放等过程，较为常见或稳定的产污源为装载建筑垃

圾时产生的扬尘，拟采取的措施：①施工过程中，对可能造成扬尘的原墙体拆除、基础开挖、运输、搅拌、装卸等施工现场，定期喷水、隔离施工等防护措施，以防止扬尘污染；②加强运输车辆管理，严禁沙、石、水泥运输车辆冒顶超载及洒漏；有风天气状况下必须遮盖篷布，装载不宜过满，保证运输过程中不散落。装修过程中产生的废气污染物相对较少，通过采用“环保型”油漆及涂料，加强通风或室内空气净化措施，严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）控制后装机施工范围内环境空气质量，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

运行阶段对环境的影响

一、核医学科退役阶段对环境的影响

（一）辐射环境影响分析

第四住院楼二层核医学科在2024年8月已全面停止诊疗，为掌握第四住院楼二层核医学科的辐射环境现状，委托了四川省永坤环境监测有限公司对工作场所、相关设备、设施等物品进行了监测，并对该场所进行了封闭停用，监测结果见表8-3~表8-5。

1、X-γ辐射剂量率

由表 8-3 可知，内江市第二人民医院第四住院楼二层核医学科工作场所 X-γ 辐射剂量率（未扣除环境本底）为 97nGy/h~111nGy/h，与四川省生态环境厅发布《2023 年四川省生态环境状况公报》中 2023 年全省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率分布示意图范围（ $\leq 160\text{nGy}$ ）基本一致，属于正常天然本底辐射水平。

2、表面污染

由表8-4可知，拟退役场所各监测点、物品等 β 表面污染现状水平均低于 β 表面污染探测下限 $LLD_{\beta}=3.8\times 10^{-2}\text{ Bq/cm}^2$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“表面污染控制水平”的规定，即“控制区 β 表面污染水平不大于 40Bq/cm^2 ，监督区 β 表面污染水平不大于 4Bq/cm^2 ”，同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表B11中规定的污染水平降低到所列设备类的控制水平的五分之一以下时，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，即满足“ β 表面污染解控水平为 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ”的要求，说明拟退役的第四住院楼二层核医学科无需再进行进一步的清洗去污处理，即已能够满足无限制开发使用的要求。

3、其他

第四住院楼二层核医学科于2024年8月全面停止放射性同位素的使用，截止目前，排水、排风管道和衰变池中无新增同位素。根据现场踏勘，第四住院楼二层核医学科衰变池内无放射性废水残留。根据监测报告，该场所衰变池底泥已经达到清洁解控水平。

5、小结

综上所述，本次退役工作场所及场所内的设备、设施等物品均已达到清洁解控水平，无需采取进一步的退役措施。由退役工作场所残留的放射性同位素引起的工作人员所受到的附加年有效剂量将湮灭于环境本底辐射中，低于辐射工作人员 5mSv 的剂量约束值要求，造成工作人员受到放射性污染的可能性极低。退役完成后，由残留放射性同位素引起的周围公众所受的附加年有效剂量也将低于 0.1mSv 的剂量约束值的要求。因此，本项目工作场所已达到无限制开放的条件，场所内的设备、设施等物品可以作为普通物品继续使用或处置，本项目退役对周围公众及环境产生影响较小。

（二）大气环境影响分析

第四住院楼二层核医学科已于2024年8月全面停止放射性同位素使用，停止使用后该场所内不再产生放射性废气。因此，本项目退役无需单独采取额外措施，对周围大气环境几乎无影响。

（三）水环境影响分析

本项目退役实施人员产生的生活污水依托第四住院楼二层核医学科现有的生活污水处理设施进行处理。第四住院楼二层核医学科根据现场踏勘时，衰变池内已无废水。根据辐射现状监测结果可知，本项目拟退役场所已达到清洁解控水平，已达到无限制开放的要求，无需采取进一步的退役措施，场所内设备设施、物品辐射环境监测结果均已达到评价标准，无需进一步去污，该场所在退役过程中不再产生放射性废液，对周围环境无影响。

（四）固体废物影响分析

本项目退役实施人员产生的生活垃圾经过收集后，交由环卫部门统一清运。第四住院楼二层核医学科工作场所停诊后，不再产生新的放射性固体废物。根据现场勘察得知，本项目核医学科工作场所内的固体废物主要有：①原核医学科工作场所内的少量放射性固体废物，主要有服药纸杯、棉签、纸巾、针筒等，经现场监测已经达到清洁解控水平；②通风管道活性炭滤芯；③衰变池内的少量底泥、排水管道及排风管道等；④场所内的设备、设施等物品，主要有放射性废物暂存桶、铅屏风、废通风橱、分装柜、铅砖等。

本项目拟退役场所已达到清洁解控水平，已达到无限制开放的要求，无需采取进一步的退役措施；场所内的相关设备设施、废活性炭等辐射环境监测均已达到评价标准，无需进一步去污；衰变池内已无放射性废水，底泥经过监测，已达到清洁解控水平，作为医疗废物一起交由有资质的单位处理；排水管道及排风管道经过擦拭监测，内壁达到清洁解控水平后作为一般固体废物进行处理；场所内的设备设施等物品，已经达到清洁解控水平，可作为一般固体废弃物处理。

因此，本项目的实施，场所内的固体废物对周围环境无影响。

二、核医学科退役后场所环境影响分析

因第四住院楼二层核医学科内场所、设备设施等物品较多，现状调查时未对所有物品进行监测，为确保退役场所及相关物品达到清洁解控水平的要求，本次采用代表性关注点位的理论计算结合实际监测数据进行分析。

（一）放射性同位素使用情况

根据医院提供的第四住院楼二层核医学科放射性同位素使用、放射性废物台账记录，退役场所内同位素情况见下表。

表11-1 核医学科工作场所内使用放射性同位素参数一览表

核素名称	最后一次采购到货日期	最后一次采购到货测量活度（mCi）	单名患者最大用药活度（mCi）	放射性药物停用日期	剩余放射性药物活度（mCi）	测得最近一批放射性废物最大活度（mCi）	最后一批放废物存入日期
Sr-89	2024.4.8	4	4	2024.4.8	0	0.03	2024.4.8
I-125 _{粒子}	2024.4.15	21	21	2024.4.17	0	/	/
I-131*	2024.7.22	82.8	9.0	2024.8.30	0	5.67+0.1+0.2	2024.8.30

根据上表可知，医院使用的放射性同位素Sr-89、I-125_{粒子}、I-131均已无剩余，医院停止使用核素Sr-89约8个月（未达到10个半衰期）；停止使用I-125粒子约10个月（未达到10个半衰期），无废弃放射性粒子源和放射性废物；核素I-131已经停用将近5个月，远超过60.2天（I-131的10个半衰期），截止2025年2月26日，已经达到放射性废物暂存（场所放射性药物停止治疗）180天，已能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188 -2021）中“所含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天”的规定。

后文主要对同位素活度和关注点辐射剂量率进行预测分析。

（二）放射性同位素活度

放射性同位素随着时间的推移而衰变，根据其衰变特性，通过下式可得到一定时间后的放射性同位素所剩活度。

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}}t} \dots\dots\dots \text{式（11-1）}$$

式中：

- A_t—放射性同位素当前活度，Bq；
- A₀—放射性同位素初始活度，Bq；
- T_{1/2}—放射性核素半衰期，d；
- t—放射性核素监测记录与现场调查监测经历的时间，d，

表11-2 核医学科使用的放射性同位素活度一览表

核素名称	测量所得源强		初始测量时间	半衰期(d)	现状调查监测时间	现状监测时当前活度（Bq）	拟退役实施时间	拟退役实施时活度（Bq）	备注
I-131	到货暂存活度	3.06×10 ⁹ Bq（82.8mCi）	2024.7.22	6.02	2024.9.24	1.93E+06	2025. 5. 10	7.66E-06	已使用
	单人最大使用活度	3.33×10 ⁸ Bq（9mCi）	2024.8.30	6.02	2024.9.24	1.87E+07	2025. 5. 10	7.43E-05	
	最近一批放射性废物最大活度*	2.10×10 ⁸ Bq（5.67mCi）	2024.7.22	6.02	2024.9.24	1.54E+06	2025. 5. 10	5.25E-07	暂存衰变
		7.40×10 ⁶ Bq（0.2mCi）	2024.7.31						
		3.70×10 ⁶ Bq（0.1mCi）	2024.8.30						
Sr-8	到货暂存活度	3.06×10 ⁹ Bq（82.8mCi）	2024.4.8	50.5	2024.9.24	1.45E+07	2025. 5. 10	6.36E+05	已使用

9	单人最大使用活度	$3.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (9mCi)	2024.4.8	50.5	2024.9.24	$1.45 \text{E}+07$	2025. 5. 10	$6.36 \text{E}+05$	
	最近一批放射性废物最大活度	$2.10 \times 10^8 \text{Bq}$ (5.67mCi)	2024.4.8	50.5	2024.9.24	$1.09 \text{E}+05$	2025. 5. 10	$4.77 \text{E}+03$	暂存衰变
I-125	到货暂存活度	$7.77 \times 10^8 \text{Bq}$ (31mCi)	2024.4.15	59.6	2024.9.24	$1.18 \text{E}+08$	2025. 5. 10	/	已使用
粒子	单枚粒子活度	$2.22 \times 10^7 \text{Bq}$ (0.6mCi)	2024.4.15	59.6	2024.9.24	$3.37 \text{E}+06$	2025. 5. 10	/	

注：①“*”最近一批放射性废物最大活度经过衰变公式计算后得出；②I-125_{粒子}已全部使用，无剩余。

根据上表计算可知，截止2025年5月10日，第四住院楼二层核医学科退后一批放射性废物中核素I-131已经衰变殆尽（ $<1 \text{Bq}$ ），放射性废物中核素Sr-89最大活度为 $4.77 \times 10^3 \text{Bq}$ ，低于GB18871中“表 A1作为申报豁免基础的豁免水平：放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度”规定的I-131豁免活度 $1 \times 10^6 \text{Bq}$ ，Sr-89的豁免活度 $1 \times 10^6 \text{Bq}$ ，已能够满足GB18871中A2.2 c）中规定“如果存在一种以上的放射性核素，仅当各种放射性核素的活度与其相应的豁免活度之比的和小于1时，才可能考虑给予豁免”，说明第四住院楼二层核医学科已满足申报豁免的基础。

（三）理论计算

根据医院提供的四川省辐射环境管理监测中心站编制的《内江市第二人民医院核医学及射线装置竣工验收监测报告》（JC09RM0016），经医院核实，医院第四住院楼二层核医学科淋洗室（ ^{125}I 分装配药室）、配药室、病人治疗室（活性室）、放射性废物处理室四周墙体均为370mm实心砖墙，屋顶均为200mm厚钢筋混凝土，淋洗室（ ^{125}I 分装配药室）、配药室、病人治疗室（活性室）防护门均为3mmPb防护门，放射性废物处理室防护门为2mmPb，放射性废物衰变桶/箱为5mmPb。医院提供了2024年第四住院楼二层核医学科停运前使用的碘-131、碘-125、锶-89药物使用记录和固体废物台账记录，据此可分别计算得出各同位素药物裸源状态下，墙体、铅桶/箱及分装柜表面0.3m处最大辐射剂量率。

1、β射线的辐射影响分析

本项目使用的放射性同位素 ^{89}Sr 为纯β衰变、 ^{131}I 在衰变过程中会有β粒子，且衰变时产生的β射线最大能量相近（其中 ^{131}I 产生的射线能量最大），I-125为粒子源、不考虑β射线的影响。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下式计算：

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

式中：

d —— β 射线在介质中的射程，cm；

ρ ——介质的密度，空气密度为 $1.29 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ；砖密度为 1.8g/cm^3 ；铅玻璃密度为 4.6g/cm^3 ；

E_{MAX} —— β 射线的最大能量，0.6065MeV。

经计算分析，放射性核素 ^{89}Sr 、 ^{131}I 衰变过程中产生的 β 射线在空气中最大射程为235cm，在砖墙中最大射程为0.17cm，在铅玻璃中最大射程为0.07cm。

医院所有放射性核素操作均在核医学科场所控制区内，第四住院楼二层核医学科各墙体厚度均远大于 β 射线射程。在退役实施前，医院安排专人对场所和场所内遗留的设备设施等物品进行监测，确定达到清洁解控水平后再实施处置，对退役实施人员和周围公众的影响较小。

2、韧致辐射的影响分析

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，通常电子能量越大韧致辐射越大，本次预测选用I-131进行分析。根据《辐射防护导论》（P133），韧致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式如下：

$$D = 4.58 \times 10^{-14} \cdot A_I \cdot Z \cdot (\mu_{en}/\rho) \cdot (E_b/r)^2 \dots\dots\dots \text{式 (11-3)}$$

式中：

A_I ——放射性同位素当前活度，Bq；

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

μ_{en}/ρ ——是平均能量为 E_b （ $E_b=1/3E_{\text{max}}$ ）的韧致辐射在空气中质量能量吸收系数， $\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$ ，由《辐射防护导论》附表1进行保守取值， 2.672×10^{-3} ；

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，铅的有效原子序数为82；

r ——与关注点的距离。

β 射线产生的韧致辐射经过屏蔽体衰减后，致各关注点处辐射剂量率通过下式计算：

$$H_{\text{韧}} = D \cdot 10^{-\frac{X}{TVL}} \dots\dots\dots \text{式 (11-4)}$$

式中：

D —韧致辐射在关注点处的最大辐射剂量率，Gy/h；

X —拟采用的屏蔽材料厚度，mm；

TVL — γ 射线在相应屏蔽材料中的十值层厚度，保守按照GBZ120-2020中表I.1取值11。

表11-3 β 粒子所致韧致辐射空气吸收剂量率

核素名称	测量所得源强		现状监测时当前活度 (Bq)	屏蔽体防护情况	关注点处空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		
					0.3m	0.5m	1m
^{131}I	到货暂存活度	$3.06 \times 10^9 \text{Bq}$ (82.8mCi)	$1.93 \text{E}+06$	裸源 (无屏蔽)	8.79E-03	3.17E-03	7.91E-04
				10mmPb 通风橱+20mmPb 铅罐	1.65E-05	5.93E-06	1.48E-06
^{131}I	单人最大使用活度	$3.33 \times 10^8 \text{Bq}$ (9mCi)	$1.87 \text{E}+07$	裸源 (无屏蔽)	8.53E-02	3.07E-02	7.68E-03
				5mmPb 铅桶/箱	3.00E-02	1.08E-02	2.70E-03
	最近一批放射性废物最大活度	$2.10 \times 10^8 \text{Bq}$ (5.67mCi)	$1.32 \text{E}+05$	裸源 (无屏蔽)	6.02E-04	2.17E-04	5.42E-05
				5mmPb 铅桶/箱	2.11E-04	7.61E-05	1.90E-05

根据上表计算可知，当放射性药物到场所后，在暂存期间通风橱内距离放射性同位素 0.3m 处最大韧致辐射剂量率为 $8.79 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ，单名患者最大用药量和最近一批次放射性废物最大活度情况下，距离同位素 0.3m 处最大韧致辐射剂量率为 $8.53 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。因此，在现状调查监测时，放射性同位素衰变过程中产生的韧致辐射可以忽略不计。

3、 γ 射线外照射影响分析

根据源项调查得知，在第四住院楼二层核医学科内，实际在用放射性同位素为Sr-89、I-125、I-131，其中Sr-89为纯 β 衰变，不产生 γ 射线。本次理论预测选用I-125和I-131进行分别按照放射性同位素暂存状态和放射性废物最大活度状态进行分析，保守的将其视为“点状辐射源”，参照《核医学科放射防护要求》

(GBZ120-2020) 附录I.1公式推导得到：

$$H = \frac{A_l \times \Gamma \times 10^{-X/TVL}}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

式中：

H —关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A_1 —最大源强（当前活度）， MBq ；

Γ —1m 处的周围剂量当量率常数，I-131 取 $0.0595\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot(\text{hMBq})^{-1}$ ，碘-125 取 $0.0165\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot(\text{hMBq})^{-1}$ ，均根据《核医学放射防护要求》中附录 H 进行保守取值；

R —关注点到辐射源的距离， m ；

X —采用的屏蔽厚度，I-131 暂存通风橱为 10mmPb、放射性废物铅桶/箱为 5mmPb，I-125 粒子暂存保险柜柜体厚度保守按照 1.2mmFe 进行考虑；

TVL — γ 射线在屏蔽材料为钢中的十值层厚度，I-131 的 TVL 取自《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），I-125 的 TVL 根据《辐射防护手册第三分册》图 2.16 几种常用屏蔽材料对宽束 γ 射线的半值层和十分之一值层厚度。

表 11-4 放射性同位素 I-131 致各关注点处的辐射剂量率

关注点外	最大源强 (MBq)	与关注点处最近距离 (m)	屏蔽体厚度 (mm)	不同屏蔽材质十值层厚度 (mm)	关注点处最大辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	备注
通风橱内铅罐外裸源 30cm 处	1.93	0.3	20mmPb 铅罐	11	1.94E-02	到货暂存当前活度
通风橱外 0.3m 处	1.93	0.5	10mmPb 通风橱 + 20mmPb 铅罐	11	8.60E-04	
活性室/治疗室内	18.72	1.0	/	/	1.11E+00	单人次最大使用活度
活性室/治疗室墙体外 0.3m 处	18.72	1.5	370mm 厚实心砖墙	240	1.42E-02	
活性室/治疗室防护门外 0.3m 处	18.72	1.5	3mmPb 防护门	11	2.64E-01	
活性室/治疗室楼上	18.72	4	200mm 混凝土	170	4.64E-03	
活性室/治疗室楼下	18.72	4	200mm 混凝土	170	4.64E-03	
放射性废物表面 0.3m 处	0.13	0.3	/	/	8.73E-02	最近一批放射性废物最大活度
铅桶/铅箱外表面 0.3m 处	0.13	0.4	5mmPb 铅桶/箱	11	1.73E-02	
放射性废物暂存间墙体外 30cm 处	0.13	4	370mm 厚实心砖墙	240	1.41E-05	
放射性废物暂存间防护门外 0.3m 处	0.13	4	2mmPb 防护门	11	3.23E-04	

表11-5 放射性同位素I-125致各关注点处的辐射剂量率						
关注点	最大源强 (MBq)	与关注点处最近距离 (m)	屏蔽体厚度 (mm)	不同屏蔽材质十值层厚度 (mm)	关注点处最大辐射剂量率 (μSv/h)	备注
单枚粒子源 0.3m 处	22.2	0.5	/	/	1.47E+00	周围
保险柜外 0.3m 处	777	1	1.2mm 钢板+0.5mm 铅罐	1.5/0.18	3.39E-03	

注：保险柜周围屏蔽体最小屏蔽厚度为1.2mm钢，未考虑放射性同位素I-125的衰变。

根据上述计算可知，第四住院楼二层核医学科在停运前使用的最后一批放射性药物时，现场监测调查时，放射性药物在存时通风橱内最大辐射剂量率为 $1.94\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，遗留在活性室/治疗室内单人最大使用活度的放射性药物最大辐射剂量率为 $1.11\mu\text{Sv/h}$ ，存放射性固体废物表面最大辐射剂量率为 $8.73\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ；单枚裸源状态I-125粒子外1m处最大辐射剂量率为 $1.47\mu\text{Sv/h}$ ，保险柜外0.3m处最大辐射剂量率为 $3.39\times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$ 。

（二）辐射环境现状监测结果

第四住院楼二层核医学科在2024年8月30日已全面停止运营，为掌握该场所的辐射环境现状，我公司委托了四川省永坤环境监测有限公司对工作场所、设备设施等物品进行了监测，监测结果见表8-3~表8-4。

1、X-γ辐射剂量率

由表 8-3 可知，在使用 I-131 的活性室（活性室/治疗室）通风橱内、室内环境、过滤装置、自动分装柜内侧测得 X-γ辐射剂量率（未扣除环境本底）为 99nGy/h ~103nGy/h，I-125 分装储源室保险柜、室内环境、粒子源分装柜内侧测得 X-γ辐射剂量率（未扣除环境本底）为 100nGy/h ~108nGy/h，放射性废物暂存间暂存桶/箱内侧与外侧、放射性废物表面、室内环境等处测得 X-γ辐射剂量率（未扣除环境本底）为 97nGy/h ~103nGy/h。

2、表面污染

根据表 8-4 可知，在场所内、设备设施等物品表面测得β表面污染单位面积计数率低于检测仪器探测下限 $\text{LLD}_{\beta}=3.8\times 10^{-2} \text{ Bq/cm}^2$ 。因此，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“表面污染控制水平”的规定，即“控制区β表面污染水平不大于 40Bq/cm^2 ，监督区β表面污染水平不大于 4Bq/cm^2 ”，同时符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，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，即满足“ β 表面污染解控水平为 0.8Bq/cm^2 ”的要求。

（三）理论预测与现状监测对照分析

根据表 11-3、11-4 预测结果，结合辐射环境现状监测结果可知，截止现状监测调查，放射性废物表面辐射剂量率与实际监测数据相当，说明辐射环境监测结果可信。活性室（活性室/治疗室）及场所内无屏蔽状态下的理论预测结果大于实际现状监测结果，结合核医学科相关台账，说明场所内已无放射性药物。因此，第四住院楼二层核医学科场所内的其他物品也已经达到清洁解控水平。

（四）放射性废水管道、过滤装置滤芯及底泥等分析

根据医院反馈，医院已于 2024 年 8 月 30 日全面停止放射性核素诊疗，衰变池、管道、滤芯及场所内不再新增放射性核素，放射性药物 Sr-89 不涉及分装操作、患者不进行留观，过滤装置滤芯和污水管道中含有的核素 Sr-89 可忽略不计。此外，放射性污水管道、过滤装置滤芯、衰变池中的核素活度远低于到货暂存放射性药物活度，放射性污水管道、底泥及场所内的其他设备设施物品，截止目前已达到《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188 -2021）中“所含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天”的规定。

根据现场调查，衰变池内已无放射性废水。四川同佳检测有限责任公司于 2025 年 3 月委托了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）对内江市第二人民医院第四住院楼核医学科衰变池内底泥中总 β 、I-131 活度浓度进行了检测。根据检测报告，底泥样本检测数据中，总 β 检测结果为 $4.53 \times 10^2 \text{Bq/kg}$ ，远低于 GB18871 中规定的放射性核素 Sr-89 豁免活度（ $1 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ ），碘-131 检测结果为 $7.98 \times 10^{-1} \text{Bq/kg}$ ，远低于 GB18871 中规定的放射性核素碘-131 豁免活度（ $1 \times 10^5 \text{Bq/kg}$ ）。因此，本项目衰变池内底泥中放射性活度浓度已远低于豁免活度浓度水平，已满足清洁解控的条件，可对底泥进行清洁解控。

（五）小结

综上所述，本次拟退役的第四住院楼二层核医学科无需再进行进一步的清洗去污处理，即已能够满足无限制开发使用的要求，该场所内的所有设备、设施等可以作为普通物品继续使用或处置，衰变池内已无废水，第四住院楼二层核医学科场所及场所内的设备、设施、衰变池内底泥等均已达到清洁解控水平，该场

所退役的实施对周围公众及环境产生影响较小。

三、后装机运营阶段对环境的影响分析

（一）后装机搬迁前的辐射影响分析

根据医院提供资料，医院后装机内原有 1 枚 ^{192}Ir 放射源（出厂活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属 III 类放射源），出厂日期为 2024 年 8 月 8 日，放射源编码为 NL241 R008893，已由设备厂家进行回收，待迁建后装机房建设完成后，将后装机（无放射源）搬迁至迁建后装机房内，再由设备厂家配备新的放射源。因此，后装机在搬迁前，暂存期间设备内不含有放射源，对周围环境的辐射影响可忽略不计。

（二）原后装机房退役环境影响分析

根据补充监测报告，原后装机房内及周围各关注点处 β 表面污染水平均低于 $3.8 \times 10^{-2}\text{Bq/cm}^2$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“表面污染控制水平”的规定，可当作普通物品使用，即满足“ β 表面污染解控水平为 0.8Bq/cm^2 ”的要求。后装机贮源器周围、后装治疗室内及周围关注点处 X- γ 辐射剂量率为 $102\text{nGy/h} \sim 110\text{nGy/h}$ ，属于正常天然辐射水平。因此，原后装机房内及周围关注点监测结果满足标准限值要求，对周围环境无影响，可对原后装机房无限制开放。

（三）后装机房搬迁后的辐射影响分析

1、主要技术参数

（1）放射源

根据医院提供资料，迁建后的后装机机房内拟使用 ^{192}Ir 放射源 1 枚，最大装源活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，放射源半衰期为 74.0d，每年最多使用 3 枚，本次预测分析保守按照后装机内使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源最大装源活度进行分析。

（2）出源时间

①放射源校准：参照 NCC/T-RT-002-2019， ^{192}Ir 放射源只需在每次放射源更换后进行校准检测，本项目后装机 ^{192}Ir 放射源每年最多更换 3 次，换源后物理师需要与设备厂家一起对后装机内放射源进行校准，每次设备出源校准时间约 30min，则每年换源质控时间为 1.5h。

②后装机质控：根据 NCC/T-RT-002-2019，为保证治疗效果，后装机应开展质量控制和质量保证，放疗科根据医院实际情况，每月开展一次质控，每次质控出源时间约 30min，则每年换源质控时间为 6h。

③患者治疗：医院全年最大治疗患者 800 人次（约 200 人，每人平均治疗周期为 4 次），每人出源治疗时间约 15min，则年出源治疗时间约为 200h。

（3）机房内驻留时间

①日常检测：在日常工作中，物理师在后装机未出源状态下，每周会进入机房内对后装机储源装置表面辐射剂量率进行一次监测，每次检测时间约 1min，每年（50 周）近距离接近后装机年最长时间约 0.83h。

②摆位：技师在进行治疗前，陪同患者进入后装机房做治疗前的摆位工作，每年最多进行 800 人次摆位，每次摆位的时间约 3min，此时后装机处于非工作状态，放射源处于贮源罐内，摆位工作人员一般距放射源 1m 左右的位置，年最大摆位时间约 40h。

（4）保护目标年最大受照时间

根据医院提供资料，本项目职业人员中，医生主要负责对患者诊断和治疗过程的跟踪，并与物理师一起制定治疗计划；物理师承担着病人治疗计划的制定、换源校准、质控以及日常每周一次的贮源装置表面辐射剂量监测；技师主要负责对患者治疗前的摆位和患者治疗时后装机设备的操作。由于医生和物理师主要负责跟踪患者治疗过程及制定放疗计划，日常工作场所位于放疗中心办公室内，因此，在患者放射治疗时，医生和物理师在控制室的时间保守按照患者年治疗总时间的 30%考虑。根据职业人员不同工作职责，本项目保护目标年最大受照时间如下表所示。

表 11-6 本项目环境保护目标年最大受照时间一览表

序号	保护目标类型	出源治疗时间 (h)	放射源校准 时间 (h)	后装机质控 时间 (h)	日常检测 时间 (h)	日常摆位时 间 (h)
1	医生	60 (200×30%)	0	/	0	0
2	技师	200	0	/	0	40
3	物理师	60 (200×30%)	1.5	6	0.83	0
4	公众	200	1.5	6	0	0

根据上述分析，后装机出源时，医生受照时间为 60h、技师受照时间为 200h、

物理师受照时间按照 60h 进行考虑，公众受照时间为患者治疗总时间加换源质控时间共为 207.5h；近距离接触放射源时间包括技师摆位 40h 和物理师对储源装置表面监测时间 0.83h。

2、后装机房屏蔽体外辐射剂量率水平分析

本项目后装机治疗时，放射源被输送至施源器，保守将其视为点源进行预测机房屏蔽效能。辐射屏蔽防护及估算点位示意图见图 11-1（预测点位取墙体或者防护门外 30cm 处）。

^{192}Ir 放射源虽有 β 、 γ 两种辐射，但 β 射线在空气中的射程较短，经放射源的内包鞘和治疗机的相关设施屏蔽后，在环境辐射方面已无影响，故本次环评中重点分析 ^{192}Ir 产生的 γ 射线的环境影响问题。

（1）关注点剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中相关规定及本项目后装机周开机治疗时间，估算得到后装机房外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平 H_c 。

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{（式 11-6）}$$

式中：

$H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_c —周剂量参考控制水平，放射治疗机房外控制区的工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

μ —关注位置方向照射的使用因子；本项目取 1；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子；

t —治疗装置周工作时间，h；根据医院提供的资料，后装机预估年有效出束时间最长约 200h，年工作 50 周，则周治疗照射时间 $t=4\text{h}$ 。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,\max}$ ：人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所， $H_{c,\max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所， $H_{c,\max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ ；

为确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,\max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（ H_c ）。由此确定的各

关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表。

保守考虑，本次评价各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本项目居留因子取值参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录A，由此确定各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表11-8：

表 11-7 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制区、办公室、咨询台、有人护理的候诊室以及周边建筑物中的驻留区域
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40：仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场，车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

表 11-8 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点	受照类型	居留因子	使用因子	剂量率参考控制水平 (H_c) $\mu\text{Sv/h}$		
				$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	H_c
a (西侧墙外，医院道路)	公众	1/16	1	20	2.5	2.5
b (北侧墙外，通道)	公众	1/16	1	20	2.5	2.5
C1 (东侧迷道外墙，控制室)	职业	1	1	25	2.5	2.5
C2 (东侧迷道外墙，大厅)	公众	1/4	1	5	2.5	2.5
d (南侧墙外，电梯)	公众	1/4	1	5	2.5	2.5
e (顶部，不可上人屋面)	/	/	/	/	2.5	2.5
g (迷道入口防护门)	公众	1/8	1	10	2.5	2.5

(2) 后装机未出源状态下对保护目标的影响

后装机为一铸钢容器，内填充金属钨和贫化铀以及铅作防护材料，使源在其贮源容器内时泄漏辐射符合国家标准要求。根据《医用电气设备 第2-11部分： γ 射束治疗设备的基本安全和基本性能专用要求》（GB 9706.211-2020）中201.10.2.5.2.1规定的规定“防护屏蔽应将辐射衰减到一定程度，使得束控机械装

置在关束位置时，距辐射源 1m 处测得的由于杂散辐射引起的吸收剂量率不应超过 0.02mGy/h 的水平，在距防护屏蔽表面 5cm 任一易接近的位置，由于杂散辐射引起的吸收剂量率不得超过 0.2mGy/h”。

由此可见，当放射源处于贮源器内贮存状态时，放射源经贮源器泄漏辐射再经机房混凝土墙体、屋顶板及防护门等屏蔽后，对机房外的人员几乎没有影响。因此，本次评价仅考虑未出源状态时，放射源对进入机房内的职业人员的影响。进入机房内的主要为治疗前对病人摆位的技师和日常出源质控及日常检测的物理师。

1) 对摆位技师的影响分析

在进行治疗前，技师陪同患者进入后装机房，根据上述分析技师每年进入机房摆位的时间为 40h，技师负责控制室操作及治疗前病人的摆位工作，摆位时技师距储源器表面约 1m，偏保守估算，技师摆位受到的最大有效剂量为 0.8mSv/a。

2) 对物理师的影响分析

物理师在在日常工作中，每周会进入机房内对后装机储源装置表面辐射剂量率进行一次监测，每次检测时间约 1min，每年近距离接近后装机年最长时间约 0.83h，物理师距储源器表面约 1m，偏保守估算，物理师每年受到的最大有效剂量为 0.02mSv/a。

(3) 后装机出源状态下机房屏蔽体外辐射剂量估算

当放射源处于贮存状态时，贮源器泄漏辐射经过贮源器及机房墙体、防护门等屏蔽体的屏蔽后，对机房外的人员几乎没有影响，因此本次评价主要考虑后装机出源状态下对机房外的辐射影响。

根据 GBZ/T201.3-2014，在给定屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式：

$$H_0 = A \times K_{\gamma} \dots\dots\dots (式 11-7)$$

$$\dot{H} = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots (式 11-8)$$

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \dots\dots\dots (式 11-9)$$

$$X_e = X \cdot \sec\theta \dots\dots\dots (式 11-10)$$

式中:

H_0 —放射源在距其 1m 处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

A —放射源的活度, MBq; 本项目 ^{192}Ir 取最大装源活度 $3.7 \times 10^5 \text{MBq}$;

K_γ —放射源的空气比释动能率常数, $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$; 查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1, ^{192}Ir 的空气比释动能率常数取 $0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$;

$\dot{H}$ —关注点处漏射辐射剂量率;

R —辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

f —有用束为 1, 本次预测均保守按照 1 进行取值;

B —屏蔽物质的屏蔽透射因子;

TVL_1 —辐射在屏蔽物质中的第一个半值层厚度, $\text{TVL}_1=152\text{mm}$;

TVL —辐射在屏蔽物质中的平衡半值层厚度, mm; 当未指明 TVL_1 时, $\text{TVL}_1=\text{TVL}$; 查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1, 对于 ^{192}Ir 放射源, 在混凝土中的 $\text{TVL}=152\text{mm}$;

X —屏蔽物质的屏蔽厚度, mm;

X_e —射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度, mm;

θ —斜射角, 即入射线与物质平面的法线夹角, 均保守按照 0° 进行考虑。

根据 GBZ/T201.3-2014 中 6.3, 对于迷道入口处 g 点处散射辐射剂量采用下式进行计算。

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{A \cdot K_\gamma \cdot S_w \cdot a_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \dots\dots\dots (\text{式 11-11})$$

式中:

S_w —迷道内口墙的散射面积, 其为辐射源和机房入口共同可见的墙区面积, 9.25m^2 ;

a_w —散射体的散射因子 3.39×10^{-2} ; (取值参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014) 表 C.4;

R_1 —散射源至散射体中心点的距离, $o-i=2.56\text{m}$;

R_2 —散射体中心点至计算点的距离, $i-g=6.82\text{m}$ 。

经计算可得, 迷道入口内侧 g 点处散射剂量率为 $\dot{H}_{\text{散}}=42.2 \mu\text{Sv/h}$ 。

根据 GBZ/T201.3-2014, 在给定防护门的铅屏蔽厚度时, 防护门外的辐射剂量

率计算公式：

$$H_{\text{门}} = H_{\text{散}} \cdot 10^{-X/\text{TVL}} + H_{\text{og}} \dots\dots\dots (\text{式 11-12})$$

式中：

$H_{\text{散}}$ —迷道入口处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_{og} —泄露辐射在 g 处的剂量率，根据表 11-4 计算得到， $1.21 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ；

X—铅防护门有效屏蔽厚度，8mmPb；

TVL—铅防护门有效屏蔽厚度，入口处 45° 散射辐射平均能量按照 0.2MeV，铅的 TVL 取值为 5mm。

根据计算可得，迁建后的后装机房外各关注点处最大辐射辐射剂量率为 $1.07 \mu\text{Sv/h}$ ，小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，也能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中规定的关注点剂量率控制水平的要求。

（4）后装机致保护目标年最大受照剂量分析

后装机投运后，对机房周围各关注点处保护目标年最大受照剂量由下式进行计算：

$$E = H \cdot 10^{-3} \cdot q \cdot h \cdot W_T \cdot U \dots\dots\dots (\text{式 11-13})$$

式中：

H—关注点的剂量当量（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

E—关注点的年剂量（mSv/a）；

h—工作负荷（h/a）；

q—居留因子，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中表“A.1”进行取值；

WT—组织权重因数，全身为 1；

μ —利用因子。

表 11-13 评价范围内公众所受年最大辐射剂量综合统计表

关注点保护目标位置	参考点位置	与关注点最近距离（m）	关注点处最大辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	居留因子	年最大出源时间（h）	年最大剂量（mSv/a）
直线加速器新机房综合楼二层及以上区域	d	5.43	0.502	1	207.5	7.95E-05

直线加速器新 机房综合楼一 层	<i>d</i>	/	0.502	1/4	207.5	2.60E-02
第四住院楼	<i>d</i>	44	2.33E-05	1/4	207.5	1.21E-06
行政办公楼	<i>d</i>	37	3.30E-05	1/4	207.5	1.71E-06
第五住院楼	<i>a</i>	15	3.07E-06	1/4	207.5	1.59E-07
医院家属院	<i>b</i>	45	1.72E-05	1/4	207.5	8.92E-07

注：以上关注点处最大辐射剂量率通过参考点处辐射剂量率与关注点处距离的平方成反比的规律计算而来，不考虑其他建筑材料的屏蔽，仅考虑距离衰减。

综上所述，迁建后装机房投入运营后，职业人员所受最大年剂量为 0.8mSv/a，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 确定的职业人员 20mSv/a 剂量限值，也小于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）确定的 5mSv/a 剂量约束值的规定；公众所受最大年剂量为 2.78×10^{-2} mSv/a，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 确定的 1mSv/a 剂量限值，也小于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）确定的 0.1mSv/a 剂量约束值的规定。

本项目后装机房迁建后，与直线加速器新机房综合楼一层模拟定位 CT 机房和直线加速器机房有一定的距离，经过距离衰减后，彼此的贡献剂量可忽略不计，而且后装机操作的技师、医生和物理师为专配，不从事医院其他涉辐射源的工作。因此，后装机迁建项目配备的人员不考虑剂量叠加。

3、倒换放射源辐射环境影响分析

后装机放射源安装、倒换前医院应制定周密的计划，安装、倒换源工作过程中机房门应始终保持关闭状态，并在机房门口设置警戒线，无关人员严禁进入后装机机房内。后装机倒换放射源工作应由放射源厂家工程师负责完成，医院工作人员（物理师）仅在控制室内进行监督辅助工作，不直接从事放射源倒换工作。因此，倒换源过程中工作人员受到的剂量可忽略不计。

（四）后装机投运后臭氧分析

后装机房内空气中的氧受 γ 射线电离而产生臭氧，假设机房为密闭，保守按照放射源出厂活度为 3.70×10^{11} Bq 进行考虑，则臭氧产生率按下式计算：

$$Q_0 = 6.33 \times 10^{-4} A G V^{1/3} \dots\dots\dots \text{式 (11-14)}$$

式中：

Q_0 —臭氧产生率, mg/h;

A —放射源活度, 10Ci;

G —空气吸收 γ 射线能量产生臭氧分子数, 对 γ 源取 6;

V —机房空间体积, 160.2m³;

室内臭氧饱和浓度由下式计算:

$$C = Q_0 \times T_v / V \quad \dots\dots\dots \text{式 (11-15)}$$

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad \dots\dots\dots \text{式 (11-16)}$$

式中:

C —室内臭氧浓度, mg/m³;

Q_0 —臭氧产额 mg/h;

T_v —臭气有效清除时间, h;

V —机房空间体积, 160.2m³;

t_v —每次换气时间, 每次换气时间, 根据设计资料, 后装机房设计排风量不低于 900m³/h, 机房体积按照 160.2m³ 进行计算, 则每小时通风次数为 5.6 次, 每次换气需要 0.178h;

t_a —臭氧分解时间, 取值为 0.83h。

由公式 11-7~11-9 计算, 臭氧产额为 6.99×10⁻³mg/h, 最终计算出的后装机房内臭氧平衡浓度为 6.40×10⁻⁶mg/m³, 远低于《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022) 表 1 中臭氧小时平均标准值浓度符合 0.16mg/m³ 的要求, 本项目后装机房内产生的臭氧由机械排风系统通过专用排风管道引至屋面排放, 经自然分解和稀释, 符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的二级标准 (0.20mg/m³) 的要求, 不会对环境空气造成明显影响。

(五) 声环境影响分析

后装机房迁建投运后, 噪声源主要为后装治疗机机房通排风装置, 医院通过采用低噪声设备, 经场址内距离衰减后, 运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求, 对周围环境影响很小。

(六) 水环境影响分析

后装机投运后, 废水主要为辐射工作人员和患者产生的少量生活污水, 依托

医院已建的污水处理站处理达标后排入市政管网，汇入内江市城市污水处理厂进一步处理达标后排入沱江。本项目不涉及新增工作人员，医院污水处理站现有处理能力能够满足现有生活污水产生量和排放量的排放需求。

（七）固体废物影响分析

（1）退役放射源

随着放射性核素的自然衰变，¹⁹²Ir 放射源的活度不断降低，当 ¹⁹²Ir 放射源使用到一定时间后，不能满足患者治疗的需求，医院将更换放射源，会产生退役的 ¹⁹²Ir 放射源，退役 ¹⁹²Ir 放射源由原厂家回收处置，不在医院内暂存，对周围环境影响很小。

（2）其他固体废物

本项目工作人员产生的生活垃圾及办公垃圾集中暂存于院区内原有生活垃圾站，由市政环卫部门定期统一收集、清运处置。

综上，本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

事故影响分析

一、事故等级分析

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）四个等级，详见表 11-14 中。

表 11-14 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	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，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 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。
较大辐射事故	Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-15。

表 11-15 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	重度	20.0Gy~50.0Gy
脑型急性放射病	/	50.0Gy~100.0Gy
	死亡	>100Gy

二、辐射事故情景假设

第四住院楼二层核医学科于2024年8月30日已全面停止放射性药物的使用，通过现场调查监测结果可知，各关注点处各项监测因子均已达到评价标准要求，无需采取进一步的退役措施，该退役场所已满足清洁解控要求，可直接按普通场所无限制开放使用，在退役过程中不会发生与放射性有关的辐射安全事故；医院已将第四住院楼后装机房内放射源由厂家进行回收，仅对后装机（无放射源）进行保管，在迁建后装机房建成投用前，不存在放射源暂存风险；后装机房建成投用后，由设备厂家重新配送¹⁹²Ir放射源（最大出厂活度 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于III类放射源），并进行放射源的倒源、装源等工作，医院辐射工作人员仅负责协调、安保、质控等相关工作内容。

综上所述，本项目的风险因子为后装机房建成投用后使用¹⁹²Ir放射源，后文仅对这部分内容进行分析。

后装机使用的¹⁹²Ir放射源在衰变过程中，会释放 β 和 γ 射线，如无正当防护可能会造成辐射安全事故，最大可能发生的事故如下：

- （1）暂存放射源因管理不善发生丢失、被盗等事故。
- （2）装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射；医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；放射源卡源事故造成人员误照射。

三、最大可能性事故后果

- （1）放射源丢失、被盗、失控（卡源）事件
- 根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第449号）第四十条，III类放射源丢失、被盗、失控（卡源）事件属较大辐射事故。

(2) 放射源误照射事件分析

①事故假设

装置在运行时，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射；医务人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；放射源卡源事故造成人员误照射。

②剂量估算

后装治疗机内含 ^{192}Ir 放射源一枚，出厂活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ （III类放射源）；后装机房及控制室内均设置有“紧急回源”按钮，只要按下此按钮就可以紧急回源， γ 射线直接照射人体身上，随着时间的推移人员与放射源不同距离下，最大可能受到的剂量可用式 11-17~11-18 进行计算。

$$K_0 = \frac{A \cdot \Gamma_k}{R^2} \dots\dots\dots (\text{式 11-17})$$

$$E = K_0 \cdot t \cdot W_T \cdot W_R \dots\dots\dots (\text{式 11-18})$$

式中：

K_0 —无屏蔽防护时，在距离放射源 R （m）处的空气比释动能率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A —放射源的活度，按照初始装源活度： $3.7 \times 10^5 \text{MBq}$ ；

Γ_k —放射源的空气比释动能率常数， $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ；查 GBZ/T201.3-2014 的附录 C 表 C.1， ^{192}Ir 的空气比释动能率常数取 $0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ 。

根据事故情景假设条件，计算得出距源不同距离、持续时间使人员受到误照射有效剂量，结果见下表：

表 11-16 放射源误照射事故工况下人员所受剂量估算表

与放射源最近距离（m）	受照时间（min）	人员所受剂量（mSv）
0.5	1min	2.74E+00
	2min	5.48E+00
	5min	1.37E+01
	15min	4.11E+01
1	1min	6.85E-01
	2min	1.37E+00
	5min	3.42E+00
	15min	1.03E+01
2	1min	1.71E-01
	2min	3.42E-01

3	5min	8.56E-01
	15min	2.57E+00
	1min	7.61E-02
	2min	1.52E-01
	5min	3.80E-01
	15min	1.14E+00

注：本次计算偏保守，未考虑放射源的自然衰变。

③事故后果

根据表 11-16，在上述事件情景假设条件下，人员受放射源误照射最大剂量为 41.1mSv/次，超过 GB18871-2002 中特殊情况下公众年有效剂量限值（1mSv），属于一般辐射事故，但是随着时间的推移，若果人员滞留时间较长，也会发生较大辐射事故。

（3）小结

综上所述，本项目后装机一旦发生辐射安全事故，可能造成一般或较大辐射事故，但不排除随着时间的推移，人员受到持续照射，造成事故等级升级。

四、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

为了防止事故的发生，要求医院应严格执行以下风险预防措施：

1、放射源脱落、丢失/被盗事故预防措施

换源或装源必须由有资格的专业人员进行。换源或装源前，对后装机房及周围进行清场，打开医院的监控设施，全程监控。然后由专业人员严格按照操作规程进行操作，操作过程中，操作工作人员必须佩带辐射监测仪器，穿戴好防护衣帽。安装过程中确认施源管是否安装到位，放射源取出后应按要求对储源罐上锁。日常工作中严格遵守医院制定的设备安全使用管理制度和操作规程，加强机房安全保卫措施，严防放射源丢失、被盗、失控。

2、放射源卡源事故防范措施

本项目后装机含有出源和进源限位组件，能很好的避免卡源事故。在安装施源管时，应注意施源管尽量拉直，减少施源管两头的高差，走真源前先走多次假源，采取上述措施后能有效预防卡源事故的发生。

3、误照射事故预防措施

日常加强门机联锁的巡检，确保防护门上指示灯处于正常工作状态；启动后装治疗系统前全视角搜寻治疗室内是否有人滞留，以杜绝该类型辐射事故的发生。

生。

五、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

1、严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《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），制定并严格遵守各项管理制度，切实做好防火、防盗、防丢失、防破坏、防泄漏等措施。

2、一旦发生人员误照射等辐射事故时，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射安全事故应急处理小组及上级领导报告。辐射安全事故应急处理小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

3、对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生健康行政等主管部门。

4、后装机使用的 ^{192}Ir 放射源为III类放射源，一旦发生放射源丢失或被盗，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和防护管理办法》中的有关要求，封闭场所应按规定启动本单位辐射事故应急预案，并及时报告当地生态环境主管部门、公安部门以及卫生健康部门。

5、迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

6、事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院已成立了放射卫生与辐射安全领导小组，对全院的辐射安全管理工作，并于 2023 年 10 月调整了组织机构成员名单及职责（内二医[2023]239 号），文件明确了组织机构主要职责、日常办公地点和联系方式，具体人员配置及职责如下：

1、组织架构

组 长：蒋**

副组长：晏**

成 员：方**、黄**、侯**、闵**、钟**、蔡**、刘**、何**、夏**、何**、王**、陈**、刘**、李**、黄**、张**、王**、徐**、林**、陈**

专职人员：崔**

领导小组办公室设在预防保健科，联系电话：0832-2**

2、工作职责

（1）根据国家相关法律法规政策，制定我院的放射卫生与辐射安全管理工作计划、规章制度，组织实施并进行督促检查及考核总结。

（2）做好国家放射卫生防护法律法规的培训和宣传工作，提高我院放射工作人员辐射防护意识及法制观念。

（3）明确放射卫生与辐射安全专职工作人员的职责，建立完善放射工作管理档案。

（4）负责对本院放射性同位素、放射源的运输、储存和使用中的放射卫生防护情况实施监督监测检查。

（5）定期对医院射线装置、放射源的放射卫生防护情况进行监测检查。

（6）对医院新建、改建、扩建有关放射防护工程进行前期可行性研究，并报批上级主管部门。

（7）负责对本院放射工作人员个人剂量监测及放射人员健康体检情况进行监督检查。

（8）组织医院放射工作人员接受放射防护法律法规、辐射安全等培训。

（9）制定并落实辐射安全事故预防措施与应急预案，如发生放射性医疗事故，应

及时按有关规定逐级上报。

(10) 对加强和完善本院的放射卫生与辐射安全工作提出合理化建议。

(11) 负责医院废弃放射源及放射性医疗垃圾处理的监管工作。

医院组织机构健全，核医学科退役工作领导小组由放射卫生与辐射安全领导小组承担，实施主体为核医学科和总务科，后装机房迁建投运后有医院领导机构监管。

二、核医学科退役管理要求

经分析，医院制定的各种辐射安全管理制度较全面，在现有辐射安全管理制度加强管理的情况下，能够满足本项目的需求。

根据对第四住院楼核医学科退役现场调查和监测结果，拟退役区域的工作场所、设备、设施等物品均已达到评价标准要求，无需采取进一步的退役措施。但由于目前尚未完成退役工作，为加强拟退役场所所在区域的管理，确保环境辐射安全，医院应对其实行监督管理。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令）、《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（原环保部第3号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部第18号令）等相关法规文件，拟实施退役的单位应具备的条件与法规的符合情况见表12-1。

表12-1 项目执行相关法律法规的要求对照表

序号	法律法规文件	要求	项目单位情况	结论
1	国务院第449号令	第三十三条使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源的场所和生产放射性同位素的场所，以及终结运行后产生放射性污染的射线装置，应当依法实施退役。	根据《关于发布放射源分类办法的公告》（原国家环境保护总局公告2005年62号），乙级非密封放射性物质工作场所的安全管理参照Ⅱ类放射源，本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，其退役工作正在执行。	计划符合
2	环保部第3号令	第四十条生产放射性同位素的场所、产生放射性污染的放射性同位素销售和使用场所、产生放射性污染的射线装置及其场所，终结运行后应当依法实施退役。退役完成后，有关辐射工作单位方可申请办理许可证变更或注销手续。	本项目退役完成后，建设单位应及时申请办理辐射安全许可证变更手续。	计划符合

3	原环境保护部第18号令	第十条建设项目竣工环境保护验收涉及的辐射监测和退役核技术利用项目的终态辐射监测,由生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位委托经省级以上人民政府环境保护主管部门批准的有相应资质的辐射环境监测机构进行。	正在执行	计划符合
4		第十三条使用 I 类、II 类、III 类放射源的场所,生产放射性同位素的场所,按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(以下简称《基本标准》)确定的甲级、乙级非密封放射性物质使用场所,以及终结运行后产生放射性污染的射线装置,应当依法实施退役。	正在执行	计划符合
5		第十四条依法实施退役的生产、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当在实施退役前编制环境影响评价文件,报原辐射安全许可证发证机关审查批准;未经批准的,不得实施退役。	已委托有资质单位编制环境影响评价文件,并报原辐射安全许可证发证机关审查批准。	计划符合
6		第十五条退役工作完成后六十日内,依法实施退役的生产、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当向原辐射安全许可证发证机关申请退役核技术利用项目终态验收,并提交退役项目辐射环境终态监测报告或者监测表。	委托有资质的单位进行辐射环境终态监测,在核技术利用项目终态验收,并在退役验收六十日内,向原辐射安全许可证发证机关申请退役。	计划符合
7		第十六条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,在依法被撤销、依法解散、依法破产或者因其他原因终止前,应当确保环境辐射安全,妥善实施辐射工作场所或者设备的退役,并承担退役完成前所有的安全责任。	已制定项目的辐射防护措施,确保环境辐射安全,妥善实施辐射工作场所或者设备的退役,并承担退役完成前所有的安全责任。	计划符合

根据上表可知,对照结果表明,该项目承诺采取的安全措施和辐射安全管理能够满足相关法律法规的要求。

三、后装项目辐射工作岗位人员配置和能力分析

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

(1) 后装机拟配备辐射工作人员8名,均为医院放疗中心后装治疗室原有辐射工作人员,且均已取得辐射安全与防护培考核成绩单。今后,医院根据承担诊疗和教学科研任务量等实际情况适当增减。

(2) 医院现有辐射工作人员179人,其中50名辐射工作人员通过了生态环境主管部门组织的考核,取得了辐射安全与防护考核成绩合格单;使用III类射线装置的108名辐射工作人员通过了医院自主组织的辐射安全与防护考核,本项目相关辐射工作人

员均已取得了辐射安全与防护考核成绩合格单。

(3) 医院委托有资质的单位定期对辐射工作人员个人剂量进行检测,且建立了辐射工作人员个人剂量档案。

2、辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

(1) 对放射源、医用射线装置的操作人员,应加强对其安全操作的培训。

(2) 医院应严格执行辐射工作人员培训制度,新从事辐射活动的人员,以及原持有的辐射安全与防护培训合格证到期的人员,应当通过生态环境部培训平台(<http://fushe.mee.gov.cn>)报名并参加考核。

(3) 个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员,如发现结果异常,将在第一时间通知相关人员,查明原因并解决发现的问题。

(4) 医院应严格按照档案分类的要求,加强辐射安全相关档案的管理,辐射安全管理人员应进行对辐射安全与防护知识学习,参加并取得辐射安全与防护考核成绩单。

辐射安全管理规章制度

一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置,包括以下九大类:“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“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”。医院应当根据辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

二、辐射安全管理规章制度

根据《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发布版)、《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),医院辐射安全管理规章制度已落实、还需补充的内容见下表 12-2:

表 12-2 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	国家生态环境部要求		省生态环境厅要求	具体要求	对照分析
	项目	制度名称	制度名称		
1	A 综合	辐射安全与环境保护管理机构和岗位职责	辐射安全与环境保护管理机构和岗位职责	应建立辐射安全管理机构或配备专(兼)职管理人员,落实了部门和人员全面负责辐射安全管理的具体工作	已制定

2		辐射工作场所安全管理规定	辐射工作场所安全管理规定	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	本次迁建工作场所应重新上墙
3		放疗设备的安全性能检查维护记录	辐射安全防护设施维护维修制度	应定期检查辐射安全防护设施的有效性	已制定，需完善
4		辐射安全防护设施维护维修制度			
5		场所分区管理制度	场所分区管理制度	按要求划分控制区和监督区，实行分区管理，应有明确的标识	已制定，须按要求划定辐射场所的两区
6	B 场所	设备操作规程	辐射工作设备操作规程	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	已制定，本次迁建工作场所应重新上墙
7	C 监测	场所及环境监测方案	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	每年委托有资质的单位进行 1 次场所年度监测；平时应定期开展自我监测，并做好记录；取得《许可证》后 3 个月内完成验收监测。	已制定，将本次迁建辐射工作场所纳入其中
8		监测仪表使用与校验管理制度	监测仪表使用与校验管理制度	需制定并落实监测仪表使用与校验管理制度	已制定
9		辐射工作人员培训/再培训制度	辐射工作人员培训制度	辐射工作人员均应登录国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址： http://fushe.mee.gov.cn ）学习辐射安全与防护知识并通过考核；已取得辐射安全培训合格证满五年需再培训并考核合格	已制定
10	D 人员	辐射工作人员个人剂量管理制度	辐射工作人员个人剂量管理制度	个人剂量监测周期为 1 次/季。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。	已制定
11		工作人员岗位职责	辐射工作人员岗位职责	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	已制定，应悬挂于迁建后辐射工作场所墙上
12	E 应急	辐射事故/事件应急预案	辐射事故预防措施及应急预案	辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急	已制定并落实，应在迁建工作场所墙上悬挂相应内容

				措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	
13	F 其他	/	质量保证大纲和质量控制检测计划	使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位须制定质量保证大纲和质量控制检测计划，利用更精确的放疗计划减少病患受到不必要的照射	已制定并落实

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

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

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止保护目标受到过量的照射。根据本项目的特点，核医学科退役辐射监测主要包括辐射环境现状监测、退役过程中监测和退役后的终态监测；后装机房迁建投运前，医院需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

一、核医学科退役辐射监测

1、辐射环境现状监测

本次评价已对工作场所及周边环境 γ 辐射剂量率、表面污染水平进行了监测。

根据现状调查监测结果，该场所及相关设备、设施等物品均已达到清洁解控水平，已达到无限制开放的要求。

2、退役过程中监测

在退役过程中，建设单位应安排专人对搬运前的设备、设施及物品，拆除前的排风管道及排水管道内壁开展 β 表面污染水平监测，并做好记录，确保达到清洁解控水平方可进行下一步处置。

3、退役后的终态监测

核医学科退役实施完成之后，医院应委托有资质单位进行终态验收监测。

(1) 监测目的

终态监测目的：本项目终态检测时，各项技术指标是否满足退役目标值的要求。

(2) 监测项目

在核医学科退役实施完成后，应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《医疗机构水污染排放标准》（GB 18466-2005）等相关要求，建设单位应委托有资质单位进行终态监测。

(3) 监测方法

按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求，监测方法原则上采用国家标准分析方法，无标准分析方法的，选用经过验证可行的方法。各监测项目采用的标准分析方法见表 12-3。

表 12-3 各监测项目采用的标准分析方法

监测项目	监测方法	方法来源
γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021
β 表面污染	表面污染测定第一部分 β 发射体（最大 β 能量大于0.15MeV）和 α 发射体	GB/T14056.1-2008

(4) 监测内容和要求

1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率、 β 表面污染。

2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-4）或验收监测布点方案。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。

表 12-4 工作场所监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测周期	监测布点位置
第四住院楼 二层核医学科	γ 辐射剂量率	终态验收 监测 1 次	各房间内的 γ 辐射剂量率，场所内墙面、地面、桌面及台面的表面污染，其他遗留设施或物品的表面污染水平，排水管道、通风管道等隐藏部位 γ 辐射剂量率及表面污染
	β 表面污染		

二、后装机房迁建后辐射监测

1、工作场所监测

自主验收监测：医院在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

年度监测：医院每年应委托有资质的单位对医院所有辐射工作场所进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置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。

2、监测内容和要求

（1）监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

（2）监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-5）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立监测数据台账。

表 12-5 本项目监测布点方案表

场所或设备	监测内容	监测周期	监测布点位置
后装机	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测 1 次，委托有资质的单位监测（年度检测），频率为 1 次/年；定期自行开展辐射监测	距后装机房四周墙体、防护门（及其门缝）表面外 30cm 处；控制室技师操作位，穿墙孔洞等

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②医院应安排专人负责自行监测任务；

③采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

④制定辐射环境监测管理制度。

辐射工作场所环境监测结果应记录，并存档备案，若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。从事自我监测的人员应具有辐射安全及环境监测的相关知识。

3、个人监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，个人剂量检测频率为1次/季度。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

(1) 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；

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《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；

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位位置，一般左胸前；对于工作中穿戴铅衣的情况，通常应根据佩带在铅衣里面躯干上的剂量计估算工作人员有效剂量；

(4) 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终身保存。

三、辐射安全许可证变更

根据原环保部3号令第四十条“生产放射性同位素的场所、产生放射性污染的放射性同位素销售和使用场所、产生放射性污染的射线装置及其场所，终结运行后应当依法实施退役。医院在核医学科或后装机房退役完成后，可申请办理许可证变更或注销手续。

四、年度评估报告情况

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

1、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院应制订辐射事故应急预案，应包含以下内容。

(1) 应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

(2) 应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

(3) 应急人员的培训；

(4) 环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

(5) 辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

(6) 发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等主管部门报告。

2、应急措施

迁建投运后的后装机一旦发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

(1) 一旦发现误照射事故时，工作人员应立即回源，并将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

(2) 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。

(3) 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，还应同时向当地卫健行政部门报告。

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

3、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，医院应根据国家新发布的法律法规内容，结合医院实际情况及时对预案做补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：第四住院楼核医学科退役及后装机房迁建项目

建设单位：内江市第二人民医院

建设性质：其他、新建

建设地点：内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院

建设内容及规模为：内江市第二人民医院拟对第四住院楼二层核医学科及第四住院楼一层原后装机房进行退役，在直线加速器机房综合楼北外侧新建后装机房及其配套用房后，将第四住院楼一层原有后装机搬迁至新建后装机房内使用。

1、核医学科退役

内江市第二人民医院第四住院楼二层核医学科主要有放免室、清洗室、病人治疗室、多功能室、放射源库、配药室、I-125 分药储源室、放射性废处理室等，使用放射性核素 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{153}Sm 、 ^{32}P 、 ^{125}I 、 ^{125}I （粒子）、 ^{99}Tc 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，放射性废水衰变池一座，该区域内设有乙级、丙级非密封放射性物质工作性场所，日等效最大操作量为 $3.41\times 10^9\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.35\times 10^9\text{Bq}$ 。第四住院楼二层核医学科已于 2024 年 8 月全面停止使用非密封放射性物质，目前已无放射性药品。根据医院的建设规划需要，医院拟将第四住院楼二层核医学科所有房间、设备设施、物品、衰变池、放射性废水管道等进行退役。

2、后装机房搬迁

医院拟将第四住院楼一层后装机机房进行退役，并紧邻直线加速器新机房综合楼北外侧新建 1 间后装机房及配套功能用房，再将第四住院楼一层后装机房内原 ^{192}Ir 后装机（不含放射源）搬迁至新建后装机房内，拟在迁建后装机内安装使用 1 枚最大装源活度为 $3.7\times 10^{11}\text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 放射源，属于 III 类放射源，年出源时间约 207.5h（出源治疗时间+换源质控时间），主要用于腔内、组织间等肿瘤的放射治疗。

二、产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《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,2024年2月1日起施行),后装机房建设属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第1条“医疗卫生服务设施建设”,后装机房迁建后,可更好的为内江市及周边肿瘤患者提供放射治疗服务,符合现行的国家产业政策。

三、后装机房迁建选址合理性分析

本项目后装机房拟在内江市东兴区新江路470号内江市第二人民医院直线加速器新机房综合楼北外侧迁建。根据医院提供用地许可证“内市国用(2016)第007062号”,迁建的后装机房所在区域用地性质为医卫慈善用地,符合用地规划;迁建后的后装机房与医院放疗科原有辐射场所集中布置,便于医院统一管理,也便于患者就诊;后装治疗场所为地上一层独立建筑,南侧紧邻加速器综合楼,东、北两侧靠近山坡堡坎,利用地势条件,减少了机房四周人员居留,避开了医院住院大楼及门诊楼等人员密集、流动性大的活动区域,符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198—2021)中关于选址的要求;且拟建的后装机房为专门辐射工作场所,建成后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。因此,后装机房迁建场址从辐射安全防护角度分析,本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

1、核医学科退役区域及周围

①经监测,本项目退役工作场所、设备、设施等物品各监测点处X- γ 辐射剂量率范围为71nGy/h~114nGy/h(未扣除本底),属于正常天然本底辐射水平。因此,本项目第四住院楼二层非密封放射性物质工作场所可开放。

②核医学科相关所有场所、设备、设施及用品表面 β 表面污染水平监测值均低于仪器监测下限,满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“表面污染控制水平”的规定,满足“ β 表面污染解控水平为0.8Bq/cm²”的要求,本项目所有场所、设备、设施及用品均能够满足 β 表面污染解控水平的要求。

③本项目衰变池内的已无放射性废水,项目场所、设备设施、衰变池底泥等均已到达清洁解控水平,不需要进行去污,不产生放射性废水。因此对周围水环境不产生影响。

④小结

综上所述，本项目第四住院楼二层核医学科所有工作场所，场所内的设备、设施及物品、衰变池底泥等监测结果均达到评价标准，无需采取进一步的退役措施。因此本项目工作场所可达到无限制开放的目标，场所内的设备、设施及用品等可以作为普通物品继续使用或处置。本项目退役对周围公众及环境产生影响较小。

2、后装机房迁建区域及周围

根据四川省永坤环境监测有限公司出具的监测报告，原后装机房及周围不存在污染，后装机迁建区域 γ 空气吸收剂量率为93nGy/h~99nGy/h，属于正常天然本底辐射水平。

五、辐射项目的环境影响分析结论

1、第四住院楼二层核医学科退役

(1) 拟退役场所的辐射环境影响

核医学科拟退役工作场所、场所内的设备、设施等物品、衰变池底泥的监测结果、结合理论分析，均已达到评价标准，无需采取进一步的退役措施。因此，第四住院楼二层核医学科工作场所、场所内的设备、设施等物品均已达到清洁解控水平，可以作为普通物品继续使用或处置，对周围环境影响较小。

(2) 退役后场所的辐射环境影响

根据监测数据，拟退役的工作场所内原有放射性核素随着时间推移而衰变，第四住院楼二层核医学科工作场所的X- γ 辐射剂量率水平已与本底水平相当， β 表面污染水平低于表面污染的清洁解控水平0.8Bq/cm²，该场所内的设备、设施等物品可以作为普通物品继续使用或处置。

(3) 事故情况下辐射环境影响评价结论

根据核医学科退役场所及周围辐射监测结果和检测结果，均已达到评价标准要求，无需采取进一步的退役措施。因此，第四住院楼二层核医学科退役不会产生辐射事故。

2、后装机房迁建

(1) 施工期环境影响分析结论

后装机房施工周期短，医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

(2) 营运期环境影响分析

1) 辐射环境影响分析结论

在严格落实相关法律法规的要求后，后装机所致职业人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871 - 2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明，迁建后装机房的屏蔽防护设计能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)的相关要求。

^{192}Ir 放射源退役产生的废旧放射源由供源单位回收处置，不在医院内暂存，对周围环境影响很小。

2) 非放环境影响分析结论

辐射工作人员和患者产生的生活污水依托医院现有的污水处理站处理。

后装机在投运后，产生少量的臭氧及氮氧化物。后装机房内拟设专用通排风系统，机房内产生的废气由排风管道引至机房顶部排放，经自然分解扩散，对环境产生影响较小。

后装机房投运后，产生的废水主要为辐射工作人员和患者产生的少量的生活污水，依托医院污水处理站，医院污水处理站现有处理能力能够满足现有生活污水产生量和排放量的排放需求。

后装机在投运后，工作人员和患者产生的固体废物主要为生活垃圾，经分类收集、暂存于院区内原有生活垃圾站，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

后装机在投运后，噪声源主要为后装机房通排风装置，医院通过采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到相关标准要求，对环境产生影响较小。

3) 事故工况下环境影响评价结论

经分析，后装机可能发生的辐射事故的事故等级为一般或较大辐射事故，针对可能发生的辐射事故，医院应按相关规定对已制定的辐射事故应急预案和安全规章制度进行完善并贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

六、医院辐射安全管理的综合能力分析结论

核医学科退役和后装机房迁建工作领导小组由医院放射卫生与辐射安全领导小组

承担，实施主体核医学科、放疗科和总务科。医院采取分区管理制度和安全防护措施能够有效防止人员误入而受到照射；医院已建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施，确保环境辐射安全。因此，医院已具备实施辐射工作场所、设备、设施及物品退役，后装机搬迁和安全运营的能力，能够承担退役完成前所有的安全责任。

医院严格落实本报告提出的相关管理要求和环保设施及措施后，具备辐射安全管理的综合能力。

七、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位在医院官方网站上对本项目报告表进行了公示，截止报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

八、项目环保可行性结论

医院按计划对第四住院楼二层核医学科工作场所进行退役，符合辐射防护“实践的正当性”原则。医院已编制退役方案，方案可行，根据源项调查和现状监测结果，拟退役场所满足相关环境保护的要求。医院在严格落实各项规章制度和本报告提出的环境保护措施和监测计划的前提下，可妥善、安全处理含放射性同位素的物质，消除辐射安全隐患，对环境和公众的辐射环境影响符合国家标准要求，第四住院楼二层核医学科辐射工作场所可以达到清洁解控水平的要求，该场所内的设备、设施等物品可以作为普通物品继续使用或处置，核医学科退役工作的开展从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

后装机房迁建过程中，坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项关于后装机房的污染防治措施，从环境保护和辐射防护角度分析，后装机房在内江市东兴区新江路470号内江市第二人民医院直线加速器新机房综合楼北外侧建设是可行的。

建议和承诺

一、建议及要求

（一）核医学科退役

1、退役完成后，委托有资质的单位进行辐射环境终态监测，以确保第四住院楼二层核医学科场所达到无限制开放使用的要求，以确保第四住院楼二层核医学科场所内的设备和用品等满足清洁解控的要求。

2、退役完成后，由医院尽快组织实施退役核技术利用项目终态验收。

3、退役竣工验收工作完成后，及时报原辐射安全许可证发证机关，申请办理许可证变更手续。

4、接受生态环境行政主管部门的监督检查。

（二）后装机房迁建

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理规章制度。严格执行医院制定的辐射事故应急预案，全面做好医院辐射防护与安全的工作。

2、严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《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），制定并严格遵守各项管理制度，切实做好防火、防盗、防丢失、防破坏、防泄漏等措施。

2、医院应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考核，已取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台。加强对辐射工作人员的辐射安全与防护知识学习并持证上岗，同时对辐射工作人员进行个人剂量的监测。

3、医院应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《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上传。

4、经常检查辐射工作场所的当心电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。定期检查后装治疗机机房设置的监控系统、各种联锁装置、开关、报警设施、通排风系统的有效性，确保一切正常并安全的情况下，

后装机方可运行。每月对后装治疗机及机房的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

5、 ^{192}Ir 放射源初装源/换源均由有相应资质的单位负责，并选择于非接诊时间换源，换源时后装治疗机机房周围设置警戒措施并安排警戒值守人员，限制其他人员靠近机房，同时机房内配备应急贮源容器、长柄镊子、专用钳子、剪刀等应急工具。贮源容器采用双人双锁管理模式，日常期间由值班人员巡视检查，机房内、机房外走廊、候诊区、电梯等区域安装摄像头及 24 小时监控。

6、医院须重视控制区和监督区的管理。

7、医院今后在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统，对相关信息进行修改。

8、本次环评辐射工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，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。核医学科退役实施完成后、建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1。

表13-1 项目竣工环境保护验收一览表

项目		验收内容	
核医学科退役	程序合法性	项目环评批复	
	退役监测报告	本项目退役工作场所辐射环境监测报告、项目周围的辐射环境监测报告	
	其他	本项目场所退役方案、辐射工作人员的个人剂量检测报告和个人防护用品等	
后装机房迁建	实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	1 间
		铅防护门	1 扇
	安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
		施源器与源联锁	设备自带
		管道遇堵自动回源	设备自带
		仿真源模拟运行系统	设备自带
		主机外表电离辐射警示标志	设备自带
		控制台显示放射源位置	设备自带
		控制台紧急停止照射按钮	设备自带

		停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带
		手动回源装置	设备自带
	应急联锁设施	机房门与束流联锁（门-机联锁）装置	1 套
		门灯联锁	1 套
		门源安全联锁装置	1 套
		有中文标识的紧急停机按钮	5 个
		紧急开门按钮	2 个
		手动开门装置	1 套
		备用应急贮源罐	1 个
		UPS 应急电源	1 套
		长柄夹具（长柄镊子）	1 套
	警示设施	停电或意外中断照射时声光报警	1 套
		控制室及机房内对讲装置	1 套
		防护门上方工作状态指示灯	1 套
		入口当心电离辐射警告标识	1 套
	监测设备	便携式辐射监测仪	1 台
		固定式辐射监测仪	1 台
		机房内视频监控系统	1 套
		个人剂量报警仪	2 台
		个人剂量计	8 套
	其他	机房内通风系统	1 套
		灭火器材和火警报警装置	1 套
		机房内设紧急照明或独立通道照明系统	1 套

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

(1) 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生态环境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。

(2) 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。

(3) 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。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

(1) 建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<https://www.mee.gov.cn>）。

(2) 项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

(4) 除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收；②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当在全国建设项目竣工环境保护验收信息系统（<https://cepc.lem.org.cn/#/login>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。