

编号：ZFHK-FB21220181

核技术利用建设项目

西南医科大学附属中医医院

后装机核技术利用项目

环境影响报告表

（公示稿）

西南医科大学附属中医医院

2022年03月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

西南医科大学附属中医医院

后装机核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：西南医科大学附属中医医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：泸州市龙马潭区春晖路 182 号

邮政编码：646000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	13
表 3 非密封放射性物质.....	13
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	15
表 6 评价依据.....	16
表 7 保护目标与评价标准.....	18
表 8 环境质量和辐射现状.....	25
表 9 项目工程分析与源项.....	29
表 10 辐射安全与防护.....	35
表 11 环境影响分析.....	46
表 12 辐射安全管理.....	61
表 13 结论与建议.....	68
表 14 审批.....	74

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西南医科大学附属中医医院后装机核技术利用项目					
建设单位		西南医科大学附属中医医院 (统一社会信用代码: 125100004507184151)					
法人代表			联系人		联系电话		
注册地址		泸州市龙马潭区春晖路 182 号					
项目建设地点		西南医科大学附属中医医院城北新院综合楼附楼(影像楼)负二层					
立项审批部门		/		批准文号		/	
建设项目总投资(万元)		1000	项目环保投资(万元)	150	投资比例(环保投资/总投资)(%)	15%	
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它				占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类				
		☒ 使用	☐ I类(医疗使用) ☐ II类 ☒ III类 ☐ IV类 ☐ V类				
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物				
		☐ 销售	/				
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙				
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类				
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类				
		☐ 使用	☐ II类 ☐ III类				
	其他	/					
	1.1 项目概述 1.1.1 建设单位概况 西南医科大学附属中医医院(统一社会信用代码: 125100004507184151)(以下简称“医院”)原名泸州医学院附属中医医院,2015 年更名为西南医科大学附属中医医院。医院注册地址为泸州市龙马潭区春晖路 182 号,创建于 1983 年,是一所集医疗、教学、科研、预防保健、产业文化、集团医院、国际交流于一体的具有中医、中西医结合特色的三级甲等综合性教学医院。医院现有城北新院(位于泸州市龙马潭区春晖路 182 号)、水井沟院区(位于泸州市江阳区江阳中路 63 号)和忠山院区(位于泸州市江阳区太平街 25 号)三个院区,总占地面积 80.2 亩,总建筑面积 21 万余平方米。医院现有编制床位 3000 张,现有在职职工 3000 余人。医院是国家中医临床研究基地建设单位,拥有						

区域中医脑病、肾病、肝病诊疗中心，设有临床和辅检科室 61 个。

医院拥有 Skyra3.0T、飞利浦 1.5TMRI、Flash 双源 CT、医科达、新华 6MeV 直线加速器、Ysio 双板 DR、西门子、联影螺旋 CT、Ceiling、Floor 平板 DSA、美敦力手术导航系统、飞利浦四维彩超、S5 人工心肺机系统、进口全自动药品分包机、遗传分析仪、奥林巴斯和潘太克斯胃肠镜、阿玛仕 1050RS 准分子激光近视手术系统、头部伽马刀、腹腔镜系统、林氟泰克关节镜、卡尔史托斯神经内窥镜、徕卡、蔡司手术显微镜、海德堡 OCT、全自动生化分析仪等大中型医疗设备。

医院现持有四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：川环辐证[00232]（见附件 3）；发证日期：2021 年 10 月 25 日，有效期至：2022 年 11 月 29 日；许可的种类和范围：使用 I 类、II 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置。

1.1.2 项目由来

随着医疗服务对象的扩大和人民群众对医疗服务质量要求的提高，为拓展放疗科诊疗内容，满足不同患者的诊疗需求，进一步优化医疗资源布局，增加优质医疗资源供给，西南医科大学附属中医医院拟在城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层将 1 间预留的放疗机房改造为后装机机房，并新增 1 台后装机用于肿瘤放射治疗。

西南医科大学附属中医医院城北新院综合楼主体项目环评《泸州医学院附属中医医院城北新院二期综合楼工程建设项目环境影响报告书》已于 2011 年 12 月 9 日由原四川省环境保护厅以川环审批[2011]559 号予以批复。目前，西南医科大学附属中医医院城北新院综合楼已建成投入运行。

本项目拟新增的后装机型号待定。后装机配套使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源，放射源出厂活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ 。根据《放射源分类办法》（原国家环保总局公告 2005 年第 62 号），本项目后装机配套使用的 ^{192}Ir 放射源属于 III 类放射源。

为加强辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保放射源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》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五 172 核技术利用建设项目 使用 III 类放射源”，环评类别为环境影响报告表。为此，西南医科大学附属中医医院委托中辐环境科技有限公司开展“西南医科大学附属中医医院后装机核技术利用项目（以下简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（见附件 1）。

接受委托后，评价单位组织相关技术人员于 2022 年 3 月进行了现场勘察、收集资料等工作，并结合项目特点，按照《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）等规定编制了本环评报告表，供生态环境审批部门审查。

1.2 项目概况

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

- （1）项目名称：西南医科大学附属中医医院后装机核技术利用项目；
- （2）建设单位：西南医科大学附属中医医院；
- （3）建设性质：改建；
- （4）建设地点：泸州市龙马潭区春晖路 182 号，西南医科大学附属中医医院城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层。

1.2.2 项目建设内容与建设规模

医院拟在城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层将 1 间预留的放疗机房改造为后装机机房。综合楼主楼地上二十二层，地下二层；综合楼附楼（影像楼）地上六层，地下二层。施工内容主要为增加原机房墙体屏蔽厚度，不对机房布局作出大的变动。经与医院核实，本项目拟新增 1 台后装机，后装机型号待定，配套使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源。放射源出厂活度为 $3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$ ，属于 III 类放射源。本项目建设规模见表 1.2-1。

表 1.2-1 本项目建设规模

建设内容	型号	活动种类	放射源名称	放射源类别	放射源出厂活度	数量	工作场所	备注
后装机	待定	使用	^{192}Ir	III 类	$3.7 \times 10^{11}\text{Bq}$	1 枚	城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层	新购

原预留放疗机房南北净长 6950mm，东西净长 5300mm（不含迷道），净高 4640mm。各墙体为现浇混凝土，南侧墙体、西侧墙体、北侧墙体均为 400mm 混凝土，东侧墙体为迷道墙，迷道内墙和迷道外墙均为 400mm 混凝土，顶棚为 160mm 混凝土。

改造后的后装机机房南北净长 6450mm，东西净长 4850mm（不含迷道），净高 4640mm。南侧墙体和西侧墙体均为 650mm 混凝土，北侧墙体机房部分为 650mm 混凝土，迷道部分仍为 40mm 混凝土，迷道内墙和迷道外墙均为 600mm 混凝土，顶棚为 610mm 混凝土，防护门内衬 15mm 铅板。

后装机机房改造前与改造后的尺寸和屏蔽设计对比见表 1.2-2。

表 1.2-2 后装机机房改造前与改造后的尺寸和屏蔽设计一览表

名称		原预留放疗机房	改造后的后装机机房
尺寸	南北净长	6950mm	6450mm
	东西净长	5300mm	4850mm
	净高	4640mm	4640mm
屏蔽设计	南侧墙体	400mm 混凝土	650mm 混凝土
	西侧墙体	400mm 混凝土	650mm 混凝土
	北侧墙体	400mm 混凝土	650mm 混凝土（机房部分） 400mm 混凝土（迷道部分）
	迷道内墙	400mm 混凝土	600mm 混凝土
	迷道外墙	400mm 混凝土	600mm 混凝土
	顶棚	160mm 混凝土	610mm 混凝土
	防护门	/	15mm 铅板

改造后的后装机用房由 1 间后装机机房（含迷道）、1 间控制室、1 间缓冲间和 1 间准备间组成，后装机机房有效使用面积为 31.28m²，控制室有效使用面积为 16.62m²，缓冲间有效使用面积为 7.44m²，准备间有效使用面积为 10.08m²。后装机机房无地下层，楼上为空房间。

1.2.3 项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题见表 1.2-3。

表1.2-3 本项目组成及主要环境问题分析表

名称	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	医院拟在城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层将 1 间预留的放疗机房改造为后装机机房。综合楼主楼地上二十二层，地下二层；综合楼附楼（影像楼）地上六层，地下二层。医院拟新增 1 台后装机，后装机型号待定，配套使用 1 枚 ¹⁹²Ir 放射源。放射源出厂活度为 3.7×10¹¹Bq，属于 III 类放射源。 原预留放疗机房南北净长 6950mm，东西净长 5300mm（不含迷道），净高 4640mm。各墙体为现浇混凝土，南侧墙体、西侧墙体、北侧墙体均为 400mm 混凝土，东侧墙体为迷道墙，迷道内墙和迷道外墙均为 400mm 混凝土，顶棚为 160mm 混凝土。 改造后的后装机机房南北净长 6450mm，东西净长 4850mm（不含迷道），净高 4640mm。南侧墙体和西侧墙体均为 650mm 混凝土，北侧墙体机房部分为 650mm 混凝土，迷道部分仍为 40mm 混凝土，迷道内墙和迷道外墙均为 600mm 混凝土，顶棚为 610mm 混凝土，防护门内衬 15mm 铅板。 改造后的后装机用房由 1 间后装机机房（含迷道）、1 间控制室、1 间缓冲间和 1 间准备间组成。后装机机房有效使用面积为 31.28m²，满足设备临床应用需求。后装机机房无地下	施工中产生的扬尘、建筑垃圾、噪声、废水、装修废气和生活垃圾；后装机安装调试阶段产生的包装废物、γ射线、少量臭氧和氮氧化物。	β射线、γ射线、放射性固体废物、噪声、臭氧和氮氧化物

	层，楼上为空房间。			
辅助工程	控制室 1 间，有效使用面积为 16.62m ² ；缓冲间 1 间，有效使用面积为 7.44m ² ；准备间 1 间，有效使用面积为 10.08m ² 。			生活垃圾、办公垃圾、生活废水
公用工程	给排水、供电和通讯系统依托城北新院现有基础设施。			/
依托工程	依托综合楼附楼（影像楼）三层 CT 室（一）SOMATOM go.Top 型定位 CT 进行定位。			/
环保工程	废水处理	依托城北新院污水处理站，该污水处理站设计处理能力为 800m³/d。 本项目工作人员产生的生活废水经城北新院污水处理站采用“接触氧化+二氧化氯消毒”处理工艺，预处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准后经市政污水管网进入二道溪城市污水处理厂进行深度处理。		生活废水
	废气处理	后装机机房拟设置独立的通排风系统，设计排风量为 1200m ³ /h，后装机机房体积约 212.2m ³ ，机房内通风次数约为 5 次/h。后装机产生的臭氧、氮氧化物通过机房排风系统经排风管道引至机房北侧排风井。		臭氧、氮氧化物
	固废处理	本项目产生的医疗废物委托有资质的单位处理；本项目产生的退役 ¹⁹² Ir 放射源由供源单位回收，不在医院暂存；本项目产生的生活垃圾、办公垃圾由医院集中收集，交当地环卫部门清运。		医疗废物、生活垃圾、办公垃圾、废旧放射源

1.2.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1.2-4。

表1.2-4 本项目主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途
主要原辅材料	/	/	/	/
能源	电	7000kW·h	城市电网	机房及辅助用房用电
水	自来水	1500m ³	城市生活用水管网	生活用水

1.2.5 工作负荷及人员配置

工作制度：每周工作 5 天，每年工作 250 天。

设备治疗照射时间：本项目后装机预计最大工作量为：20 人（次）/天，100 人（次）/每周，5000 人（次）/年。每人每次照射治疗时间参考《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/T203.2-2014）中附录 F.1 的“示例条件与基本参数”，平均每位患者的治疗照射时间取 6min。本项目后装机周治疗照射时间为 10h，年

累计治疗照射时间为 500h。

人员配置：本项目后装机拟配置辐射工作人员 6 人，其中医师 2 人，技师 2 人，物理师 2 人。本项目辐射工作人员拟从医院现有放疗科工作人员中调配，不对外招聘。本项目工作人员相对固定，不兼岗操作其他射线装置。本项目拟配置的辐射工作人员情况见表 1.2-5。

表1.2-5 本项目辐射工作人员情况表

序号	姓名	工作岗位	辐射安全培训证书编号	培训时间
1	陈磊	医师	CHO43211	2019.10.30
2	庞军	医师	FS21SC0200783	2021.12.09
3	田洪	技师	FS20SC0200008	2020.07.24
4	何蛟	技师	FS21SC0200784	2021.12.09
5	陈燕	物理师	FS21SC0200794	2021.12.09
6	胡蝶	物理师	CHO43207	2019.10.30

本项目辐射工作人员均持有辐射安全培训证书。根据生态环境部《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），医院应组织本项目辐射工作人员定期接受再培训。

1.3 项目选址及周邊环境保护目标

1.3.1 医院地理位置

西南医科大学附属中医医院城北新院位于泸州市龙马潭区春晖路 182 号，医院东侧为万宝苑小区、华香苑小区和丽园街，隔丽园街为利君·枫林丽景小区；南侧为春晖路，隔路为香林轩小区；西侧为香林路二段，隔路为锦华十年城小区；北侧为枫林街，隔路为北城天骄小区。

1.3.2 项目周边环境关系

（1）本项目外环境关系

本项目后装机机房东侧为内科楼，内科楼往东为丽园街，隔路为利君·枫林丽景小区；东南侧为医技大楼；西南侧为香林路二段，隔路为锦华十年城小区；西北侧为枫林街，隔路为北城天骄小区。

后装机机房边界东侧距离内科楼约 30m，距离丽园街约 115m，隔路距离利君·枫林丽景小区约 125m；东南侧距离医技大楼约 100m；西南侧距离香林路二段约 100m，隔路距离锦华十年城小区约 130m；西北侧距离枫林街约 20m，隔路距离北城天骄小区约 55m。

(2) 本项目工作场所四至关系

本项目后装机机房位于医院城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层。综合楼主楼地上二十二层，地下二层；综合楼附楼（影像楼）地上六层，地下二层。

后装机机房东侧为缓冲间和控制室；南侧为地下停车场；西侧为地下停车场；北侧为楼梯间、风井和电井；楼上为空房间；无地下层。

综上所述，本项目后装机机房边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑及院外道路，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。医院城北新院地理位置见附图 1，周边环境关系见附图 2。

1.3.3 布局合理性分析

本项目后装机用房位于医院城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层北侧，四周主要为地下停车场及放疗科其他机房。后装机机房主要由治疗室、迷道组成。控制室和准备间位于后装机机房东侧，控制室与后装机机房分离。后装机机房的有效使用面积为 31.28m²。本项目后装机用房布局符合《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）中“后装治疗机房、 γ 远距治疗机房和体部 γ 刀治疗机房应设置迷路”的规定、《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）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“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”等工作场所布局要求。因此，本项目后装机用房布局是合理可行的。

1.3.4 相关规划及选址合理性分析

西南医科大学附属中医医院城北新院综合楼主体项目环评《泸州医学院附属中医医院城北新院二期综合楼工程建设项目环境影响报告书》已于 2011 年 12 月 9 日取得原四川省环境保护厅批复。根据批复，医院城北新院综合楼建设符合相关规划，因此本项目也符合泸州市土地利用和城市总体规划。

本项目后装机机房选址于综合楼附楼（影像楼）负二层，后装机机房及配套功能用房集中设置。后装机机房选址已充分考虑了周围场所的安全，并且采取了有效的辐射屏蔽措施和安全措施，根据下文环境影响预测分析结果，项目运营过程产生的电离辐射和退役放射源，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施后，对周围环境造成

的辐射影响是可以接受的。因此，本项目的选址是合理的。

1.4 产业政策符合性分析

本项目为核技术在医学领域的运用。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），本项目属鼓励类第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，**高端放射治疗设备**，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家现行产业政策。

1.5 实践正当性分析

本项目实施目的在于开展放射治疗工作，最终目的是为了治病救人，本项目的建设可以更好地满足肿瘤患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。本项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射治疗过程中，对后装机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，对后装机的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理后装机的情况下，可以将本项目产生的电离辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

1.6.1 原有核技术利用项目许可情况

医院现持有四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：川环辐证[00232]；发证日期：2021 年 10 月 25 日，有效期至：2022 年 11 月 29 日；许可的种类和范围：使用 I 类、II 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置。

1.6.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院原有核技术利用项目许可情况见表 1.6-1 和表 1.6-2。

表 1.6-1 医院原有放射源使用情况

序号	核素名称	总活度(Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	使用场所	许可情况
1	⁶⁰ Co	9.6E+12Bq×30	II类	使用	龙马潭区春晖路 182 号，影像楼负二层	川环审批[2017]223 号批复，已验收

表 1.6-2 医院原有射线装置使用情况

序号	名称	型号	类别	工作场所	许可情况
1	医用血管造影 X 射线机	Artis Zee III floor	II类	龙马潭区春晖路 182 号，门诊一楼放射科 DSA 室（一）	川环审批[2012]114 号批复；已验收
2	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM EMOTION16	III类	江阳中路 63 号，一层放射科 CT 室（一）	川环审批[2012]114 号批复；已验收
3	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm Vision	III类	龙马潭区春晖路 182 号，第一住院楼十八层手术室	泸龙环函[2015]20 号批复；已验收
4	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM EMOTION16	III类	龙马潭区春晖路 182 号，门诊二层放射科 CT 室（一）	川环审批[2012]114 号批复；已验收
5	X 射线诊断设备	NeuPione er DR MD	III类	龙马潭区春晖路 182 号，门诊二层放射科 DR 室（二）	泸龙环函[2015]20 号批复；已验收
6	移动式 C 形臂 X 射线机	SIREMOBIL Compact L	III类	龙马潭区春晖路 182 号，第一住院楼十八层手术室	泸龙环函[2015]20 号批复；已验收
7	DR 50180	Ysio	III类	龙马潭区春晖路 182 号，门诊二层放射科 DR 室（一）	川环审批[2012]114 号批复；已验收
8	DR	Multix Select DR	III类	龙马潭区春晖路 182 号，影像楼三层 DR 室（五）	川环审批[2015]481 号批复；已验收
9	CT	uCT 510	III类	龙马潭区春晖路 182 号，第二住院楼一层 CT 室	已许可
10	医用直线加速器	Compact	II类	龙马潭区春晖路 182 号，影像楼负二层加速器机房	川环审批[2015]481 号批复；已验收
11	数字化医用 X 射线摄影系统	UDR 550i	III类	龙马潭区春晖路 182 号，第二住院楼一层 DR 室（一）	已许可
12	X 射线血管造影系统	Artis zee ceiling	II类	龙马潭区春晖路 182 号，门诊一楼放射科 DSA 室（二）	川环审批[2015]425 号批复；已验收
13	医用诊断 X 射线透视摄影系统	NAX-800RF FLEXAVISION	III类	龙马潭区春晖路 182 号，门诊二层放射科数字胃肠室	川环审批[2012]114 号批复；已验收
14	医用直线加速器	XH600E	II类	太平街 25 号，直线加速器机房	川环审批[2017]184 号批复；已验收
15	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm solo	III类	龙马潭区春晖路 182 号	泸龙环函[2015]20 号批复；已验收
16	X 射线计算机体层摄影设备	SOMATOM Definition Flash	III类	龙马潭区春晖路 182 号，门诊二层放射科 CT 室（二）	泸龙环函[2015]20 号批复；已验收

17	X 射线计算机体层摄影设备	Somatom soint	III类	太平街 25 号, 住院部负二楼 CT 室	川环审批[2012]114 号批复; 已验收
18	数字化医用 X 射线摄影系统	Cdr 588i	III类	江阳中路 63 号, 四层 DR 室 (一)	川环审批[2012]114 号批复; 已验收
19	高频移动式手术 X 射线机	PLX112C	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 第二住院楼六层手术间 (二)	备案号: 202151050400000091
20	双能量 X 射线骨密度仪	AKDX-09W-1	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 第二住院一层骨密度室	备案号: 202151050400000085
21	厢式 X 射线机	AKHX-50/200D	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 体检车川 E50967	备案号: 202151050400000089
22	医用血管造影 X 射线系统	UNIQ FD20	II类	龙马潭区春晖路 182 号, 影像楼五层 DSA (三)	川环审批[2015]481 号批复; 已验收
23	牙科 X 射线机	RX DC Plus	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 门诊楼二层牙片 X 光室 (一)	备案号: 202151050400000090
24	移动式 X 射线机	MobiEye 700p	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 第一住院楼十八层手术室	备案号: 202151050400000086
25	医用血管造影 X 射线系统	Artis Q floor	II类	龙马潭区春晖路 182 号	川环审批[2015]481 号批复; 已验收
26	移动式 C 形臂 X 射线机	Ziehm Vision RFD 3D	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 第一住院楼十八层手术室	备案号: 202151050400000087
27	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM go Top	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 影像楼三层 CT 室 (一)	备案号: 202151050400000131
28	移动式计算机断层扫描仪	MCT-1	III类	龙马潭区春晖路 182 号	备案号: 202151050400000056
29	医用血管造影 X 射线机	Artis Zee III floor	II类	龙马潭区春晖路 182 号, 影像楼五楼 DSA 室 (一)	川环审批[2015]481 号批复; 已验收
30	全景、头颅和 X 射线数字化体层摄影设备	New Tom Gian	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 门诊楼二层牙片 CT 室 (一)	备案号: 202151050400000088
31	X 射线计算机体层摄影设备	NeuViz Extra	III类	龙马潭区春晖路 182 号, 门诊二层放射科 CT 室	备案号: 202151050400000146

1.7 医院原有核技术利用项目管理情况

(1) 辐射安全防护管理机构

根据相关法律、法规、规范的要求, 医院已成立放射防护管理委员会, 并明确了成员职责。

（2）辐射工作制度

医院已制定了《辐射工作人员岗位职责》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《辐射安全和防护设施维护、维修制度》、《辐射工作场所安全管理要求》、《放射源与射线装置台账管理制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《放射诊疗流程管理制度》、《放射法律法规与防护培训制度》、《个人剂量监测制度》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射工作人员管理制度》、《放射诊疗和放射防护管理制度》、《受检者放射危害告知与防护制度》、《放射事故预防措施》、《放射防护安全管理制度》、《辐射事故应急响应程序》和《辐射事故预防措施及应急处理预案》等综合规章管理制度。

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。已有管理制度较健全，能够满足原有辐射防护管理需要，维持辐射安全与环境保护的日常运行。

（3）辐射安全与防护培训情况

医院现有辐射工作人员共 377 人，均在生态环境部平台培训后经考核合格取得合格成绩单，成绩单均在有效期内。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，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）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），医院从事使用Ⅰ类、Ⅱ类放射源；Ⅱ类射线装置的辐射工作人员应在生态环境部辐射与防护培训平台参加培训并考核合格，并按时接受再培训。从事Ⅲ类射线装置的辐射工作人员可由医院自行组织辐射安全与防护考核，并取得合格成绩，并建立成绩档案。

（4）个人剂量监测及职业健康体检情况

医院现有辐射工作人员共 377 人，均配备了个人剂量计，每三个月由医院委托有资质的单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据医院提供的最近一个年度的辐射工作人员个人剂量监测报告，现有辐射工作人员年度的个人剂量监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量 5mSv 的管理约束值。

医院已为辐射工作人员进行了上岗前和在岗期间的职业健康检查，体检结果表明现有辐射工作人员可继续放射工作。

（5）辐射工作场所情况

医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警告标志、报警装置和工作状态指示灯等。根据放射诊疗和放疗科等不同项目实际情况，医院划分有辐射防护控制区和监督区，并采取了分区管理，进行了积极、有效的管控。

（6）辐射应急演练和年度评估

医院已制定《辐射事故预防措施及应急处理预案》，每年定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，并及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行有年度评估制度，编制有《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，对现有放射源和射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射源和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并于每年1月31日前提交至发证机关。

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 枚	Ⅲ类	使用	放射治疗	城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层后装机机房	后装机内	新增

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	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（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）其他

序号	名称	型号	数量（台）	主要技术指标	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/

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
废旧放射源	固态、密封源	^{192}Ir	/	/	/	/	不暂存	由供源单位回收处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日起施行); (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 48 号 2016 年修订, 2016 年 9 月 1 日起施行) 及《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》(第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议, 2018 年 12 月 29 日); (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 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行); (4) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行); (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)(中华人民共和国生态环境部令第 16 号), 自 2021 年 1 月 1 日起施行; (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日起施行); (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环保总局第 31 号令; 根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正; 根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正; 根据 2021 年 1 月 4 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正); (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行); (9) 《关于发布放射源分类办法的公告》(国家环保总局 2005 年 第 62 号); (10) 《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)。
------	---

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）； (3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (5) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； (6) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； (7) 《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）； (8) 《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）； (9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (10) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》（GA 1002-2012）； (11) 《重点单位重要部位安全技术防范系统要求第2部分：危险化学品、放射性同位素集中存放场所》（DB/T31/329.2-2018）； (12) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）。
其 他	(1) 环境影响评价委托书； (2) 《放射防护实用手册》（济南出版社，主编赵兰才、张丹枫）； (3) 《辐射防护手册》（第一分册），李德平、潘自强主编； (4) 《辐射防护手册》（第三分册），李德平、潘自强主编； (5) 《2020 四川省生态环境状况公报》； (6) 医院提供的提供的其它相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1评价范围

本项目为使用Ⅲ类放射源，且后装机辐射工作场所有实体边界。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定及本项目的实际情况，确定本次环境影响评价范围为后装机机房屏蔽体边界外 50m 区域。评价范围见附图2。

7.2 保护目标

根据《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发 2018 年 24 号），四川省生态保护红线总面积 14.80 万平方公里，占全省幅员面积的 30.45%。空间分布格局呈“四轴九核”，分为 5 大类 13 个区块，主要分布在川西高原山地、盆周山地的水源涵养、生物多样性维护、水土保持生态功能富集区和金沙江下游水土流失敏感区、川东南石漠化敏感区。

本项目位于泸州市龙马潭区春晖路 182 号，不涉及四川省生态保护红线，具体见图 7.2-1。

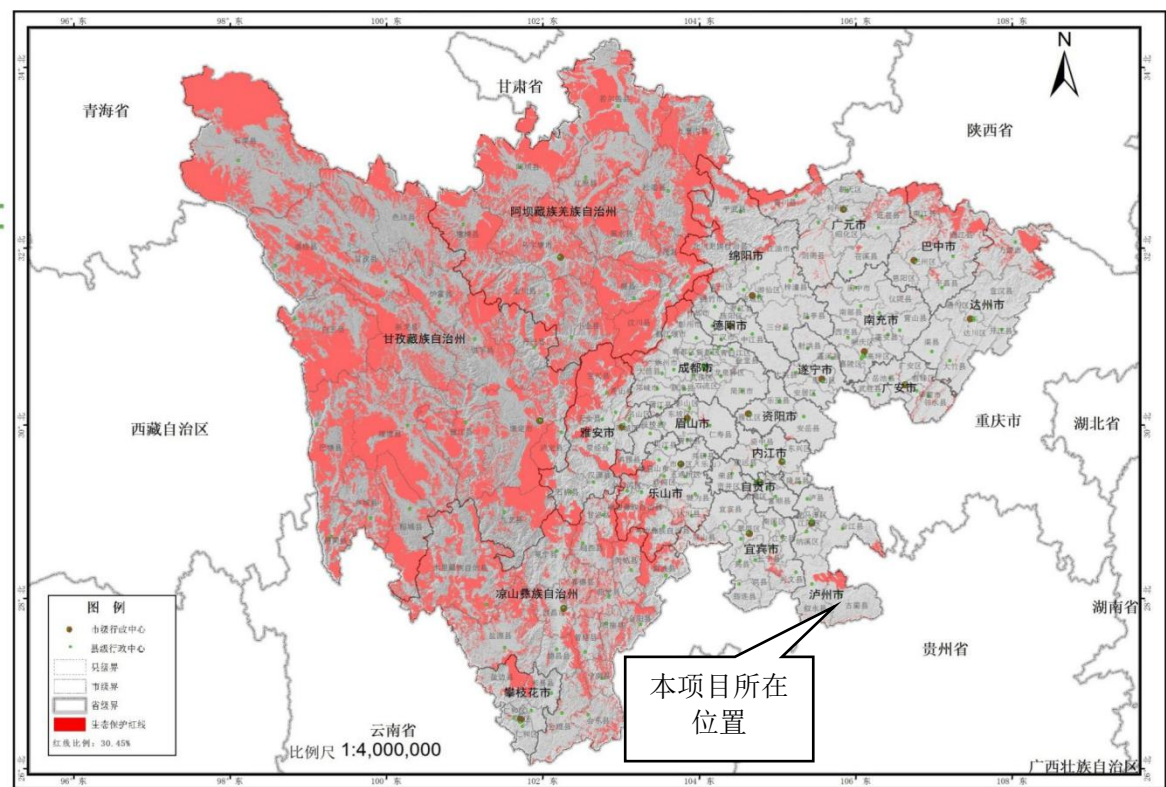


图 7.2-1 四川省生态保护红线分布图

根据现场踏勘情况，本项目后装机机房边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑及

院外道路，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。

本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目的辐射工作人员、医院非辐射工作人员和公众成员。具体见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标		方位	与后装机机房边界的最近距离 (m)		规模	受照类型	人员类别	年剂量管理限值
			水平	垂直				
后装机机房	控制室	东侧	0	0	6 人	γ射线	职业	5mSv
	地下停车场	南侧西侧	0	0	500 人次/天	γ射线	公众	0.1mSv
	候诊区	北侧	3	0	100 人次/天	γ射线	公众	
	空房间	楼上	0	4.8	50 人次/天	γ射线	公众	
	内科楼	东侧	30	9.6	约 800 人次/天	γ射线	公众	
	综合楼主楼	南侧	10	9.6	约 800 人次/天	γ射线	公众	
	枫林街	北侧	20	9.6	约 600 人次/天	γ射线	公众	

7.3 评价标准

7.3.1 环境质量标准

(1) 地表水：执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准。

(2) 声环境：执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。

(3) 大气环境：执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二类标准。

7.3.2 污染物排放标准

(1) 废水：医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中预处理标准。

(2) 噪声：施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中标准限值；运行期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准。

(3) 大气：施工期大气执行《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB512682-2020) 表 1 要求；运行期氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中的

二级标准；臭氧排放执行《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中臭氧最高允许浓度 0.3mg/m³。

（4）固体废物：执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。

7.3.3 剂量限值及剂量管理约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的规定，以及根据本项目特点并遵循辐射防护最优化原则，从事本项目辐射工作人员和公众的年剂量限值及剂量管理约束值见表 7.3-1。

表 7.3-1 剂量限值及剂量管理约束值

使用范围	职业照射	公众照射
剂量限值	20mSv/a	1mSv/a
剂量管理约束值	5mSv/a	0.1mSv/a

注：以上剂量管理约束值针对本项目的附加剂量管理约束值。

7.3.4 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中的相关规定，本项目辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平见表 7.3-2。

表 7.3-2 本项目辐射工作场所屏蔽体外周围剂量当量率控制水平

工作场所	位置描述	剂量率控制水平
后装机机房	人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$
	人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所	$\leq 10\mu\text{Sv/h}$

7.3.5 机房选址、布局要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房选址与布局要求如下：

5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 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。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗机房选址与布局要求如下：

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。

7.3.6 空间与通风要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房通排风要求如下：

8.4.1 放射治疗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。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗机房空间和通风要求如下：

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，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；通风换气次数应不小于4次/h。

7.3.7 放射治疗机房辐射安全要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房安全设施和措施要求如下：

6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：

a) 放射治疗室应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。

6.2.4 后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），放射治疗机房安全装置和警示标志要求如下：

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

- a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；
- b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

6.4.6 视频监控、对讲交流系统

控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

7.3.8 放射源操作的辐射安全与防护要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射源操作的辐射安全与防护要求如下：

7.4 应加强放射源倒装活动的辐射安全管理，倒装工作应由有相应能力且通过辐射安全考核的专业人员进行；应制定放射源倒装活动方案，对辐射监测与报警仪器的有效性、操作场所分区隔离设置、倒源屏蔽体搭建进行确认；倒装放射源时应应对倒装热室周围和含源设备表面进行辐射监测，关注倒源屏蔽体的辐射防护效果和含源设备

的表面污染情况，做好安装和更换的放射源清点并记录；倒源结束后对含放射源的放射治疗设备、场所与周围环境进行辐射监测。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

西南医科大学附属中医医院城北新院位于泸州市龙马潭区春晖路 182 号，医院东侧为万宝苑小区、华香苑小区和丽园街，隔丽园街为利君·枫林丽景小区；南侧为春晖路，隔路为香林轩小区；西侧为香林路二段，隔路为锦华十年城小区；北侧为枫林街，隔路为北城天骄小区。

西南医科大学附属中医医院拟在城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层将 1 间预留的放疗机房改造为后装机机房。综合楼主楼地上二十二层，地下二层；综合楼附楼（影像楼）地上六层，地下二层。

后装机机房东侧为控制室和缓冲间；南侧为地下停车场；西侧为地下停车场；北侧为楼梯间、风井和电井；楼上为空房间；无地下层。

本项目评价范围内主要为医院内部建筑及院外道路，主要植被除人工种植的花草树木外，无农作物和珍惜野生动植物。本项目评价范围内未发现受保护的文物和古迹。为掌握项目所在地辐射水平，本次评价委托四川致胜创科环境监测有限公司对本项目辐射工作场所及周围的辐射环境本底进行了监测。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

（1）监测目的

掌握本项目辐射工作场所的辐射环境本底水平，为本项目运行后对环境产生的辐射影响提供基础数据。

（2）环境现状评价对象：后装机机房及周边环境。

（3）监测因子：X- γ 辐射剂量率。

（4）监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）并考虑监测点位现状可到达性，本次监测在后装机机房及周围布设点位。上述点位能够反映本项目辐射环境现状水平，因此，监测点位布设合理。具体监测点位布置见图 8.2-1。

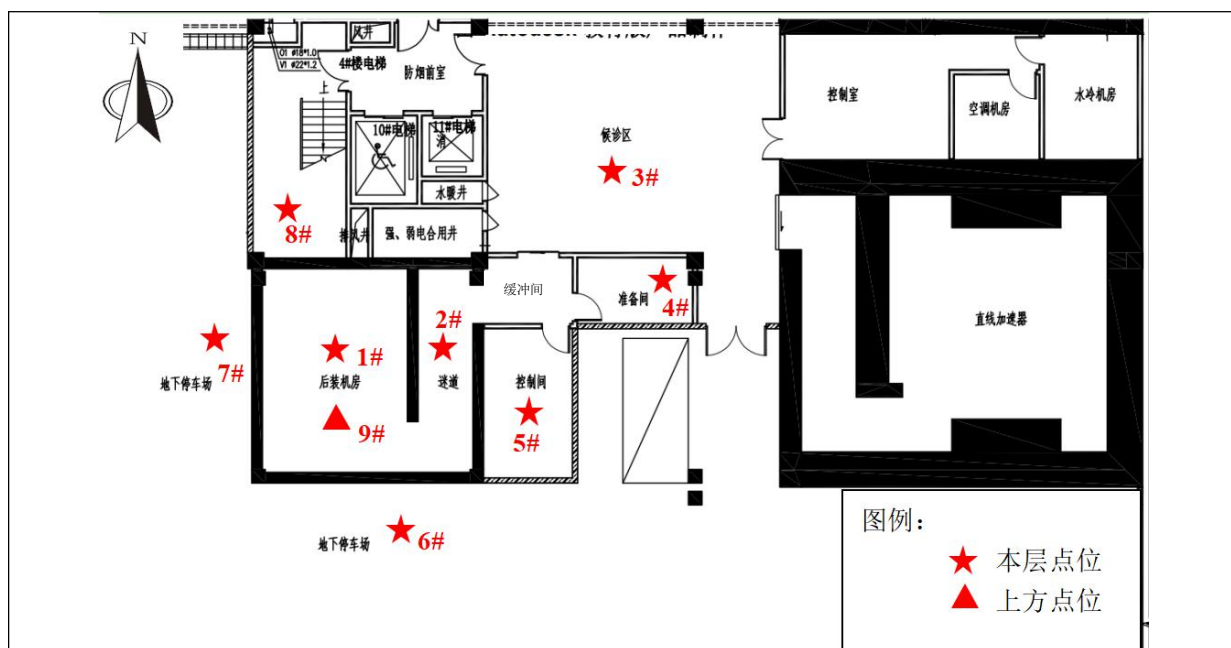


图 8.2-1 本项目监测点位示意图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

(1) 监测单位：四川致胜创科环境监测有限公司

(2) 监测日期：2022 年 3 月 2 日

(3) 监测方式：现场监测

(4) 监测依据：

《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）

(5) 监测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定

(6) 监测工况：辐射环境本底

(7) 天气环境条件：天气：晴；温度：17.4℃；相对湿度：92.3%。

(8) 监测设备

本项目监测设备参数见表 8.3-1

表 8.3-1 监测设备参数表

仪器型号	XH-3512E
仪器名称	X/ γ 剂量率仪
生产厂家	西安中核核仪器有限公司
仪器编号	H01

能量范围	内置探测器：48keV~1.5MeV 外接探测器：25keV~7MeV
量 程	内置探测器：剂量率：0.01μS/h~100mSv/h 外置探测器：环境级剂量当量率范围：10nGy/h~200μGy/h 防护级吸收剂量率范围：10nSv/h~400μSv/h
检定单位	中国辐射防护研究院放射性计量站
校准证书编号	检字第【2021】-L1308
检定日期	2021.11.29

8.3.2 质量保证措施

a 结合现场实际情况及监测点位的可到达性，在项目拟建场址和评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对集中的区域及周边建筑布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

b 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。

c 监测仪器每年定期经有资质的计量部门检定，检定合格后方可使用。

d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8.3-2。

表 8.3-2 辐射环境现状监测布点及结果一览表

序号	监测点位	监测结果（μSv/h）	
		平均值	标准差
1#	后装机机房内部	0.1186	0.0010
2#	后装机机房迷道	0.1202	0.0012
3#	候诊区	0.1240	0.0019
4#	准备间	0.1266	0.0012
5#	控制室	0.1279	0.0018
6#	后装机机房南侧地下停车场	0.1130	0.0042
7#	后装机机房西侧地下停车场	0.1178	0.0017
8#	后装机机房北侧楼梯间	0.1385	0.0021
9#	后装机机房上方空房间	0.1166	0.0021

注：以上数据均未扣除环境背景值。

8.4 环境现状评价

根据监测结果，本项目后装机机房及周围各监测点位的γ辐射剂量率范围为0.1130μSv/h~0.1385μSv/h，即113nSv/h~138.5nSv/h。本项目监测仪器检定标准依据《便携式X、γ辐射周围剂量当量（率）仪和监测仪》（JJG393-2018），根据该标准，校准

参考辐射源的空气比释动能与周围剂量当量的转换系数在 ^{137}Cs 的 γ 参考辐射场中取值为 1.20。因此本项目后装机机房及周围各监测点位 γ 辐射空气吸收剂量率为 94.2nGy/h~115.4nGy/h，由《2020 四川省生态环境状况公报》可知，四川省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率范围为 $\leq 130\text{nGy/h}$ ，可见本项目所在区域的 γ 辐射水平处于当地本底水平范围之内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目施工内容主要为增加原机房墙体屏蔽厚度，不对机房布局作出大的变动，具体包括图纸设计、改造施工、机房装修（含铅防护门安装、视频监控、对讲装置和安全联锁装置等安装）、后装机的安装调试等内容。整个工期约为3~5月，施工期工艺流程及产污环节见图9.1-1。

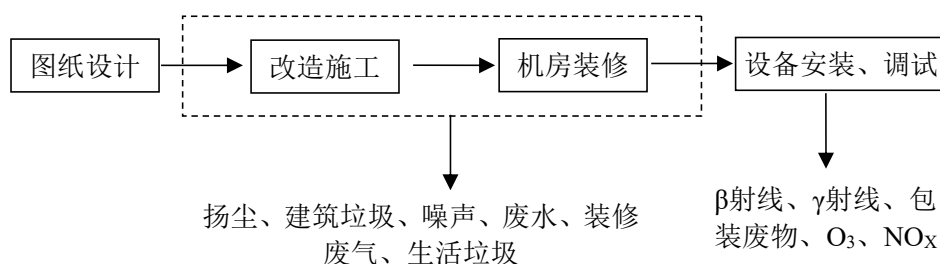


图 9.1-1 施工期工艺流程及产污环节

（1）废水

本项目施工过程中会产生施工废水，施工废水循环使用。施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站预处理后纳入市政污水管网。

（2）废气

本项目施工过程中会产生扬尘，主要是土建和装修过程中产生的扬尘。医院应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

机房装修过程会产生装修废气，在加强通风或采取室内空气净化措施后，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。

（3）噪声

施工期噪声包括各类机械和土建施工产生的噪声，施工噪声会对周围公众产生一定的影响。医院应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

（4）固废

施工过程中会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾部分回收利用，剩余部分由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，交当地环卫部门清运。

（5）设备的安装、调试

后装机在机房内的安装和调试均由设备厂家专业人员进行，设备安装调试时，会产生 γ 射线、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。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 后装机基本情况

根据医院提供的资料，后装机拟配备辐射工作人员 6 名，每天工作 8 小时，每年工作 250 天。每天最大治疗人数约 20 人次，平均每名患者治疗时间为 6min/人次，周出束时间为 10h，年出束治疗时间 500h。

本项目后装机采用 ^{192}Ir 核素作为放射源。 ^{192}Ir 放射源的性能参数见表 9.2-1。

表 9.2-1 ^{192}Ir 放射源的性能参数

放射源	初始活度 (Bq)	类别	数量	半衰期	状态	γ 射线能量 均值 (MeV)	β 射线能量 (MeV)	空气比释动能率常数 K_{γ} [$\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$]
^{192}Ir	3.7×10^{11}	III 类	1	74.0d ^①	固态	0.37 ^①	0.67 ^②	0.111 ^①

注：表中①数据来源于《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），表中②数据来源于放射防护实用手册 P135 表 7.1。

9.2.2 后装机设备组成

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。

a 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。

b 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。

c 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。

d 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。

典型后装机和施源器外形图如图 9.2-1 所示。



图 9.2-1 典型后装机和施源器外形图

9.2.3 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。

9.2.4 后装机工作流程及产污环节

本项目后装机工作流程如下：

①在准备间内，辐射工作人员对病人进行消毒，然后安装施源器。

②使用定位 CT 对施源器安装位置进行定位（本项目定位 CT 依托综合楼附楼（影像楼）三层 CT 室（一）SOMATOM go.Top 型定位 CT 进行定位，不属于此次评价范围），并制定治疗计划。

③将病人移至后装机机房内，调整后装机，接好后装机施源管后，工作人员离开后装治疗室，关闭防护门，通过视频监控装置观察后装治疗室。

④根据治疗计划进行治疗。治疗过程首先是走假源 3 次，无故障后开始走真源进行放射治疗，治疗结束后真源自动复位。

⑤工作人员打开防护门，进入治疗室，拆除施源管，将病人移出后装治疗室；在准备室取出施源器。整个治疗过程全程视频监控，治疗过程中病人不需要移动，保证了治疗靶区与定位靶区的一致性。本项目后装治疗主要工作流程见图 9.2-2 所示。

本项目后装机工作流程及产污环节如图 9.2-2 所示。

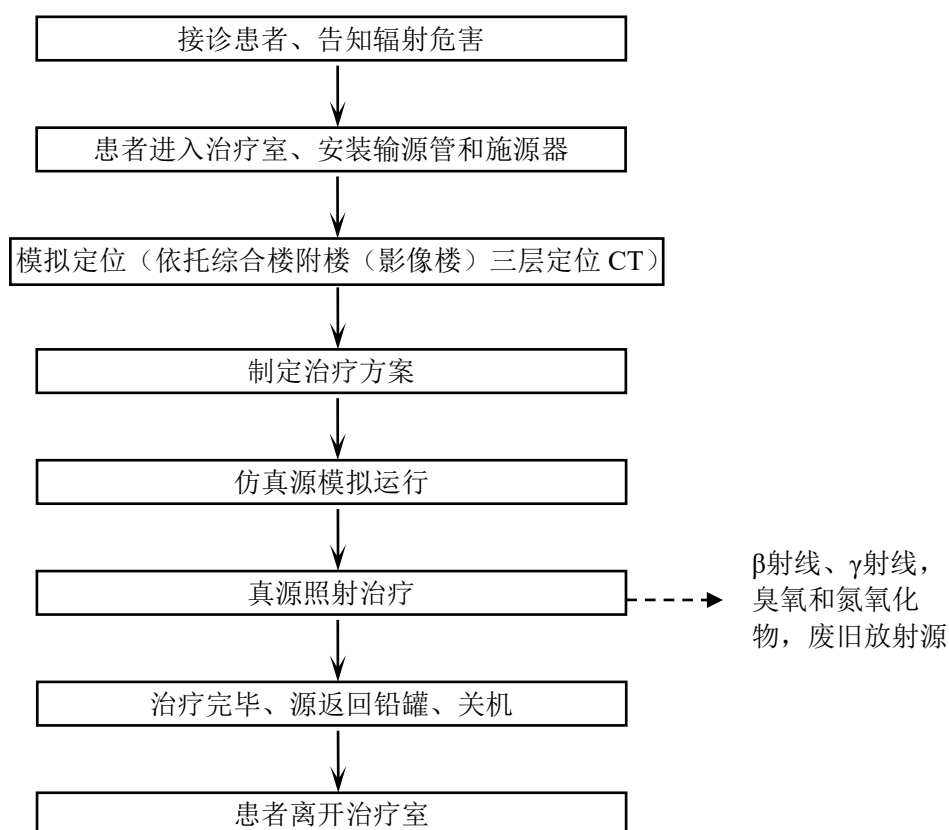


图 9.2-2 后装机产污环节示意图

9.2.5 后装机换源操作

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。废旧放射源由供货单位回收处理，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：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。

9.2.6 后装机机房人员路径规划

①工作人员路径

工作人员通过综合楼电梯厅进入负二层，出电梯后向东进入候诊区，然后向南进入后装机机房控制室，完成工作后原路返回。

②患者路径

患者通过综合楼电梯厅进入负二层，出电梯后向东进入候诊区候诊，工作人员叫号后向南进入后装机机房内接受治疗，治疗结束后原路返回。

本项目后装机机房人员路径规划见附图 8。

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况污染源项描述

（1）辐射污染因子

①放射源

本项目后装机所使用的放射源为 ^{192}Ir ，常温下为固态金属，半衰期为 74.0 天。 ^{192}Ir 衰变时会发射出 β 射线和 γ 射线，其中 β 射线穿透力很弱（在钢中的射程仅为 0.3mm），能被源罐完全屏蔽； γ 射线能量均值为 0.37MeV，具有很强的贯穿能力，部分 γ 射线能穿透屏蔽材料对治疗室外周围环境造成辐射影响。

②废旧放射源

本项目 ^{192}Ir 放射源退役会产生的退役放射源。退役放射源由供源单位回收处理，不在医院内暂存。医院应与供源单位签订旧源回收协议，并在废旧源交回供源单位活动完成之日起二十日内，报其所在地省级生态环境主管部门备案。

综上所述，本项目辐射污染因子为退役放射源、 β 射线和 γ 射线。其中，退役放射源由供源单位回收处理，不在医院暂存，对周围环境影响较小； 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。因此，本项目主要辐射污染因子为 γ 射线。

（2）非辐射污染因子

①废气

本项目废气主要为 ^{192}Ir 放射源衰变产生的电离辐射与空气相互作用产生的少量臭氧和氮氧化物。其中臭氧的产额较高，氮氧化物的产生量约为臭氧的 1/3。本项目后装机机房拟设置强制排风系统，采用全排全送的通风方式，换气次数不低于 4 次/h，能保持机房内良好通风。

②废水

本项目废水主要为辐射工作人员的生活污水，本项目辐射工作人员共 6 人，生活用水按每人每天 100L 计，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为 $0.51\text{m}^3/\text{d}$ ， $127.5\text{m}^3/\text{a}$ 。

③固体废物

本项目辐射工作人员会产生生活垃圾和办公垃圾，工作人员共 6 人，产生量约 $0.5\text{kg}/\text{人}$ ，则生活垃圾和办公垃圾产生量为 $3\text{kg}/\text{d}$ ， $750\text{kg}/\text{a}$ 。

9.3.2 非正常工况污染源项描述

（1）后装机操作系统发生故障，到达预置治疗时间，放射源无法自动收回，导致患者受超剂量照射。

（2）运行情况下意外断电，且设备不间断电源系统故障无法启动，致放射源不能复位。

（3）运行过程中发生卡源或源脱落故障。

（4）后装机运行时，由于安全联锁系统失效，人员误入机房造成误照射。

（5）放射源密封壳意外破损，导致治疗装置、机房和人员受到放射性污染。

（6）放射源丢失、被盗。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所平面布局

医院拟在城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层将 1 间预留的放疗机房改造为后装机机房。施工内容主要为增加原机房墙体屏蔽厚度，不对机房布局作出大的变动。机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10.1-1 所示。

表 10.1-1 本项目后装机机房位置及四周布局一览表

工作场所	位置	东	南	西	北	上	下
后装机机房	城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层	控制室和缓冲间	地下停车场	地下停车场	楼梯间、风井和电井	空房间	土层

本项目后装机用房由后装机机房（含迷道）、控制室和准备间组成。控制室位于后装机机房东侧，与后装机机房分离。

后装机用房布局符合《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）中“后装治疗机房、 γ 远距治疗机房和体部 γ 刀治疗机房应设置迷路”的规定、《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）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“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”等工作场所布局要求。因此，本项目后装机用房布局是合理可行的。

10.1.2 辐射工作场所分区

（1）“两区”划分原则与依据

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），医院应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，其分区划分原则如下：

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：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

（2）本项目“两区”划分

医院拟按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的“两区”划

分原则与依据，把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。本项目控制区和监督区划分情况见表 10.1-2、附图 8。

控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理，在后装机使用时，除工作人员和患者外，禁止其他无关人员进入；监督区通过电离辐射警告标志提醒人员尽量避开该区域，并委托有资质的单位定期对监督区周围剂量当量率进行监测。如果发现异常，医院应立即进行整改，整改完成后方可继续使用。

表 10.1-2 本项目控制区和监督区划分情况

工作场所	控制区	监督区
后装机机房	后装机机房内部（含迷道）	控制室和缓冲间

本项目将辐射工作场所进行分区，同时对控制区和监督区采取相应的措施，可以有效避免人员误闯入而造成的误照射。

10.1.3 工作场所辐射安全防护设施

（1）后装机机房屏蔽设计

本项目后装机房由综合楼附楼（影像楼）负二层放疗预留机房改建而来，施工内容主要为增加原机房墙体屏蔽厚度，不对机房布局作出大的变动。改造后的后装机机房屏蔽防护方案见表 10.1-3。

表 10.1-3 本项目改造后的后装机机房辐射防护屏蔽设计参数表

场所名称	方位		屏蔽材料及厚度
城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层后装机机房	南墙		650mm 混凝土
	西墙		650mm 混凝土
	北墙		650mm 混凝土（机房部分） 400mm 混凝土（迷道部分）
	迷道内墙		600mm 混凝土
	迷道外墙		600mm 混凝土
	顶棚		610mm 混凝土
	防护门		15mm 铅板
	迷道	迷道宽度	2000mm
		内入口宽度	1600mm
		外入口宽度	1400mm

注：本项目后装机机房无地下层。混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅密度不低于 11.3g/cm³。

（2）设备固有安全性

①后装机的控制系统能准确地控制照射条件。后装机有放射源起动、传输、驻留及返回工作贮源器的源位显示与治疗日期、通道、照射总时间及倒计时时间的显示。

②后装机的控制系统有安全锁和联锁装置，能防止由于计时器控制、放射源传输系统失效，源通道或控制程序错误以及放射源连接脱落等电气、机械故障或发生误操作的条件造成对患者的误照射。

③实施治疗期间，当发生停电、卡源或意外中断照射等事故时，放射源能自动返回工作贮源器并显示和记录已照射的时间和剂量，并在下一次照射开始时，发出声光报警信号。当自动回源装置功能失效时，能通过应急回源手柄进行手动退源。

④在控制台上，能通过 γ 射线监测仪器显示放射源由工作贮源器内输出和返回贮存位置的状态。控制照射时间的计时误差小于 1%。

⑤在生产厂家给出的放射源最大安全传输次数内，不会发生放射源脱落、卡源等故障。后装机随机文件中给出放射源从贮源器到施源器的最大传输时间。

⑥设备具有模拟源（假源），采用假源探路、真源治疗的双重驱动系统，假源可自动穿过施源器检查所有联接点并对可能产生打结或过度弯曲的部位报警，防止因输源通路不畅造成卡源事故。

⑦设备配有 UPS 电源装置，一旦出现停电故障，UPS 能够供电并保持设备正常运转 15 分钟以上，以确保正在进行治疗过程不至于因外界突然断电而中止。

⑧控制台设有专门的钥匙、密码和程序控制设备启动，以防止人员误入或误操作。

（3）辐射安全防护措施

①门源安全联锁：只有当防护门关闭，设备才能出源；反之，如果照射过程中防护门打开，设备将自动回源。

②急停开关：医院拟在控制室控制台、后装机机房迷道出入口、防护门内侧、后装机机房四周墙壁和设备表面分别设置 1 个急停开关。急停开关拟设置醒目标识和文字显示，能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。当遇到意外情况，人员按动急停按钮，设备将自动回源。急停开关按下后，只有人工就地复位并通过控制台才能重新启动设备。

③开门装置：医院拟在后装机机房防护门内侧人员易接触的位置（距离地面 1.2m 高）设紧急开门按钮。紧急情况下，人员可在机房内强制打开铅防护门，控制室内设置有正常情况下开关门装置，开关门均由控制室工作人员控制。本项目防护门为电动移门，医院应

做好防护门缝隙搭接，防护门两侧与墙体的搭接宽度不小于门缝的 10 倍。防护门设红外防夹功能，防止人员意外夹伤。

④监测报警装置：医院拟配置固定式剂量率监测报警仪 1 个，剂量显示器及报警器安装在控制室内，通过剂量显示器，可在控制室内查看机房内剂量率的变化，当机房内剂量率超过设定阈值时报警仪立即报警。医院拟配置便携式个人剂量报警仪 2 个，辐射工作人员均配备个人剂量计。放疗科配备 1 台 X- γ 射线巡测仪。

⑤视频监控、对讲交流系统：医院拟在后装机机房安装视频监控装置 4 个（机房西北角、机房东北角、机房西南角、迷道出入口各安装 1 个）、双向对讲系统 1 套。控制室内工作人员能通过视频监控观察后装机机房内患者的情况，并通过对讲系统与室内人员进行双向联系。

⑥电离辐射警告标志和工作状态指示灯：医院拟在防护门上方安装醒目的工作状态指示灯，以显示后装机的工作状态；门外设醒目、规范的电离辐射警告标志。

⑦后装机机房内配有合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。

⑧相关制度：医院拟在后装机机房控制室墙壁张贴相应的岗位规章制度、操作规程。上墙制度包括《辐射安全与防护管理制度》、《岗位职责》、《操作规程》、《辐射事故应急预案》，制度字体醒目，尺寸不小于 400mm×600mm。

⑨其他：医院应在后装机机房内设置火灾报警仪，并按照《重点单位重要部位安全技术防范系统要求第 2 部分：危险化学品、放射性同位素集中存放场所》(DB31/T329.2-2018)的要求，在机房内安装 24 小时视频监控装置和入侵报警装置，并与当地 110 联网。

本项目后装机机房辐射安全设施拟安装位置见图 10.1-1。

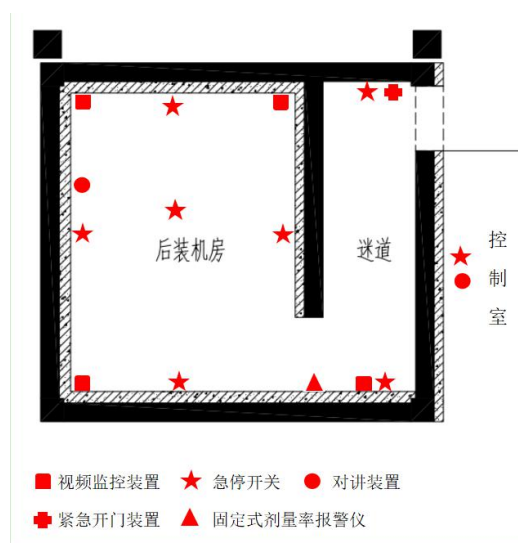


图 10.1-1 本项目后装机机房辐射安全设施拟安装位置

10.1.4 电缆敷设及通排风系统

(1) 电缆敷设

后装机的各种电缆管线，室内部分以地沟形式在地坪以下铺设，地沟盖板采用 20mm 厚不锈钢板覆盖，电缆沟穿墙处增设铅板围护。电缆穿墙采用“U”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。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设计见图 10.1-2。

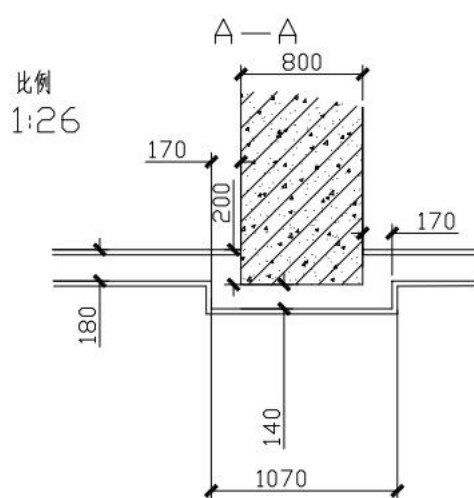


图 10.1-2 本项目后装机电缆穿墙示意图

(2) 通排风

后装机机房拟设置上送下排的机械通排风系统，新风管道拟由机房防护门上方穿过屏蔽墙体，沿迷道内墙进入机房，并于机房东侧靠迷道内墙的吊顶上方间隔设置 2 个送风口（400mm×400mm）；排风管道拟由机房北侧屏蔽墙穿出机房，并于机房西侧墙体间隔设置 2 个排风口（400mm×400mm），排风口下沿距地面约 30cm。新风管道拟采用“U 型”穿越墙体，排风管道拟采用“Z 型”穿越墙体，风管穿墙处采用 5mm 铅板作为屏蔽补偿。

后装机机房排风管道独立设置，不与其他房间共用。本项目后装机机房总体积约 212.2m³，机房设计排风量为 1200m³/h，经估算后装机机房换气次数约为每小时 5 次。机房内产生的臭氧、氮氧化物通过机房排风系统经排风管道引至排风井。本项目风管穿墙设计见图 10.1-3，风管布设见附图 9。

综上，本项目通排风系统的设置符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室内应设置强制通排风系统，采用全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h”的要求。

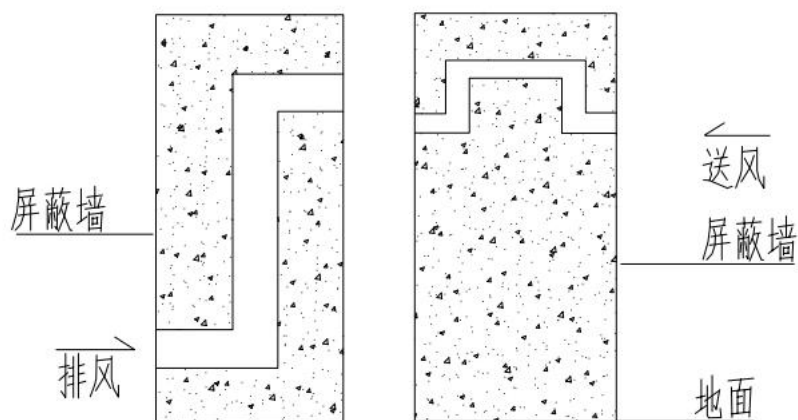


图 10.1-3 本项目风管穿墙示意图

10.1.5 后装机机房辐射安全与防护措施符合性分析

本项目后装机机房辐射安全与防护措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）符合性分析见表 10.1-4，本项目后装机机房辐射安全与防护措施与《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）符合性分析见表 10.1-5。

表 10.1-4 后装机机房辐射安全与防护措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》符合性分析表

相关要求	防护要求	本项目设计	符合性
布局要求	放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内	本项目后装机机房位于医院城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层（综合楼主楼地上二十二层，地下二层；综合楼附楼（影像楼）地上六层，地下二层）。本项目的选址已充分考虑其对周边环境的辐射影响。	符合
	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		
安全装置和警示标志要求	质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。	后装机机房拟设固定式剂量率监测报警仪，剂量显示器及报警器安装在控制室内。	符合
	应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。	后装机机房控制室控制台、后装机机房迷道出入口、防护门内侧、后装机机房四周墙壁和设备表面均拟设急停开关，急停开关拟设置醒目标识和文字显示，能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。	符合
	后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。	医院拟在后装机机房内配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。	符合

空间通风要求	放射治疗室内应设置强制排风系统，采用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。	拟按要求设置，新风管道拟由机房防护门上方穿过屏蔽墙体，沿迷道内墙进入机房，并于机房东侧靠迷道内墙的吊顶上方间隔设置2个送风口（400mm×400mm）；排风管道拟由机房北侧屏蔽墙穿出机房，并于机房西侧墙体间隔设置2个排风口（400mm×400mm），排风口下沿距地面约30cm。后装机机房总体积约212.2m ³ ，机房设计排风量为1200m ³ /h，经估算后装机机房换气次数约为每小时5次。	符合
--------	--	---	----

表 10.1-5 后装机机房辐射安全与防护措施《放射治疗放射防护要求》符合性分析表

相关要求	防护要求	本项目设计	符合性
布局要求	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	医院拟对后装机辐射工作场所实行分区管理，将后装机机房内部（含迷道）划为控制区，将控制室和缓冲间划为监督区。	符合
	治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外	已按要求设计，设有独立的控制室。	符合
	X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	已设置“L型”迷路。	符合
空间要求	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需求	后装机机房有效使用面积31.28m ² ，满足设备临床应用需求。	符合
屏蔽要求	治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平应满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）6.3.1和6.3.2相关要求，新建机房一般选用普通混凝土	后装机机房均采用普通混凝土建设，各侧墙体及防护门外剂量率水平满足参考控制水平。	符合
安全装置和警示标志要求	放射治疗设备都应按照门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能	拟按要求设置门机（源）联锁，防护门设置有红外防夹功能，迷道口防护门内侧拟设紧急开门装置。	符合
	放射治疗工作场所的入口处设有电离辐射警告标志；放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯	拟在后装机机房防护门上方安装醒目工作状态指示灯，在后装机机房防护门上张贴电离辐射警告标志。	符合

由表 10.1-4 和表 10.1-5 可知，本项目后装机机房选址、屏蔽防护设计及安全设施均满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。

10.2 辐射安全防护措施可行性分析

结合《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》和《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）中的相关检查内容，本项目在设计阶段拟采取的上述防护措施汇总见表 10.2-1。

表 10.2-1 本项目设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

项目	检查内容	设计内容	符合情况
场所设施	墙体屏蔽	已设计	符合
	铅防护门	已设计	符合
	防止非工作人员操作的锁定开关	仪器自带	符合
	后装机主机上及控制台上具备紧急停机按钮	仪器自带	符合
	视频监控与双向对讲系统	拟设置	符合
	门机联锁、门灯联锁	拟配备	符合
	机房入口处电离辐射警告标志	拟设置	符合
	机房入口处后装机工作状态显示	拟设置	符合
	机房内准备出源音响提示	仪器自带	符合
	控制台蜂鸣器	仪器自带	符合
	紧急开门按钮	拟配备	符合
	机房内紧急停机按钮	拟配备	符合
	机房内烟雾报警装置	拟配备	符合
	通风设施	拟配备	符合
其他	个人剂量计	依托现有	符合
	机房内固定式剂量率监测报警仪	拟配备	符合
	个人剂量报警仪	拟配备	符合
	相关制度上墙	拟配备	符合
	个人防护用品	拟增配	符合

由表 10.2-1 可知，本次环评涉及的辐射设备、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。根据下文的预测结果，本项目在正常运行工况下，产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体屏蔽后，所致工作人员的照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，故辐射工作场所拟用的屏蔽材料和防护厚度是满足屏蔽防护要求的。

综上所述，按设计方案建设的辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽自辐

射源产生的射线，符合相关标准要求。因此，本项目后装机机房及其拟采取的辐射安全防护措施是合理可行的。

10.3“三废”治理措施

10.3.1 施工期三废治理

(1) 废水

施工过程中产生的施工废水循环使用，施工人员产生的生活污水经医院城北新院污水处理站处理后纳入市政污水管网。

(2) 扬尘

土建和装修过程会产生扬尘，施工拟采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾拟采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

(3) 噪声

施工过程中，各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工会产生噪声，医院应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

(4) 固废

施工过程中会产生建筑垃圾和生活垃圾，建筑垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院统一集中收集，交当地环卫部门清运。

10.3.2 运营期三废治理

(1) 废水

①本项目无放射性废水产生。

②非放射性废水治理措施

本项目非放射性废水主要为辐射工作人员的生活污水，该部分污水进入医院城北新院污水处理站经“接触氧化+二氧化氯消毒”处理工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2预处理排放标准后经市政污水管网进入二道溪城市污水处理厂经深度处理。根据上文分析，辐射工作人员的生活污水约0.51m³/d，医院城北新院污水处理站设计处理能力为800m³/d，可容纳辐射工作人员的生活污水。因此，医院污水处理站从容量及处理工艺等方面均是可行的。

(2) 废气

①本项目无放射性废气产生。

②非放射性废气治理措施

本项目后装机运行过程中，电离辐射与空气相互作用会产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧产额较氮氧化物更高，危害较氮氧化物更大，氮氧化物产额约为臭氧的 1/3。本项目后装机机房设计排风总量为 1200m³/h，后装机机房体积约 212.2m³，机房内通风次数约为 5 次/h。后装机机房通风系统拟采用全排全送、上送下排的通风方式，新风管道拟采用“U 型”穿越墙体，排风管道拟采用“Z 型”穿越墙体，风管穿墙处采用 5mm 铅板作为屏蔽补偿。

送风口于机房东侧靠迷道内墙的吊顶上方间隔设置，排风口设置于机房西侧墙体间隔设置，排风口下沿距地面约 30cm。机房内产生的臭氧、氮氧化物机房内通过机房排风系统经排风管道引至机房北侧排风井。相关设计满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室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”的要求。

(3) 固体废物

①放射性固废治理措施

退役放射源由供源单位回收处理，不在医院内暂存。

②非放射性固废治理措施

本项目工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾医院统一集中收集后交环卫部门及时清运。

10.4 环保投资概算

本核技术利用项目总投资 1000 万元，其中环保投资 150 万元，占总投资的 15%。本项目环保投资估算见表 10.4-1。

表 10.4-1 本项目环保投资估算一览表（单位：万元）

类别	环保设施措施	金额（万元）
辐射屏蔽措施	四侧墙体与顶棚加厚	100
	铅防护门 1 套（15mmPb）	20
辐射安全装置	门机（源）联锁装置 1 套，紧急停机装置 1 套，视频监控装置 1 套，双向对讲交流装置 1 套，电离辐射警告标志和工作指示灯等	5.0
废气处理	独立通排风系统 1 套及配套管网；风管穿墙的屏蔽补充措施	10
废水处理	依托医院现有污水处理站	/
固废处理	依托医院现有生活垃圾收集设施	/

监测仪器	固定式剂量率监测报警仪 1 套,便携式个人剂量报警仪 2 台, 1 台便携式 X-γ射线巡测仪,	5.0
监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	8.0
人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	1.0
辐射应急	辐射应急物资、人员应急培训、辐射事故应急演练	1.0
合计		150

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目施工内容主要为增加原机房墙体屏蔽厚度，不对机房布局作出大的变动，具体包括图纸设计、改造施工、机房装修（含铅防护门安装、视频监控、对讲装置和安全联锁装置等安装）、后装机的安装调试等内容。

（1）水环境影响分析

本项目施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析。施工人员产生的生活污水产量较小，经医院城北新院污水处理站预处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生较大影响。

（2）大气环境影响分析

本项目施工期会产生扬尘、装修废气，土建和装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆及涂料，加强通风或室内净化措施，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较大影响。

（3）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，施工噪声会对周围产生一定的影响。

针对施工期产生的噪声，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，并注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

经上述措施防治后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求。

（4）固体废物影响分析

本项目施工期会产生建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，医院统一收集后，交由当地环卫部门清运。

综上所述，本项目施工范围较小，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，做好各项环保措施，施工期对周围环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

设备的安装、调试应由设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。放射源初装由有资质单位专业人员进行。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，关闭防护门，并在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许无关人员进入机房所在区域，以防止发生辐射事故。由于后装机的安装和调试在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 营运期环境影响分析

11.2.1 β 射线辐射环境影响分析

^{192}Ir 放射源衰变产生的 β 射线穿透能力很弱，在空气中的传播距离很短，经后装机机房墙体屏蔽后，对机房外部环境的辐射影响很小。

11.2.2 γ 射线辐射环境影响分析

(1) 后装机机房基本情况

根据医院提供的资料，后装机用房包括后装机机房（含迷道）、控制室、缓冲间和准备间。后装机机房内净空几何尺寸（不含迷道）：6.45m（长） $\times$ 4.85m（宽） $\times$ 4.64m（高），迷道位于机房东侧，为“L型”迷道。后装机机房墙体均为混凝土结构（密度不低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），改建后的后装机机房屏蔽防护方案见表 10.2-7。

(2) 后装机基本参数

本项目拟配置 1 台后装机，配套使用一枚 ^{192}Ir 放射源， ^{192}Ir 放射源的技术参数如表 11.2-1 所示。

表11.2-1 ^{192}Ir 放射源技术参数

核素	出厂活度 (Bq)	γ 射线能量均值 (MeV)	空气比释动能率常数 K_r $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$
^{192}Ir	3.7×10^{11}	0.37	0.111

(3) 预计工作负荷

根据医院提供的资料，后装机预计最大工作量情况：20 人（次）/天，100 人（次）/每周，5000 人（次）/年。每人次照射治疗时间参考《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/T203.2-2014）中附录 F.1 的“示例条件与基本参数”，平均每位患者的治疗照射时间（工作负荷）取 6min。本项目后装机周治疗照射时间为 10h，年累计治疗照射时间为 500h。

（4）机房外关注点的选取

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》（GBZ/T201.3-2014）3.1 要求：通常在治疗机房外、距机房外表面 30cm 处，选择人员受照的周围剂量当量可能最大的位置作为关注点；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》（GBZ/T201.3-2014）6.1 要求，后装机机房应考虑治疗源 4π 发射的 γ 射线（即初级辐射）对墙和室顶的直接照射及其散射辐射在机房入口处的照射。

由于后装机的使用位置可能是不固定的，在治疗机房内一定范围内使用。出于保守考虑，假定后装机使用区域为距离各墙体内壁 1.0m 的矩形区域内（详见图 11.2-1 中的 O_1 - O_2 - O_3 - O_4 矩形区域）。根据后装机机房的平面布置图，得到放射源到各关注点的距离 R 。由于后装机机房下方为土层，人员无法停留，故后装机机房下方不设关注点。

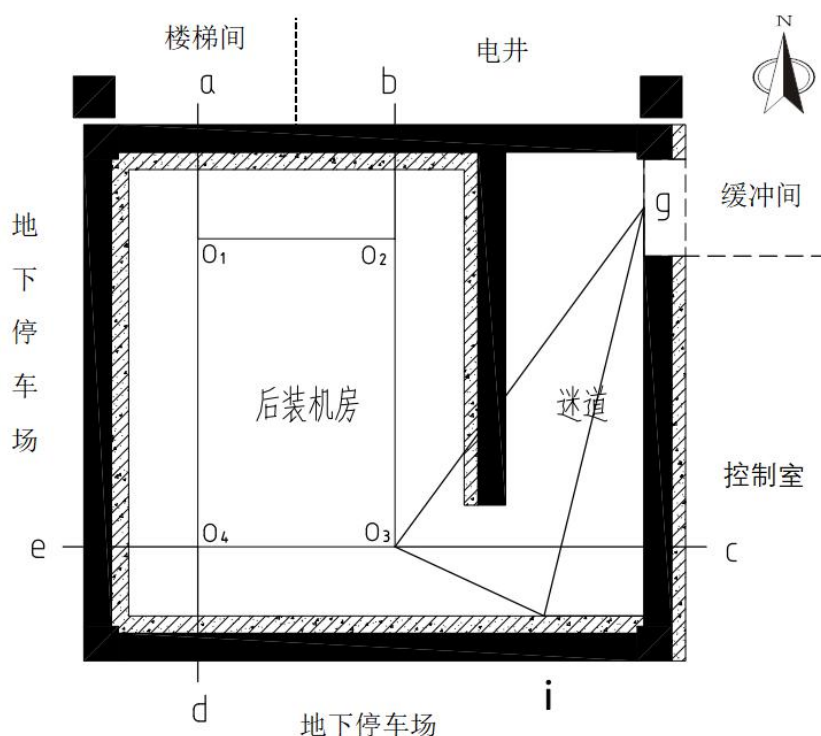


图 11.2-1 后装机机房外关注点位示意图（平面图）

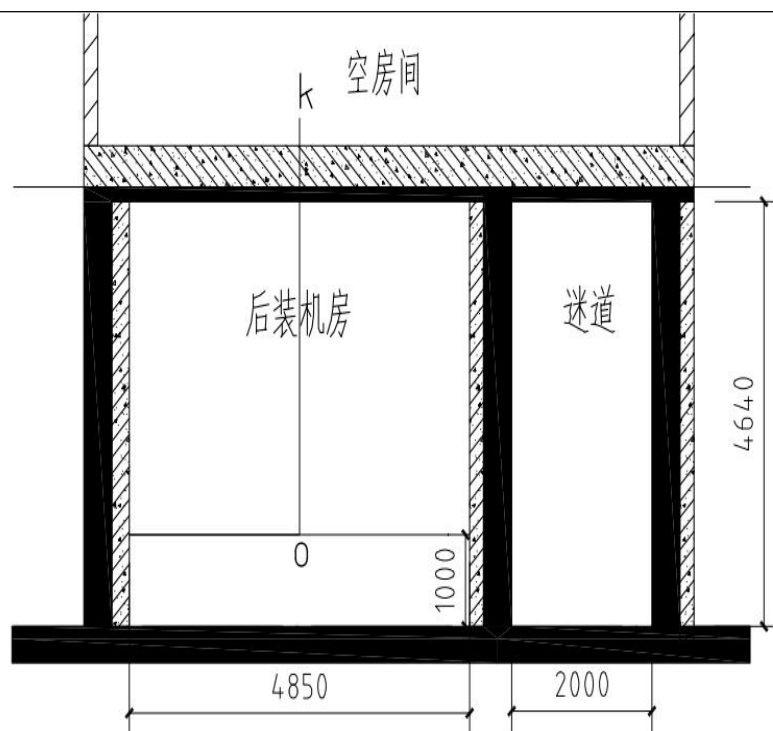


图 11.2-2 后装机机房外关注点位示意图（剖面图）

（5）关注点的剂量率参考控制水平

后装机机房墙和入口门外关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$) 应满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.4 的要求。

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 $\dot{H}_c$ ：

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 ($\dot{H}_c$) 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： $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

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: $\dot{H}_{c, max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$;

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c, max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

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, 具体见表 11.2-2。

表 11.2-2 不同场所的居留因子

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、护士站、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

本项目后装机机房外的关注点位置描述及剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$) 见表 11.2-3。

表 11.2-3 后装机机房周围各关注点剂量率参考控制水平

关注点	点位描述	辐射类型	H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	t (h)	使用因子 U	居留因子 T	$\dot{H}_{c, d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_{c, max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)
a	北墙外 30cm 处 (楼梯间)	初级	5	10	1	1/16	8.0	10	2.5
b	北墙外 30cm 处 (电井)	初级	5	10	1	1/16	8.0	10	2.5
c	东墙外 30cm 处 (控制室)	初级	100	10	1	1	10	2.5	2.5
d	南墙外 30cm 处 (地下停车场)	初级	5	10	1	1/16	8.0	10	2.5
e	西墙外 30cm 处 (地下停车场)	初级	5	10	1	1/16	8.0	10	2.5
g	防护门外 30cm 处 (缓冲间)	初级 散射	5	10	1	1/8	4.0	10	2.5
k	顶棚上方 30cm 处 (空房间)	初级	5	10	1	1/4	2.0	10	2.0

注: 出于保守考虑, 在人员可到达区域, 剂量率参考控制水平大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 时, 仍取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(6) 后装机机房外各关注点的剂量率计算

根据后装机的技术参数和机房的屏蔽防护方案, 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/T201.3-2014）中的什值层（ TVL ）计算方法，预测后装机在最大装源活度时治疗机房外各关注点的辐射剂量率水平。

①初级辐射的影响预测

根据式 11.2-1 计算射线束以 θ 角斜射入厚度为 X （mm）的屏蔽物质时，射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度 X_e （mm）。

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad (\text{式 11.2-1})$$

式中：

X_e ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，mm；

X ——屏蔽物质的厚度，mm；

θ ——入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角。

根据式 11.2-2 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B 。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 11.2-2})$$

式中：

B ——屏蔽透射因子；

TVL_1 （mm）和 TVL （mm）为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明 TVL_1 时， $TVL_1 = TVL$ 。 ^{192}Ir 放射源产生的γ射线平均能量为0.37MeV，该能量下γ射线在混凝土（2.35g/cm³）中的 $TVL = TVL_1 = 152\text{mm}$ ，在铅（11.34g/cm³）中的 $TVL = TVL_1 = 16\text{mm}$

根据式 11.2-3 计算机房外关注点的剂量率 $\dot{H}$ （μSv/h）。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 11.2-3})$$

式中：

H ——关注点的剂量率，μSv/h；

H_0 ——活度为 A 的放射源在距其1m处的剂量率，μSv/h；

f ——对有用线束为1，本项目为裸源，按有用束计算；

R ——辐射源至关注点的距离，m；

B ——屏蔽透射因子。

其中， H_0 按式 11.2-4 计算：

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad (\text{式 11.2-4})$$

式中：

A ：放射源的活度，单位：MBq，本项目为 $3.7 \times 10^5 \text{MBq}$ ；

K_γ ：放射源的空气比释动能率常数（或称 K_γ 常数），单位为 $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ ，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》（GBZ/T201.3-2014）附录C表C.1，本项目为 $0.111 \mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$ 。

根据公式 11.2-4 计算得 $H_0 = 3.7 \times 10^5 \times 0.111 = 4.11 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ 。

后装机机房外关注点初级辐射剂量率计算结果见表 11.2-4。

表 11.2-4 后装机机房外关注点初级辐射剂量率计算结果

关注点	点位描述	辐射类型	屏蔽墙混凝土厚度 (mm)	入射角 θ ($^\circ$)	距离 R (m)	B	TVL_I (mm)	TVL (mm)	预测值 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
a	北墙外 30cm 处（楼梯间）	初级	650	0	1.9	5.29E-05	152	152	0.60
b	北墙外 30cm 处（电井）	初级	650	0	1.9	5.29E-05	152	152	0.60
c	东墙外 30cm 处（控制室）	初级	600	0	4.5	1.13E-04	152	152	0.23
d	南墙外 30cm 处（地下停车场）	初级	650	0	1.9	5.29E-05	152	152	0.60
e	西墙外 30cm 处（地下停车场）	初级	650	0	1.9	5.29E-05	152	152	0.60
g	防护门外 30cm 处（缓冲间）	初级	600	54	6.1	1.92E-07	152	152	2.12E-04
k	顶棚上方 30cm 处（空房间）	初级	610	0	4.5	9.70E-05	152	152	0.20

② 散射辐射的影响预测

后装机机房入口（迷道口）的辐射主要来自经迷道多次反射的散射辐射。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》（GBZ/T201.3-2014）中的后装治疗机房迷道口散射辐射屏蔽计算方法，迷道入口处的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ 采用式 11.2-5 计算，计算参数和结果见表 11.2-5。

$$\dot{H} = \frac{A \cdot K_r \cdot S_w \cdot \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (\text{式 11.2-5})$$

式中：

A ——放射源的活度，单位：MBq；本项目为 $3.7 \times 10^5 \text{MBq}$ ；

K_γ ——放射源的空气比释动能率常数，单位为 $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ，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》（GBZ/T201.3-2014）附录C表C.1，本项目为 $0.111\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ；

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，单位： m^2 ；本项目为 13.40m^2 （ $2.89\text{m}\times 4.64\text{m}$ ）；

α_w ——散射体的散射因子；

R_1 ——辐射源至散射体中心点的距离，单位： m ；

R_2 ——散射体中心点至计算点的距离，单位： m 。

表 11.2-5 机房入口 γ 射线散射辐射计算参数及结果

参数	A (MBq)	K_γ $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	S_w (m^2)	α_w	$R_1(\text{m})$	$R_2(\text{m})$	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
数值	3.7×10^5	0.111	13.40	3.39×10^{-2}	2.4	6.1	87.05

根据表 11.2-5 计算结果可知，在没有防护门时，治疗机房迷道入口处的辐射剂量率可达 $87.05\mu\text{Sv/h}$ 。经迷道壁两次散射后迷道口的散射辐射能量约 0.2MeV ，此能量下散射辐射在铅（ $11.34\text{g}/\text{cm}^3$ ）中的 $TVL=5\text{mm}$ 。本项目后装机机房防护门内衬 15mm 铅板，经防护门屏蔽后迷道口的辐射剂量率按式 11.2-6 计算。

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad (\text{式 } 11.2-6)$$

式中

H_g ——入口 g 处的散射辐射剂量率，单位： $\mu\text{Sv/h}$ ；本项目 H_g 为 $87.05\mu\text{Sv/h}$ ；

X ——防护门铅板厚度，单位： mm ；本项目为 15mm ；

TVL ——辐射在铅板中的平衡什值层厚度，单位： mm ；本项目 $TVL=5.0\text{mm}$ ；

H_{og} ——放射源在图 11.2-1 中 O_3 位置的泄漏辐射穿越迷道内墙在 g 处的辐射剂量率，本项目 H_{og} 为 $2.12\times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ 。

经计算，经防护门屏蔽后，后装机机房防护门外的辐射剂量率可降至 $0.09\mu\text{Sv/h}$

(7) 计算结果及评价

本项目后装机机房外关注点的剂量率计算结果与剂量率参考控制水平符合性分析见表 11.2-6。

11.2-6 后装机机房外关注点剂量率计算结果符合性分析

关注点	点位描述	辐射剂量率预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否符合要求
-----	------	--------------------------------	---------------------------------	--------

a	北墙外 30cm 处（楼梯间）	0.60	2.5	符合
b	北墙外 30cm 处（电井）	0.60	2.5	符合
c	东墙外 30cm 处（控制室）	0.23	2.5	符合
d	南墙外 30cm 处（地下停车场）	0.60	2.5	符合
e	西墙外 30cm 处（地下停车场）	0.60	2.5	符合
g	防护门外 30cm 处（缓冲间）	0.09	2.5	符合
k	顶棚上方 30cm 处（空房间）	0.20	2.0	符合

由表 11.2-6 可知，本项目后装机机房外各关注点的辐射剂量率均小于 2.5μSv/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关剂量率控制限值的要求。因此，本项目后装机机房墙体屏蔽设计符合要求。

11.2.3 后装机所致人员年有效剂量估算

（1）预测参数选取

本项目后装机预计最大工作量为 20 人（次）/天，平均每位患者的治疗照射时间（工作负荷）取 6min，周出束时间为 10h，年出束时间为 500h。

（2）估算公式

根据各关注点的剂量率，对后装机机房工作人员及周围的公众人员进行年有效剂量估算。

关注点人员的有效剂量由《辐射防护手册》（第一分册）中的公式计算，计算公式如下：

$$E = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11.2-7})$$

式中：

E ——年有效剂量，mSv/a；

H ——关注点处的辐射剂量率，μSv/h；

U ——使用因子，本项目 U 取 1；

t ——每年工作时间，h；

T ——居留因子，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，具体见表 11.2-2。

（3）后装机机房外工作人员及公众人员年有效剂量计算结果

①正常工况下机房外人员年有效剂量计算

正常工况下，后装机工作人员及机房周围的公众人员年有效剂量估算结果见表

11.2-7。

表 11.2-7 正常工况下机房外工作人员及公众人员年有效剂量估算结果

关注点	关注点描述	关注点处剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)	U	t	T	年有效剂量 H (mSv)	人员类型
a	北墙外 30cm 处 (楼梯间)	0.60	1	500	1/16	1.88E-02	公众
b	北墙外 30cm 处 (电井)	0.60	1	500	1/16	1.88E-02	公众
c	东墙外 30cm 处 (控制室)	0.23	1	500	1	1.15E-01	职业人员
d	南墙外 30cm 处 (地下停车场)	0.60	1	500	1/16	1.88E-02	公众
e	西墙外 30cm 处 (地下停车场)	0.60	1	500	1/16	1.88E-02	公众
g	防护门外 30cm 处 (缓冲间)	0.09	1	500	1/8	5.63E-03	公众
k	顶棚上方 30cm 处 (空房间)	0.20	1	500	1/4	2.50E-02	公众

②辐射工作人员摆位年有效剂量估算

治疗前，辐射工作人员需进入后装机机房内协助患者进行摆位，在摆位过程中会受到放射源的照射。辐射工作人员进入机房前，应确保放射源处于后装机的工作储源器中，并佩戴好个人剂量报警仪。辐射工作人员协助患者摆位在机房内停留的时间约 2min/人次，与工作储源器的平均距离按 1m 考虑。根据厂家提供的资料，工作储源器内放射源装载活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ 时，距离储源器表面 1m 处的球面上，任何一点的泄漏辐射的空气比释动能率不大于 $5 \mu\text{Gy/h}$ 。出于保守考虑，本次评价以该剂量率值作为辐射工作人员协助患者摆位受到的最大辐射剂量率，则辐射工作人员摆位过程所受的个人剂量为：

$$H = 5 \mu\text{Gy/h} \times 2 \text{min/人} \times 20 \text{人/天} \times 250 \text{天} \div 60 \div 1000 = 0.84 \text{mSv/a} \quad (\text{Gy/Sv 转换系数取 } 1)。$$

由该计算结果可知，协助患者进行摆位对辐射工作人员的影响较大，故辐射工作人员上岗前应熟悉摆位流程，在满足治疗质量要求的前提下，尽量减少在机房内的停留时间。

综上，本项目后装机正常运行时，工作人员受照有效剂量为 0.955mSv ($0.84 \text{mSv} + 0.115 \text{mSv} = 0.955 \text{mSv}$)，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中“从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量管理约束值为 5mSv/a”的要求；公众受照的有效剂量最大为 $2.5 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中“公众照射的剂量管理约束值不超过 0.1mSv/a”的要求。因此，本项目后装机机房的防

护设计满足要求，其正常运行期间产生的辐射影响在国家允许的范围内。

由于剂量率与距离的平方成反比，后装机机房外 30cm 处的剂量率较小，因此后装机机房边界外 50m 范围内的其他公众人员年有效剂量同样可以满足剂量管理约束值要求。

上述估算仅是理论推算，实际应用时，工作人员的受照剂量应以佩戴的个人剂量计检测结果为准。

11.2.3 更换放射源辐射环境影响分析

后装机换源前医院应制定周密的计划，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。后装机更换放射源工作由设备厂家工程师完成，医院工作人员仅在控制室内进行监督辅助工作，不直接从事放射源更换工作。因此，换源过程中工作人员受到的剂量可忽略不计。

11.2.4 臭氧环境影响分析

本项目后装机运营期间会有臭氧和少量氮氧化物产生，氮氧化物产生额约为臭氧的 1/3。根据《辐射防护手册》（第三分册）， γ 辐照室空气中臭氧的产额可由式 11.2-8 进行计算：

$$Q_0 = 6.33 \times 10^{-4} A \times G \times V^{1/3} \quad (\text{式 11.2-8})$$

式中：

Q_0 ——臭氧的辐射化学产额，mg/h；

A ——放射源的活度，Ci，本项目 ^{192}Ir 放射源总活度为 10Ci。

G ——空气每吸收 100eV 辐射能量所产生的臭氧分子数， γ 辐照室取 6；

V ——辐照室体积， m^3 ，本项目后装机机房体积约为 212.2m^3 。

根据上式计算，后装机机房臭氧的产额约为 0.227mg/h 。后装机机房室内臭氧浓度可由式 11.2-9 和式 11.2-10 计算：

$$C = Q_0 \cdot T_v / V \quad (\text{式 11.2-9})$$

式中：

C ——室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

T_v ——臭氧有效清除时间，h；

V ——治疗室空间体积，本项目伽玛刀机房体积约为 212.2m^3 。

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad (\text{式 11.2-10})$$

式中：

t_v ——每次换气时间，本项目为 0.1h；

t_a ——臭氧分解时间，h，本项目取 0.83h。

根据式 11.2-8、式 11.2-9 和式 11.2-10，本项目后装机机房室内臭氧的浓度为 $9.45 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$ 。

由计算结果可知，本项目后装机机房室内臭氧浓度可满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中“工作场所空气中臭氧最高容许浓度为 0.3mg/m^3 ”的要求。

11.2.5 水环境影响分析

本项目辐射工作人员的生活污水进入医院城北新院污水处理站经“接触氧化+二氧化氯消毒”处理工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 预处理排放标准后经市政污水管网进入二道溪城市污水处理厂经行深度处理。根据上文分析，辐射工作人员的生活污水约 $0.51 \text{m}^3/\text{d}$ ，医院城北新院污水处理站设计处理能力为 $800 \text{m}^3/\text{d}$ ，可容纳辐射工作人员的生活污水。因此，本项目开展后对区域水体环境影响较小。

11.2.6 固体废物环境影响分析

①放射性固体废物

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

②非放射性固体废物

本项目工作人员会产生生活垃圾和办公垃圾，工作人员共 6 人，产生量约 $0.5 \text{kg}/\text{人}$ ，则生活垃圾和办公垃圾产生量为 $3 \text{kg}/\text{d}$ ， $750 \text{kg}/\text{a}$ 。生活垃圾和办公垃圾由医院统一收集交由当地环卫部门清运。

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。

11.3 辐射事故分析和防范措施

11.3.1 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理

可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

11.3.2 事故等级

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），辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11.3-1。

表 11.3-1 国务院令 第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
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，或者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。

11.3.3 后装机辐射事故影响分析

（1）事故类型

本项目可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①放射源脱落、丢失、被盗

换源或装源时，施源管未安装到位，放射源转移过程中脱落，在工作人员处理事故的过程中造成人员受到额外的照射；后装机放射源因管理不善发生丢失、被盗事故。

②放射源卡源

因施源管高差过大、工作人员操作不当或设备出现故障等原因，在治疗过程中、初装源、换源过程中，发生卡源（放射源卡在输源管中无法收回储源容器）事故。

③误照射

后装机运行时，由于安全联锁系统失效，人员误入机房造成误照射。

（2）事故后果分析

①放射源脱落

本项目 ^{192}Ir 额定装源活度为 $3.7 \times 10^5 \text{MBq}$ ，根据上文可知距离放射源 1m 处的剂量率为 $4.11 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ 。发生放射源脱落事故后，工作人员穿戴好防护用品（本次核算不考虑其削弱影响）后进入后装机机房，通过工具在距离放射源 1m 处进行操作，操作时

间为 5min，该工作人员所受剂量为 3.43mSv ($4.11 \times 10^4 \mu\text{Sv/h} \times 5\text{min} \div 60 \div 1000 = 3.43\text{mSv}$)。此时，该工作人员所受剂量已超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

②误照射

后装机运行时，由于安全联锁系统失效，人员误入机房受到正在运行的放射源的照射。误照射时间按 15s 考虑（10s 反应时间+5s 回源时间），假设该人员进入治疗室后距离放射源约 1m，该人员所受剂量为 0.17mSv。此时，该人员所受剂量已超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

③放射源丢失、被盗

本项目后装机配套的 ^{192}Ir 放射源属于 III 类放射源。假设本项目 ^{192}Ir 放射源丢失、被盗导致 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，对照表 11.3-1，此种事故属于重大辐射事故；假设本项目 ^{192}Ir 放射源丢失、被盗造成大范围严重辐射污染后果或者导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡，对照表 11.3-1，此种事故属于特别重大辐射事故。

11.3.4 辐射事故应急处理措施

（1）安全联锁装置失效，人员误入事故

一旦发现安全联锁系统出现故障，应立即停止治疗工作，组织技术人员对联锁系统进行检查维修，在确认联锁系统恢复正常后，设备才能重新投入使用。同时应将避免发生这类事故的措施建立在机房的工作制度中，严格执行设备联锁系统定期检查制度，并且将检查结果记录备案。

（2）放射源丢失、被盗事故

一旦发生放射源丢失、被盗、失控事故，采取以下处理措施：

①保护事故现场，紧急疏散无关人员，所有人员紧急撤离至安全区域。

②及时报告医院放射防护管理委员会，并上报卫生行政部门、生态环境部门及公安部门。

③协助公安及卫生部门迅速查找，追回丢失的放射源。

11.3.5 辐射事故预防措施

根据前文各种辐射事故，其对应的减少辐射事故发生的防范措施如下：

（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，对后装治疗室及周围进

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。

11.3.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，并在辐射工作开展过程中定期每年进行一次演练，发现不足及时整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材和应急资金。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求，使用Ⅲ类放射源的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

西南医科大学附属中医医院已按要求成立了放射防护管理委员会，全面负责医院的辐射安全与环境保护相关工作（见附件 8）。该机构明确了人员组成及相关职责并且涵盖了放射源、射线装置管理与使用等相关部门，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足环保管理工作的要求。

12.2 辐射工作岗位人员配置和能力分析

（1）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位前，医院应当安排其进行离岗前职业健康检查。

医院应继续安排本项目辐射工作人员进行职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查，并建立职业健康档案。

（2）辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）第三章——人员安全和防护，使用Ⅲ类放射源的单位，其辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，考核不合格的，不得上岗。

医院现有辐射工作人员均持有辐射安全培训证书，本项目 6 名辐射工作人员从现有辐射工作人员中调配，医院应定期组织本项目辐射工作人员按时接受再培训。

（3）个人剂量监测

本项目辐射工作人员均已配备个人剂量计，医院应继续按期（一般为 1 个月，最长不超过 3 个月）委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案

三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料应按年度进行整理、规范保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.3 辐射安全管理规章制度

（1）档案分类管理

医院应对相关资料进行分类归档，主要包括以下八大类：“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”。

（2）已建立的规章制度

根据《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）要求，医院辐射安全管理规章制度落实情况见表 12.3-1。

表 12.3-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

应制定的制度	落实情况	要求新增措施	预期效果
辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	/	/
辐射安全管理规定	已制定	/	保证工作场所辐射安全
辐射工作设备操作规程	需补充制定后装机操作规程		严格按设备操作规程操作，防止因误操作发生辐射事故
辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	/	保证设备运行工况良好
辐射工作人员岗位职责	已制定	需完善	人员定岗定责
放射源与射线装置台账管理制度	已制定	需完善	严格射线装置使用
辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定	需完善	辐射场所辐射剂量率满足相关要求，发现问题及时整改
监测仪表使用与校验管理制度	已制定	/	监测仪器定期校准，保证数据准确性、可靠性
辐射工作人员培训制度	已制定	/	人员定期培训，持证上岗
辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	/	建立个人剂量档案，保障人员健康
辐射事故应急预案	已制定	/	预防辐射事故发生，若发生辐射事故，应急处理措施应切实可行
质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	需完善	保障诊疗效果，个人剂量最优化
放射源转移、转让、收贮等备案制度	需补充制定		妥善处置废旧放射源

目前医院已制定的规章制度包括：《辐射工作人员岗位职责》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《辐射安全和防护设施维护、维修制度》、《辐射工作场所安全管理要求》、《放射源与射线装置台账管理制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《放射诊疗流程管理制度》、《放射法律法规与防护培训制度》、《个人剂量监测制度》、《放射工作人员健康管理制度》、《放射工作人员管理制度》、《放射诊疗和放射防护管理制度》、《受检者放射危害告知与防护制度》、《放射事故预防措施》、《放射防护安全管理制度》、《辐射事故应急响应程序》和《辐射事故预防措施及应急处理预案》等综合管理制度。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员岗位职责》、《放射工作设备操作规程》和《辐射事故应急预案》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现操作性和实用性，字体应醒目，尺寸应不小于 400mm×600mm。

综上，医院已制定的辐射防护相关环境管理办法与制度，内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全及环境保护的要求。医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善，并补充相关制度。

12.4 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，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目建设单位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。

12.4.1 工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，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。

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自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，1 次/季度，监测数据应存档备案。自我监测报告应存档备查。

12.4.2 个人剂量监测

个人剂量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，监测周期为一般为一个月，最长不超三个月。

(1) 医院应每季度将个人剂量计送往有资质的单位进行检测。如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时，医院需进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并经当事人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限值时，医院应暂停该辐射工作人员继续从事放射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经当事人签字，上报生态环境主管部门。年剂量超过 20mSv 标准时，构成辐射事故，医院立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由放射防护管理委员会上报生态环境主管部门。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《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(3) 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、剂量监测结果等信息，个人剂量档案需终生保存。

12.4.3 监测内容和要求

(1) 监测内容：周围剂量当量率。

(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 12.4-1）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，并建立监测数据台账以便核查。

表 12.4-1 工作场所监测计划建议表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	后装机机房	周围剂量当量率	1次/年	便携式X-γ辐射巡测仪（需按照国家规定进行计量检定）	后装机机房四周屏蔽墙外30cm处、顶棚、操作位、防护门、管线洞口以及其他需要关注的地方	委托有资质单位监测
日常监测			1次/季度			自行监测

(3) 监测范围：控制区、监督区及周围环境

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门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；

③制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。医院应做好监测数据的审核，并制定相应的报送程序，监测数据及报送情况应存档备查。

12.5 竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、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。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过3个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过12个月。

12.6 年度评估

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《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。

医院已按照《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）规定的格式每年编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并于每年1月31日前在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/>）

中实施申报登记。本项目建成后，医院应将本项目辐射工作场所纳入现有年度评估报告，按期向发证机关提交年度评估报告

12.7 辐射事故应急

12.7.1 应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故的调查、报告和处理程序。

12.7.2 医院现有应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院已按要求制定了《辐射事故预防措施及应急处理预案》，并成立了辐射事故应急处理领导小组。该领导小组负责组织制定医院辐射事故应急处理预案和组织协调辐射事故应急处理工作。

医院既有辐射事故应急预案包括了下列内容：①总则、②组织机构与职责、③辐射事故分级与事故预防、④事故应急响应程序、⑤紧急响应措施、⑥条件保障、⑦预案的评估和修改。

医院已制定的《辐射事故预防措施及应急处理预案》内容较为全面，符合相关要求，基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全及环境保护的要求。在今后实施过程中，医院应根据国家最新发布的相关法规内容，结合医院实际情况及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

12.8 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素的单位应具备相应的条件，本项目建设单位从事辐射活动能力评价见表 12.8-1。

表 12.8-1 本项目建设单位从事辐射活动能力对照表

应具备条件	落实情况
（一）使用Ⅲ类放射源的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	已成立放射防护管理委员会
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	本项目拟配置 6 名辐射工作人员，均从现有辐射工作人员中调配，均持有辐射安全培训证书

（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备	本项目 ^{192}Ir 放射源存放于后装机内
（四）放射性同位素与射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施	本项目拟按要求建设专用机房，实体屏蔽符合要求，拟设有急停开关和对讲系统，拟设有工作警示灯及电离辐射警告标志
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪	医院拟配备 1 台便携式 X- γ 辐射巡测仪、1 台固定式剂量率监测报警仪、2 台便携式个人剂量监测报警仪，6 枚个人剂量计（依托现有）
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	已制订部分制度，需完善
（七）有完善的辐射事故应急措施	已制订《辐射事故预防措施及应急处理预案》
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	本项目 ^{192}Ir 退役放射源由供源单位回收处理，不在医院内暂存

综上所述，西南医科大学附属中医医院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力基本符合相关法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

(1) 项目名称：西南医科大学附属中医医院后装机核技术利用项目

(2) 建设单位：西南医科大学附属中医医院

(3) 建设性质：改建

(4) 建设地点：泸州市龙马潭区春晖路 182 号，西南医科大学附属中医医院城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层。

本次评价内容与规模：医院拟在城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层将 1 间预留的放疗机房改造为后装机机房。综合楼主楼地上二十二层，地下二层；综合楼附楼（影像楼）地上六层，地下二层。施工内容主要为增加原机房墙体屏蔽厚度，不对机房布局作出大的变动。经与医院核实，本项目拟新增 1 台后装机，后装机型号待定，配套使用 1 枚 ^{192}Ir 放射源。放射源出厂活度为 $3.7 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，属于 III 类放射源。

改造后的后装机用房由 1 间后装机机房（含迷道）、1 间控制室、1 间缓冲间和 1 间准备间组成，后装机机房有效使用面积为 31.28m^2 ，控制室有效使用面积为 16.62m^2 ，缓冲间有效使用面积为 7.44m^2 ，准备间有效使用面积为 10.08m^2 。后装机机房无地下层，楼上为空房间。

改造后的后装机机房南北净长 6450mm，东西净长 4850mm（不含迷道），净高 4640mm。南侧墙体和西侧墙体均为 650mm 混凝土，北侧墙体机房部分为 650mm 混凝土，迷道部分为 40mm 混凝土，迷道内墙和迷道外墙均为 600mm 混凝土，顶棚为 610mm 混凝土，防护门内衬 15mm 铅板。

13.1.2 项目所在地环境质量现状

本项目后装机辐射工作场所及周围各监测点位的 γ 辐射剂量率范围为 $94.2 \text{nGy/h} \sim 115.4 \text{nGy/h}$ 。根据《2020 四川省生态环境状况公报》，四川省辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率范围为 $\leq 130 \text{nGy/h}$ 。本项目所在区域的 γ 辐射水平处于当地正常天然本底辐射水平之内。

13.1.3 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全防护措施结论

本项目后装机机房由城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层预留的放疗机房改建而

来，四侧墙体及顶棚均采用混凝土作为屏蔽材料，防护门内衬 15mm 铅板，其防护效果满足要求。后装机机房内拟设急停开关、视频监控、双向对讲交流系统和固定式剂量率监测报警仪，防护门内侧拟设紧急开门装置，以上辐射安全设施的设置满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的规定。

后装机机房控制室拟张贴相应的规章制度和操作规程；机房门外拟设电离辐射警告标志和醒目的工作状态指示灯，灯箱处拟设警示语句；防护门拟设置门灯联锁和门机（源）联锁装置。

综上所述，医院在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少了不必要的照射，根据上文理论计算结果，本项目拟采取的辐射安全防护措施符合辐射防护要求。

（2）辐射安全管理结论

医院已成立了放射防护管理委员会，全面负责辐射安全与环境保护管理工作。医院制订的辐射事故应急预案与其他规章制度内容较全面、措施可行。医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；

本项目拟配置辐射工作人员 6 人，均从现有辐射工作人员中调配。

本项目 6 名辐射工作人员均持有辐射安全培训证书，医院应定期组织本项目辐射工作人员按时接受再培训。

本项目 6 名辐射工作人员已进行职业健康检查，医院应继续每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查，并建立职业健康档案。

本项目 6 名辐射工作人员均已配备个人剂量计，医院应继续按期（一般为 1 个月，最长不超过 3 个月）委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。

综上所述，本项目辐射安全管理措施符合相关管理要求。

13.1.4 环境影响分析结论

（1）根据理论计算分析，正常工况下后装机机房各侧墙体及防护门外 30cm 处剂量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关剂量率控制水平限值的要求，对周围环境影响较小。

（2）根据理论计算分析，本项目运行所致工作人员年有效剂量符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）“从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a ”的规定，所致公众年有效剂量符合《放射治疗辐射安全与防护要求》

(HJ1198-2021)“公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a”的规定。

(3) 根据理论计算分析,本项目后装机室内臭氧浓度为 $9.45 \times 10^{-5} \text{mg/m}^3$, 满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m^3 ”的要求。废气经通排风系统排出机房外, 臭氧 50 分钟后可自然分解为氧气, 氮氧化物产生额只有臭氧的 1/3, 后装机产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

(4) 本项目辐射工作人员的生活污水进入医院城北新院污水处理站经“接触氧化+二氧化氯消毒”处理工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 预处理排放标准后经市政污水管网进入二道溪城市污水处理厂经行深度处理。本项目辐射工作人员的生活污水约 $0.51 \text{m}^3/\text{d}$, 医院城北新院污水处理站设计处理能力为 $800 \text{m}^3/\text{d}$, 可容纳辐射工作人员的生活污水。本项目开展后对区域水体环境影响较小。

(5) 本项目产生的生活垃圾和办公垃圾由医院统一集中收集, 交由当地环卫部门清运; ^{192}Ir 退役放射源由供源单位回收处理, 不在医院内暂存。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

13.1.5 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性结论

本项目属于国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(2021 年修订) 中第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗器械设备和试剂、数字化医学影像设备, 人工智能辅助医疗设备, **高端放射治疗设备**, 电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备, 新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用, 危重病用生命支持设备, 移动与远程诊疗设备, 新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目, 属于国家鼓励类产业, 符合国家现行产业政策。

(2) 实践正当性结论

本项目实施目的在于开展放射治疗工作, 最终目的是为了治病救人, 本项目的建设可以更好地满足肿瘤患者就诊需求, 提高对疾病的诊治能力。本项目的开展, 对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用, 因此, 该项目的实践是必要的。

医院在放射治疗过程中, 对后装机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, 对后装机的安全管理将建立相应的规章制度。因此, 在正确使用和管理后装机的情况下, 可以将本项目产生的电离辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给

职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

（3）相关规划及选址合理性结论

医院城北新院综合楼主体建筑环评《泸州医学院附属中医医院城北新院二期综合楼工程建设项目环境影响报告书》已于 2011 年 12 月 9 日取得原四川省环境保护厅批复。本项目符合泸州市土地利用和城市总体规划。

本项目后装机机房位于医院城北新院综合楼附楼（影像楼）负二层，后装机机房及配套功能用房集中设置。后装机机房边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑及道路，无居民区、学校、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点，不涉及四川省生态保护红线。后装机机房选址已充分考虑了周围场所的安全，并且采取了有效的辐射屏蔽措施和安全措施。根据环境影响预测分析结果，项目运营过程产生的电离辐射，在严格执行本评价中提出的辐射管理和辐射防护措施后，对周围环境造成的辐射影响是可以接受的。因此，本项目的选址是合理的。

（4）项目可行性结论

综上所述，本项目选址合理，建设符合泸州市总体规划；项目符合产业政策和实践正当性，医院在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，并落实本报告提出的各项辐射管理和辐射防护措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件的前提下，具备从事相应辐射活动的技术能力；项目运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从辐射安全和环境保护角度分析，本项目的建设 and 运行是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性，杜绝辐射事故的发生。

13.2.2 承诺

（1）医院承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）医院承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设

施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

(3) 医院承诺加强辐射工作人员的管理, 监督辐射工作人员防护用品的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、职业健康检查, 并按要求建立和保管辐射工作人员档案。

(4) 医院承诺制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案, 并监督执行各项制度。按照辐射事故应急预案处理和上报辐射事故, 并及时将应急预案向生态环境主管部门备案。

(5) 医院承诺严格执行辐射工作场所监测计划, 发现问题及时整改。

(6) 医院承诺本项目环评审批后, 及时申领辐射安全许可证。

13.3 项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》, 建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体, 应当按照本办法规定的程序和标准, 组织对配套建设的环境保护设施进行验收, 编制验收报告, 公开相关信息, 接受社会监督, 确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用, 并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责, 不得在验收过程中弄虚作假。

本项目竣工环境保护验收一览表见表 13.3-1。

表 13.3-1 本项目竣工环境保护验收一览表

场所	类别	环保设施
后装机机房	辐射防护设施	后装机机房南侧墙体和西侧墙体均为 650mm 混凝土, 北侧墙体机房部分为 650mm 混凝土, 迷道部分为 40mm 混凝土, 迷道内墙和迷道外墙均为 600mm 混凝土, 顶棚为 610mm 混凝土, 防护门内衬 15mm 铅板
	安全装置	急停开关 8 个 (控制室控制台、后装机机房迷道出入口、防护门内侧、后装机机房四周墙壁和设备表面分别设置 1 个)
		视频监控装置 4 套 (机房西北角、机房东北角、机房西南角、迷道出入口各安装 1 个)
		后装机机房西侧墙体安装 1 套双向对讲系统
		后装机机房防护门内侧设置 1 套紧急开门装置
		后装机机房防护门内侧安装 1 台固定式剂量率监测报警仪
		门灯联锁及工作状态指示灯 1 套
		烟雾报警装置 1 个
	监测仪器及警示装置	1 台便携式 X-γ 辐射巡测仪、2 台便携式个人剂量监测报警仪, 个人剂量计 6 个 (依托现有)

		电离辐射警告标志若干
	通排风系统	机房通排风系统 1 套。新风口 2 个，机房东侧靠迷道内墙的吊顶上方间隔设置，排风口 2 个，机房西侧墙体间隔设置，排风口下沿距地 30cm 处；通风量 1200m ³ /h，通风换气次数约 5 次/h。
	环保制度	辐射管理制度，相关制度张贴上墙
	人员培训	辐射工作人员、管理人员培训
	辐射应急	应急物资、应急人员培训、辐射事故应急演练

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
公 章	
经办人	年 月 日

审批意见：	
公 章	
经办人	年 月 日