

核技术利用建设项目

四川大学华西医院

新增 X/γ射线一体化放射治疗系统核技术利用项目

环境影响报告表

(公示本)

四川大学华西医院

2026年6月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	32
表 3 非密封放射性物质	33
表 4 射线装置	34
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	35
表 6 评价依据	36
表 7 保护目标与评价标准	38
表 8 环境质量和辐射现状	41
表 9 项目工程分析与源项	46
表 10 辐射安全与防护	57
表 11 环境影响分析	70
表 12 辐射安全管理	85
表 13 结论与建议	91

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新增 X/γ射线一体化放射治疗系统核技术利用项目				
建设单位	四川大学华西医院				
法人代表	罗**	联系人	胡*	联系电话	*****
注册地址	成都市武侯区国学巷 37 号				
项目建设地点	四川省成都市武侯区国学巷 37 号四川大学华西医院第一住院楼负二层				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	3000	项目环保投资(万元)	311.7	投资比例(环保投资/总投资)	10.4%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类		
其他					
<p>1.1 项目概况</p> <p>1.1.1 建设单位概述</p> <p>四川大学华西医院（以下简称建设单位）统一社会信用代码：12510000450756139Y，位于四川省成都市武侯区国学巷 37 号，始建于 1892 年，是中国西部疑难危急重症诊疗的国家级中心、中国著名的高等医学学府，也是中国一流的医学科学研究和技术创新的国家级基地，综合实力处于国内一流、国际先进行列。已设有成都国学巷本部、锦江院区和温江三个院区，和一个全托管成都上锦南府医院。</p> <p>目前，四川大学华西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[00151]），许可种类和范围为：使用 II、V 类放射源；使用 II、III 类射线装置和生产、使用非密封放射性物质，乙、丙级非密封放射性物质工作场所，有效期至 2028 年 3 月 26 日。</p>					

1.1.2 项目概况及由来

X/γ 射线一体化放射治疗系统 (TaiChiPro)，是西安大医集团股份有限公司（简称大医集团）完全自主研发的放疗平台。它创新性地将 X 射线（加速器模块）与 γ 射线（钴-60 放射源伽玛刀模块）融合于同一平台，并配备实时影像引导系统，实现了“一机多用，一机双能”的精准智能放疗新模式。该平台兼具 X 射线的宽广覆盖范围与 γ 射线的超高精度聚焦优势，能够在提高肿瘤靶区受照剂量的同时，更好地保护周围正常组织，为复杂肿瘤治疗提供个性化解决方案。患者在复合治疗流程中，仅需一次定位、一次摆位即可完成连续治疗计划，颠覆了传统设备分机运作、能力割裂的局限，显著提升了治疗效率、舒适度与疗效。

为充分发挥自身的技术潜力，提高现有资源的利用效率，为广大患者提供更好的医疗服务和提升医院放射治疗的能力，四川大学华西医院拟将本部院区第一住院楼负二层加速器机房 4 内的医用直线加速器进行报废处置，对机房进行改造后安装一套 X/γ 射线一体化放射治疗系统。

本项目为“医疗使用 I 类放射源”和“使用 II 类、III 类射线装置”，为加强放射源和射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保放射源和射线装置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》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设方须对该项目进行环境影响评价。

根据中华人民共和国生态环境部第 16 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目涉及医疗使用 I 类放射源、使用 II 类和 III 类射线装置，应编制环境影响报告表。四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）接受建设单位委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《四川大学华西医院新增 X/γ 射线一体化放射治疗系统核技术利用项目环境影响报告表》。

1.2 项目建设内容及规模

四川大学华西医院本部位于四川省成都市武侯区国学巷 37 号。本项目位于

本部第一住院楼负二层，第一住院楼地上最高 15 层，地下 2 层，建筑高度 61.8m。

医院拟将第一住院楼负二层加速器机房 4 内的现有医用直线加速器报废，将机房进行改造，改造后机房内置一套 X/γ 射线一体化放射治疗系统，建成后投入临床使用。拟将加速器机房 4 北侧和东南侧区域同步进行改造，北侧区域原来由西向东依次为模拟定位机房（设备已报废搬走）及配套控制室、暗室和存片室，冲洗淋浴清洁区，卫生间和肿瘤放疗候诊区，改造后由西向东依次为医生办公室、休息室、更衣室、卫生间和肿瘤放疗候诊区。东南侧区域原为制铅模区域，改造后为真空袋储存间和铅模室。

加速器机房 4 改造后整体为混凝土结构，北墙厚 1510mm（迷道内口处北侧墙体厚 1100mm），东墙厚 1800mm，南墙厚 1770mm，西侧设迷道，迷道内墙厚 1000mm，长 5770mm，迷道外墙厚 1000mm，长 7770mm，迷道内口处西侧迷道外墙增加南北宽 2460mm、东西厚 220mm 的混凝土现浇屏蔽，机房内西南角增加南北长 1000mm、东西宽 540mm 的混凝土现浇屏蔽，机房顶厚 1650mm。机房内南北宽 5590mm，东西宽 6700mm，机房内地面到混凝土顶净高 6110mm，机房内地面到铝蜂窝复合板吊顶净高 3100mm。机房入口门洞宽 1700mm×2400mm，拟设电动推拉铅门，铅当量 15mm。配套设备间和控制室位于机房西侧。

X/γ 射线一体化放射治疗系统（型号：TaiChiPro）兼具医用直线加速器治疗功能和伽玛刀治疗功能。同时为将病灶准确地置于放射区域，在加速器治疗模块和伽玛刀聚焦治疗模块之间，配备有 CBCT（锥形束计算机断层扫描）图像引导系统模块，三种功能集成于同一个滚筒中。但每次治疗或定位，只能一种模块出束，不存在 2 种或 3 种模块同时出束的情况。本项目治疗系统由放射物理技术中心管理和使用。

伽玛刀治疗模块共安装 18 枚钴-60（Co-60）放射源，单源初装平均设计活度为 $4.699 \times 10^{13} \text{Bq}$ （1270Ci），总装源活度最大为 $8.88 \times 10^{14} \text{Bq}$ （24000Ci，考虑最大 5% 的误差）。加速器治疗模块最大 X 射线能量为 6MV，等中心处最大剂量率 14Gy/min，不设电子线治疗功能。CBCT 图像引导系统模块最大管电压 150kV，最大管电流 64mA。

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 TaiChiPro 系统伽玛刀治疗模块单枚钴-60 放射源属于 I 类放射源，总体按医疗使用 I 类放射源进行管理。根据原国家环保部、国家卫生和计划生育委员会《关于发〈射线装置分〉的公告》（2017 年第 66 号），加速器模块属 II 类射线装置，CBCT 图像引导系统模块属 III 类射线装置。

本项目模拟定位依托已建的 CT 机房 9 和磁共振机房 9。

本次建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容表

设备名称	X/γ 射线一体化放射治疗系统	
型号	TaiChiPro	
设备厂家	西安大医集团股份有限公司	
套数	1 套	
放射源厂家	成都中核高通同位素股份有限公司	
能量	γ射线（放射源）	钴-60, 4.699×10 ¹³ Bq/枚, 共 18 枚, 总活度 8.88×10 ¹⁴ Bq, I 类放射源, 等中心处最大剂量率 3.8Gy/min
	X 射线（加速器）	6MV, 等中心处最大剂量率 14Gy/min, II 类射线装置
	X 射线（CBCT）	150kV, 64mA, III 类射线装置
工作场所	第一住院楼负二层加速器机房 4	
活动种类	使用	

1.2.1 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。

表 1-2 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	运营期
主体工程	<p>拟将第一住院楼负二层加速器机房 4 内的现有医用直线加速器报废，将机房进行改造，改造后机房内置一套 X/γ 射线一体化放射治疗系统，建成后投入临床使用。拟将加速器机房 4 北侧和东南侧区域同步进行改造，北侧区域原来由西向东依次为模拟定位机房及配套控制室、暗室和存片室，冲洗淋浴清洁区，卫生间和肿瘤放疗候诊区，改造后由西向东依次为医生办公室、休息室、更衣室、卫生间和肿瘤放疗候诊区。东南侧区域原为制铅模区域，改造后为真空袋储存间和铅模室。</p> <p>X/γ 射线一体化放射治疗系统伽玛刀治疗模块共安装 18 枚钴-60 (Co-60) 放射源, 单源初装平均设计活度为 4.699</p>	<p>施工扬尘、施工噪声、拆除建筑渣、废包装物等, 以及安装调试过程中的</p>	<p>X 射线、γ 射线、臭氧、废放射源</p>

	<p>$\times 10^{13}\text{Bq}$ (1270Ci)，总装源活度最大为 $8.88 \times 10^{14}\text{Bq}$ (24000Ci，考虑最大 5% 的误差)，等中心处最大剂量率 $3.8\text{Gy}/\text{min}$。加速器治疗模块最大 X 射线能量为 6MV，等中心处最大剂量率 $14\text{Gy}/\text{min}$，不设电子线治疗功能。CBCT 图像引导系统模块最大管电压 150kV，最大管电流 64mA。</p> <p>本项目 TaiChiPro 系统加速器治疗模块年最大出束时间 205.8h (治疗出束 200h+质控出束 5.8h)，伽玛刀治疗模块年最大出束时间 47.2h (治疗出束 46h+质控出束 1.2h)，CBCT 图像引导系统模块年最大出束时间 184.3h (治疗出束 183.3h+质控出束 1h)。</p> <p>该机房改造完成后，墙体及顶部均为 C35 混凝土结构，机房内部净空尺寸为东西宽 6.7m，南北宽 5.59m，高 3.1m，“L”形迷道位于机房西侧，长 7.77m，宽 1.5m。机房顶部厚 1.65m，东墙厚 1.8m，南墙厚 1.77m，北墙厚 1.51m，迷道内外墙均厚 1m，设备间处迷道外墙厚 1.22m，机房内西南角增加南北长 1m，东西宽 0.54m，高至混凝土顶板的混凝土屏蔽体。门洞尺寸宽 1.7m\times高 2.4m，设电动铅防护门一扇，厚度 15mm 铅当量。配套设备间和控制室位于机房西侧。本项目治疗系统由放射物理技术中心管理和使用。</p>	X 射线、 γ 射线、臭氧。	
辅助工程	<p>机房西侧设控制室，机房北侧设医生办公室、休息室和更衣室，卫生间，肿瘤放疗候诊区。</p> <p>模拟定位 CT 机房 9 和磁共振机房 9 均已建成，本项目依托。</p>		办公垃圾，生活垃圾，生活污水。
公用工程	本项目配电、供电、给排水和通讯系统等依托医院现有设施。		/
环保工程	<p>①本次对第一住院楼通排风进行局部改造，本项目机房设计进风量为 $2900\text{m}^3/\text{h}$，抽风量为 $3000\text{m}^3/\text{h}$，将机房内废气抽出室外。</p> <p>②废水依托医院已建污水处理设施预处理(设计处理能力为 $4000\text{m}^3/\text{d}$，采用一级强化+ClO_2 消毒处理工艺)，达标后排入市政管网。</p> <p>③办公、生活垃圾依托医院垃圾收集系统进行收集后交由市政环卫部门处置。</p>		/

1.2.2 主要技术参数

本项目主要设备配置见表 1-3。

表 1-3 主要设备配置及主要技术参数

设备型号	功能模块	各项参数	具体情况
X/ γ 射线一体化放	加速器治疗模块	X 射线能量	6MV
		等中心处最大剂量率	$14\text{Gy}/\text{min}$
		等中心处最大照射野	40cm \times 40cm，有用束张角 27.8°

射治疗系统 (型号: TaiChi Pro)		源轴距 (SAD)	1000mm
		等中心到地面距离	950mm
		泄漏辐射	不大于 0.1%
		加速管屏蔽	90°方向为 91mmPb、180°方向为 86mmPb。
		加速器束挡块	屏蔽体为 120mm 铅+55mm 钢构成。
	伽玛刀治疗模块	聚焦头射线源	18 颗钴-60 放射源, 单源初装平均设计活度为 4.699×10^{13} Bq (1270Ci), 总装源活度最大为 8.88×10^{14} Bq (24000Ci, 考虑最大 5% 的误差)。
		聚焦头准直器	共 7 组, 规格为 $\Phi 0.6\text{cm}$ 、 $\Phi 0.9\text{cm}$ 、 $\Phi 1.2\text{cm}$ 、 $\Phi 1.6\text{cm}$ 、 $\Phi 2.0\text{cm}$ 、 $\Phi 2.5\text{cm}$ 、 $\Phi 3.5\text{cm}$
		聚焦头初装源焦点剂量率	按照标称活度 24000Ci, 最大焦点剂量率为 3.8Gy/min。
		有用线束最大张角	26.6°
		等中心到射线源距离	750mm
		等中心到地面距离	950mm
		聚焦头屏蔽	非治疗状态下距设备表面 1m 处的杂散辐射引起的吸收剂量率小于 20 μ Gy/h。
		伽玛聚焦头束挡块	屏蔽体由钢 82mm+铅 305mm+铅铋合金 60mm 构成。
	CBCT 图像引导模块	额定管电压	150kV
		额定管电流	64mA
		距靶 1m 处最大剂量率	<0.5mGy/h (测试条件 150kV、3.6mA)
		旋转角度	加速器和伽玛刀均为 360° 连续旋转照射

1.2.3 治疗系统年出束时间

根据建设单位提供资料, 伽玛刀模块治疗工作量最多为 6 人/天, 患者在等中心处的治疗剂量为 15Gy/人, 每周工作 5 天, 则工作负荷为 450Gy/周 (SAD=75cm, 相当于距靶点 1m 处 253.1Gy/周), 相应放射源 $H_0(2.74 \times 10^8 \mu\text{Gy/h})$ 下的出束照射时间为 0.92h/周, 工作周数按 50 周/年计, 伽玛刀年治疗最大出束时间为 46h, 年质控照射时间 1.2h, 年总出束时间 47.2h。

加速器模块治疗工作量最多为 60 人/天, 每周工作 5 天, 平均每人每野次治疗剂量 2Gy 平均每人治疗照射 3 野次, 周工作负荷 $W=60 \times 5 \times 2 \times 3=1800\text{Gy/周}$ 。本项目加速器等中心处治疗模体内参考点的常用吸收剂量率为 10Gy/min, 周治

疗照射时间为 4h/周，工作周数按 50 周/年计，年治疗最大出束时间 200h，年质控时间 5.8h，年总出束时间 205.8h。

CBCT 模块日最大工作负荷为加速器和伽玛刀治疗人数之和，66 人/天，单人次照射以 40s 计，年治疗照射时间 183.3h，年质控时间 1h，年总出束时间 184.3h。

1.2.4 工作人员及工作制度

本项目拟配置 6 名辐射工作人员，含 1 名医师，1 名物理师，4 名技师（分 2 组，每组 2 人），均从医院已有辐射工作人员中调配。医师确定放射治疗方案并给出处方剂量和危及器官的剂量限值，物理师制定具体的治疗计划和治疗系统的质控，技师负责在机房进行治疗系统操作。

本项目投运后，6 名辐射工作人员除负责本机房工作外，也可能参与其它放射性工作。本项目技师每天分 2 班，每班 6 小时，物理师和医师每天 1 班 8 小时工作制，年工作 250 天。

1.3 产业政策符合性

本项目属于核技术在医学领域应用，根据国家发展和改革委员会发布《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属于鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业发展政策。

1.4 项目选址合理性分析

1.4.1 项目外环境关系

本项目位于四川省成都市武侯区国学巷 37 号四川大学华西医院内，院区周围为常见的城区商住交通环境。

本项目加速器机房 4 位于医院本部第一住院楼负二层东北部区域，第一住院楼东北侧与门诊楼紧邻，东南侧隔电信路为感染疾病中心、第五住院楼、转换医学楼等，西南侧为信息供应楼、第二住院楼、院外电信嘉苑住宅小区等，西北侧为院内通道及绿化园区。

本项目加速器机房 4 与加速器机房 1~加速器机房 3、伽玛刀机房集中为一个

放疗治疗区域。四个加速器机房为一个矩形布局，中间设通道和控制室，加速器机房 4 位于该区域东北侧。加速器机房 4 东侧 50m 范围内由近及远为通道、电梯和步梯、停车场（门诊楼）等。加速器机房 4 南侧 50m 范围内由近及远为通道、加速器机房 2、真空袋储存间和铅模式、衰变池、停车场、通风机房等。加速器机房 4 西侧 50m 范围内由近及远为控制室、加速器机房 3、电梯、机修间、近距离放疗室、库房、热交换室、污物走廊、空调机房等。加速器机房 4 北侧 50m 范围内由近及远为走廊、医生办公室、医生休息室、更衣室、卫生间、肿瘤放疗候诊区、低压配电室、高压配电室、通风机房、空调机房、输液药库（门诊楼）、利康药库（门诊楼）等。加速器机房 4 上方为一层住院药房，下方无建筑物。

1.4.2 选址合理性分析

根据前述加速器机房 4 周围环境可知，本项目位于建设单位第一住院楼负二层集中的放射治疗区域，周围评价范围内没有人群易聚集的功能区。本项目选址满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求：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。

四川大学华西医院第一住院大楼已取得成环建（2003）复字 170 号文环境影响评价批复，第一住院大楼项目选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为第一住院大楼内负二楼改造的配套建设项目，不新增用地。

加速器机房 4 为专门的辐射工作场所，根据本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统的屏蔽要求进行设计改造后，机房具备良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

1.4.3 与周边环境的相容性分析

本项目运行不产生生产废水，不新增生活污水、生活垃圾；产噪设备为风机，1m 处声压机为 65dB（A），均位于第一住院大楼地下层，不会改变区域声环境

功能区规划；产生的臭氧经排风系统排放，再经自然稀释后对大气环境影响较小。本项目运行阶段产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小。

因此，本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容。

1.4.4 实践正当性

放射治疗是癌症治疗的重要手段，具有精准定位、无创性、适应症广等优势，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断及治疗效果，是其它项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的治疗能力，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在放疗过程中放射源或射线装置的使用可能会造成如下辐射影响问题：

(1) 给周围环境造成一定的辐射影响。

(2) 给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。

(3) 放射源和射线装置使用及管理的失误会造成一定的辐射事故。

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

1.5 与项目有关的原有污染问题

本项目拟安装机房约 2004 年随第一住院大楼（原名综合住院楼）主体工程同步建成，首次建成为钴-60 放射源治疗机房，2008 年通过环境影响评价批准并对机房进行屏蔽加厚，将钴-60 放射源治疗设备更换为医科达 Compact 型直线加速器，2016 年建设单位将原医科达 Compact 型直线加速器更换为美国瓦里安（Varian）CLINAC CX 型医用直线加速器并完成了辐射安全许可手续，X 射线最大能量为 6MV，电子线最大能量为 12MeV，此台加速器于 2016 年投入使用至今。2025 年，医院委托四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技

术支持中心)对该机房开展了年度辐射环境现状监测,根据监测结果,机房各屏蔽体均满足辐射防护要求,该场所致职业人员受照射剂量满足 5mSv/a 的剂量约束限值要求,致公众受照射剂量均满足 0.1mSv/a 的剂量约束限值要求。

本项目建设施工前,医院拟对现有加速器进行报废处置。根据《四川省辐射污染防治条例》,“射线装置在报废处置时,使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。

1.6 建设单位原有核技术利用情况

1.6.1 辐射工作场所许可情况

目前,四川大学华西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[00151]),许可种类和范围为:使用II类、V类放射源,使用II类、III类射线装置,生产、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,有效期至 2028 年 3 月 26 日。

医院无未经辐射安全许可就投运的辐射设备或辐射场所,现有实际的放射源、非密封放射性物质和射线装置的情况与辐射安全许可证一致,具体放射源、非密封放射性物质和射线装置清单详见表 1-4~表 1-6。

1.6.2 现有辐射工作场所开展辐射监测的情况

(1) 个人剂量检测

建设单位按规定给所有辐射工作人员配备了个人剂量计,每季度对个人剂量计进行检测,并按要求建立了个人剂量档案。建设单位有专人负责个人剂量检测管理工作。发现个人剂量检测结果异常时,及时调查原因,并将有关情况及时报告放射防护管理委员会。

根据建设单位辐射工作人员 2025 年度个人剂量检测报告,全院辐射工作人员个人剂量检测结果范围在 0.01mSv~1.77mSv 之间,均低于职业人员 5mSv/年的约束限值,也未有超过 1.25mSv/季度约束限值的情况。

本项目 6 名辐射工作人员 2025 年工作量饱和,工作期间正确佩戴个人剂量计且个人剂量计定期送检。根据个人剂量监测结果,最近一年的个人剂量计监测值最大为 0.22mSv,满足职业人员 5mSv/a 剂量约束限值的要求。

(2) 工作场所辐射水平监测

建设单位每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。对于医用射线装置和放射源使用场所，主要对射线装置机房和放射源使用场所周围（四周墙体、楼上和楼下、防护门和观察窗外）、控制室进行监测；对于非密封放射性物质工作场所，主要对回旋加速器机房、合成热室、控制室、SPECT/CT、PET/CT 机房、注射室、病房、病人候诊室、放射性废物暂存间等控制区房间的四周、防护门外、楼上和楼下进行监测，监测报告已存档。

2025年，建设单位委托四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心）开展了年度辐射环境现状监测。根据2025年度监测报告，各辐射工作场所屏蔽防护设施和措施均能满足辐射防护要求，放射源、医用射线装置及非密封放射性物质工作场所等所致职业人员受照射剂量满足5mSv/a 的剂量约束限值要求，所致公众受照剂量均满足0.1mSv/a 的剂量约束限值要求；非密封放射性物质工作场所和回旋加速器相关工作场所 α 和 β 放射性表面污染均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的工作场所控制区和监督区表面污染控制水平要求。

1.6.3 辐射安全管理现状

(1) 辐射工作人员培训

建设单位严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院现有辐射工作人员共 753 人，均参加了辐射安全与防护培训知识的学习，并取得了合格证书（成绩合格单）或自行考核合格。

根据（生态环境部公告 2021 年 第 9 号）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》和《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021 年 3 月 29 日），医院应根据辐射安全许可要求和实际工作情况，组织安排仅从事III类射线装置使用活动的辐射工作人员参加自行考核；从事其他核技术利用活动的辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上的考试并取得相应的成绩报告单，申请辐射安全许可证时做到持证上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，医院应组织考核合格的人员每 5 年接受一次再培训考核。

(2) 年度评估报告

根据四川大学华西医院编制的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2025 年度）》，现医院辐射安全管理情况如下：

①本年度医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展维护工作。

②本年度医院制定和完善了辐射安全和防护制度及措施及应急流程，各项制度和措施得到了落实。

③本年度医院辐射工作人员新增加了 78 名，脱离放射岗位 24 名，短期离岗 51 人。目前共有 753 名辐射工作人员。医院督促相关人员及时完成了培训及考核。

④本年度医院均按要求办理放射性同位素转让（进出口、送贮）等手续，并及时更新了台账。

⑤本年度医院委托有资质单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量监测。辐射环境监测结果表明各工作场所辐射剂量均满足国家标准要求。辐射工作人员年度个人剂量监测良好，未出现个人剂量异常情况。

⑥本年度医院未发生任何辐射事故。

⑦本年度医院对生态环境部门现场检查提出的整改要求进行了整改落实，在年度评估中对发现的安全隐患及时进行了整改。现将整改情况报告如下：

A、e-flash 放疗加速器已完成厂家调试，设备出束性能稳定可靠，满足临床使用条件。

B、严格依据环评要求，优化调整了机房内固定式辐射报警仪布设位置；拆除所有急停按钮保护罩，确保应急情况下可快速处置。

C、对照环评规范完成辐射安全警示标识标准化粘贴工作，同步清理更换机房内破损、变色的旧标识，保障警示信息清晰醒目。

D、持续跟进全国核技术利用管理系统人员信息维护工作，确保系统内人员备案信息准确、完整、更新及时。

(3) 辐射安全管理机构及规章制度

建设单位于 2022 年 11 月调整了放射防护管理委员会（川医院[2022]43 号），全面负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作。委员会下设办公室在医务部医

务科，日常管理工作由医务部负责，并明确了各职能部门主要职责，有领导主管、安全机构健全。建设单位制定了相关辐射安全管理制度，主要包括辐射安全管理规定、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、辐射工作设备操作规程、辐射工作场所和环境辐射水平监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、质量保证大纲和质量控制检测计划、核医学科放射性药品采购、登记、使用、核对、保管及注销制度、非密封放射性物质操作规程、去污操作规程、病房管理制度等多个管理制度，医院辐射安全管理制度的内容符合《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（川环函[2025]616号）中的要求。

建设单位未发生过辐射安全事故，不存在环境和辐射安全遗留问题和投诉。

表 1-4 医院已上证的核技术利用项目一览表（放射源）

序号	核素名称	出厂活度 (Bq)	数量 (枚)	类别	用途	工作场所	来源	已有/闲置/本年度新增
1	Gd-153	3.70E+09	6	V类	使用	ECT 检查室 1	/	已有
2	Na-22	1.48E+07	1	V类	使用	PET/CT 检查室	/	已有
3	Na-22	3.7E+05	6	V类	使用		/	已有
4	Na-22	3.70E+06	1	V类	刻度/校准源		美国	已有
5	Ge-68	5.50E+07	2	V类	刻度/校准源		美国	已有
6	Ge-68	3.50E+06	2	V类	刻度/校准源		美国	已有
7	Ge-68	7.00E+05	3	V类	刻度/校准源		美国	已有
8	Sr-90	7.40E+08	2	V类	敷贴器	敷贴室	俄罗斯联邦	已有
9	Sr-90	1.48E+08	1	V类	敷贴器		/	已有
10	Co-57	1.17E+08	1	V类	刻度/校准源	温江 SPECT/CT 检查室	美国	已有
11	Co-57	1.48E+06	1	V类	刻度/校准源		美国	已有
12	Ge-68	7.4E+07	1	V类	使用	转化医学楼 PET/CT 检查室 1	/	已有
13	Co-60	9.99E+11~1.07E+12	192	II类	伽玛刀	伽玛刀机房	加拿大	已有

表 1-5 医院已上证的核技术利用项目一览表（非密封放射性物质）

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作 量(贝可)	年最大用量 (贝可)
1	DSA 检查治疗室 4	乙级	Y-90	液态	使用	放射性药物治疗	1.11E+10	1.11E+8	1.11E+12
2			Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	1.48E+9	1.48E+6	1.48E+11
3	门诊楼核医学科	乙级	Sr-89	液态	使用	放射性药物治疗	1.48E+8	1.48E+7	2.96E+10
4			Ra-223	液态	使用	放射性药物治疗	1.11E+7	1.11E+8	1.11E+9
5			Cu-67	液态	使用	教学科研	3.70E+7	3.70E+6	7.40E+8
6			I-125	液态	使用	放射性药物诊断	7.40E+4	7.40E+3	1.85E+8
7			In-111	液态	使用	教学科研	2.4E+8	2.4E+7	7.40E+9
8			N-13	液态	生产、使用	放射性药物生产	6.0E+9	6.0E+7	1.87E+10
9			C-11	液态	生产、使用	放射性药物诊断	3.7E+8	3.7E+6	9.25E+11
10			Mo-99(Tc-99m)	液态	使用	放射性药物诊断	3.70E+10	3.70E+7	1.85E+12
11			I-123	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+9	1.85E+7	3.70E+10
12			Sm-153	液态	使用	放射性药物治疗	7.40E+8	7.40E+7	3.70E+10
13			Re-188	液态	使用	教学科研	2.4E+8	2.4E+7	7.4E+9
14			Lu-177	液态	使用	放射性药物治疗	7.40E+9	7.40E+8	1.85E+12
15			P-32	液态	使用	放射性药物治疗	1.11E+8	1.11E+7	2.78E+10
16			Ge-68(Ga-68)	固态	使用	教学科研	6.0E+11	6.0E+7	1.87E+10
17			Tb-161	液态	使用	教学科研	1.85E+9	1.85E+8	1.85E+10
18			I-125(粒子源)	固态	使用	放射性药物治疗	1.85E+9	1.85E+6	1.33E+11
19			H-3	液态	使用	教学科研	2E+8	2E+6	7.40E+8

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作 量(贝可)	年最大用量 (贝可)
20			At-211	液态	使用	教学科研	3.70E+7	3.70E+7	7.40E+8
21			Ac-225	液态	使用	放射性药物治疗	3.70E+7	3.70E+8	7.40E+8
22			Bi-213	液态	使用	教学科研	3.70E+7	3.70E+7	7.40E+8
23			O-15	液态	生产、使用	放射性药物生产	6.0E+9	6.0E+7	1.87E+10
24			F-18	液态	生产	放射性药物生产	3.7E+10	3.7E+8	9.25E+12
25			Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	7.77E+10	7.77E+7	1.94E+13
26			C-14	液态	使用	教学科研	2.0E+7	2.0E+6	7.40E+8
27			Sc-47	液态	使用	教学科研	1.85E+9	1.85E+8	1.85E+10
28			S-35	液态	使用	教学科研	2.0E+7	2.0E+6	7.4E+8
29			Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	3.33E+10	3.33E+8	8.33E+12
30			Y-90	液态	使用	放射性药物治疗	1.11E+10	1.11E+8	1.11E+12
31			I-131	液态	使用	放射性药物治疗	1.52E+10	1.52E+9	1.11E+13
32			Ga-68	液态	使用	教学科研	3.70E+7	3.70E+5	7.40E+8
33			Zr-89	液态	使用	教学科研	3.70E+7	3.70E+6	7.40E+8
34			Ho-166	液态	使用	教学科研	1.85E+9	1.85E+8	1.85E+10
35			Cu-64	液态	使用	教学科研	3.70E+7	3.70E+5	7.40E+8
36	温江院区核医学科	乙级	Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	6.66E+10	6.66E+8	1.465E+13
37			F-18	液态	使用	放射性药物诊断	1.11E+10	1.11E+8	1.465E+12
38			I-131	液态	使用	放射性药物诊断	9.25E+8	9.25E+7	1.465E+11
39	转化医学楼 PET 检查	乙级	Zr-89	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+9	1.85E+11

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作 量(贝可)	年最大用量 (贝可)
40	区		O-15	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+8	7.4E+10
41			Cu-64	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+8	3.7E+11
42			N-13	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+8	7.4E+10
43			C-11	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+8	9.25E+11
44			I-124	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+9	3.7E+11
45			Ga-68	液态	使用	放射性药物诊断	1.85E+9	1.85E+7	4.63E+11
46			F-18	液态	使用	放射性药物诊断	5.55E+10	5.55E+8	9.25E+12
47	转化医学楼回旋加速器制药区	乙级	I-124	液态	生产	放射性药物生产	1.85E+10	1.85E+9	3.7E+11
48			F-18	液态	生产	放射性药物生产	1.85E+11	1.85E+9	4.63E+13
49			O-15	液态	生产	放射性药物生产	1.85E+10	1.85E+8	7.4E+10
50			Pb-212	液态	使用	教学科研	4.00E+8	4.00E+7	2.00E+10
51			P-32	液态	使用	教学科研	3.70E+7	3.70E+6	3.70E+9
52			Pb-203	液态	使用	教学科研	6.00E+9	6.00E+7	3.00E+11
53			Th-228	固态	使用	教学科研	8.00E+8	8.00E+8	1.60E+9
54			Cu-64	液态	生产	放射性药物生产	1.85E+10	1.85E+8	3.7E+11
55			Zr-89	液态	生产	放射性药物生产	1.85E+10	1.85E+9	1.85E+11
56			Ge-68	固态	使用	放射性药物生产	1.85E+9	1.85E+5	9.25E+10
57			C-11	液态	生产	放射性药物生产	3.7E+10	3.7E+8	9.25E+12
58			Ga-68	液态	生产	放射性药物诊断	1.85E+9	1.85E+7	4.63E+11
59			Cu-61	液态	生产	放射性药物生产	3.7E+9	3.7E+7	1.85E+10

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作 量(贝可)	年最大用量 (贝可)
60			N-13	液态	生产	放射性药物生产	1.85E+10	1.85E+8	7.4E+10

表 1-6 医院已上证的核技术利用项目一览表（射线装置）

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/ 台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
1	CT室1	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	Somatom Definition AS	66047	管电压 140 kV、 管电流 666 mA	Siemens
2	CT室10	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	SOMATOM Defination AS	66043	管电压 140 kV 管 电流 666 mA	Siemens
3	CT室11	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	uCT780	680023	管电压 140 kV 管 电流 833 mA	上海联影
4	CT室13	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	Spectral	10071	管电压 140 kV 管 电流 1000 mA	飞利浦
5	CT室2	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	uCT960+	860014	管电压 140 kV 管 电流 833 mA	上海联影
6	CT室3	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	APEX	REV202100003CN	管电压 140 kV 管 电流 740 mA	GE
7	CT室4	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	SOMATO M Definition Flash	73473	管电压 140 kV 管 电流 800 mA	Siemens
8	CT室5	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	uCT780	680022	管电压 140 kV 管 电流 833 mA	上海联影
9	CT室7	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	NAEOTOM	(21)	管电压 140 kV 管	Siemens

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
		层扫描(CT)装置					Alpha	127281	电流 2600 mA	
10	CT室8	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	Revolution CT	REVCX1600009CN	管电压 140 kV 管电流 740 mA	GE
11	CT室9	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	CT	Revolution CT ES	REVC81900007CN	管电压 150 kV 管电流 499 mA	GE
12	DR室11	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	DR	RAD SPEED M	61C887	管电压 150 kV 管电流 630 mA	北京岛津
13	DSA检查治疗室1	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	DSA	Clarity FD20	000111	管电压 125 kV 管电流 1050 mA	飞利浦
14	DSA检查治疗室2	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	DSA	Clarity FD20/20	000735	管电压 125 kV 管电流 1050 mA	飞利浦
15	DSA检查治疗室3	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	DSA	Clarity FD20	000736	管电压 125 kV 管电流 1050 mA	飞利浦
16	DSA检查治疗室4	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	DSA	Clarity FD20	000737	管电压 125 kV 管电流 1050 mA	飞利浦
17	DSA心血管介入室	血管造影用X射线装置	II类	使用	1	DSA	Atis Q ceil	109890	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	西门子
18	ECT检查室1	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	SPECT/CT	Discovery NM/CT670	21389	管电压 140 kV 管电流 440 mA	GE
19	ECT检查室2	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	III类	使用	1	SPECT/CT	intevo bold	1763	管电压 130 kV 管电流 345 mA	西门子

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
20	ECT 检查室 3	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	SPECT/CT				
21	Micro-CT 室 1	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物 Micro-CT	SKyscan1 2	23117138	管电压 100 kV 管电流 0.2 mA	德国布鲁克
22	Micro-CT 室 2	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物 Micro-CT	SKyscan1 2	23117139	管电压 100 kV 管电流 0.2 mA	德国布鲁克
23	PET/CT 检查室	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	PET/CT	Vereos	900123	管电压 140 kV 管电流 665 mA	飞利浦
24	X 光摄影室 10	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	Sonialvisi On SafireII	081x659901	管电压 150 kV 管电流 800 mA	Shimadzu
25	X 光摄影室 2	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	uDR780i	152267	管电压 150 kV 管电流 1000 mA	上海联影
26	X 光摄影室 3	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	uDR780i	152286	管电压 150 kV 管电流 1000 mA	上海联影
27	X 光摄影室 4	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	乳腺 X 射线机	uMammo 890i	320043	管电压 35 kV 管电流 180 mA	上海联影
28	X 光摄影室 6	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	乳腺 X 射线机	Senograph e Essential	670371BU	管电压 49 kV 管电流 100 mA	GE
29	X 光摄影室 7	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	医用数字 X 光机	uDR780i	152380	管电压 150 kV 管电流 1000 mA	上海联影
30	X 光摄影室 8	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	医用数字 X 光	uDR780i	152340	管电压 150 kV 管	上海联影

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
						机			电流 1000 mA	
31	micro-CT 室	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物 CT	NMC-100	PSH00715Y1 000116	管电压 100 kV 管 电流 0.2 mA	平生医疗
32	车载 CT 室 1	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	车载 CT	NeuViz63 In	N641n200326E	管电压 140 kV 管 电流 420 mA	东软医疗系统 股份有限公司
33	车载 CT 室 2	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	II 类	使用	1	车载 CT	NeuViz63 In	N641n200329E	管电压 140 kV 管 电流 420 mA	东软医疗系统 股份有限公司
34	车载 CT 室 3 (川 AGH732)	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	车载 CT	uCT 528	290192	管电压 140kV 管 电流 350mA	上海联影
35	第二住院大楼十一楼手术室	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	INFX 9000V	G6C2062004	管电压 125 kV 管 电流 1250 mA	佳能
36	二门诊 CT 室 6	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	CT	Revolution CT	REVCV1800089CN	管电压 140 kV 管 电流 740 mA	GE
37	二门诊 DR 检查室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	Rad speed M+40EG+50G	70176	管电压 125 kV 管 电流 800 mA	日本岛津
38	骨密度室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	双能 X 线骨密度诊断仪	Lunar IDXA	212243MA	管电压 100 kV 管 电流 3 mA	GE
39	回旋加速器机房	制备正电子发射计算机断层显像装置 (PET)	II 类	使用	1	回旋加速器	HM-10	2007040329	粒子能量 10 MeV	日本住友
40	急诊 X 光摄影室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	uDR780i Pro	160001	管电压 125 kV 管	上海联影

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
									电流 630 mA	
41	加速器机房 1	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	Vital beam	6621	粒子能量 10MeV	Varian
42	加速器机房 11	医用直线加速器	II 类	使用	1	核磁共振直线加速器	Elekta Unity	600066	粒子能量 7MeV	ELEKTA
43	加速器机房 12	医用加速器	II 类	使用	1	e-Flash	e-Flash200A	EA250301	粒子能量 9MeV	中玖闪光医疗科技有限公司
44	加速器机房 2	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	synergy	109263	粒子能量 15 MeV	ELEKTA
45	加速器机房 3	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	Radixat	4010193	粒子能量 6 MeV	安科骅股份有限公司
46	加速器机房 4	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	CLINAC CX	6008	粒子能量 6 MeV	Varian
47	加速器机房 5	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	AccStar	1009	粒子能量 14 MeV	成都利尼科
48	加速器机房 6	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	Edge	2607	粒子能量 10 MeV	Varian
49	加速器机房 7	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	VersaHD	153862	粒子能量 15 MeV	ELEKTA
50	加速器机房 8	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	Elekta Synergy	154305	粒子能量 15 MeV	ELEKTA

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
51	加速器机房 9	医用直线加速器	II 类	使用	1	医用直线加速器	Eleka Synergy	154304	粒子能量 15 MeV	ELEKTA
52	介入手术室 7	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion7 M20	1520	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	飞利浦
53	介入手术室 8	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	IGS5	M3-23-009	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	GE
54	介入手术室 9	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion7 M12	692	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	飞利浦
55	锦江院区 CT 室 4	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	CT	uCT968	880025	管电压 140 kV 管电流 833 mA	上海联影
56	锦江院区 CT 室 6	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	CT	Revolution Apex	RAGCN2400012YC	管电压 140 kV 管电流 1300 mA	通用
57	锦江院区 CT 室 7	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	CT	SOMATO M Force	246725	管电压 150 kV 管电流 2600 mA	西门子
58	锦江院区 CT 室 8	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	CT	Epoch+ NesViz	NS12NP240003	管电压 140 kV 管电流 1250 mA	东软医疗系统股份有限公司
59	锦江院区 CT 室 9	医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置	III 类	使用	1	CT	Revolution Apex	RAGCN2400011YC	管电压 140 kV 管电流 1300 mA	通用电气医疗系统有限公司
60	锦江院区 DR 室 3	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	uDR 780i Pro	162256	管电压 150 kV 管电流 1000 mA	上海联影
61	锦江院区 DR 室 4	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	uDR 780i Pro	162311	管电压 150 kV 管	上海联影

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
									电流 1000 mA	
62	锦江院区 DR 室 5	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	uDR 780i Pro	162310	管电压 150 kV 管 电流 1000 mA	上海联影
63	锦江院区 DR 室 6	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	uDR780i Pro	162318	管电压 150kV, 管 电流 1000mA	上海联影
64	锦江院区复合手术室 (OR-12)	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion 7m20	3319	管电压 125kV, 管 电流 1000mA	飞利浦
65	锦江院区复合手术室 (OR-23)	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	uAngio 960	11XR900018	管电压 125kV, 管 电流 1000mA	上海联影
66	锦江院区骨密度检测室 1	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	手指骨密度仪	MetriScan	102396	管电压 60kV, 管 电流 0.33mA	MilesMedical
67	锦江院区介入手术室 1	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Alphenix INFX-9000V	DYB24Y2003	管电压 125kV, 管 电流 1000mA	佳能
68	锦江院区介入手术室 2	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion 7m20	42	管电压 125kV, 管 电流 1000mA	飞利浦
69	锦江院区介入手术室 3	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion 7m12	1275	管电压 125kV, 管 电流 1000mA	飞利浦
70	科研基地	兽用 X 射线装置	III 类	使用	2	生物辐照仪	RS-2000	3119、3381	管电压 160kV, 管 电流 25mA	瑞德科技
71	科研基地	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	精准放疗仪	Smart	2003-10453-33	管电压 225kV, 管 电流 45mA	Tibidabo

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
72	科研基地	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物 MicroCT	Micro	BR66000011-01	管电压 90kV, 管电流 0.2mA	Yamanashi Rigaku corporation
73	泌尿手术室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	数字化泌尿 X 射线系统	Uroskop Omnia Max	4669	管电压 150kV, 管电流 800mA	西门子
74	模拟定位机房	放射治疗模拟定位装置	III 类	使用	1	模拟定位机	Simulix-Evolution	ML103411	管电压 125kV, 管电流 500mA	Nucleiron
75	生物安全型中小型动物 CT 室	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	生物安全型中小型动物 CT	IRIS XL	20126	管电压 80kV, 管电流 1mA	Inviscan
76	手术间 12	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion 7M20	2388	管电压 125kV, 管电流 800mA	飞利浦
77	手术间 13	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion 7M20	2387	管电压 125kV, 管电流 800mA	飞利浦
78	手术间 21	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Discovery IGS 7OR	D4-23-020	管电压 100kV, 管电流 1000mA	GE
79	数字减影血管造影室 1	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	AlluraXper FD20	1881	管电压 125kV, 管电流 1250mA	飞利浦
80	数字减影血管造影室 2	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	AlluraXper FD10	1098	管电压 125kV, 管电流 1250mA	飞利浦
81	数字减影血管造影室 3	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	AlluraXper FD10	1099	管电压 125kV, 管电流 1250mA	飞利浦

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
82	数字减影血管造影室 5	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Azurion 7M12	875	管电压 125kV, 管电流 1000mA	飞利浦
83	数字减影血管造影室 6	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Atis Q ZEN	105143	管电压 125kV, 管电流 800mA	西门子
84	数字胃肠钡剂造影室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	数字胃肠机	Sonialvision C200	62N039	管电压 150kV, 管电流 1000mA	北京岛津
85	体成分分析室	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物双能 X 射线骨密度仪	InAlyzer	INZ-230202-M001	管电压 80kV, 管电流 1.25mA	深圳柏安诺科技有限公司
86	体检中心 CT 室	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	CT	UCT960+	860185	管电压 140kV, 管电流 830mA	上海联影
87	体检中心 CT 室 2	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	CT	Revolution n CT ES	REVC82000015CN	管电压 140kV, 管电流 740mA	GE
88	体检中心 DR 室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	Udr 780i	152240	管电压 150kV, 管电流 1000mA	上海联影
89	体检中心骨密度测定室 1	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	手指骨密度仪	MetriScan	102360	管电压 60kV, 管电流 0.33mA	MilesMedical
90	体检中心骨密度测定室 2	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	手指骨密度仪	MetriScan	102388	管电压 60kV, 管电流 0.33mA	MilesMedical
91	体检中心骨密度测定室 3	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	手指骨密度仪	MetriScan	102277	管电压 60kV, 管电流 0.33mA	MilesMedical
92	体检中心骨密度测	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	手指骨密度仪	MetriScan	102407	管电压 60kV, 管	MilesMedical

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
	定室 4								电流 0.33mA	
93	体外冲击波碎石中心	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	碎石机	Dornier Compacts	1858	管电压 110kV, 管电流 4mA	DornierMedtech
94	温江院区 CT 室 1	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	CT	SOMATOM Definition AS	66206	管电压 140kV, 管电流 666mA	西门子
95	温江院区 CT 室 2	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	CT	UCT968	880023	管电压 140kV, 管电流 833mA	上海联影
96	温江院区 CT 室 3	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	CT	SOMATOM Definition Flash	74034	管电压 140kV, 管电流 1600mA	西门子
97	温江院区 DR 室 1	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	RADSPE ED M	61C849	管电压 150kV, 管电流 630mA	Shimadzu
98	温江院区 DR 室 2	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR				
99	温江院区 DR 室 3	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR	Sonialvision on Safire	4124A3326006	管电压 150kV, 管电流 800mA	Shimadzu
100	温江院区 DR 室 4	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	DR				
101	温江院区 PET/CT 检查室	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	PET/CT	Discovery 710 Clarity	PCDM11800009PT	管电压 140kV, 管电流 600mA	GE
102	温江院区 SPECT/CT 检查室	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	SPECT/CT	Symbia Intevo Bold	1248	管电压 130kV, 管电流 345mA	西门子
103	温江院区骨密度室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	2	手指骨密度仪	METRISCAN	102410、102386	管电压 60kV, 管电流 0.33mA	MilesMedical

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
104	温江院区骨密度室	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	骨密度仪	Lunar Idxa	210722GAA	管电压 100kV, 管电流 3mA	GE
105	小动物侵髓实验室 1	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	生物辐照仪	PXi X-RAD 160	1308-2373	管电压 160kV, 管电流 25mA	汇佳生物
106	小动物侵髓实验室 2	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物生物辐照仪	RS2000pro	RS200010021	管电压 160kV, 管电流 25mA	RadSource Technologies Ins
107	小动物侵髓实验室 3	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物生物辐照仪	RS2000pro	RS200010023	管电压 160kV, 管电流 25mA	RadSource Technologies Ins
108	小动物侵髓实验室 4	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	小动物活体三维多模式成像系统	IVIS@Spectrum CT	IS2240N8747	管电压 50kV, 管电流 1.0mA	Hopkins, MA USA
109	医技楼五楼呼吸 DSA	血管造影用 X 射线装置	II 类	使用	1	DSA	Artis Qceiling	(21)109940	管电压 125kV, 管电流 1000mA	西门子
110	移动 CT (锦江院区病房等场所移动使用)	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	移动 CT	MCT-II	M212I50601	管电压 120kV 管电流 8mA	江苏摩科特医疗科技有限公司
111	移动 CT (神经外科病房等场地移动使用)	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	2	移动 CT	NL3000	00551	管电压 140kV, 管电流 7mA	纽洛捷科公司
						移动 CT	MCT-II	M212I50601	管电压 120kV, 管电流 8mA	江苏摩科特

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
112	移动 C 臂 (2 住手术室等使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm RFD 3D	22519	管电压 125kV, 管电流 250mA	德国奇日
113		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	2	移动小 C	OEC One CFD	BB8SS2400547HL BB8SS2400541HL	管电压 110kV, 管电流 25mA	北京通用
114	移动 C 臂 (3 住手术室等使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm Solo FD	53386	管电压 125kV, 管电流 250mA	德国奇日
115	移动 C 臂 (二楼骨科手术室等场地移动使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm vario3D	9965	管电压 110kV, 管电流 20mA	德国 Ziehm
116	移动 C 臂 (二楼急诊手术室等场地移动使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Cios Spin	51033	管电压 125kV, 管电流 250mA	西门子
117	移动 C 臂 (二楼急诊手术室等场地移动使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm Solo	S/N:51455	管电压 110kV, 管电流 10mA	德国奇日
118		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm Solo FD	53385	管电压 120kV, 管电流 24mA	德国奇日
119		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm Solo	S/N:51457	管电压 110kV, 管电流 10mA	德国奇日
120		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm Solo FD	53384	管电压 110kV, 管电流 10mA	德国奇日
121	移动 C 臂 (十二楼儿外手术室等场地)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	Ziehm Solo	S/N:51456	管电压 110kV, 管电流 10mA	德国奇日

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
	移动使用)									
122	移动 DR (本部各住院大楼病区等移动使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	MobiEye 700A	D1-12000105	管电压 150kV, 管电流 630mA	迈瑞
123		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	MobiEye 700A	D1-03000047	管电压 150kV, 管电流 630mA	迈瑞
124		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	MobiEye 700A	D1-12000106	管电压 150kV, 管电流 630mA	迈瑞
125		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	MobiEye 700A	D1-13000108	管电压 150kV, 管电流 630mA	迈瑞
126		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	MobiEye 700A	D1-12000107	管电压 150kV, 管电流 630mA	迈瑞
127	移动 DR (锦江院区病房等场所移动使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	MobiEye 700A	D1-4B000192	管电压 150kV, 管电流 630mA	迈瑞
128	移动 DR (温江院区病房等场所移动使用)	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	WHA-200	32D6DAD26001	管电压 110kV 管电流 3mA	Shimadzu
129		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	Mobile Dart Evolution	410002417001	管电压 150kV 管电流 400mA	Shimadzu
130		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 DR	MobiEye 700A	D1-4B000191	管电压 150kV, 管电流 630mA	迈瑞
131		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	uMC560i	622003	管电压 110kV 管	上海联影

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
									电流 35mA	
132	移动式 C 型臂 X 射线系统（锦江院区四楼手术室等场所移动使用）	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 C 臂	Ziehm RFD	24620	管电压 120 kV 管电流 250 mA	德国奇目
133		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动小 C	OEC One CFD	BB8SS2400548HL	管电压 25 kV 管 电流 110 mA	GE
134		医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	移动 C 臂	Ziehm RFD 3D	24621	管电压 120 kV 管电流 250 mA	德国奇目
135	转化医学楼 CT12	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	CT	Revolution Apex	REV2C2100019CN	管电压 140kV 管 电流 1300mA	GE
136	转化医学楼 ERCP 室 2	医用诊断 X 射线装置	III 类	使用	1	转化医学楼 ERCP	N90	SN20000055	管电压 150 kV 管电流 900 mA	飞利浦
137	转化医学楼 PET/CT 检查室 1	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	使用	1	PET/CT	uM780	300052	管电压 140 kV 管电流 667 mA	上海联影
138	转化医学楼，负一层，实验室	兽用 X 射线装置	III 类	使用	1	micro PET/CT	IRIS	00108	管电压 80 kV 管 电流 1 mA	英为斯康
139	转化医学楼回旋加速器机房	制备正电子发射计算机断层显像装置 (PET) 放射性药物的加速器	II 类	使用	1	回旋加速器	Kiube 100	PBL.043	粒子能量 18 MeV	IBA

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	Co-60	$8.88 \times 10^{14} /$ $4.699 \times 10^{13} \text{Bq} \times 18$ 枚	I	使用	放射治疗	第一住院楼负二层加速器 机房 4	第一住院楼负二层加速器 机房 4 设备滚筒内	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
	本项目不涉及										

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
1	X/γ射线一体化放射治疗系统 (加速器治疗模块)	II类	1台	TaiChiPro	电子	X射线最大能量 6MV	14Gy/min (FFF 模式)	放射治疗	第一住院楼负二层加速器机房 4	新增

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

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X/γ射线一体化放射治疗系统 (CBCT 图像引导系统模块)	III类	1台	TaiChiPro	150	64	定位	第一住院楼负二层加速器机房 4	新增
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

(三)中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役放射源	固体	Co-60	/	/	18 枚/5 年	/	/	由厂家回收处理
臭氧	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境， 臭氧在常温条件下可自动分解为氧气

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

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

表 6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日起实施)；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法(2018 年修订)》(2018 年 12 月 29 日实施)；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日起实施)；</p> <p>(4) 《中华人民共和国原子能法》(2026 年 1 月 15 日起实施)；</p> <p>(5) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(国务院 682 号令)；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》(国务院令 第 709 号)对其进行了修改)；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日起实施)；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令)；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》(环境保护部/国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号)；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》(部令 第 47 号)对其进行了修改，2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》(生态环境部令 第 7 号)对其进行了修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改)；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》(2021 版)(中华人民共和国生态环境部第 16 号令)；</p> <p>(12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行)；</p> <p>(13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年 第 9 号)；</p>
----------	---

	<p>(14) 《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（川环函〔2025〕616号）；</p> <p>(15) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展和改革委员会令 第7号）。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分一般原则》（GBZ/T 201.1-2007）；</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分一般原则：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）；</p> <p>(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）；</p> <p>(9) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>(10) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</p> <p>(11) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(12) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(13) 《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T830-2024）；</p> <p>(14) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护手册》（第一分册、第三分册），李德平、潘自强主编，原子能出版社；</p> <p>(2) 《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社；</p> <p>(3) 《2025年四川省生态环境状况公报》（四川省生态环境厅）；</p> <p>(4) 项目委托书及建设单位和设备厂家提供的其他资料（包括机房屏蔽设计资料、工作人员配置情况、评价设备参数及使用参数、辐射安全装置和辐射防护用品配备情况等资料）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为 X/γ 射线一体化放射治疗系统的应用，系统包含医用放射源（I 类放射源）、医用直线加速器（II 类射线装置）和 CBCT 图像引导系统（III 类射线装置）。根据本项目的特点和《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“评价范围的确定原则：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”，本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统拟安装在具有屏蔽功能的机房内，且根据后续预测，机房外各关注点剂量率满足评价标准要求，因此，确定本次评价范围为本项目机房屏蔽墙体外 50m 范围。

7.2 保护目标

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

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

场所	保护名单		人数	方位	位置	距离机房墙体最近距离 (m)		剂量约束值 (mSv/a)
						水平	垂直	
加速器 机房 4 (第一住院楼 -2F)	本项目 辐射工 作人 员	技师	4 人	西侧及 内部	控制室内、设 备间、机房内	/	/	5.0
		物理师	1 人	西侧	控制室、机房 内、设备间	1.0	/	
		医师	1 人	西侧	控制室	1.0	/	
	其他辐射工作人员		约 26 人	南、西、 北侧	其他控制室或 休息室	2.0	/	0.1
	医院 内公 众	进修生	约 40 人	东侧	-2F 示教室	24	/	
		负二层其 他工作人 员	流动人 群	四周 50 米内	走廊、停车场、 库房、机房等	0.3	/	
药房工作 人员		约 50 人	正上方	一楼药房	/	+0.3		

注：“垂直距离”比本项目高为“+”。

7.3 评价标准

7.3.1 环境质量标准

- (1) 环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中二级标准；
- (2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准；
- (3) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

7.3.2 污染物排放标准

- (1) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (2) 废水：生活污水依托医院污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中的预处理标准后排入市政污水管网；
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）中排放限值（昼间70dB(A)、夜间55dB(A)）；营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准（昼间60dB(A)、夜间50dB(A)）。

7.3.3 辐射相关评价标准

(1) 剂量约束限值

①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。②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。

根据辐射防护最优化的原则，结合建设单位实际情况，考虑建设单位已有辐射源项的条件下，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）4.9条的规定：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以下要求：

- a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为5 mSv/a。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过0.1 mSv/a。

(2) 剂量率控制水平

项目放射治疗机房边界周围剂量率控制水平参照《电离辐射防护与辐射源安

全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求，项目放射治疗机房屏蔽体外人员居留因子 $T > 1/2$ 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： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。不同关注点具体的剂量率控制水平见表 11-1 和表 11-2。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

8.1.1 场所现状

四川大学华西医院位于成都市武侯区国学巷37号，本项目为已有机房更换放疗设备核技术利用项目，位于医院第一住院楼负二层（最底层）。医院周围都是交通道路和商业住宅区，交通便捷。本项目所在区域为集中的放射治疗区域，区域内目前共设有4个加速器机房和1个伽玛刀（钴-60）治疗机房，本项目加速器机房4目前正常使用，内设一台6MV医用直线加速器，本项目未开始建设。本项目机房周围50m评价范围均属于医院院区范围内，项目拟建地现场周围环境情况见下图。



图 8-1 本项目拟建地现状

8.1.2 监测对象、监测因子和监测点位

本项目为使用I类放射源和II类、III类射线装置，主要的污染因子为电离辐射，

对环境空气、地表水及地下水影响很小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测。

根据本项目辐射工作场所布置情况及外环境关系，并针对不同的工况，本次选择在加速器机房4内、机房四周、候诊区、机房楼上及评价范围内的重要敏感目标处共布设12个监测点位以反映区域辐射环境质量状况。

表 8-1 监测布点方案一览表

点位编号	监测点位位置	监测工况
1#	加速器机房 4 内中心处	监测时加速器机房 4 设备未运行，加速器机房 1~3 及伽玛刀治疗室设备正常运行。
2#	加速器机房 4 东侧屏蔽墙外 30cm 处	
3#	加速器机房 4 南侧屏蔽墙外 30cm 处	
4#	加速器机房 4 南侧机房屏蔽门外 30cm 处	
5#	加速器机房 4 西侧屏蔽墙外 30cm 处(控制台)	
6#	加速器机房 4 北侧屏蔽墙外 30cm 处	
7#	加速器机房 4 东北侧肿瘤放疗候诊区	
8#	加速器机房 4 东北侧示教室外	
9#	加速器机房 4 上方 1F 药房	
10#	第一住院楼西北侧门外	
11#	伽玛刀治疗室控制室门口	监测时加速器机房 1~4 及伽玛刀治疗室设备均未运行。
12#	加速器机房 4 东北侧肿瘤放疗候诊区	

为了解本项目建设前的区域辐射环境容量，本次在加速器机房 1~3 及伽玛刀治疗室设备正常运行条件下，对机房内部、四周及机房上方正对药房内和大楼外进行了监测布点。同时，为了解项目所在区域的辐射环境本底现状，在该放射治疗区域 5 个机房均未运行的条件下，在伽玛刀治疗室控制室门口和肿瘤放疗候诊区进行了布点监测。上述监测方案能较好反映项目周围辐射环境现状，监测点位布设合理。

8.1.3 监测因子和监测频次

监测 X-γ 辐射剂量率，每种工况下对应点位监测 1 次。

8.1.4 监测时间及现场天气情况

2026 年 6 月 1 日，监测人员对项目拟建地进行了现场监测，监测时环境温度：27.2℃~29.3℃；环境湿度：46.7%~48.5%；天气状况：晴。

8.1.5 监测方法及监测仪器说

表 8-2 监测方法及监测仪器一览表

监测项目	监测方法	监测仪器	测量范围
X-γ 辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	仪器名称：辐射防护用 X-γ辐射剂量当量率仪(平衡帽:0.06MeV~10MeV) 仪器型号：AT1123 仪器编号：CF0115 能量响应范围：15keV~10MeV 响应时间：30ms 校准单位：中国测试技术研究院 证书编号：校准字第 J20250903001 号 校准日期：2025-09-25 有效日期：2026-09-24	50nSv/h~10Sv/h
环境温度、环境湿度	/	仪器名称：手持气象站 仪器型号：NK 4000 仪器编号：CF0270 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准单位：四川中衡计量检测技术有限公司 证书编号：20260105620147 号 校准日期：2026-01-05 有效日期：2027-01-04	/

8.1.6 监测质量保证

本次监测单位为四川省自然资源实验测试研究中心（四川省核应急技术支持中心），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：220020341133），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）和项目实际情况制定监测方案及实施细则。

②严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作。

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

④监测人员经考核并持有合格证书上岗。

⑤根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），布设监测点位

置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性。

⑥监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理。

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查。

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

8.1.7 监测结果

本次监测结果见下表。

表 8-3 本项目拟建地及周围 X-γ辐射剂量率监测结果

序号	点位名称	X-γ辐射剂量率(nSv/h)	标准差(nSv/h)	备注
1	加速器机房 4 内中心处	86	1	监测时加速器机房 4 设备未运行，加速器机房 1~3 及伽玛刀治疗室设备正常运行。
2	加速器机房 4 东侧屏蔽墙外 30cm 处	93	1	
3	加速器机房 4 南侧屏蔽墙外 30cm 处	97	2	
4	加速器机房 4 南侧机房屏蔽门外 30cm 处	83	2	
5	加速器机房 4 西侧屏蔽墙外 30cm 处（控制台）	98	2	
6	加速器机房 4 北侧屏蔽墙外 30cm 处	106	2	
7	加速器机房 4 东北侧肿瘤放疗候诊区	114	1	
8	加速器机房 4 东北侧示教室外	111	2	
9	加速器机房 4 上方 1F 药房	109	2	
10	第一住院楼西北侧门外	117	2	
11	伽玛刀治疗室控制室门口	107	2	监测时加速器机房 1~4 及伽玛刀治疗室设备均未运行。
12	加速器机房 4 东北侧肿瘤放疗候诊区	113	2	

注：①X-γ辐射剂量率监测结果均未扣除宇宙射线响应值。②伽玛刀治疗室共安装有 192 枚钴-60 放射源，2020 年 3 月出厂，出厂总活度 $2.331 \times 10^{14} \text{Bq}$ ，根据估算，现有活度约 $1.062 \times 10^{14} \text{Bq}$ 。

根据监测结果，在加速器机房 4 设备未运行，加速器机房 1~3 及伽玛刀治疗室设备正常运行时，加速器机房 4 内部、四周、上方药房及大楼外各监测点位 X-γ辐射剂量率范围为 83nSv/h~117nSv/h，监测仪器采用铯-137 进行校准，根据《辐射环境监测技术规范》HJ61-2021，采用铯-137 校准的辐射检测仪的当量剂

量率折算为空气吸收剂量率的系数为 1.2，折算后为 69.2nGy/h~97.5nGy/h。

在加速器机房 1~4 及伽玛刀治疗室设备均未运行条件下，2 个监测点位的 X- γ 辐射剂量率为 107nSv/h（89.2nGy/h）和 113nSv/h（94.2nGy/h）。

通过对比，在加速器机房 1~3 及伽玛刀治疗室设备运行和未运行两种工况下，监测结果处于同一水平范围内，无明显差异。

同时，两种工况下监测结果与《2025 年四川省生态环境状况公报》中成都市环境 γ 辐射剂量率连续自动监测日均值范围 70nGy/h~100nGy/h 一致，属于当地正常天然本底辐射水平涨落范围。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期工程内容

本次在四川大学华西医院成都国学巷本部院区第一住院楼负二层加速器机房 4 及其北侧和东南侧区域进行改造施工，主要对加速器机房 4 四周部分墙体进行现浇混凝土加厚，更换屏蔽门，进行电缆沟和通排风管道改造，最后进行内部装修及设备安装，北侧区域主要对部分墙体拆除，并进行布局改造，东南侧拆除铅模室内部一面墙。

加速器机房的具体改造内容：机房墙体以现浇混凝土加厚，南侧墙体外侧加厚 670mm，迷道外侧墙体加长 670mm，北侧墙体内侧加厚 410mm，迷道外墙设备间内部分加厚 220mm，宽度 2460mm，机房内西南角补充宽 1000mm、厚 540mm 的混凝土砌块，所有墙体高度均至原机房混凝土顶部，更换机房现有铅门为 15mm 厚铅当量电动推拉铅门。

表 9-1 机房改造前后屏蔽厚度对比

屏蔽体		机房原屏蔽厚度	改建后屏蔽厚度
东墙（主照射面）		1800 mm 混凝土	1800 mm 混凝土
南墙（侧）		1100 mm 混凝土	1770 mm 混凝土
北墙（侧）		1100 mm 混凝土	1510 mm 混凝土 （迷道内口处 1100 mm 混凝土）
迷道（主照射面）	迷路内墙	1000 mm 混凝土	1000 mm 混凝土，西南角增加南北宽 1000mm、东西厚 540mm 混凝土屏蔽体
	迷路外墙	1000 mm 混凝土	1000 mm 混凝土，设备间临机房侧增加 1850mm 宽，220mm 厚混凝土屏蔽体
机房顶板（主照射面）		1650 mm 混凝土	1650 mm 混凝土
防护门		6mm 铅当量防护门	15 mm 铅当量防护门

施工期主要是部分墙体拆除、加速器机房 4 部分墙体增厚、更换防护门及装修施工阶段和设备安装、调试阶段。为保证加速器机房 4 屏蔽效果，提出以下施工要求：使用的混凝土标号及新增墙体厚度要满足设计要求，保证各屏蔽体有效衔接，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门

的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，避免各屏蔽体之间有漏缝产生，防止辐射泄漏。本项目治疗系统设备进机房需拆除迷道内口部分墙体，设备进场后须恢复原有厚度及高度，并做好与已有墙体的衔接，避免新旧墙体之间产生缝隙。电缆沟及通排风管道的改造应按照设计方案施工，保证穿墙处的屏蔽效果。

9.1.2 放射治疗系统调试

本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统的运输、安装和调试均由设备生产厂家专业人员进行操作。设备生产厂家和放射源生产厂家分别将治疗系统和放射源运往华西医院本项目机房，设备生产厂家大医集团进行放射源安装及系统调试。

放射源安装、系统调试过程中，建设单位华西医院应配合设备生产厂家专业技术人员工作，加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在醒目位置设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；系统调试过程中人员离开机房及控制室应上锁，防止辐射事故发生。设备厂家应对本项目辐射工作人员进行系统操作及安全防护培训，确保各辐射工作人员熟悉其工作内容及安全操作规程。

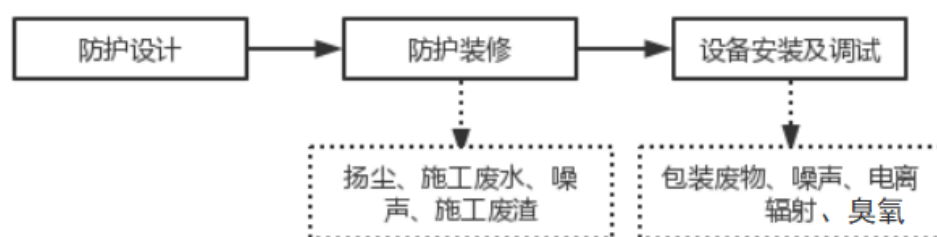


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

9.1.3 营运期工艺分析

9.1.3.1 X/γ 射线一体化放射治疗系统介绍

X/γ 射线一体化放射治疗系统将 1 个医用伽玛刀聚焦治疗模块、1 个 6MV 医用加速器治疗模块和 1 个 CBCT 图像引导系统模块集成于同一个滚筒上，从而具备伽玛刀和加速器 2 种治疗功能，治疗时加速器和伽玛刀不同时开机（设互锁机制），伽玛刀模块主要用于加速器模块能量达不到治疗剂量需求时进行补充治疗，CBCT 在每次治疗时可进行患者的摆位位置验证，减小患者治疗位置误差，提升治疗效果。

X/γ 射线一体化放射治疗系统可以实现针对临床的不同病种、不同部位、不同肿瘤，提供专业、个性化的放射治疗解决方案。通过融合常规调强放射治疗与

立体定向放射外科治疗，实现从组合放疗到协同放疗的跨越。其开创的“一次定位、多模式治疗”新范式，结合模块化平台设计，支持医院“一机多用、按需升级”，在提升疗效与患者体验的同时，也为我国肿瘤诊疗可及性提供了坚实基础。

X/γ射线一体化放射治疗系统由机架、聚焦治疗模块、束流产生模块、射野成形模块、治疗床、图像引导系统、控制系统、应用软件组成。

(1) 机架

本设备的机架为滚筒式等中心旋转机架。旋转机架空载的等中心的精度约为0.15mm。机架采用摩擦轮支撑，单电机通过动力分流对滚筒进行同步双驱，最大旋转速度为1rpm。束流产生模块、射野成形模块、聚焦头模块和图像引导系统均安装在机架上。机架绕等中心点做0°-360°范围内顺、逆时针旋转，对患者靶区进行辐照治疗。当紧急停电时，授权人员可手动旋转机架。为了降低高压电击的风险，滑环由有机玻璃材料覆盖。

机架主要包括机架底座、滚筒、滑环和配重等。

滚筒中安装伽玛刀聚焦治疗模块、加速器治疗模块和CBCT图像引导系统模块。

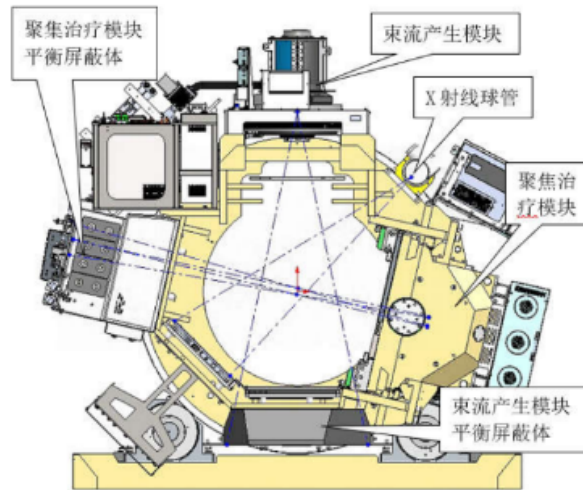


图 9-2 机架结构示意图

(2) 聚焦治疗模块（伽玛刀治疗模块）

聚焦治疗头安装在机架的滚筒上，与滚筒进行可靠的固定连接。聚焦头主要包含箱体、钨滚筒、钴源匣、准直体、非共面五大部分。聚焦头内置按一定规则布置的18颗密封钴-60放射源；配套的准直体上有7组不同规格准直器，可形成7组不同大小的聚焦野，准直器可自动更换。放射源发射出的伽玛射线经钨滚筒

上的预准直通道，再经准直体上的终准直通道后形成边沿锋利的窄射束，聚焦于辐射野中心，并随聚焦头一起围绕机架轴线进行旋转，对辐射野中心进行旋转聚焦照射，实现聚焦放疗的作用。

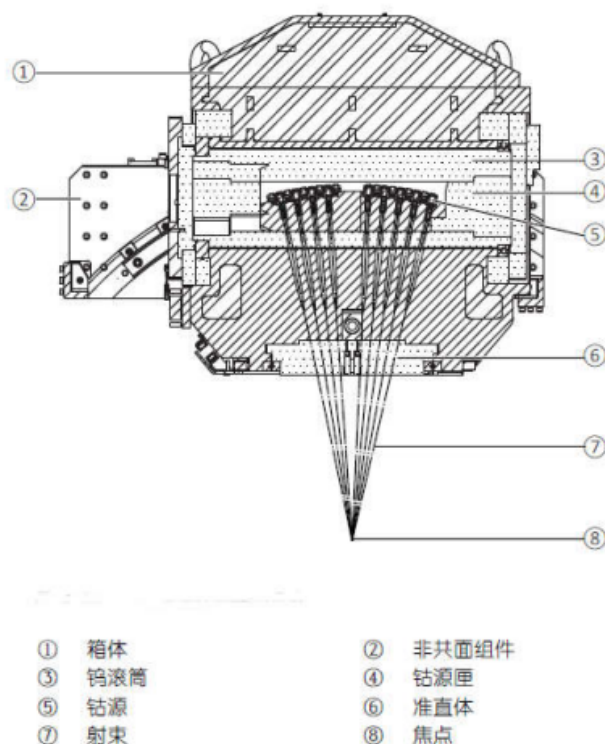


图 9-3 聚焦治疗头的结构示意图

①箱体

箱体设置多处功能部件的安装位置，并承担主要屏蔽功能，能在最大程度上屏蔽不必要的杂散辐射。

②非共面组件

非共面组件安装在箱体两侧，是聚焦头主体与机架之间的连接部件。非共面组件保证聚焦头主体在主机架上有可靠准确的位置，同时实现聚焦头非共面摆动，从而改变照射角度。非共面组件在 $0^{\circ}\sim-14^{\circ}$ 范围内摆动。

③钨滚筒

钨滚筒通过两端轴承与聚焦头箱体连接，是固定钴源匣的组件。钨滚筒上有 18 个预准直通道，与源匣中 18 颗放射源相对应，用于对放射源发出的伽马射束进行初步准直。通过钨滚筒带动钴源匣往复旋转 180° 实现开关源功能。

④钴源匣

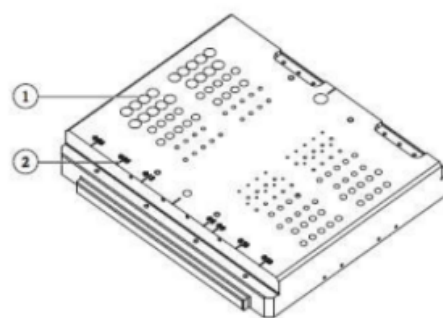
钴源匣是储放及固定放射源的装置，分两排分布着 18 个固定 ^{60}Co 放射源的

位置孔。通过钴源匣上的球头柱塞，将密封放射源固定到钴源安装位置孔内。钴源匣组件整体固定在旋转钨滚筒内，通过导向槽使钴源匣上的钴源位置孔与钨滚筒上的预准直通道对应。每颗钴源发射出一束伽玛射线，发出的射线经过准直后在距源下端面 750mm 处聚焦。放射源在钴源匣中的排布范围为纬度 -13.3° 至 $+13.3^{\circ}$ 。18 颗放射源的最大总活度为 24000Ci，单颗放射源平均活度为 1270Ci。

⑤准直体

准直体用于对放射源发出的伽马射线进行最终约束，共包含 7 组不同规格的准直器，分别为 $\Phi 0.6\text{cm}$ 、 $\Phi 0.9\text{cm}$ 、 $\Phi 1.2\text{cm}$ 、 $\Phi 1.6\text{cm}$ 、 $\Phi 2.0\text{cm}$ 、 $\Phi 2.5\text{cm}$ 、 $\Phi 3.5\text{cm}$ 。

每组准直器包含 18 个准直孔，排列形式与钴源匣中的 18 颗放射源的几何排列形式一致。18 个孔的轴线在空间上聚焦于一点，即焦点位置。钨滚筒旋转时，同时移动准直体做直线运动，实现开、关源及选择不同规格的准直器的功能。



①准直孔 ②准直器规格

图 9-4 准直器示意图

准直器是通过导轨安装在箱体上，可以在箱体上进行移动来实现不同准直孔规格的切换。准直器驱动部分是常规的电機、減速機、滾柱絲杠結構，通過軟件控制驅動實現准直器的自動切換。在與驅動部分相對的絲杠另一端設置有手搖機構及失電制動器，以保證在失電狀態時，准直器能夠有效鎖緊。准直器檢測部分包括光柵和開關。

(3) 加速器治療模塊

包括束流產生模塊 (BGM) 和射野成形模塊 (BSM)

①束流產生模塊

束流產生模塊位於機架上，其主要包括：高壓脈沖調製器、磁控管、波導傳輸組件、加速管、劑量監測系統、屏蔽組件、水冷系統。

束流產生模塊利用高頻微波場，對電子槍發射的電子束進行加速，形成高能

电子束流后轰击金属钨靶产生韧致辐射，从而形成 X 射线，本项目 X 射线最大能量为 6MV。加速器产生 X 射线后，经过射野成形子系统后在治疗平面上形成最大 40cm×40cm 的方形圆角射野。水冷系统用于确保束流产生模块稳定的运行温度。

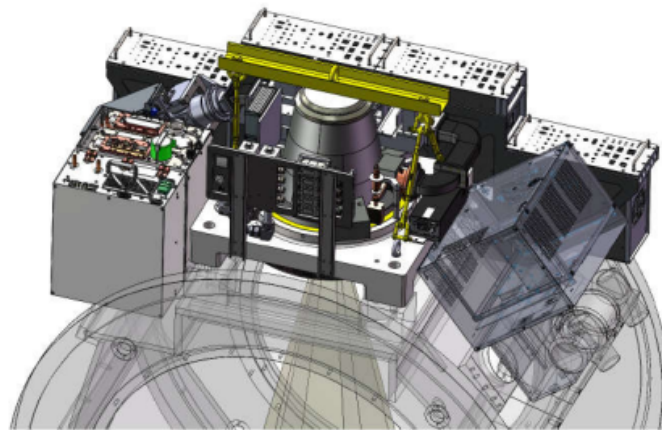


图 9-5 束流产生模块（BGM）示意图

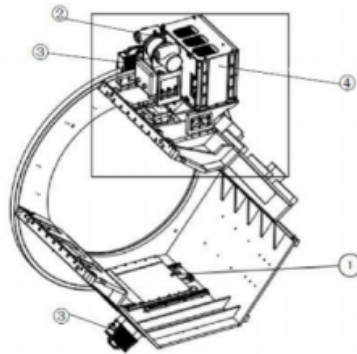
②射野成形模块

射野成形模块位于机架上。治疗头可以顺时针或逆时针旋转 270°到 90°。射野成形系统包含 Y 方向上的独立光阑和 X 方向上的 60 对多叶光栅。独立光阑使用双重对焦设计以减少放射束半影。多叶光栅则使用曲面设计以在全范围或叶片移动过程中维持半影一致性。

(4) 图像引导系统（CBCT）

本系统采用治疗床，将患者固定，用十字激光灯对患者位置进行初始定位，确定治疗床坐标，将 CT 图像中病灶的坐标转换到本系统的坐标系中。使用聚焦治疗头治疗支持头部 CBCT 采集，使用加速器治疗支持头部和体部的 CBCT 采集。在治疗前，通过图像引导定位装置进行摆位验证，和治疗床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。

图像引导系统主要部件包括：kV 级影像平板、X 射线球管、影像光阑、高压发生器。



①kV 级影像平板及其驱动组件 ②X 射线球管组件 ③平板探测器电源模块 ④高压发生器组件

图 9-6 图像引导系统组成

CBCT 是锥形束投照计算机重组断层影像设备，其原理为 X 线发生器以较低的射量围绕投照体做环形 DR（数字式投照），然后将围绕体多次“交集”中所获得的数据在计算机中重组后进而获得三维图像。

在治疗时，通过基于 CBCT 的图像与患者的 CT 图像配准进行摆位验证，通过三维床各轴的微动来调整患者的姿态，以确保放射治疗前靶区的准确性。治疗过程中，图像引导系统可以随时监测患者靶区的位置偏移，超出许可范围时给出警告并可中止治疗。

（5）治疗床

治疗床可以在 X、Y 和 Z 轴三个方向上运动。治疗床顶部的患者托板由碳纤维制成，可以最大限度的减少对治疗 and 成像射线的影响。治疗床最低可降至距离装修竣工地面 67cm 处，以方便患者上下床。治疗中使用的等中心距离装修竣工地面 95cm。在治疗完成并松开 BSC 上的制动按钮后，可手工移动治疗床。

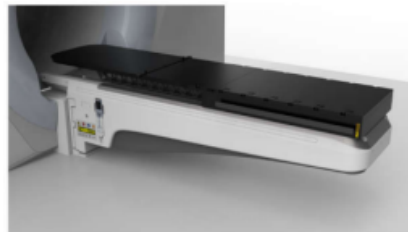


图 9-7 治疗床示意图

（6）控制系统

电气控制系统由操作控制台、操作计算机、轴控制器控制系统、伺服驱动系统及伺服电机、CBCT、后备电源、传感器、连接电缆、对讲系统、视频监视系

统等组成。

其中操作控制台包括操作台、操作计算机主机及显示器、视频监控系统、对讲系统。控制台安装于治疗室旁的控制室内，通过各种类型的电缆与治疗室内的主机相连，在操作控制台上安装有操纵控制盒、操作计算机、对讲系统、视频监控系统完成对主机的控制、与患者进行对话、监视患者的状态等用于治疗的一系列操作。操作控制台上安装有紧急停止按钮，在设备运行过程中，如果发现问题可以通过按下紧急停止按钮，关闭放射源，停止设备运行，确保患者人身及设备安全。

9.1.3.2 X/γ射线一体化放射治疗系统工作流程

TaiChiPro 具有两种放射治疗模式：伽玛射束放射治疗和加速器放射治疗，两种治疗模式彼此独立，互不影响。**伽玛射束治疗头和加速器治疗头不能同时出束，彼此通过电气和软件安全联锁来互相钳制。伽玛刀和直线加速器的治疗流程基本一致，只是选择的源项不同，其工作流程如下：**

①当病人确诊需进行放射治疗后，主治医师向病人告知可能受到的辐射危害，需要接受治疗的患者提前预约登记，确定治疗时间，之后按照约定时间到模拟定位机房和放射治疗机房按步骤接受治疗；

②使用 CT 或 MRI 图像对病灶位置进行模拟定位，该流程在其他模拟定位机房完成，主治医师根据定位 CT，结合 MRI 或其他检查设备等影像勾画靶区，给出处方剂量和危及器官的剂量限值，物理师则根据医师的要求为每一位患者制定最优的治疗计划（照射位置、照射角度、照射剂量和照射时间等），使放疗靶区受到最大剂量的照射，而又最大限度地降低周围正常组织的照射量。照射计划制定后发送给主治医生确认；

③定位摆位：使用患者定位装置对患者进行固定，技师将病人安置在治疗床上摆位，摆位时间约 1min，此过程可能受伽玛刀机头泄漏 γ 射线的照射，之后技师退出治疗室，在控制室使用 CBCT 图像引导系统模块对病灶进行扫描，并与定位 CT 或 MRI 扫描图像做对比，校准摆位精度；

④技师在控制台上进行操作，根据治疗方案选择治疗方式，确认相关参数，进入出束前预备状态。通过视频监控确认机房和迷道内除接受治疗病人外无其他人员，确认机房门关闭，门机连锁、门源连锁、门灯连锁等安全联锁装置均处于

正常状态；

⑤开始 X 射线出束治疗或者 γ 射线出束治疗；

⑥治疗结束后技师将病人从治疗床上卸下，病人离开机房。

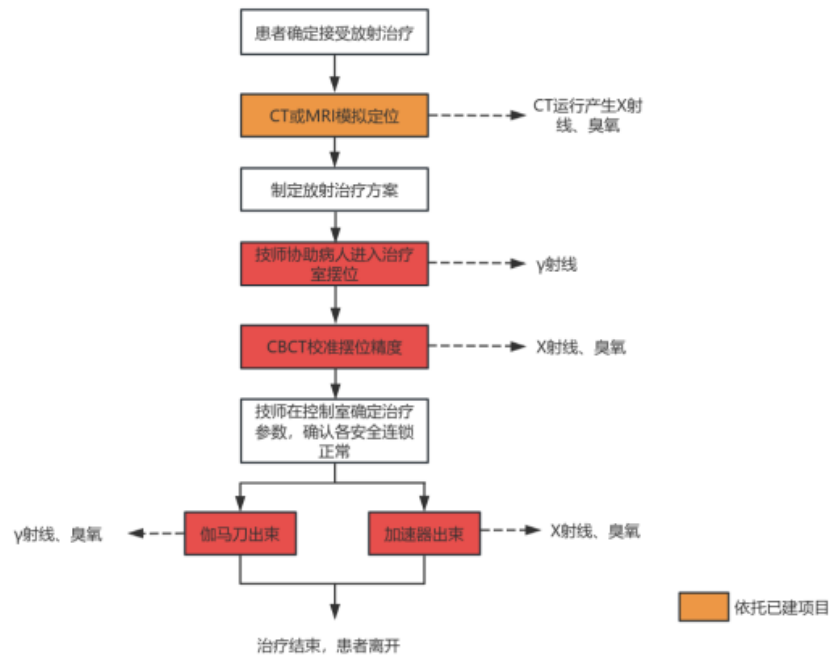


图 9-8 本项目治疗流程及产污环节图

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工及调试阶段污染源项

本项目改造施工期主要环境影响因素为施工噪声、建筑粉尘、废水和建筑垃圾等。

本项目 X/ γ 射线一体化放射治疗系统安装调试期间主要环境影响因素为 X 射线、 γ 射线、臭氧、少量包装废弃物等。

9.2.2 运营期正常工况污染源项

(1) 电离辐射

①伽马刀治疗模块

钴-60 的衰变方式主要是 β -衰变，粒子能量为 0.318MeV，半衰期为 5.27a，同时在衰变时伴随发射 1.332MeV 和 1.173MeV 的 γ 射线。本系统装配 18 枚钴源，源载体外部采用钨合金滚筒以及钨合金准直器、屏蔽箱体等（具体屏蔽参数见图

10-4)，机房采用混凝土墙体，根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171），可估算 β 粒子在不同介质中的射程，0.318MeV 粒子能量的 β 射线在钨中的射程为0.09mm，在混凝土中的射程为0.7mm，因此设备屏蔽体和机房屏蔽体已足够屏蔽 β 射线，所以评价中不考虑 β 射线的影响，主要考虑 γ 射线影响。

②加速器治疗模块

本项目治疗系统加速器模块产生能量为6MV的X射线，由于X射线最大能量不超过10MV，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），不考虑运行过程中的中子和感生放射性。X射线随机器的开关而产生和消失。

③CBCT 图像引导系统模块

CBCT 图像引导系统模块最大管电压150kV，最大管电流64mA，运行时产生X射线，X射线随机器的开关而产生和消失。

（2）固体废物

本项目治疗过程中不使用显影液、定影液和胶片，不会产生废显影液、废定影液、废胶片。

退役放射源：钴-60放射源每5~6年需更换，18枚源一次性全部更换，由此产生退役放射源，退役放射源由放射源生产厂家成都中核高通同位素股份有限公司回收，医院购源时需与放射源生产厂家签订废源回收协议。

退役UPS 电池：本项目治疗系统配备有2个UPS电源，一般可用2~3年，换下来的废旧电池，系统厂家大医集团有专门的合作供应商，会统一做合规回收处理，医院与大医集团需对此条款进行书面协议。

生活垃圾：本项目拟设置的6名工作人员和患者产生的生活垃圾纳入医院在建的生活垃圾处置系统统一收集处置。

（3）废气

X/ γ 射线一体化放射治疗系统在治疗过程中产生的X射线和 γ 射线，会使治疗室内的空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物，氮氧化物的产生量约为臭氧的十分之一，对环境的影响很小，本次主要考虑臭氧。

（4）废水

本项目治疗系统使用的冷却水均循环使用不外排。工作人员和患者会产生少量生活废水，依托医院现有生活污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。

(5) 噪声

本项目噪声主要来自通排风系统，本项目所在的第一住院楼为集中式通排风设计，空调机组位于负二层空调机房，排风机设在负一层夹层区域，各类风机噪声源强约 65dB(A)，各类风机机组均位于专门的机房内，且位于地下层。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 平面布置合理性分析

本项目位于四川大学华西医院国学巷院区第一住院大楼负二层加速器机房 4，机房所在区域为放射治疗区，加速器机房 4 东南侧、南侧、西南侧分布有加速器机房 1~加速器机房 3，4 个放疗机房集中布置。放疗机房东北侧从东往西依次为铅模室、真空袋储存间、步梯、电梯，以及肿瘤放疗候诊区，放疗机房西北侧为放疗区配套的医生办公室、休息室、更衣室、卫生间等，放疗机房南侧从西往东依次为技术员室、近距离放疗室、电梯、步梯、停车位等。

加速器机房 1 和 2 中间设控制室，加速器机房 3 和 4 中间设控制室，候诊区设置在放疗机房北侧，医生办公休息区设置在放疗机房西北侧，整个放射治疗区布局紧凑，功能分区明确，便于病人就诊，未与其他科室混合布局，减少了不必要的安全隐患。4 个放疗机房集中布置，中间设过道，过道内不设座椅，过道东侧设门，患者听到叫号后依次通过通道门进入相应放疗机房，治疗结束后立即经通道门离开。

从整个放疗区域分析，对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）布局要求，本项目平面布置合理性分析见表 10.1-1。

表 10.1-1 本项目平面布局对照分析一览表

《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021) 标准要求	设计落实情况	备注
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。	本项目放疗机房布置于第一住院楼负二层东侧（最底层一端），本项目所在放疗区位置独立，区域内无儿科病房、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。	满足
《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020) 标准要求	设计落实情况	备注
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。	本项目放疗区机房布置于负二层东侧（最底层一端），本次只对本项目机房的屏蔽进行整改，不改变整体放疗区的布局，整体布局紧凑，功能分区明确，方便患者就诊。	满足

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。	本项目放疗工作场所将实行两区管理，其中本项目加速器机房4及迷道划分为控制区，邻近的控制室等划为监督区。	满足
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。	本项目放疗机房主射方向和非主射方向均设置有满足屏蔽要求的混凝土屏蔽层，且根据辐射环境影响分析其屏蔽层厚度满足辐射防护要求。	满足
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。	本项目控制室与治疗机房分开独立设置，辅助机械、水冷系统位于机架上。机房内除设备精密空调、除湿机，无其它辅助设备。	满足
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。	本项目治疗系统主射束照射方向自带屏蔽体，屏蔽体可阻挡有用线束，无有用线束直接照射机房墙体的情形。	满足
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。	本项目治疗系统含加速器治疗模块和伽玛刀聚焦治疗模块，治疗室设有迷路。	满足

综上所述，本项目机房改造未改变该放疗区原有布局，放疗区分区明确，便于患者就诊，平面布置满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求，其平面布置合理。

10.1.2 工作区域管理

(1) 分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

监督区：通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

(2) 本项目控制区与监督区的划分

本项目加速器机房 4 控制区和监督区划分如下表。

表 10-2 本项目“两区”划分与管理

工作场所	控制区	监督区	辐射防护措施
加速器机房 4	加速器机房 4 (含迷道)	设备间、控制室、机房外通道	对控制区进行严格管理，禁止无关人员进入，在放射治疗过程中严禁除患者以外的人员进入。控制区设置清晰可见的电离辐射警告标志。职业工作人员在进行日常工作时尽量减少在控制区内停留时间。 监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

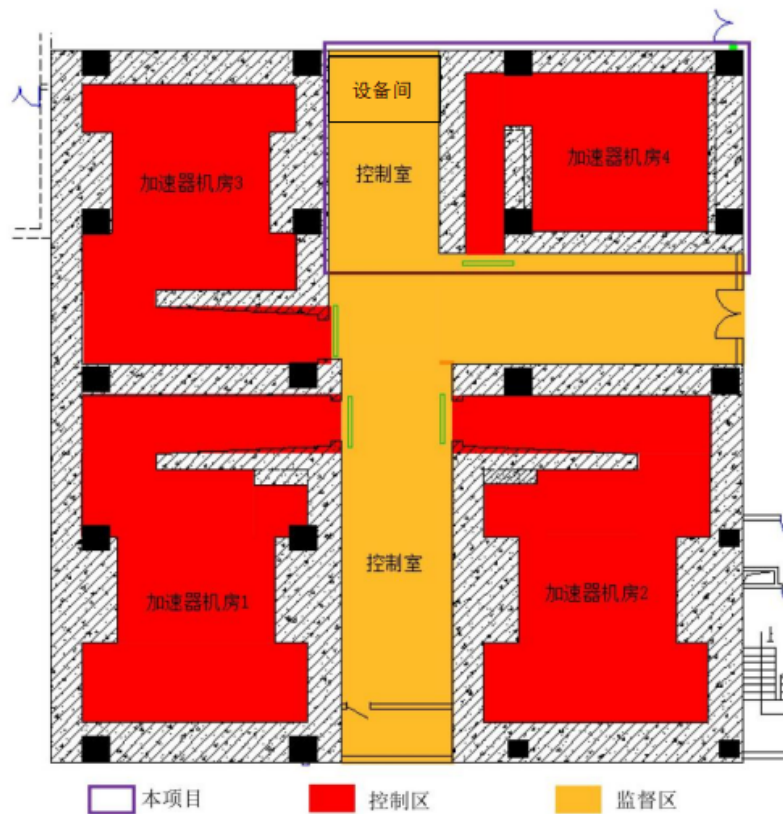


图 10-1 本项目所在区域“两区”划分示意图

(3) 控制区防护手段与安全措施：

①在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合 GB 18871-2002 附录 F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示，并以红色地标线警示控制区的边界；

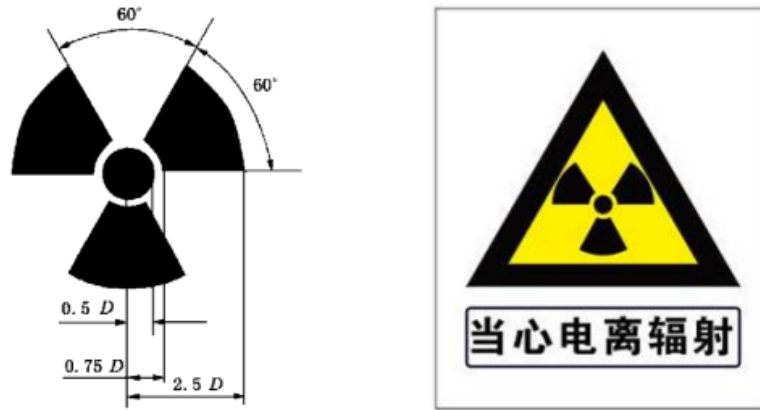


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定辐射防护与安全措施，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证制度）和实体屏障（包括门锁、门禁和联锁装置）限制进出控制区；

④工作人员进入控制区佩戴个人剂量报警仪、个人剂量仪等；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区域的防护手段、安全措施或该区域的边界。

（4）监督区防护手段与安全措施

①监督区范围内尽量限制无关人员进入；

②以黄线地标线警示监督区的边界；

③在监督区的入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；

④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。

10.1.3 辐射安全及防护措施

（1）设备固有安全性

①伽玛刀治疗模块自屏蔽设计

钴-60 放射源外由内包壳、屏蔽柱和外包壳包裹。放射源包壳分为内外两层，材料均为 316 铝，在放射源圆周方向有 2.64mm 屏蔽厚度，在源射束出口端面（下图中序号 2 的对侧）有 1mm 屏蔽厚度；在源后侧端面设置了屏蔽柱（下图中序号 2），材料钨 95，厚度 18.3mm。钴-60 放射源的一端还设有供机械手抓取和安装固定的卡槽。

伽玛刀治疗模块自屏蔽包含聚焦头屏蔽和主射束挡块（平衡屏蔽锤体）两个部分，聚焦头屏蔽包括钨滚筒、准直器和箱体，聚焦治疗头自身屏蔽能力为非治

疗状态下距设备表面 1m 处的杂散辐射引起的吸收剂量率小于 20 μ Gy/h，距离放射源 5cm 处的杂散辐射引起的吸收剂量率小于 200 μ Gy/h。

平衡屏蔽锤体位于伽玛聚焦头对面，主屏蔽厚度有钢 82mm+铅 305mm+铅铋合金 60mm。屏蔽最薄弱环节为聚焦头非共面运动 14° 时，滚筒前端位置，此处额外设置了长度 180mm，宽度 120mm，高度 100mm 的屏蔽铅块。

②紧急关闭放射源装置

A、UPS 电源关源

设备区主控制柜中配有 2 个在线式 UPS，分别为控制 UPS 和关源 UPS。系统通过控制 UPS 为设备提供控制电源，通过关源 UPS 为聚焦头提供紧急电源。当发生外部供电中断时，控制 UPS 能支持控制系统继续记录数据不小于 5 分钟。关源 UPS 提供电源，关闭聚焦治疗头准直器、钨滚筒，停止辐照。

B、手动关源

准直器是通过导轨安装在箱体上，可以在箱体上进行移动来实现不同准直孔规格的切换。准直器驱动部分是常规的电机、减速机、滚柱丝杠结构，通过软件控制驱动实现准直器的自动切换。在与驱动部分相对的丝杠另一端设置有手摇机构及失电制动器，以保证在失电状态时，准直器能够有效锁紧。

若系统出现故障，不能实现自动关闭放射源，可通过手动关源扳手关闭放射源装置。手动关源的操作步骤如下：

- 1) 确保控制室机柜中总开关 Main Switch 处于 OFF 位置。
- 2) 将控制室机柜中 UPS Output 开关置于 OFF 位置。
- 3) 打开治疗室门并进入治疗室。
- 4) 从设备蒙皮的墙上取下扳手。
- 5) 打开设备区的门，进入设备区。
- 6) 将电源柜的主断路器置于 OFF 位置。
- 7) 目检，确保 UPS 已关闭。
- 8) 根据治疗头位置确定哪一侧更方便手动关源。按尾盖上箭头的方向转动手柄，打开尾盖。
- 9) 握住盖子把手，上提打开盖子。
- 10) 将扳手放在钨滚筒手动转轴上，逆时针旋转，使钨滚筒上、下 Beam Off

位置指针对准。

11) 准直器零位指示分为上下两部分，当零位指示线的上下两部分对齐时表示准直器处于零位位置（即关闭状态）。将扳手放在准直器手动转轴上，根据准直器的位置顺时针或逆时针旋转，观察准直器零位指示直到旋转至 Zero position。

③加速器治疗模块屏蔽设计

本项目 6MV 加速管管体四周（90°方向）为 91mm 铅铋合金（PbSb4）、180°方向为 39.4mm 钨合金（W95）。加速器机头屏蔽体泄漏辐射设计值为不大于 0.1%，准直器泄漏辐射设计值为不大于 0.1%。

安装在加速器治疗头正对面的自屏蔽铅，距离等中心 740mm，主要屏蔽区由 120mm 纯铅(Pb99.994)和 55mm 钢板（Q345B）组成。自屏蔽体不是规则形状，且在射线主束方向上为锥形结构，详细图示如下图所示，其沿滚筒轴线方向是非对称布置，在一侧边缘区域由滚筒参与屏蔽，靠近滚筒端自屏蔽宽度为 905mm，远离滚筒端在自屏蔽宽度为 937mm。其沿滚筒切线方向也是非对称布置，在一侧边缘区域由聚焦头参与屏蔽。

④系统软件安全性设计

1) 硬件权限管理。设备上功能键盘有授权用的物理钥匙，正常使用完成后，钥匙会旋至 lock(锁定)状态，并且钥匙会被有管理权限的工作人员带走保管，如果需要正常使用设备，必须领取钥匙并将钥匙旋至 unlock（打开）状态。

2) 密码设置。设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

3) 控制台上的显示装置可显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数，操作人员可以随时了解设备运行情况。

4) 治疗实施与治疗计划对比差异连锁。设备实时监测各模块（出束剂量，运动模块）状态，确保治疗按照治疗计划实施，如果存在偏差，且偏差超出阈值，会触发联锁机制，使设备停止运动和治疗。

5) 运动使能开关。为防止工作人员误操作造成事故，运动动作的响应必须是两个对应的按键同时被按下，运动指令才有效，设备才会响应对应的指令。

6) 红色紧急开关（即急停按钮）。当发现异常后，按下操作盒上此开关，设备会立即停止出束、放射源关闭，停止运动。

7) 剂量测试系统。为了确保单一故障下设备的安全性,所有的运动轴和剂量监测系统都设计了二次监测机构,任何时候,一次或者二次监测出现偏差且超出阈值,系统都会报出响应联锁,只有通过人为消除联锁,设备才能恢复正常状态。

8) 碰撞检测联锁。加速器治疗过程中,设备内筒设计有碰撞检测功能,当检测到碰撞开关被触发,碰撞检测联锁会响应,设备会立即停止运动和出束。

9) 设备设计有紧急撤离患者设置,当医院市电停电或有其他突发情况,工作人员可以快速进入治疗室,通过治疗床末端的把手进行紧急降床并撤离患者。

10) 有停电或意外中断照射时自动回源装置。断电或意外中断治疗时,关源UPS 提供电源,可关闭聚焦治疗头准直器、钨滚筒,停止辐照。

11) 放射源不能回位的报警装置。如果放射源不能正常关闭,控制界面会报警,显示钨滚筒关源状态错误,该故障解决前,系统将不允许继续治疗。

⑤系统(设备)自带的紧急停机开关

设备主控制柜上设1个紧急停止开关、机架接口电箱上设1个紧急停止开关、两组侧壁控制器上各1个紧急停止开关,操作台上设1个紧急停止开关,可切断设备的动力电源。隔离变压器电箱上有1个设备紧急断电按钮,可切断总电源。所有紧急开关串联连接。

(2) 机房屏蔽防护

①机房屏蔽

本项目机房改造后,机房墙体及顶板全部为混凝土结构,北墙厚1510mm,东墙厚1800mm,南墙厚1770mm,西侧设迷道,迷道内墙厚1000mm,长5770mm,迷道外墙厚1000mm,长7770mm,顶厚1650mm,迷道内口处北侧墙体厚1100mm,迷道内口处西侧迷道外墙增加南北宽2460mm、东西厚220mm的混凝土现浇屏蔽,机房内西南角增加南北长1000mm、东西宽540mm的混凝土现浇屏蔽。新增混凝土屏蔽高度均致机房混凝土顶板处。机房入口门洞宽1700mm×2400mm,拟设电动推拉铅门,铅当量15mm。

②电缆沟设计

本项目机房控制电缆均布设于电缆沟内,穿墙点1处,为原有穿墙沟,在迷道外墙以45°角斜穿进入控制室。为防止放射性射线从穿墙管道散射,应在机

房内侧穿墙前对电缆沟顶板进行 5mm 铅当量的铅屏蔽补偿。

③通排风管穿墙设计

本项目新风管道、回风管道、排风管道均由机房铅门上方穿墙进入机房，为防止射线漏散射，导致机房门上方外侧剂量率过高，风管应 45° 斜穿通过墙体，并在风管外端设 5mm 铅当量的铅包裹层。另外分体室空调风管拟从南侧墙体斜 45° 穿墙后接原有管道，管道直径 10cm。穿墙处风管四周与墙体缝隙应用混凝土或相同屏蔽功能的材料填实，防止射线漏散射出去。

④防护门的安装要求

为防止辐射泄漏，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

(4) 源项控制及距离防护

在满足治疗要求的前提下，在每次治疗之前，物理师根据治疗要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的剂量值，以及尽量短的照射时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，同时也避免病人受到额外剂量的照射。

职业人员采取隔室操作的方式，控制室与机房之间以屏蔽墙体隔开，通过摄像头和对讲机与病人交流。同时，机房划定控制区和监督区，控制区入口处设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，工作状态下禁止任何人员进入辐射区域。

工作人员尽量通过对讲系统远程引导病人行动，必须进入机房应尽量远离放射源聚焦头屏蔽体，并且不断优化治疗流程，提升操作熟练度，减少在机房内停留时间。

(5) 辐射工作场所安防措施

本项目为I类放射源和II类、III类射线装置一体化治疗系统，须采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏措施，简称“六防”措施，具体见下表。

表 10-3 辐射工作场所安防措施一览表

场所类别	措施类别	对应措施
I类放射源、II类、III类	防火	机房安装有烟气报警装置和消防栓，需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006），本项目机房内及周边禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时人员易接触的地方均配备干粉式灭火器。
	防水	本项目放射源工作场所距离地表水体距离较远，不受地表水体影响，同

射线装置工作场所	<p>时整个放射源工作场所地面均做了较好的防水设计，地面设置 33.5cm 厚混凝土层，项目区域不受地下水影响。</p> <p>负二楼地下室设计有多个积水坑，如有积水通过自动泵可排水。同时后勤储备防洪沙袋、防水钢板等防汛物资，汛期加强巡视，确保防汛安全。</p>
防盗、防丢失和防破坏	<p>①治疗室外开门按钮设置在操作室内，控制台设置钥匙控制，由专职工作人员保管；机房内、机房外走廊、候诊区、电梯等区域均设有摄像头，监控系统与医院安保部门连接，24 小时监控；</p> <p>②本项目位于成都市市中心，周围无滑坡、塌陷等不良地质区域；</p> <p>③机房采用地下设计，整体采用钢筋混凝土浇筑，具有较高的抗震，抗破坏能力。</p>
放射线泄漏	<p>①聚焦治疗头自身屏蔽能力为非治疗状态下距设备表面 1m 处的杂散辐射引起的吸收剂量率小于 20μGy/h，距离放射源 5cm 处的杂散辐射引起的吸收剂量率小于 200μGy/h；</p> <p>②机房有实体屏蔽措施（钢筋混凝土墙和铅防护门），其屏蔽设计满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中屏蔽要求；</p> <p>③机房内安装有固定式辐射水平监测仪，当出现剂量率异常时将启动声光报警装置；</p> <p>④建设单位将制定监测计划，并配备 X-γ 剂量率监测仪，定期或不定期对机房墙体周围和伽玛刀聚焦头屏蔽体表面进行巡测，有效防止射线泄漏。</p>

(6) 辐射安全防护设施对照分析

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函[2025]616 号），本次评价对照医疗使用 I 类放射源、医疗使用 II 类射线装置（直线加速器）、医疗使用 III 类射线装置，根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见下表。

表 10-4 本项目辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	项目	具体要求	落实情况	备注
1	A “两区”划分及警告标志	工作场所“两区”划分及标识	拟设置	将加速器机房 4（含迷道）划为控制区，将设备间、控制室、机房外通道划为监督区，并设置标识。
2		工作场所及治疗室出入口处设置电离辐射警告标志	拟设置	防护门外侧拟设置明显的电离辐射警告标志。
3		防护门外设声光报警装置	拟设置	防护门上安装声光报警装置，与伽玛刀模块连锁，出源时可声光警示。
4		治疗设备贮源容器外表面设置电离辐射标志和	设备自带	载源屏蔽体外表面设置电离辐射标志和中文警示说明

		中文警示说明		
5	B 实体屏蔽	墙体、迷道和防护门等实体屏蔽措施	已设计有	包括混凝土墙体、迷道和 15mm 铅当量铅防护门。
6		放射源暂存场所“六防”措施	已设计有	放射源换源前，均存储在机房内设备伽玛刀聚焦头屏蔽体内
7	C 操作控制	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	配置有授权用的物理钥匙和进入操作界面的密码设置
8		停机后源不能返回“贮存”位时报警装置	设备自带	如果放射源不能正常关闭，控制界面会报警，显示钨滚筒关源状态错误，该故障解决前，系统将不允许继续治疗。
9		治疗室有监控对讲装置（全覆盖、无死角）	已设计有	机房内共设置 6 个监控探头，确保机房内及迷道无死角。拟设置对讲装置。
10		控制台有急停开关（带中文标识）	设备自带	按下按钮，设备会立即停止出束、放射源关闭，停止运动。
11	D 辐射安全防护措施	工作状态指示灯：机房控制区进出口安装有工作状态指示灯，与治疗设备联锁。	拟配置	机房防护门口上方安装工作状态指示灯，并分别与伽玛刀模块、加速器模块联锁，红色代表出源（出束）状态、黄色代表预备、绿色代表非出源（出束）状态。 机房内部在造型假墙上安装双色灯，分别指示放射源的关闭（绿色）和打开状态（红色）。
12		门-源联锁：治疗室门与源联锁。	拟配置	防护门未完全关闭时不能出源照射，出源状态下开门放射源回到治疗设备的安全位置
13		门-机联锁：防护门与加速器出束联锁。	拟配置	在加速器启动高压装置条件下，如果开启防护门或者防护门未关闭到位，射线装置高压会失电并停止出束。
14		治疗机房内安装固定式剂量监测仪，并具备异常情况报警功能，其显示单元设置在控制室内。I类源治疗场所防护门与固定式剂量监测仪联锁。	拟配置	停止治疗后，机房内剂量超过设定限值，无法从外侧打开防护门。
15		有停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带	关源 USP 可在停电或意外中断照射时提供电源，完成关源步骤。
		治疗床上有急停开关（带中文标识）	设备自带	治疗床上两侧的手持控制器上有 MotionStop 按钮（贴中文标

				识)，会停止运动和辐照。
16		控制台、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开关（带中文标识）	拟配置	控制台 1 个、迷道 1 个、治疗室内 4 个急停开关，全部带中文标识，机房内开关高度 1.4m。急停开关与三个模块均串联，按下任一开关，任一射线均能停止出束，放射源关闭。
17		防护门内侧设置紧急开门按钮（带中文标识）	拟配置	防护门内侧墙上，高度 1.4m，并带中文标识。
18	E 监测仪器	配置便携式 X-γ 辐射监测仪	已有	医院已配置监测设备量程及能量响应值满足被测量对象要求的监测仪。
19	F 防护用品	工作人员进入治疗室时携带个人剂量报警仪	已有	本项目共配置 2 台个人剂量报警仪。
20		配置个人剂量计	已有	为每名辐射工作人员各配备 1 个人剂量计（共 6 个）。
21		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	已设计有	抽风量为 3000m ³ /h，满足换气次数要求。
22	G 其它	配置不间断电源	设备自带	设备区主控制柜中配有 2 个在线式 UPS，控制 UPS 和关源 UPS。
23		辐射事故应急响应程序上墙	拟落实	拟将适用本项目的辐射事故应急响应程序悬挂于辐射工作场所醒目位置，制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现可操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

10.2 三废的治理

10.2.1 废气治理措施

本项目运行期间无放射性废气产生。X/γ 射线会使治疗室内的空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物。本次改造区域重新进行通排风设计，加速器机房内进风量设计为 2900m³/h，抽风量设计为 3000m³/h，满足换气次数不小于 4 次/h 的要求。

通风管道均从防护门上方进入迷道，从迷道内口进入治疗室，设 3 个进风口，均位于机房顶部，排风口 2 个，设在治疗室东北角和东南角，离地高度 0.3m，

通过立管接屋顶管道。

10.2.2 废水治理措施

本项目设备运行期间不产生医疗废水和放射性废水，加速器模块冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生废水。

本项目非放射性废水主要来自运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入市政污水管网。

10.2.3 固体废物处理措施

退役放射源：钴-60 放射源每 5~6 年需更换，18 枚源一次性全部更换，由此产生退役放射源，退役放射源由放射源生产厂家成都中核高通同位素股份有限公司回收，医院购源时需与放射源生产厂家签订废源回收协议，废放射源从设备导出后立即带走，不在医院暂存。

退役 UPS 电池：本项目治疗系统配备有 2 个 UPS 电源，一般可用 2~3 年，换下来的废旧电池，系统厂家大医集团有专门的合作供应商，会统一做合规回收处理，医院与大医集团需对此条款进行书面协议。

生活垃圾：本项目拟设置的 6 名工作人员和患者产生的生活垃圾纳入医院在建的生活垃圾处置系统统一收集处置。

10.2.4 噪声治理措施

本项目噪声主要来自通排风系统风机，本项目所在的第一住院楼为集中式通排风设计，空调机组位于负二层空调机房，排风机设在负一层夹层区域，各类风机噪声源强约 65dB(A)，各类风机机组均位于专门的机房内，且位于地下层，通过隔声、消声及距离衰减，对周围环境的噪声影响较小。

10.2.5 X/γ射线一体化放射治疗系统报废处理

本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统伽玛刀模块内含 18 枚钴-60 放射源，为 I 类放射源，若该治疗系统拟报废，需请设备生产厂家将放射源导出后交由放射源生产厂家回收处理。

加速器模块和 CBCT 模块为射线装置，根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。报废后需确保射线装置不能正常通电，防止二次使用造成人员误照射。

10.2 环保措施及其投资估算

本项目总投资 3000 万元，环保投资 311.7 万元，占总投资的 10.4%。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 改造施工阶段

本次对华西医院国学巷本部院区第一住院楼负二层加速器机房 4 及其北侧和东南侧配套区域进行改造，改造面积约 606.63m²，主要涉及加速器机房 4 墙体加厚，电缆管沟和通排风改造，铅模室改造，医生办公休息区改造，患者卫生间改造等。施工期主要环境影响表现为施工噪声、粉尘、施工废水和装修废物等。医院拟通过对施工单位的资质审查，选取优质的施工单位进行改造施工。

(1) 大气环境影响分析

施工前先对施工区域打围封闭，采用先进的施工设备和施工工艺，采用商品混凝土，选取“环保型”油漆及涂料，尽量减少施工粉尘的产生，且将粉尘控制在施工区域内沉降，阻止粉尘向外逸散，尽可能降低施工期粉尘及大气污染物对周围环境的影响。

(2) 水环境影响分析

施工期采用商品混凝土，不在施工现场进行拌合，基本无施工废水产生。施工过程中施工人员会排放一定量的生活污水，可依托医院已建成的污水处置设施收集处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生不良影响。

(3) 声环境影响分析

施工过程中不可避免会产生一定的施工噪声，除了尽量选择低噪声设备，注意对施工设备的维修、保养以使各种施工机械保持良好的运行状态以外，尽量避开接诊时间进行施工，该区域位于医院内部，第一住院大楼负二层，周围负二层为停车场等，通过建筑隔声，施工期噪声对周围其他人群影响较小。

(4) 固体废物影响分析

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

本项目施工区域外的放疗机房在施工期间仍需正常运行，因此医院需与施工

单位协商，制定完善的施工作业计划，做好施工区域、物料运转路线、放疗区病人及医护工作人员的流通过程设计，尽量保证施工期作业不影响医院其他区域的正常运行。

11.1.2 设备安装调试阶段

放射源安装、系统调试过程中，建设单位华西医院应配合设备生产厂家专业技术人员工作，加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在醒目位置设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；系统调试过程中人员离开机房及控制室应上锁，防止辐射事故发生。设备的调试在加速器机房 4 内进行，经过各屏蔽体的屏蔽和距离衰减后对周围的辐射环境影响很小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 机房外各关注点的剂量率参考控制水平确定

本项目设备中的 CBCT 模块为 III 类射线装置，额定能量为 150kV，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3：标称 125kV 以上的摄影机房有用线束方向铅当量不得低于 3.0mm 铅当量，查表 c.7，150kV 有用线束 3.0mm 铅当量的混凝土厚度为 255mm，本项目机房屏蔽最薄为 1100mm 混凝土，远大于 255mm 混凝土，因此，1 个低能 X 射线管经本项目机房屏蔽后对机房周围的辐射影响可忽略，本次评价不考虑 CBCT 模块的影响，重点分析伽玛刀模块和加速器模块的影响。

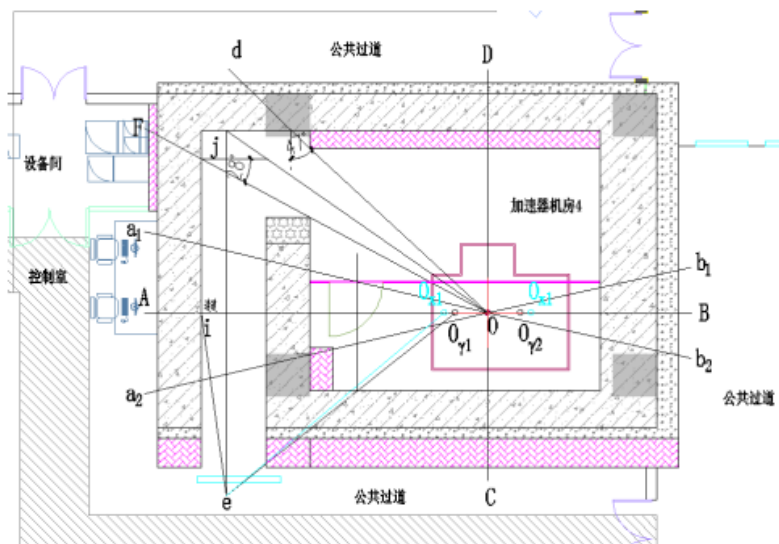


图 11-1 机房关注点及主要照射路径示意图（水平方向）

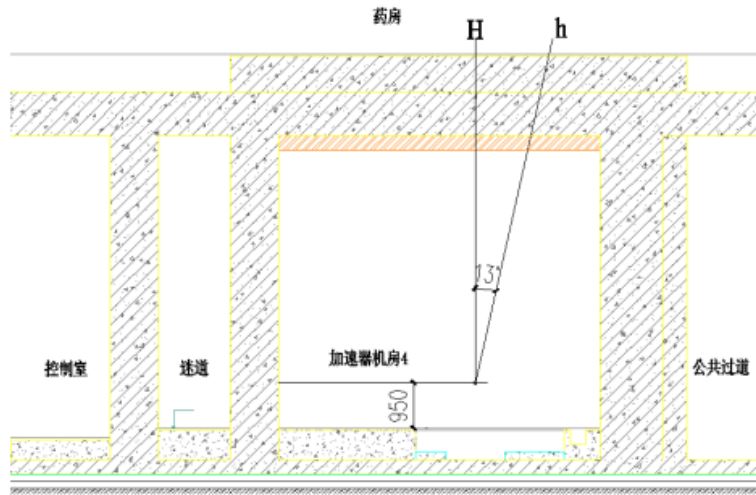


图 11-2 机房关注点及主要照射路径示意图（垂直方向）

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121—2020），机房墙外 30cm 处各关注点的剂量率参考控制水平 H_e 由以下方法确定：

（1）使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ ；

$$\text{对于主射线束： } H_{e,d} = H_a / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

$$\text{对于漏射辐射： } H_{e,d} = H_a / (t \cdot N \cdot T) \dots\dots\dots \text{（式 11-2）}$$

式中：

$H_{e,d}$ —周围剂量当量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_a —年剂量参考控制水平；职业人员取 $5000\mu\text{Sv/a}$ ，公众取 $100\mu\text{Sv/a}$ ；

U —主射线束向关注位置的方向照射的使用因子；根据医院实际治疗情况，朝向地面的时间占 40%，每面墙体各占 25%，屋顶占 10%；

T —人员在关注点位置的居留因子，参照《放射治疗辐射安全与防护》（HJ1198—2021）中附录 A，表 A.1 不同场所的居留因子取值；

N —调强放射治疗因子，保守取 5；

t —年治疗照射时间；

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，属于复合辐射：根据（GBZ/T 201.2-2011）中附录 A2.2 复合辐射，导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ 需考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射，即与主屏蔽直接相连的次屏

蔽区导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ = 泄漏辐射导出剂量率参考控制水平（该关注点单一泄漏辐射的一半，即 $H_{e,d}/2$ ）+ 有用线束水平照射的患者散射辐射导出剂量率参考控制水平（该关注点最高剂量率参考控制水平的一半，即 $H_{e,max}/2$ ）。

（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 $\dot{H}_{e,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$):

人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{e,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$;

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{e,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目保守取 $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

（3）由上述（1）中的导出周围剂量当量率参考控制水平和（2）中的最高周围剂量当量率参考控制水平，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平。

由此确定本项目机房外各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表 11-1 和表 11-2。

表 11-1 本项目伽玛刀模块运行时机房周围关注点剂量率参考控制水平表

关注点位	类型	年剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/a}$)	居留因子 T	年照射时间 $t(\text{h/a})$	使用因子 U	剂量率参考控制水平 (H_e) $\mu\text{Sv/h}$			主要考虑的 辐射束	射线路径
						$H_{e,d}$	$H_{e,max}$	H_e		
A (控制室)	职业	5000	1	47.2	0.25	423.73	2.5	2.5	主射线束	$O_{\gamma 2} \rightarrow A$
a1、a ₂ (控制室)	职业	5000	1	47.2	0.25	10.59	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow a_1、a_2$
						1.25			散射辐射	$O_{\gamma 2} \rightarrow O \rightarrow a_1、a_2$
B (公共过道)	公众	100	1/5	47.2	0.25	42.37	2.5	2.5	主射线束	$O_{\gamma 1} \rightarrow B$
b ₁ 、b ₂ (公共过道)	公众	100	1/5	47.2	0.25	1.06	2.5	2.31	泄漏辐射	$O \rightarrow b_1、b_2$
						1.25			散射辐射	$O_{\gamma 2} \rightarrow O \rightarrow b_1、b_2$
C (公共过道)	公众	100	1/5	47.2	1	2.12	2.5	2.12	漏射辐射	$O \rightarrow C$
D (公共过道)	公众	100	1/5	47.2	1	2.12	2.5	2.12	漏射辐射	$O \rightarrow D$
d (公共过道)	公众	100	1/5	47.2	1	2.12	2.5	2.12	漏射辐射	$O \rightarrow d$
F (设备间)	职业	5000	1/16	47.2	0.25	169.49	2.5	2.5	漏射辐射	$O \rightarrow F$
						1.25			散射辐射	$O_{\gamma 2} \rightarrow O \rightarrow F$
E (防护门外)	公众	100	1/8	47.2	1	1.25	2.5	2.5	散射辐射	$O \rightarrow j \rightarrow E$
						169.49			漏射辐射	$O_{\gamma 1} \rightarrow E$
e (防护门内)	/	/	/	47.2	/	/	/	0.63 ^①	泄漏辐射	$O_{\gamma 1} \rightarrow e$
H (楼上)	公众	100	1	47.2	0.1	21.19	2.5	2.5	主射线束	$O_{\gamma 3} \rightarrow H$
h (楼上)	公众	100	1	47.2	1	0.21	2.5	1.46	泄漏辐射	$O \rightarrow h$
						1.25			散射辐射	$O_{\gamma 3} \rightarrow O \rightarrow h$

注：①根据 GBZ/201.2-2011，对于“迷道内墙泄漏辐射所需屏蔽厚度”核算时，剂量率参考控制水平应小于 $H_{e,d}$ 的 1/4；本次保守按 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 剂量率参考控制水平的 1/4 取值。

表 11-2 本项目加速器模块运行时机房周围关注点剂量率参考控制水平表

关注点位	类型	年剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/a}$)	居留因子 T	年照射时间 t(h/a)	使用因子 U	剂量率参考控制水平 (H_e) $\mu\text{Sv/h}$			主要考虑的辐射束	射线路径
						$H_{e,d}$	$H_{e,max}$	H_e		
A (控制室)	职业	5000	1	205.8	0.25	97.18	2.5	2.5	主射线束	$O_{x2} \rightarrow A$
a ₁ 、a ₂ (控制室, 非主射区)	职业	5000	1	205.8	0.25	2.43	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow a_1、a_2$
						1.25			散射辐射	$O_{x2} \rightarrow O \rightarrow a_1、a_2$
B (公共过道)	公众	100	0.20	205.8	0.25	9.72	2.5	2.5	主射线束	$O_{x1} \rightarrow B$
b ₁ 、b ₂ (公共过道, 非主射区)	公众	100	0.20	205.8	0.25	0.24	2.5	1.49	泄漏辐射	$O \rightarrow b_1、b_2$
						1.25			散射辐射	$O_{x1} \rightarrow O \rightarrow b_1、b_2$
C (公共过道)	公众	100	0.20	205.8	1	0.49	2.5	0.49	漏射辐射	$O \rightarrow C$
D (公共过道)	公众	100	0.20	205.8	1	0.49	2.5	0.49	漏射辐射	$O \rightarrow D$
d (公共过道, 非主射区)	公众	100	0.20	205.8	1	0.49	2.5	0.49	漏射辐射	$O \rightarrow d$
F (设备间)	职业	5000	0.0625	205.8	0.25	38.87	2.5	2.5	漏射辐射	$O \rightarrow F$
						1.25			散射辐射	$O_{x2} \rightarrow O \rightarrow F$
E (防护门外)	公众	100	0.1250	205.8	1	1.25	2.5	2.03	散射辐射	$O \rightarrow j \rightarrow E$
						0.78			漏射辐射	$O_{x1} \rightarrow E$
e (防护门内)	/	/	/	205.8	/	/	/	0.63	泄漏辐射	$O_{x1} \rightarrow e$
H (楼上)	公众	100	1	205.8	0.1	4.86	2.5	2.5	主射线束	$O_{x3} \rightarrow H$
h (楼上, 非主射区)	公众	100	1	205.8	1	0.05	2.5	1.30	泄漏辐射	$O \rightarrow h$
						1.25			散射辐射	$O_{x3} \rightarrow O \rightarrow h$

11.2.2 机房外各关注点的剂量率核算

本项目 X/γ射线一体化放射治疗系统具备医用伽玛刀（γ射线）治疗和医用直线加速器（X射线）治疗两种治疗模式，两个治疗模块，但两个治疗模块不能同时运行，因此需分别核算不同治疗模块运行时机房外各关注点处的剂量率。

根据预测，本项目X/γ射线一体化放射治疗系统不同模块运行时，机房外各关注点的剂量率评价结果见下表：

表11-3 机房外各关注点的剂量率评价结果

关注点位	伽玛刀模块运行时剂量率 (μSv/h)		加速器模块运行时剂量率 (μSv/h)		评价结果
	剂量率计算值	剂量率控制 限值	剂量率计算值	剂量率控 制限值	
A（控制室）	4.09E-06	2.5	2.66E-03	2.5	满足
a1、a2（控制室）	9.38E-06	2.5	4.97E-03	2.5	满足
B（东侧公共过道）	8.51E-05	2.5	2.71E-02	2.5	满足
b1、b2（东侧公共 过道）	2.35E-04	2.3	7.80E-02	1.5	满足
C（南侧公共过道）	1.85E-04	2.1	0.13	0.49	满足
D（北侧公共过道）	1.38E-03	2.1	0.25	0.49	满足
d（北侧公共过道）	2.26E-04	2.1	5.34E-02	0.49	满足
F（设备间）	9.21E-03	2.5	0.83	2.5	满足
H（楼上）	2.41E-04	2.5	4.47E-02	2.5	满足
h（楼上）	5.10E-04	1.5	8.68E-02	1.3	满足
E（防护门外）	1.14E-02	2.5	0.29	2.0	满足
e（防护门内）	1.00E-09（泄漏 辐射）	0.63	8.77E-06	0.63	满足

根据上表可知，本项目 X/γ射线一体化放射治疗系统伽玛刀模块和加速器模块分别照射出束时，机房外各关注点处的剂量率均满足剂量率控制限值要求，且该一体化系统停止出束时，γ射线屏蔽体漏射至各关注点处的剂量率也满足剂量率控制限值要求。

11.2.3 年附加有效剂量预测

(1) 本项目导致年附加有效剂量预测

本项目机房各关注点的年附加有效剂量由下式估算：

$$E=H \times 10^{-3} \times q \times t \times W_T \dots \dots \dots \text{（式 11-3）}$$

式中：

E —关注点的附加有效剂量 (mSv/a) ;

H —关注点的当量剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$);

t —工作负荷 (h/a) ;

q —居留因子, 参照《放射治疗辐射安全与防护》(HJ1198—2021) 中附录 A, 表 A.1 不同场所的居留因子取值;

W_T —组织权重因数, 全身为 1。

物理师每周有 1 天在负二楼本项目场所工作, 其余时间在 2 楼工作, 医生每个月有 1 天在负二楼本项目场所工作, 其余时间在 2 楼或 4 楼工作, 物理师和医生有 1 组人员。另外, 设备质控由物理师负责。技师有 2 组人员, 技师负责病人的治疗操作及为病人摆位, 每位病人摆位时间以 1min 计, 伽玛刀治疗病人 1500 人/a, 摆位总时间 25h/a, 加速器治疗病人 15000 人/a, 摆位总时间 250h/a。本项目工作负荷及职业人员居留因子 q 取值见下表。

表 11-4 本项目工作负荷及职业人员居留因子取值统计表

工作类型		时间 (h/a)	物理师居留因子 q	医师居留因子 q	单组技师居留因子 q
伽玛刀模块	治疗出束	46	0.2	0.05	0.5
	质控出束	1.2	1	/	/
	摆位	25	/	/	0.5
加速器模块	治疗出束	200	0.2	0.05	0.5
	质控出束	5.8	1	/	/
	摆位	250	/	/	0.5

估算本项目机房周围各关注点的年附加有效剂量见下表。

表 11-5 本项目机房周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

人员居留位置	人员类别	伽玛刀模块				加速器模块				年附加总剂量 (mSv/a)	年剂量约束值 (mSv/a)
		剂量率预测结果 ^① (μSv/h)	出束/摆位时间 <i>t</i> (h/a)	居留因子 <i>q</i>	年附加剂量 (mSv/a)	剂量率预测结果 ^① (μSv/h)	出束/摆位时间 <i>t</i> (h/a)	居留因子 <i>q</i>	年附加剂量 (mSv/a)		
控制室	物理师	9.38E-06	46	0.2	9.76E-08	4.97E-03	200	0.2	2.27E-04	2.28E-04	5
			1.2	1			5.8	1			
	46		0.05	2.16E-08	200		0.05	4.97E-05	4.97E-05		
	46		0.5	2.16E-07	200		0.5	4.97E-04	4.97E-04		
机房内	技师摆位	20 ^②	25	0.5	0.25	20 ^②	250	0.5	2.50	2.75	5
东侧公共过道	公众	2.35E-04	47.2	0.2	2.22E-06	0.08	205.8	0.2	3.21E-03	3.21E-03	0.1
南侧公共过道	公众	1.85E-04	47.2	0.2	1.75E-06	0.13	205.8	0.2	5.41E-03	5.41E-03	0.1
北侧公共过道	公众	1.38E-03	47.2	0.2	1.30E-05	0.25	205.8	0.2	1.02E-02	1.03E-02	0.1
设备间	职业人员	9.21E-03	47.2	0.0625	2.72E-05	0.83	205.8	0.0625	1.07E-02	1.07E-02	5
楼上药房	公众	5.10E-04	47.2	1	2.41E-05	0.09	205.8	1	1.79E-02	1.79E-02	0.1
防护门外	公众	1.14E-02	47.2	0.125	6.70E-05	0.29	205.8	0.125	7.44E-03	7.51E-03	0.1
示教室	公众	4.07E-07 ^③	47.2	1	2.22E-06	1.35E-04 ^③	205.8	1	2.79E-05	3.01E-05	0.1

注：①取机房该侧剂量率预测结果最大值；②取自厂家设备参数；③取东侧公共过道处剂量预测值并考虑 24m 距离衰减后的剂量率。

根据上表可知，本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统对职业人员造成的有效剂量最大值为技师所受剂量 2.75mSv/a，均满足职业照射年有效剂量 5mSv/a 的约束限值要求。对机房周围公众造成的有效剂量最大值为机房上方药房工作人员所在位置，为 1.79×10^{-2} mSv/a，均满足公众年有效剂量 0.1mSv/a 的约束限值要求。

项目建成后，建设单位应及时对本项目设备放射源屏蔽体表面进行监测，确保屏蔽效果足够完善，并进一步优化工作方式，提升技师摆位熟练度，减少技师摆位操作时间，在确保保证工作效能的前提下，尽量降低受照剂量。

(2) 辐射影响叠加分析

① 本项目职业工作人员辐射影响叠加分析

本项目投运后，职业工作人员除从事本项目放射性工作外，可能会参与医院其他放射性工作，根据对本项目 6 名工作人员 2025 年度个人剂量监测结果统计，技师岗工作人员的年有效剂量最大，为 0.22mSv，叠加本项目职业工作人员年最大有效剂量 2.75mSv（技师岗），得出本项目职业工作人员年最大有效剂量为 2.97mSv/a，满足职业照射年有效剂量 5mSv/a 的约束限值要求。

② 对负二层放射治疗区其他辐射工作人员的辐射影响叠加分析

本项目机房所在的区域为医院放射物理技术中心科室的工作场所，该科室各个机房的工作时间一致，根据对该科室其他辐射工作人员 2025 年的个人剂量监测结果查询，年最大个人剂量监测值为 0.26mSv，本项目工作量最大的技师在控制室的年最大有效剂量为 4.97×10^{-4} mSv/a（不考虑摆位剂量），因此保守叠加，本项目投运后，放射物理技术中心其他辐射工作人员的年最大有效剂量约为 0.2605mSv/a，满足职业照射年有效剂量 5mSv/a 的约束限值要求。

③ 公众辐射影响叠加分析

根据本次环评期间对本项目所在负二楼放射治疗区域的监测，在加速器机房 1~3 及伽玛刀治疗室设备运行和未运行两种工况下，监测结果处于同一水平内，无明显差异，说明各机房屏蔽效果较好，未对周围造成显著的附加有效剂量。且该区域位于第一住院楼最底层，为集中的放射治疗区域，独立设置，区域内工作人员基本为辐射工作人员。因此不再考虑该放射治疗区域公众辐射剂量叠加影响。

11.2.4 大气环境影响分析

本项目对大气环境影响因素主要是空气在强辐射条件下产生臭氧。CBCT 模块与直线加速器和伽玛刀相比，能量较低，其臭氧产生量较小，通过排放措施排放后对环境的影响较小。本项目不涉及电子线治疗，因此，本次评价主要考虑加速器模块 X 射线和伽玛刀模块 γ 射线所致臭氧的影响分析。

(1) 伽玛刀模块臭氧产生量分析

经计算，假设伽玛刀模块持续出束、机房连续抽风和臭氧分解的情况下，机房内臭氧平衡浓度为 $0.14\text{mg}/\text{m}^3$ ，能满足《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002) 中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准限值要求。实际上伽玛刀模块一次连续出束时间只有几分钟，不存在连续出束 1 小时的情况，预测较保守。

(2) 加速器模块臭氧产生量分析

经计算，本项目加速器模块运行时臭氧产生率为 $1.60 \times 10^{-7}\text{mg}/\text{s}$ ($5.76 \times 10^{-4}\text{mg}/\text{h}$)，机房内净空体积为 $6.7 \times 5.59 \times 3.1 = 116.1\text{m}^3$ ，假设加速器持续出束 1h，且机房密闭不排风，臭氧不分解的情况下，则 1h 后机房内的臭氧浓度可达 $2.65 \times 10^{-6}\text{mg}/\text{m}^3$ ，能满足《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002) 中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准限值要求。实际上加速器模块一次连续出束时间只有几分钟，不存在连续出束 1 小时的情况，且机房内进行连续通风，预测较保守。

11.2.5 水环境影响分析

本项目设备运行期间不产生医疗废水和放射性废水，加速器模块冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生废水，加速器模块自带水流量监测开关，当加速器中的大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。

本项目非放射性废水主要来自运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入市政污水管网，对地表水环境影响较小。

11.2.6 固体废物环境影响分析

退役放射源：钴-60 放射源每 5-6 年需更换，18 枚源一次性全部更换，由此产生退役放射源，退役放射源由放射源生产厂家成都中核高通同位素股份有限公司回收，医院购源时需与放射源生产厂家签订废源回收协议，废放射源从设备导出后立即带走，不在医院暂存。

退役 UPS 电池：本项目治疗系统配备有 2 个 UPS 电源，一般可用 2~3 年，换下来的废旧电池，系统厂家大医集团有专门的合作供应商，会统一做合规回收处理，医院与大医集团需对此条款进行书面协议。

因此本项目废放射源和危险废物均能妥善处理，不会对环境产生危害。

本项目工作人员和患者产生的生活垃圾、办公垃圾，由医院袋装收集后交由环卫部门统一处理。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

11.2.7 声环境影响分析

本项目噪声主要来自通排风系统，本项目所在的第一住院楼为集中式通排风设计，空调机组位于负二层空调机房，排风机设在负一层夹层风机房内，各类风机噪声源强最大约 65dB(A)，各类风机机组均位于专门的机房内，且位于地下层，通过墙体隔声及距离衰减，对周围声环境无明显影响。

11.3 辐射事故影响分析

11.3.1 事故等级判断依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号），根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（I 级）、重大辐射事故（II 级）、较大辐射事故（III 级）和一般辐射事故（IV 级）等四级，详见下表。

表 11-6 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故（I 级）	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人及以上急性死亡。
重大辐射事故（II 级）	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人及以下急性死亡或者 10 人及以上急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故（III 级）	III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置导致 9 人及以下急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故（IV 级）	IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

11.3.2 可能发生的辐射事故识别

根据污染源分析，本项目一体化系统主要环境风险因子为 X 射线和 γ 射线，危害因素为 X 射线或 γ 射线超剂量照射，加速器模块和 CBCT 模块只有在开机

状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。放射源安装、调试、放射源运输和换源由设备生产厂家和放射源生产厂家负责，本项目不予评价。本项目可能发生的辐射事故如下：

(1) 安全联锁装置发生故障，本项目一体化放射治疗系统在出束期间，除治疗患者外其他人员误入机房内，受到超剂量照射，引发辐射事故。

(2) 本项目一体化放射治疗系统检修、维护过程中，工作人员误操作，安全联锁装置失效，造成人员被误照射，引发辐射事故。

(3) 放射源丢失、被盗、失控。

(4) 伽玛刀模块治疗结束后，屏蔽体不能回位，导致卡源的情况。

11.3.3 辐射事故类型分析

(1) 放射源丢失、被盗、失控

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），I类放射源丢失、被盗、失控为**重大辐射事故**。

如果丢失、被盗、失控后，造成大范围辐射污染或者导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡，则属于**特大辐射事故**。

(2) 伽玛刀模块卡源

完成照射计划后，放射源屏蔽体无法自动关闭的情况，保守考虑准直器开到最大情况（ $\Phi 3.5\text{cm}$ ）。根据设备厂家在放射源活度最大， $\Phi 3.5\text{cm}$ 准直器打开条件下，对机房内本项目放射治疗系统周围所做的矩阵测量结果，最大值为靠近系统前端面等中心高度处，为 14.746mGy/h ，保守取此剂量率进行剂量核算。卡源时，辐射工作人员需进入机房进行手动关源，关源时间考虑 5min ，假设不考虑工作人员穿戴辐射防护用品的屏蔽效果。由此计算卡源事件处理过程辐射工作人员的受照剂量为 1.23mSv ，未超过职业人员年有效剂量管理限值，也未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员任何一年中的有效剂量 50mSv 的标准限值。

(3) 伽玛刀出束时人员误入机房

伽玛刀出束时人员误入机房，假设准直器开到最大情况（ $\Phi 3.5\text{cm}$ ），焦点处剂量率 $2.74 \times 10^8 \mu\text{Sv/h}$ ，误入人员无任何屏蔽措施且到达焦点处，由于机房内安有监控探头，控制台的工作人员实时可见机房内的情形，发现人员误入时立刻

按下控制台的急停按钮即可停止出束，受照时间取 20s，则事故情况下误入人员距加速器机头 1m 处受到的辐射剂量为 1.52Sv，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众年受照射剂量 1mSv/a 限值。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），可能会发生重度骨髓型急性放射病，属于**一般辐射事故**。

（4）加速器出束时人员误入机房

加速器出束时距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 14Gy/min。假设人员误入机房，误入人员无任何屏蔽措施且到达焦点处，由于机房内安有监控探头，控制台的工作人员实时可见机房内的情形，发现人员误入时立刻按下控制台的急停按钮即可停止出束，受照时间取 20s，则事故情况下误入人员距加速器机头 1m 处受到的辐射剂量为 4.67Sv，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众年受照射剂量 1mSv/a 限值。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），可能会发生轻度骨髓型急性放射病，属于**重大辐射事故**。

（5）CBCT 出束时人员误入机房

CBCT 出束时距靶 1m 处最大剂量率保守取 0.5mGy/h，假设事故情形和处理时间与加速器模块一样，则事故情况下误入人员距靶 1m 处受到的辐射剂量为 0.16mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众年受照射剂量 1mSv/a 限值。

综上所述，本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统可能造成的最大辐射事故类型为**特大辐射事故**。

11.3.4 事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故或事件的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

（1）X/γ 射线一体化放射治疗系统工作人员应认真学习设备的操作规程，熟悉系统的设计原理、结构、操作方式，辐射安全注意事项、辐射安全设施及软件应用等。

（2）定期对本项目系统的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定完善的辐射安全规章管理制度并有专人监督核实各项管理制度的

执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免人员受到意外照射。定期检查伽玛刀系统滚筒和准直器开关的性能，防止卡源事件发生。

(3) 本项目系统运行时，应至少有 2 名操作人员同时在场，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，操作规程张贴在控制室操作人员可看到的显眼位置。

(4) 每次开机前检查机房监控系统、门机联锁装置、门灯联锁装置和其他安全联锁装置，确保一切正常并安全的情况下，系统才能正常运行。

(5) 建设单位所有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

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

四川大学华西医院成立了放射防护管理委员会（川医院〔2022〕43 号），统一对医院的辐射安全进行管理，委员会下设办公室在医务部医务科。

12.2 辐射工作岗位人员配置和能力分析

根据建设单位提供资料，本项目配置的 6 名辐射工作人员均为现有辐射工作人员，均参加了辐射安全与防护培训知识的学习，并取得了合格证书（成绩合格单）。本项目投运以后，医院可根据工作量等实际情况适当增减人员编制。

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号），医院应组织所有辐射工作人员和辐射安全管理人员参加与岗位类别相适应的辐射安全与防护培训。本项目辐射安全管理人员应参加“辐射安全管理”专业培训，其他辐射工作人员参加“放射治疗”专业培训。考核合格成绩单有效期 5 年，所有辐射工作人员均应在考核合格成绩单有效期满前参加复训。辐射工作人员可在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）微信扫描首页二维码进行考核报名或成绩查询。

医院还应对辐射工作人员做好规章制度和相关管理要求培训，确保辐射工作人员掌握操作规程，熟悉辐射安全与防护要求，并在本项目一体化系统运行过程中严格按规程操作。

12.3 辐射安全管理规章制度

12.3.1 档案管理

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号），档案管理要求如下：

(1) 档案管理内容。按照档案管理的要求，将项目环境影响评价、辐射安全日常管理等相关资料归档存放。

(2) 档案管理方式。应落实人员归口管理单位辐射安全管理档案；因工作需要将原件留在辐射工作场所现场的使用记录、监测记录或交接记录等资料，管理部门可定期收集保存复印件副本，保证资料完整。

(3) 档案资料分类。辐射安全管理档案资料可参考以下分类：“单位许可制度执行资料”“项目环保手续履行资料”“台账管理档案”“辐射工作人员管理档案”“工作场所档案管理”“辐射事故应急管理资料”“年度评估报告”“整改落实资料”等资料。

12.3.2 规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（川环函〔2025〕616号），建设单位需制定的规章制度见下表。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已成立	将本项目纳入管理
2		辐射安全管理规定	已制定	将本项目纳入管理
3		辐射工作设备操作规程	拟制定	/
4		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	将本项目纳入管理
5		射线装置台账管理制度	已制定	将本项目纳入管理
6	监测	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定	将本项目纳入管理
7		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	将本项目纳入管理
8	人员	辐射工作人员培训/再培训制度	已制定	将本项目纳入管理
9		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	将本项目纳入管理
10		辐射工作人员岗位职责	已制定	将本项目纳入管理
11	应急	辐射事故应急预案	已制定	应做好应急人员的组织培训和应急救助的装备、资金、物资准备，并将本项目治疗系统纳入应急适用范围。

医院需在放射防护管理委员会的组织下及时完善或制定上述规章制度，明确人员责任，并严格落实；需定期对辐射安全规章制度执行情况进行评议，并应根

据国家发布新的相关法规内容，结合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。

医院应根据《辐射事故应急预案》编制《辐射事故应急响应程序》，并将《辐射事故应急响应程序》悬挂于本项目辐射工作场所醒目位置，制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现可操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

12.4 辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射源和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”。为了保证本项目运行过程的安全，控制和评价辐射危害，使辐射工作人员和公众所受照射尽可能低，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（川环函[2025]616号）中的相关规定，本项目个人剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

12.4.1 个人剂量监测

医院应对直接从事辐射活动的人员配备个人剂量计，并进行个人剂量监测，做好个人剂量计的统一管理，防止个人剂量计遗留在辐射工作场所。

辐射工作人员开展辐射工作期间应按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128）规范佩戴个人剂量计，对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

医院应将个人剂量计定期送检（个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天），对于一个季度检测数值超过 1.25mSv 的，应开展调查，查明原因，撰写调查报告，并由当事人在调查报告上签字确认后存档；对于一个年度累积剂量超过 5.0mSv 的，应开展调查，查明原因，撰写调查报告，由当事人在调查报告上签字确认后存档，并上报发证机关。职业照射个人剂量档案终生保存。

12.4.2 辐射工作场所监测

(1) 监测因子：X- γ 辐射空气吸收剂量率。

(2) 监测频率和方式：每年至少委托有资质的监测机构进行 1 次年度监测，并将监测结果随年度评估报告报发证机关；每季度对辐射工作场所进行辐射环境自行监测。

(3) 监测点位：本项目 X/ γ 射线一体化放射治疗系统工作场所的四周屏蔽墙、防护门、控制台、管线洞口以及机房楼上对应区域。机房内放射源屏蔽体外表面四周。

(4) 监测设备：X- γ 辐射监测仪。

(5) 质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用第三方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。

表 12-2 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	加速器机房 4	X- γ 辐射空气吸收剂量率	机房四周屏蔽墙外、防护门外、控制台、穿墙孔洞外、机房楼上对应区域、机房内放射源屏蔽体外表面	每季度一次（记录监测数据存档）	X- γ 辐射监测仪
委托监测	加速器机房 4	X- γ 辐射空气吸收剂量率	机房四周屏蔽墙外、防护门外、控制台、穿墙孔洞外、机房楼上对应区域、机房内放射源屏蔽体外表面	(1)竣工环保验收监测；(2)编制辐射防护年度评估报告(每年)	X- γ 辐射监测仪

12.5 辐射安全和防护状况年度评估

医院应按照“川环函[2025]616号”中《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告格式（试行）》要求开展年度自查评估，并适时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://nr.mee.gov.cn>）填报单位相关信息。

(1) 年度评估。医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。年度评估报告应包括放射性同位素与射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等内容。医院在上报之前，应审核评估报告，并将报告内容与往年进行对比，核实是否存在异常。

(2) 信息填报。医院应根据发证机关要求，结合单位实际，在单位名称、

地址、法定代表人或项目许可内容发生变化后 20 日内，登录全国核技术利用辐射安全申报系统填报和更新相关信息。

12.6 辐射事故应急

(1) 医院成立了放射防护管理委员会，全面负责医院的辐射事故应急工作。

(2) 为了加强对辐射工作场所的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院制定了较为完善的《辐射事故应急预案》。该应急预案包括：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，应急措施和步骤，应急联系电话）、应急保障措施及应急演练计划等。医院应做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备，并将本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统纳入应急适用范围。

(3) 应急准备：辐射事故应急响应程序应简明扼要且具有可操作性，并张贴到场所内工作人员容易看到的醒目位置；配备必要的应急物资，每年至少组织开展 1 次辐射事故应急演练。

(4) 先期处置

A、伽玛刀模块（I类放射源）

- ①按下急停开关，停止照射并回源。卡源时应及时撤离机房内的患者；
- ②按照辐射事故应急响应程序上报单位领导，启动单位辐射事故应急预案；
- ③拨打属地生态环境部门、发证机关和公安部门值班电话报告事故情况；
- ④立即疏散辐射工作场所内及周边可能受辐射影响的所有人员；
- ⑤采用关闭通道和设置警戒线等措施对辐射工作场所进行管控，防止人员进入；
- ⑥保持通信畅通，准备好便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪和铅衣、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品，为配合相关部门开展应急处置做好准备。

B、加速器模块（II类射线装置）

- ①立即按下急停开关，切断射线装置电源；
- ②按照辐射事故应急响应程序上报单位领导，启动单位辐射事故应急预案；
- ③拨打属地生态环境部门、发证机关和公安部门值班电话报告事故情况；
- ④立即疏散辐射工作场所内及周边可能受辐射影响的所有人员；

⑤采用关闭通道和设置警戒线等措施对辐射工作场所进行管控，防止人员进入；

⑥保持通信畅通，准备好便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪和铅衣、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品，为配合相关部门开展应急处置做好准备。

C、CBCT 模块（III类射线装置）

发现安全连锁失效和人员误入机房受到误照射，立即切断射线装置电源，上报单位领导，启动医院辐射事故应急预案。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：新增 X/γ射线一体化放射治疗系统核技术利用项目

建设单位：四川大学华西医院

建设性质：改建

建设地点：四川省成都市武侯区国学巷 37 号四川大学华西医院第一住院楼负二层

本项目建设内容：

医院拟将第一住院楼负二层加速器机房 4 内的现有医用直线加速器报废，将机房进行改造，改造后机房内置一套 X/γ射线一体化放射治疗系统，建成后投入临床使用。拟将加速器机房 4 北侧和东南侧区域同步进行改造，北侧区域原来由西向东依次为模拟定位机房及配套控制室、暗室和存片室，冲洗淋浴清洁区，卫生间和肿瘤放疗候诊区，改造后由西向东依次为医生办公室、休息室、更衣室、卫生间和肿瘤放疗候诊区。东南侧区域原为制铅模区域，改造后为真空袋储存间和铅模室。

X/γ 射线一体化放射治疗系统（型号：TaiChiPro）兼具医用直线加速器治疗功能和伽玛刀治疗功能。同时为将病灶准确地置于放射区域，在加速器治疗模块和伽玛刀聚焦治疗模块之间，配备有 CBCT（锥形束计算机断层扫描）图像引导系统模块，三种功能集成于同一个滚筒中。但每次治疗或定位，只能一种模块出束，不存在 2 种或 3 种模块同时出束的情况。

13.1.2 本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域应用，根据国家发展和改革委员会发布《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业发展政策。

13.1.3 项目选址合理性

本项目选址满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。

四川大学华西医院第一住院大楼已取得成环建(2003)复字170号文环境影响评价批复,第一住院大楼项目选址合理性已在相关环评报告中进行了论述,本项目仅为第一住院大楼内负二楼改造的配套建设项目,不新增用地。

加速器机房4为专门的辐射工作场所,根据本项目X/γ射线一体化放射治疗系统的屏蔽要求进行设计改造后,机房具备良好的实体屏蔽设施和防护措施,产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小,从辐射安全防护的角度分析,本项目选址是合理的。

13.1.4 工程所在地区环境质量现状

根据监测结果,在加速器机房4设备未运行,加速器机房1~3及伽玛刀治疗室设备正常运行时,加速器机房4内部、四周、上方药房及大楼外各监测点位X-γ辐射剂量率范围为69.2nGy/h~97.5nGy/h。在加速器机房1~4及伽玛刀治疗室设备均未运行条件下,2个监测点位的X-γ辐射剂量率为107nSv/h(89.2nGy/h)和113nSv/h(94.2nGy/h)。

通过对比,在加速器机房1~3及伽玛刀治疗室设备运行和未运行两种工况下,监测结果处于同一水平范围内,无明显差异。同时,两种工况下监测结果与《2025年四川省生态环境状况公报》中成都市环境γ辐射剂量率连续自动监测日均值范围70nGy/h~100nGy/h一致,属于当地正常天然本底辐射水平涨落范围。

13.1.5 环境影响评价结论

(1) 辐射环境影响分析

经模式预测,在正常工况下,本项目建成后对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价5mSv的职业人员年剂量约束值,对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价0.1mSv的公众人员年剂量约束值。

(2) 大气的环境影响分析

本项目一体化治疗系统在运行过程中产生的臭氧经通排风系统排至室外经自然稀释后对环境的影响很小。

(2) 废水的环境影响分析

本项目设备运行期间不产生医疗废水和放射性废水,加速器模块冷却系统采用去离子蒸馏水,内循环使用。

本项目非放射性废水主要来自运行期间工作人员的生活废水,该部分废水直

接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入市政污水管网，对地表水环境影响较小。

(4) 固体废物的环境影响分析

退役放射源由放射源生产厂家成都中核高通同位素股份有限公司回收，医院购源时需与放射源生产厂家签订废源回收协议，废放射源从设备导出后立即带走，不在医院暂存。退役 UPS 电池，系统厂家大医集团有专门的合作供应商，会统一做合规回收处理，医院与大医集团需对此条款进行书面协议。因此本项目废放射源和危险废物均能妥善处理，不会对环境产生危害。

本项目工作人员和患者产生的生活垃圾、办公垃圾，由医院袋装收集后交由环卫部门统一处理。本项目产生的固体废物经妥善处理后将对环境的影响较小。

(5) 声环境影响分析

本项目噪声主要来自通排风系统，本项目所在的第一住院楼为集中式通排风设计，空调机组位于负二层空调机房，排风机设在负一层夹层风机房内，各类风机机组均位于专门的机房内，且位于地下层，通过墙体隔声及距离衰减，对周围声环境无明显影响。

(6) 事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求落实各项辐射事故防范措施，做好应急人员的组织培训和应急物资储备，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

(7) 环保设施与保护目标

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

(8) 辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，分工清楚，责任明确，辐射工作人员配置合理，制定有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。在一一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目 X/γ 射线一体化放射治疗系统辐射安全管理的综合能力。

(9) 项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施

后，本评价认为，本项目在四川大学华西医院成都国学巷本部院区内进行建设，从环境保护和辐射安全角度是可行的。

13.2 建议

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

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

(3) 在实施诊治之前，应事先告知患者辐射对健康的潜在影响；应及时进行总结交流，不断优化治疗方案，在确保精准杀死肿瘤细胞的同时尽量降低照射剂量。