

核技术利用建设项目

综合科研大楼二期新增射线装置应用 项目环境影响报告表

(公示本)

四川省医学科学院·四川省人民医院

二〇二六年六月

生态环境部监制

目 录

表 1	项目基本情况	- 1 -
表 2	放射源	- 21 -
表 3	非密封放射性物质	- 22 -
表 4	射线装置	- 23 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 24 -
表 6	评价依据	- 25 -
表 7	保护目标与评价标准	- 27 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 31 -
表 9	项目工程分析与源项	- 34 -
表 10	辐射安全与防护	- 45 -
表 11	环境影响分析	- 62 -
表 12	辐射安全管理	- 93 -
表 13	结论与建议	- 100 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		综合科研大楼二期新增射线装置应用项目			
建设单位		四川省医学科学院·四川省人民医院			
法人代表		**	联系人	**	联系电话
注册地址		成都市青羊区一环路西 2 段 32 号			
项目建设地点		成都市青羊区一环路西 2 段 32 号四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼 7、9、11 层			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资 (万元)		**	项目环保投资 (万元)	**	投资比例
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input 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	无				
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位情况</p> <p>四川省医学科学院·四川省人民医院 (统一社会信用代码: 1251000045071756XY, 后文简称“四川省人民医院”) 坐落在成都青羊宫旁、浣花溪畔, 建于 1941 年, 前身四川省公立医院是中央大学医学院附属医院, 1952 年命名为四川省人民医院, 1989 年评为首批国家三级甲等医院, 2002 年与四川省医学科学院 (前身为中国医学科学院四川分院) 合并, 成为四川省医学科学院·四川省人民医院。2012 年, 由四川省人民政府与中国科学院合作共建的中国科学院四川转化医学研究医院挂牌。2013 年, 与电子科技大学合作共建电子科技大学医学</p>					

院，成为电子科技大学附属医院。

医院秉承“一院多区、协同发展；全面推进、重点突出；科教兴院、人才强院”发展理念，以院本部为主体，包括青羊院区（院本部、皮肤病性病研究所、省老年医学中心）、龙泉院区（东院）、温江院区（省精神医学中心、温江科研基地）、高新院区（高新医学中心、实验动物研究所、中和科研平台）、成都铁路卫生学校，形成集临床医疗、教学科研为一体的发展格局，先后荣获全国文明单位、全国百佳医院、全国抗震救灾英雄集体、全国抗击新冠肺炎疫情先进集体、全国卫生系统先进集体、全国卫生文化先进单位等荣誉。

（一）任务由来

为提升医疗诊疗与科研技术水平，缓解就诊压力，四川省人民医院在青羊本部院区建设综合科研大楼，完成院内医疗资源优化腾挪，进一步理顺院区功能布局、提升诊疗服务效率。为配套综合科研大楼医疗功能需求，医院同步实施综合科研大楼核技术利用分期建设项目，其中一期已完成放疗中心及手术中心的建设，主要配套建设了 DSA、医用直线加速器及后装治疗等设备，初步构建起肿瘤放射治疗、外科手术诊疗基础功能模块。本次二期核技术利用项目，系结合一期项目建设后，结合手术中心实际布局优化调整需求开展的配套补充建设，不改变一期项目主体功能，依托综合科研大楼既有建筑，在7层、9层、11层手术中心区域补充建设 DSA 机房（配套建设1间滑轨 CT 机房，用于配合 DSA 开展复合手术）及术中放疗手术室和，新增 II 类、III 类射线装置并配套辐射防护与安全设施，满足心血管介入、术中靶向放疗等临床诊疗需求，进一步完善手术及介入诊疗配套核技术应用能力，优化临床诊疗流程。

（二）编制目的

按照《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》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第 18 号）的规定和要求，该核技术利用二期项目需开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。根据四川省生态环境厅关于印发《四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录（2025 年本）》（川环规[2025]1 号），本项目应报成都市生态环境局审查批准。因此，四川省人民医院委托四川同佳检测有限责任公司编制本项目的环境影响报告表（委

托书见附件1)。

四川同佳检测有限责任公司接受本项目编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地周围环境和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，对项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

二、项目概况

项目名称：综合科研大楼二期新增射线装置应用项目

建设单位：四川省医学科学院·四川省人民医院

建设性质：新建

建设地点：成都市青羊区一环路西 2 段 32 号四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼 7 层、9 层、11 层

（一）建设内容及规模

1、项目概况

本项目系综合科研大楼手术中心实际布局优化调整需求开展的二期配套建设，依托综合科研大楼既有建筑，在7层、9层、11层手术中心区域新建 DSA 机房（配套建设1间滑轨 CT 机房，用于配合 DSA 开展复合手术）及术中放疗手术室，并新增 II 类、III 类射线装置，配套建设辐射防护与安全设施，满足心血管介入、术中靶向放疗等临床诊疗需求。

2、建设地点与布局

项目建设地点位于医院综合科研大楼 7、9、11 层手术中心，射线装置及手术室布置情况如下：在 7 层南部最底端新建 1 间 DSA1#机房；在 9 层南部最底端新建 1 间 DSA2#机房；在 11 层南部西侧呈“一”字排列新建 DSA3#机房、术中放疗手术室 1#、术中放疗手术室 2#各 1 间；在 11 层南部最底端新建 1 间 DSA4#机房，机房西侧紧邻配套建设 1 间独立 CT 机房，内设 1 台地轨式滑轨 CT 设备，两机房之间设置铅防护推拉滑门，当开展复合手术时，开启铅滑门，CT 设备沿地轨滑移至 DSA4#机房，形成 DSA-CT 一体化复合手术作业空间，日常状态下，CT 设备停置于专属机房内，开展常规检查工作。

本项目各手术室、机房所在楼层均为手术中心科室，均按医疗流程与辐射防护要求独立分区布置，配套设置有控制室、设备间、患者通道、医护通道、污物通道等辅助功能区，满

足辐射防护、感染控制与临床使用要求。

3、射线装置配置

本项目共新增 2 台术中放射治疗仪、4 台 DSA，均属于 II 类射线装置；DSA4#机房配套使用 1 台滑轨 CT，属于 III 类射线装置，以上设备型号均待定，主要技术参数如下：

(1) 术中放射治疗仪

在术中放疗室1#、术中放疗室2#内分别配置1台术中放射治疗仪，利用低能X射线对脑、乳腺等肿瘤组织周围实施靶向性辐射，主要用于术中精准放疗，属于低能X射线靶向治疗，其最大管电压均为50kV，最大管电流均为0.5mA，均属于II类射线装置。

(2) DSA

在 DSA1#~DSA4#机房内分别新增使用 1 台 DSA，主要用于外周血管、心血管、神经、综合介入等手术，在 DSA4#机房内配套使用 1 台滑轨 CT，用于配合 DSA 开展复合手术；其 DSA 最大管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA，出束方向由下而上，均属于 II 类射线装置，CT 最大管电压 \leq 150kV、最大管电流 \leq 1000mA，属于 III 类射线装置。

4、设备工作制度与出束时间

(1) 术中放射治疗仪

单台设备年最大诊治人数：3000 人/年；单次最高照射治疗时间：30min；单台年最大工作时长：1500h /台。

(2) DSA

本项目综合科研大楼手术中心配置 4 台 DSA 设备，其中 DSA1#~3#机房开展常规 DSA 介入手术，DSA4#机房开展 DSA+CT 复合介入手术；为确保辐射环境影响评价结果的保守性，本环评按常规 DSA 介入和复合 DSA 介入两类场景进行划分，单台手术最长出束时间按各使用科室涉及的最长出束时间取值，以覆盖最不利工况。

①常规 DSA

单台设备年手术量：500 台/年；单台手术最大出束时间：透视 30min、拍片 1min；单台设备年累计最大曝光时间：258.33h /台（透视 250h、拍片 8.33h）。

②复合 DSA

手术量：300 台/年；手术最大出束时间：透视 40min、拍片 1min；年累计最大曝光时间：205h（透视 200h、拍片 5h）；配套滑轨 CT：每台手术单次曝光 \leq 5min，年累计最大曝光时间 25h。

5、屏蔽防护措施

(1) 术中放疗

术中放疗室1#、术中放疗室2#有效面积分别为53m²、43m²，手术室四周墙体均采用龙骨钢架+45mm厚硫酸钡板，屋顶及地面均采用120mm厚钢筋混凝土+30mm厚硫酸钡涂料，均设有2扇防护铅门，防护厚度均为3mmPb，均设有1扇观察窗，均为3mm铅当量铅玻璃。

(2) DSA

本项目共设置4间DSA机房，编号为DSA1#~DSA4#，各机房有效使用面积依次为：60m²、67m²、63m²、74m²。四间机房墙体防护屏蔽做法统一：四周墙体均采用龙骨钢架+45mm厚硫酸钡板，屋顶及地面均采用120mm厚钢筋混凝土+30mm厚硫酸钡涂料。每间机房均配置1扇铅玻璃观察窗，均采用3mmPb铅当量铅玻璃；门体配置方面：DSA1#、DSA3#机房各设置2扇防护铅门，DSA2#机房设置3扇防护铅门，DSA4#机房设置2扇常规防护铅门，另增设1扇与CT机房连通的滑轨式推拉铅门，所有防护铅门屏蔽当量均为3mmPb。

建设项目组成及主要的环境问题见表1-1。

表1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

项目	科室	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
					施工期	营运期
主体工程	手术中心	术中放疗	设备及数量	2台术中放射治疗仪		主体工程 施工期环境影响影响已包含在《综合科研大楼建设项目环境影响报告表》中（成青环审[2022]10号）。之后辐射防护施工装修、设备安装将会产生：噪声、扬尘、废水、废气、固体废
			设备型号	待定		
			管理类别	II类		
			使用场所	术中放疗室1#、术中放疗室2#		
			设备参数	最大管电压50kV、最大管电流0.5mA		
			年曝光时间	1500h/台		
			屏蔽体结构	术中放疗手术室四周墙体均采用龙骨钢架+45mm厚硫酸钡板，屋顶及地面均采用120mm厚钢筋混凝土+30mm厚硫酸钡涂料，观察窗均为3mmPb铅玻璃，铅门防护厚度均为3mmPb。		
			DSA			
		设备及数量	4台DSA			
		设备型号	待定			
		管理类别	II类			
		使用场所	DSA1#~DSA4#机房			
		设备参数	最大管电压125kV、最大管电流1000mA			
		年曝光时间	常规：258.33h/台（其中透视250h、拍片8.33h） 复合（DSA4#）：205h（其中透视200h、拍片5h）			
	CT					
设备及数量	1台地轨式移动CT					

	疗	设备型号	待定	物	
		管理类别	III类		
		使用场所	DSA4#机房和 CT 机房		
		设备参数	最大管电压≤150kV、最大管电流≤1000mA		
		年曝光时间	25h		
		屏蔽体结构			
		本项目 DSA1#~4#机房屏蔽方案一致：四周墙体均采用龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板，屋顶及地面均采用 120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料，观察窗均为 3mmPb 铅玻璃，铅门防护厚度均为 3mmPb。			
辅助工程	控制室、设备间等				
公用工程	市政水网、市政电网、配电系统、废水处理站、通排风系统			/	
办公生活设施	医生办公室、护士办公室、值班室、更衣室			/	
环保设施	① 废气治理 ：手术中心机房内均设有机械送排风系统，废气经排风管道收集引至所在楼层区域最近的新风机房内，经过滤处理后排至排风井，综合科研大楼排风井均位于大楼侧墙，通过高层百叶窗口排至室外大气环境中。			噪声、扬尘、固体废物、生活垃圾、生活污水	生活垃圾、生活污水
	② 噪声治理 ：本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB (A)，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声满足要求。				
	③ 废水治理 ：本项目运营期不产生医疗废水，产生的生活污水依托医院污水处理站处理达标后排放至市政污水管网，最终排放至成都市第九净水厂处理达标后排放至锦江。				
	④ 固废处理 ：医护人员日常办公垃圾定点袋装收集，定期交当地环卫部门清运处置；医疗废物采用专门的容器收集转移至医院医疗废物暂存间后由医疗废物处理机构定期统一处理。				

(二) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

项目	名称	年耗量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	造影剂*	360L	外购	碘克沙醇
能源	煤	—	—	—
	电(kW·h)	1000	市政电网	—
	气(Nm ³)	—	—	—
水资源	用水量	500m ³ /a	市政水网	—

注：*造影剂主要成分为碘克沙醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，具有粘稠度低、渗透压小、物化性质稳定和容易排泄等特点。

本项目使用的造影剂为碘克沙醇注射液，碘克沙醇注射液：分子式 C₃₅H₄₄I₆N₆O₁₅，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压为 290mosm/kg·H₂O（37℃），粘度为 11.4mPa·s（37℃），pH 值为 6.8-7.6。本品为无色或淡黄色的澄明液体。活性成分为碘克沙醇，辅料

为氯化钙、氯化钠、氨丁三醇、依地酸钙钠，包装为中性硼硅玻璃输液瓶。规格 100ml/瓶，平均每台介入手术使用 2 瓶，共 1800 台手术，则年使用量共约为 360L。由医院统一采购，常温储存，使用后的废

包装物按医疗废物处置。

(三) 本项目主要设备配置及技术参数

本项目使用的术中放射治疗仪、DSA 位于综合科研大楼 7、9、11 层手术中心，根据医院提供资料，本项目术中放射治疗仪主要用于术中精准放疗，属于低能 X 射线靶向治疗，DSA 主要用于外周血管、心血管、神经、综合介入等不同类型手术；由于各类手术复杂程度差异较大，出束时间也随之不同，为确保辐射环境影响评价结果的保守性，单台手术最长出束时间按使用科室最长出束时间取值，以覆盖最不利工况。本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-3，DSA 设备使用情况见表 1-4，术中放射治疗仪使用情况见表 1-5。

表 1-3 本项目射线装置参数表

装置名称	数量	型号	设备最大参数	管理类别	使用场所	备注
术中放射治疗仪	2 台	待定	**	II 类	术中放疗室 1#、术中放疗室 2#	拟购
DSA	4 台	待定	**	II 类	DSA1#~DSA4#机房	拟购
CT	1 台	待定	**	III 类	DSA4#机房、CT 机房	拟购

表 1-4 本项目单台 DSA 射线装置使用相关参数

设备	出束方向	管理科室	常用拍片工况		常用透视工况	
			管电压	管电流	管电压	管电流
DSA	由下向上	放射科	**	**	**	**

设备出束情况

使用场所	单台手术累计最长出束时间		单台 DSA 年手术台数 (台)	单台 DSA 年最长出束时间	
	拍片 (min)	透视 (min)		拍片 (h)	透视 (h)
常规 DSA 介入	**	**	**	**	**
复合 DSA 介入	**	**	**	**	**

表 1-5 本项目单台术中放射治疗仪装置使用相关参数

装置名称	设备最大参数	设备基础常规工况	
术中放射治疗仪	50kV、0.5mA	常规电流工况	**
		中高电流工况	**
		高电流工况	**
		极限满负荷	**

设备出束情况 (保守取常规标准工况下的最长照射时间)

使用场所	单台手术最长照射时间	单台设备年手术台数 (台)	单台设备年最长出束时间 (h)
术后瘤床集中放疗	**	**	1500

(四) 工作人员配置情况

1、工作制度：年工作日250d，每周工作5d，每天工作8h。

2、人员配置：本项目拟配置辐射工作人员共计39人（包括放射介入人员35人、放射治疗人员4人），均为新增人员，辐射工作人员均定岗定职，不存在交叉工作的情况，不涉及剂量叠加，人员配置如下：

①**术中放疗**管理科室为肿瘤科，多科室使用，拟配置4名辐射工作人员，2间手术室平均分配，其中放疗医生2名、放疗物理师2名，均为新增辐射工作人员，与多学科外科医生、麻醉医生、病理医生、护理团队精准配合共同完成术中放射治疗手术，放疗医生负责确定术中放疗方案，评估术中放疗，放疗物理师负责术中放疗设备的质量控制和质量保证，按照放疗医生要求设计放疗计划和实施剂量计算，设备操作，执行术中放疗。

②**DSA**拟配置辐射工作人员共35人，其中介入护士8人、技师4人、主刀医师15人，助手医师8人，均为新增人员；临床科室介入手术分专业完成（神经、心脏、外周、综合），由介入中心技术、护理人员配合完成。本项目所有医师、技师、护理人员实行轮班分组作业，依据当日临床手术排班确定具体手术机房。常规介入手术由主刀医师、助手医师、介入护士及放射技师组成标准作业小组，协同完成全流程操作。

表 1-6 本项目工作人员配置情况

所在场所	装置名称	配备人数	人员构成	所属科室	备注
手术中心	术中放射治疗仪	4人	**	**	均为新增人员
	DSA	35人	**	**	均为新增人员
合计		39	/	/	/

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），本项目新增的39名辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗，并定期复训。

(五) 依托可行性分析

本项目依托的综合科研大楼已完成《关于四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼建设项目环境影响报告表审查的批复》（成青环审【2022】10号，附件5），本项目施工期土建环境影响均在上述报告中进行了分析，施工期仅涉及辐射防护施工、装修、设备安装等。

污水处理设施:医院已设置有 2 座污水处理站:综合污水处理站 1,处理规模为:3000m³/d;综合污水处理站 2,处理规模为 800m³/d;处理达《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 预处理排放标准后排入市政管网,最终排放至成都市第九净水厂处理达标后排放至锦江。本项目运营期间不产生医疗废水,产生少量生活污水,与医院目前污水处理规模对应分析,能够满足本项目新增生活污水产生量和排放量的排放需求,因此本项目运营期间产生的生活污水依托医院污水处理站处理可行。

生活垃圾处理设施:本项目本项目实施后,医院新增工作人员 39 人,按每人每天产生生活垃圾 0.5kg/d,则新增生活垃圾 19.5kg/d,办公区域内设有生活垃圾收集桶,生活垃圾定点袋装收集,日产日清,定期交当地环卫部门清运处置,本项目依托医院既有生活垃圾收集设施可行。

污物暂存间:本项目 7 层、9 层、11 层手术中心分别对应设置有污物暂存间和医废间,且污物走廊设置在每层手术中心区域最外围,形成一个闭环;手术过程中产生的医疗废物经分类收集打包好后经污物走廊运至对应楼层污物暂存间内暂存,综合科研大楼每层手术中心设计时已考虑对应医疗废物的暂存容量,因此本项目依托污物暂存间可行。

本项目手术中心污物暂存间内的医疗废物日产日清,晚上手术室下班时间,工作人员通过污梯再统一转运至医院总医废暂存间内暂存,最后定期统一交由有资质的单位收运处置。医院设有两个总医废暂存间,其中医废暂存间 1 位于医院西南侧,面积约 30m²,医废暂存间 2 位于综合污水处理站 1 东侧,面积约 8m²,本项目医疗废物产生量相对较少,依托医院原有的医废暂存间可行。

三、本项目产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录(2024年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号,2024年1月1日施行)的相关规定,本项目使用数字减影血管造影装置(DSA)、术中放射治疗仪、CT均为医院医疗基础建设内容,属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第1款“医疗卫生服务设施建设”,属于国家鼓励类产业,符合国家产业政策。

四、项目周边保护目标以及选址情况

(一) 本项目外环境关系

本项目位于成都市青羊区一环路西2段32号四川省人民医院本部院内,院外周边主要为

住宅区、写字楼、街边商铺，本项目辐射工作场所50m评价范围均位于院内。

本项目手术中心 DSA/术中放疗拟建于综合科研大楼 7、9、11 层，以手术中心机房实体屏蔽为边界，取保护目标距离辐射工作场所最近距离，50m 评价范围内：东侧依次为第二住院大楼（36m）、医技楼（40m）；南侧依次为第三住院大楼（21m）、燃气站（41m）；北侧院内规划道路和绿化（45m）；西侧依次为锅炉房（26m）、后勤管理用房（37m）；本项目辐射工作场所所在综合科研大楼对应上方、下方楼层布局分别为：6 层为男女更衣间、8 层为手术间、10 层为新风机房和净化机房、12 层为病房和医护走廊。

综述，以上 50m 范围内保护目标距离均取的距离最近辐射工作场所的距离，根据外环境分析本项目选址所在地交通便利，50m 范围内均位于院内，无重大环境制约因素。

（二）选址合理性分析

（1）手术中心选址合理性：本项目位于成都市青羊区一环路西 2 段 32 号四川省人民医院本部综合科研大楼内，四周临近医院第一、二、三住院大楼；本项目所在综合科研大楼功能布局分为高中低三大功能中心，分别为科研中心（14-22F）、手术中心（5-13F）和医技中心（1-4F）；DSA 介入及术中放疗均布置于综合科研大楼中低区楼层的手术中心（7、9、11 层），竖向交通压力小，且辐射工作场所集中布置，所在楼层均独立成区，通过综合科研大楼的连廊与周围的第一、第二、第三住院楼相连接，与院区内已建住院楼门急诊等紧密联系，提升效率；DSA 机房集中布置在同楼层的手术中心洁净区，极大程度减少公众误入的几率，有利于科室统一管理，每间 DSA 机房外围均紧邻污物通道，便于术后污物的运输，实现了人员与污物流出路线不交叉，且临近消防楼梯，一旦发生事故，周围公众也能够很快得到疏散；DSA 机房为专门的辐射工作场所，建成后有良好的实体屏蔽设施和防护措施，综上所述，选址合理。

（2）用地合理性：本项目所在综合科研大楼用地已取得了成都市青羊区规划和自然资源局颁发的建设用地规划许可证（地字第 510105202321166 号，附件 3），用地性质为医疗卫生用地，本项目建设均位于医院许可用地范围内，不新增用地。

（3）履行的环保手续：本项目所在综合科研大楼于 2022 年 12 月 28 日取得了成都市青羊生态环境局《关于四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼建设项目环境影响报告表审查的批复》（成青环审【2022】10 号，附件 5），该大楼的选址合理性已在上述环评报告表中进行了论述，目前综合科研大楼已建成投运。

（4）术中放疗手术室与“HJ1198-2021”选址要求符合性对照分析：

表 1-7 术中放疗与“HJ1198-2021”选址要求符合性对照分析一览表

标准文件	对应标准中选址要求	实施情况	是否符合
《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021)	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	本项目术中放疗手术室选址充分考虑了对其周围环境的辐射影响,选址于综合科研大楼 11 层手术中心南部西侧位置,地面投影 50m 范围评价保护目标均位于院内,周边无民居、写字楼和商住两用的建筑物等。	符合要求
	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。	本项目术中放疗手术室单独选址在综合科研大楼 11 层手术中心南部西侧位置,所在区域独立成区,术中放疗手术室正上方为病房区域,正下方为净化、新风机房,避开了产科、儿科等特殊人群区域,周围无人员流动性大的商业活动区域。	符合要求
	5.1.3 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施,并尽量设在医院手术区的最内侧,与相关工作用房(如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间)形成一个相对独立的区域;术中控制台应与治疗设备分离,实行隔室操作,控制台可设在控制室或走廊内。	本项目 2 间术中放疗手术室均采取了辐射屏蔽防护措施,且设置在 11 层手术中心南部底端西侧位置,2 间术中放疗手术室集中并列布置,所在区域为介入和术中放疗独立区域,且控制室紧邻手术室布置在东侧,隔室操作。	符合要求

(5) 综述: 四川省人民医院青羊本部院区所在位置为城市建成区,项目选址周围基础设施完善,给排水等市政管网完善,电力、电缆等埋设齐全,为项目建设提供良好条件。拟建各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施,产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求,并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。综上所述,从辐射防护安全和环境保护角度分析,本项目选址是合理的。

(三) 与周边环境的兼容性分析

本项目运营期产生的生活污水经医院的污水处理站处理后排入市政污水管网,最终排放至成都市第九净水厂处理达标后排放至锦江。

本项目手术中心 DSA 机房及术中放疗手术室内产生的废气经过管道收集最终汇总至排风机房,经过滤处理后排至一旁通风井内,综合科研大楼排风井均位于大楼侧墙,通过高层设置的百叶窗口排至大楼室外大气环境(排风井百叶最低设置楼层在 3 楼以上),与周边环境相容。

本项目噪声源主要为风机噪声,所有设备选用低噪声设备,最大源强不超过 65dB(A),

均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求，且排风机房均设置在每层手术中心的最外侧，靠近大楼侧墙区域，远离手术中心区域，噪声源位置布局合理，通过使用低噪声设备、安装消声器、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

本项目建设于医院内中心区域，建成后 50m 评价范围内保护目标均位于医院内部。本项目运行阶段产生的电离辐射经机房墙体有效屏蔽后对周围环境影响较小，与周围环境相容。

五、实践正当性分析

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，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断及治疗效果，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，因此，该项目的实践是必要的。

建设单位在开展诊疗过程中，对射线装置使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

六、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可情况

（1）目前，四川省医学科学院·四川省人民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【00096】），许可的种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ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。发证日期：2025年12月15日，有效期至2030年11月24日。

（2）医院目前已获许可使用射线装置共计87台（其中Ⅱ类17台、Ⅲ类70台），全院（含下属院区）辐射工作场所共91个，分布在：院本部放射科、核医学科、肿瘤科、PET/CT中心、手术室、体检中心、介入中心，老年医学中心，龙泉院区，皮研所，伽玛刀中心，口腔科，碎石中心，温江精医中心，高新区实验动物研究所等；使用Ⅱ放射源 ^{60}Co 25枚、Ⅲ类放射源 ^{192}Ir 1枚、Ⅴ类放射源 ^{68}Ge 3枚；生产核素 ^{18}F ；使用核素： ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I 、 ^{125}I （籽源）；已获批核素 ^{32}P 、 ^{13}N 暂未使用。医院现有核技术利用项目的许可情况见下表。

表 1-8 四川省医学科学院·四川省人民医院已获许可使用放射源

序号	核素名称	出厂日期	出厂活度 (贝可)	放射源编码	类别	用途	工作场所名称	来源
1	Ge-68	2024.01.20	9.250E+7	US24GE000195	V	校准源	PET/CT	美国
2	Ge-68	2024.01.20	4.625E+7	US24GE000185	V	校准源	PET/CT	美国
3	Ge-68	2024.01.20	4.625E+7	US24GE000175	V	校准源	PET/CT	美国
4	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003442	II	伽玛刀	伽玛刀中心	成都中核高通同位素股份有限公司
5	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003452	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
6	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003462	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
7	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003472	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
8	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003482	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
9	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003492	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
10	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003502	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
11	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003512	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
12	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003522	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
13	Co-60	221.10.25	9.620E+12	0321C0003532	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
14	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003542	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
15	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003552	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
16	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003562	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
17	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003572	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
18	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003582	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
19	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003592	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
20	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003602	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
21	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003612	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
22	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003622	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
23	Co-60	2021.10.25	9.620E+1	0321C0003632	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
24	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003642	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
25	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003652	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
26	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003662	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
27	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003672	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
28	Co-60	2021.10.25	9.620E+12	0321C0003682	II	伽玛刀	伽玛刀中心	
29	Ir-192	2024.09.15	3.7E+11	NL25IR0109933	III	后装治疗机	后装治疗室	德国

表 1-9 四川省医学科学院·四川省人民医院已获许可使用非密封放射性物质

序号	核素名称	本年度实际使用总量 (Bq)	工作场所名称	工作场所等级	工作场所日等效最大操作量 (Bq)	工作场所年最大用量 (Bq)	用途	来源	转让审批备案文号
1	^{99m} Tc	3.0E+12	院本门诊医技楼四层 ECT 检查室	乙级	1.6E+8	4E+12	诊断	成都欣科医药有限公司	川环辐证[2024]2318号
	^{99m} Tc	8.8E+11		乙级	1.6E+8	4E+12	诊	四川原子高	川环辐证

							断	通药业有限公司	[2024]2319号
	^{99m} Tc	7.4E+9		乙级	1.6E+8	4E+12	诊断	重庆东诚安迪科药业有限公司	川环辐证[2024]2320号
2	¹³¹ I	9.1E+11	院本门诊医技楼四核医学科病房	乙级	4.44E+8	1.11E+12	治疗	成都欣科医药有限公司	川环辐证[2024]2318号
		7.4E+10		乙级	4.44E+8	1.11E+12	治疗	四川原子高通药业有限公司	川环辐证[2024]2319号
3	⁸⁹ Sr	2.0E+8	院本门诊医技楼四层核素分装治疗室	乙级	5.3E+6	1.33E+10	治疗	成都欣科医药有限公司	川环辐证[2024]2318号
		7.4E+9		乙级	5.3E+6	1.33E+10	治疗	四川原子高通药业有限公司	川环辐证[2024]2319号
4	¹²⁵ I (粒籽)	3.7E+10	院本门诊医技楼四层核素分装治疗室	乙级	2.22E+9	9.25E+10	治疗	重庆东诚安迪科药业有限公司	川环辐审[2024]2320号
5	³² P	0	院本门诊医技楼四层核素分装治疗室	丙级	7.4E+5	1.85E+9	治疗	本年度未使用	/
6	¹³ N	0	院本门诊一层PET/CT中心	乙级	1.6E+9	4.0E+11	治疗	本年度未使用	/
7	¹⁸ F	1.5E+12	院本门诊一层PET/CT中心	乙级	1.48E+9	3.7E+12	诊断	自制	川环辐证[00096]

表 1-10 四川省医学科学院·四川省人民医院已获许可使用射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	工作场所	备注
1	DR	Multix Impact C	III	放射诊断	院本门诊医技楼二层 X 光摄影室 1	II类射线装置均已环评、验收；III射线装置均已备案；
2	DR	DRX-Innovation-擎天	III类	放射诊断	院本门诊医技楼二层 X 光摄影室 2	
3	DR	DR-TH	III类	放射诊断	院本门诊医技楼二层 X 光摄影室 3	
4	DR	Multix Impact C	III类	放射诊断	院本门诊医技楼二层 X 光摄影室 4	
5	DR	Definium 6000	III类	放射诊断	院本门诊医技楼二层 X 光摄影室 6	
6	DR	Definium 6000	III类	放射诊断	院本门诊医技楼二层 X 光摄影室 7	
7	数化 X 射线透视摄影	SONIALVISIO	III类	放射诊断	院本门诊医技楼二层胃肠	

	系统(胃肠机)	N C200			检查室	且均 正常 使用
8	数字乳腺 X 射线摄影系统	Selenia Dimensions	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼二层乳腺 X 光摄影室	
9	DSA	Allura Xper FD10	Ⅱ类	放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 1	
10	DSA	Artis Zee ceiling(大板)	Ⅱ类	放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 2	
11	DSA	Xper FD20	Ⅱ类	放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 3	
12	DSA	Artis Zee ceiling(小板)	Ⅱ类	放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 4	
13	DSA	Artis Q ceiling	Ⅱ类	放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 5	
14	DSA	Allura Xper FD10	Ⅱ类	放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 6	
15	DSA	Artis Q ceiling	Ⅱ类	放射诊断	院本部第三住院楼四层 DSA 检查室 7	
16	DSA	Artis Q ceiling	Ⅱ类	放射诊断	院本部急救中心一层 DSA 检查室 8	
17	CT 机	SOMATOM Perspective	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 扫描室 1	
18	CT(X 射线电子计算机断层扫描装置)	Optima CT680Expert	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 扫描室 2	
19	CT (双源 CT)	Somatom Force	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 检查室 3 (双源 CT)	
20	CT 机	SOMATOM go.fit	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼一层 CT 扫描室 4	
21	CT 机	Optima CT620	Ⅲ类	放射诊断	院本部第三住院楼负一层 CT 检查室 7	
22	CT 机	Revolution CT	Ⅲ类	放射诊断	院本部急救中心一层 CT 检查室 8	
23	移动 CT 检测车	ANATOM 64 Fit	Ⅲ类	放射诊断	院本部发热门诊移动 CT 室	
24	移动数字 X 光机(DR)	MUX-100DJ	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼二层放射科移动 DR 存放间 1	
25	移动式数字摄影 X 线系统	MUX-100DJ	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼二层放射科移动 DR 存放间 2	
26	移动数字 X 光机(DR)	MobiEye700	Ⅲ类	放射诊断	院本部门诊医技楼二层放射科移动 DR 存放间 3	
27	CT 机	uCT 760	Ⅲ类	放射诊断	门诊医技大楼一层 CT 检查室 15	
28	CT 机	uCT 860	Ⅲ类	放射诊断	门诊医技大楼一层 CT 检查室 16	
29	移动 C 臂 X 光机	Ziehm Vision	Ⅲ类	放射诊断	院本部第三住院楼六层 306	

		FD Vario 3D			手术间
30	移动 C 臂 X 光机	OEC-Brivo715	III类	放射诊断	院本部第一住院楼二层 23 手术间
31	移动 C 臂 X 光机	OEC 9900 Elite	III类	放射诊断	院本部第三住院楼六层 307 手术间
32	DSA	ARTIS pheno	II类	放射诊断	院本部第三住院大楼六层神经外科复合手术间
33	移动 C 臂 X 光机	ARCADIS Varic Gen2	III类	放射诊断	院本部第三住院楼六层 303 手术间
34	移动式平板 C 型臂 X 射线机	PLX118F/a	III类	放射诊断	院本部第三住院大楼六层 308 手术间
35	移动式平板 C 型臂 X 射线机	Ortho-A52	III类	放射诊断	院本部第三住院大楼六层 310 手术间
36	移动式平板 C 型臂 X 射线机	PLX118F/a	III类	放射诊断	院本部第三住院大楼六层 312 手术间
37	PET/CT	Biograph mCT Flow64-4R	III类	放射诊断	院本部门诊一层 PET/CT 机房
38	回旋加速器	MINItrace	II类	核医学	院本部门诊一层回旋加速器室
39	双能 X 射线骨密度仪	Lunar iDXA	III类	放射诊断	院本部门诊医技大楼 4 层核医学科骨密度检测室 1
40	骨密度仪	Lunar iDXA	III类	放射诊断	院本部门诊医技四层骨密度检测室 2
41	医用电子直线加速器	TRILOGY	II类	放射治疗	院本部门诊医技楼负一层加速器治疗室 1
42	医用电子直线加速器	TrueBeam	II类	放射治疗	院本部门诊医技楼负一层医用电子直线加速器治疗室 2
43	CT 模拟定位机	SOMATOM Definition AS	III类	放射诊断	院本部门诊医技楼负一层 CT 模拟定位室
44	模拟定位机	Acuity	III类	放射诊断	院本部门诊医技楼负一层模拟定位室
45	体外冲击波碎石机	HK · ESWL-VI	III类	放射诊断 + 疗	院本部第一住院楼负一层碎石机室
46	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	OP300-1	III类	放射诊断	院本部门诊医技楼四层口腔照片室 1
47	牙科 X 射线机	eXpert DC	III类	放射诊断	院本部门诊医技楼四层口腔照片室 2
48	口腔 CT	3D Accuitomo	III类	放射诊断	院本部门诊医技楼四层口腔 CT 室
49	ERCP	Easy Diagnost	III类	放射诊断	院本部门诊医技楼七层 ERCP 机房
50	X 射线电子计算机体层摄影系统	MOCOOTO MCT-I	III类	放诊断	院本部第三住院楼五层神经外科 ICU 移动 CT 存放间

51	DR	Digital Diagnost VS	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心 DR 检查室 2
52	CT	Ingenuity Core128	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心一层 CT 检查室 5
53	CT	Ingenuity Core128	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心一层 CT 检查室 6
54	CT 机	Optima CT620	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心三层 CT 检查室 12
55	X 光手指骨密度仪	Metri Scan	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心二层 X 光骨密度检查室 2
56	X 光手指骨密度仪	Metri Scan	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心一层 X 光骨密度检查室 3
57	X 光手指骨密度仪	Metri Scan	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心三层 X 光骨密度检查室 4
58	X 线骨密度检测仪	Lunar iDXA	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心一层双能骨密度检查室
59	医用 X 射线治疗机	SRT-100	III	放射治疗	皮研所 X 射线治疗室
60	DR	DigitalDiagnost C90	III类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 DR 检查室 1
61	DR	DigiEye 680P	III类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼一层 DR 检查室 2
62	CT	SOMATOM Force	III类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 CT 检查室 13
63	CT	SOMATOM go.fit	III类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼一层 CT 检查室 14
64	DSA	Artis Q ceiling	II类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 DSA 检查室 9
65	模拟定位机	SOMATOM go.Sim	III类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负二层模拟定位检查室 2
66	医用直线加速器	VitalBeam	II类	放射治疗	老年医学中心门诊医技楼负二层加速器治疗室 3
67	X 射线骨密度仪	MetriScan	III类	放射诊断	老年医学中心体检中心手指骨密度室 1
68	DR	新东方 1000FC 型	III类	放射诊断	东院区住院楼一层放射科 DR 室 1
69	CT(计算机断层摄影设备)	Aquilion TSX-101A	III类	放射诊断	东院区发热门诊东侧
70	DSA	Artis Q ceiling	II类	放射诊断	东院区门诊楼一层 DSA 介入室
71	DR(X 线摄影系统)	MRAD-D50S RADREX	III类	放射诊断	东院区放射科 DR 室 2
72	体外冲击波碎石机	HK•ESWL-VI	III类	放射诊断	东院区体外冲击波碎石室
73	CT	SOMATOM Definition Edge	III类	放射诊断	东院区 CT 室 2

74	移动C形臂X射线机	Brivo OEC 850	III类	放射诊断	东院区住院楼 15层手术间
75	数字移动C形臂X射线机	PLX7100A	III类	放射诊断	东院区住院楼 15层第六手术间
76	X射线计算机断层摄影设备	SOMATOM go.Fit	III类	放射诊断	东院区住院楼一层放射科 CT室 1
77	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	Mdx-12DFilm	III类	放射诊断	龙泉驿院区门诊大楼二层综合诊疗区口腔 CT室
78	X射线电子计算机体层扫描系统	UTC780	III类	放射诊断	温江院区 1号楼一层 CT室
79	数字移动C形臂X射线机	HHMC-60	III类	放射诊断	温江院区第一住院大楼二层疼痛科手术间
80	移动式C臂X射线机	PLX7000B	II类	放射诊断	实验动物研究所影像楼一层C臂机实验机房
81	数字乳腺X射线摄影系统	Senographe Pristina Hygeia	III类	放射诊断	院本部门门诊医技楼二层乳腺X光摄影室 2
82	移动式X射线机	MobiEye 750	III类	放射诊断	院本部门门诊医技楼二层放射科移动DR机存放室
83	X光手指骨密度仪	Metri Scan	III类	放射诊断	院本部第三住院楼健康管理中心一层X光骨密度检查室 1
84	DSA	Azurion 7M12	II类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层 DSA机房
85	双能X射线骨密度仪	Lunar iDXA	III类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼负一层双能骨密度检查室 3
86	移动式X射线机	MobiEye 750	III类	放射诊断	老年医学中心门诊医技楼移动DR存放室
87	X射线计算机体层摄影设备	NAEOTOM Alpha	III类	放射诊断	青羊院区老年医学中心门诊医技大楼负一层CT检查室 17

(二) 原有核技术利用情况

根据医院《2025年度安全和防护状况年度评估报告》可知，全院在用II类射线装置均已完成了环境影响评价并取得了环评批复，III类射线装置均已完成了建设项目环境影响登记备案，目前均已上证，医院无未经辐射安全许可就投运的辐射设备或辐射场所，实际使用医用射线装置、放射源及非密封放射性物质的情况与辐射安全许可证一致；医院辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，对发现的隐患及时处理；医院按要求办理了放射性同位素转让（进出口、送贮）等手续，并及时更新了台账；医院自从事放射诊疗工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

医院应定期检查《辐射安全许可证》及全国核技术利用辐射安全申报系统中台账，确保在用种类、台账数量与实际使用的射线装置、放射源、非密封放射性物质等一致。医院应按照相关要求，对原有待报废射线装置进行去功能化，及时到四川省生态环境厅办理相

关手续。

（三）原有辐射工作场所监测情况

2025年度医院委托四川中环康源卫生技术服务有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，根据监测报告【CDZH(环)-2025-F0303】可知，全院射线装置工作场所及核医学工作场所屏蔽体外30cm处的辐射剂量均满足（GBZ130-2020）中规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量当量率；核医学科乙级非密封源工作场所 β 放射性活度均低于国家标准 GB18871-2002规定监督区的表面污染控制水平 4Bq/cm^2 、控制区的表面污染控制水平 40Bq/cm^2 ，监测结果均符合国家相关标准要求。

（四）职业健康体检及个人剂量检测情况

医院本年度登记在册的辐射工作人员共670名人（含下属院区），医院对于所有新入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理；为每名辐射工作人员配备有个人剂量计并且编号定人佩戴，定期交由有资质的检测部门进行检测，建立有个人剂量档案；目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。

医院委托四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司对全院所有辐射工作人员的个人剂量进行监测；提供了2025年度个人剂量检测报告，根据检测报告可知，医院2025年度辐射工作人员单季度个人剂量最大值为 0.975mSv ，年剂量值最大为 1.409mSv ，均未超过单季度个人剂量 1.25mSv 和年剂量 5mSv 的剂量限值。

（五）辐射工作人员培训情况

医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院现有登记在册的辐射工作人员670人（含下属院区）分别为：X影像诊断369人，核医学31人，放射治疗75人，放射介入192人，辐射管理3人。全院在岗从事Ⅲ射线装置使用和操作人员均由医院自行组织其进行了辐射安全防护知识复训或学习，并考试合格；从事放疗、核医学以及操作Ⅱ类射线装置的辐射工作人员均按要求报名参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的考试并取得了成绩合格单，对于医院在岗的辐射工作人员，以及拟新增辐射工作人员，医院均按职业类别对其进行了培训，确保其持证上岗。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年9号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。又根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事Ⅱ类射线装置活动（包括本项

目新增辐射工作人员)，以及医院原持有辐射安全培训合格证书到期的 II 类射线装置人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

（六）年度评估报告

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告”。建设单位已编制《2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统 <http://rr.mee.gov.cn> 在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。

现医院辐射安全管理情况如下：

- （1）现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- （2）辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- （3）辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求；
- （4）医院自从事放射诊疗和放射治疗工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故；

（七）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，医院已调整了辐射（放射）安全管理委员会，并制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《放射源与射线装置台账管理制度》、《场所分区管理规定》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故处理、应急处置规章制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。建设单位辐射安全管理机构健全，由领导分管，人员落实，责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应严格落实台账管理制度，对本次项目建设内容补充完善，并根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	术中放射治疗仪	II类	2 台	待定	**	**	术中放射治疗	综合科研大楼 11 层手术中心术中放疗室 1#、术中放疗室 2#	拟购
—	DSA	II类	4 台	待定	**	**	诊断治疗	综合科研大楼 7、9、11 层手术中心 DSA1#~4#机房	拟购
—	CT	III类	1 台	待定	**	**	诊断	综合科研大楼 11 层手术中心 DSA4# 机房、CT 机房	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
介入手术时产生的医疗器具和药棉、纱布、手套等医用辅料	固态	—	—	约30kg	约3600kg	—	暂存在对应楼层内的医疗废物暂存间，日产日清	委托有资质的单位处理

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，年排放总量为 kg。

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

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令第682号，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</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二十四次会议第二次全体会议审议通过，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条例》，中华人民共和国国务院第 449 号令，2019 年 3 月修订；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第 18 号令，2011 年 5 月起实施；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》；原环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订；</p> <p>(11) 《射线装置分类》，原环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月起实施；</p>
<p>技术标准</p>	<p>(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与格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《环境辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>(6) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；</p> <p>(7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>(8) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）；</p>

	<p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(10) 《辐射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020)；</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)；</p> <p>(12) 《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T830-2024)。</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987)；</p> <p>(2) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料；</p> <p>(3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局))；</p> <p>(4) 《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》；</p> <p>(5) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号)；</p> <p>(6) 环评委托书；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162号，2015年12月实施；</p> <p>(8) 《关于建设放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006年9月26日；</p> <p>(9) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77号，环境保护部文件，2012年7月3日；</p> <p>(10) 《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，公告2019年第57号。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

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)中的相关要求,结合项目特点和现场监测的实际情况,确定辐射环境影响评价的范围: DSA 机房及术中放疗手术室实体屏蔽边界外 50m。

保护目标

根据本项目确定的评价范围,环境保护目标主要是本项目辐射工作人员和周围停留的公众,具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

保护目标及相对位置	相对方位	距辐射源最近距离(m)		人数 (人/d)	照射 类型
		水平距离	相对高差		
综合科研大楼 7 层 (DSA)					
DSA1#机房内医生	机房内	**	**	2	职业
DSA1#机房内护士		**	**	1	职业
DSA1#机房控制室工作人员	北侧	**	**	4	职业
DSA1#机房设备间工作人员	南侧	**	**	4	公众
缓冲走廊通道的公众	西侧	**	**	100	公众
手术中心 CT 间等公众	东侧	**	**	35	公众
手术洁净走廊、电梯厅、库房、介入手术室及辅助用房、医疗主街、污物走廊等区域的公众	北部	**	**	300	公众
缓冲、污物暂存、医废间、楼梯间、污物走廊等区域的公众	西部	**	**	300	公众
6F 男女更衣室的公众	正下方	**	**	50	公众
8F 手术间的公众	正上方	**	**	50	公众
综合科研大楼 9 层 (DSA)					
DSA2#机房内医生	机房内	**	**	2	职业
DSA2#机房内护士		**	**	1	职业
DSA2#控制室、设备间的工作人员	西侧	**	**	4	职业
洁净走廊的公众	北侧	**	**	200	公众
污物走廊的公众	南侧	**	**	10	公众
百级手术室的公众	东侧	**	**	20	公众
百级手术室及辅助用房、手术洁净走廊、电梯厅、库房、污物走廊、医疗主街等区域的公众	北部	**	**	300	公众
缓冲、污物暂存间、器械预清洗间、楼梯间、污物走廊等区域的公众	西部	**	**	300	公众
8F 手术间的公众	正下方	**	**	50	公众
10F 净化机房的公众	正上方	**	**	10	公众
综合科研大楼 11 层 (DSA、术中放疗)					

DSA3#、4#机房内医生	机房内	**	**	2	职业
DSA3#、4#机房内护士		**	**	1	职业
术中放疗控制室的工作人员	东侧	**	**	6	职业
DSA3#、4#机房控制室工作人员	东侧、北侧	**	**	4	职业
设备间的工作人员	南侧	**	**	5	公众
污物走廊的公众	西侧	**	**	30	公众
休息间、恢复区、北半部微创及普通手术区域的工作人员	北部	**	**	300	公众
电梯厅、手术走廊、楼梯、库房、卫浴、等候避难间等区域公众	东部	**	**	300	公众
楼梯间、缓冲、污洗间、器械预清洗间、污物走廊等区域的公众	南部	**	**	100	公众
10F 净化、新风机房的公众	正下方	**	**	20	公众
12F 病房、走廊的公众	正上方	**	**	100	公众
院内 50m 评价范围内					
医技楼	东侧	**	**	2000	公众
第二住院大楼	东侧	**	**	3000	公众
第三住院大楼	南侧	**	**	3000	公众
燃气站	南侧	**	**	30	公众
院内道路	北侧	**	**	1000	公众
锅炉房	西侧	**	**	30	公众
后勤管理用房	西侧	**	**	100	公众

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 废水：生活污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准。
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。
- (4) 固废：医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB39707-2020）。

三、辐射环境评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

工作人员职业辐射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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任何一年中的有效剂量，50mSv ③四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%-30%（即 0.1mSv/a-0.3mSv/a）的范围之内。

2、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）；

3、《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）；

4、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；

四、电离辐射剂量限值和剂量约束值

（一）个人剂量约束值

（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（但不可做任何追溯平均）20mSv。医院按照上述标准中规定的职业照射年有效剂量的 1/4 执行，即辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a。

（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。医院按照上述标准中规定的公众照射年有效剂量的 1/10 执行，即公众个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

（二）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

（1）术中放疗

术中放疗手术室工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等有关规定，放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： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ，本项目综合考虑保守取 $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$

(2) DSA

参照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“6.3.1 a)具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时,周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$; b)具有短时、高剂量率曝光的摄影程序(如DR、CR、屏片摄影)机房外的周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ”。

本项目 DSA 射线装置具有短时高剂量率拍片和透视两种模式,涵盖低剂量持续透视、高剂量瞬时摄影拍片两类曝光工况;结合 GBZ130-2020 标准限值要求及项目保守评价原则,本次对 DSA 机房屏蔽体外辐射剂量率从严取值界定: DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处,周围控制目标辐射剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目位于成都市青羊区一环路西2段32号四川省人民医院本部院内，院外周边主要为住宅区、写字楼、街边商铺，根据现场踏勘，本项目外环境关系如下：

本项目手术中心 DSA/术中放疗拟建于综合科研大楼 7、9、11 层，以手术中心机房实体屏蔽为边界，取保护目标距离辐射工作场所最近距离，50m 评价范围内：东侧依次为第二住院大楼（36m）、医技楼（40m）；南侧依次为第三住院大楼（21m）、燃气站（41m）；北侧院内规划道路和绿化（45m）；西侧依次为锅炉房（26m）、后勤管理用房（37m）；本项目辐射工作场所所在综合科研大楼对应上方、下方楼层布局分别为：6 层为男女更衣间、8 层为手术间、10 层为新风机房和净化机房、12 层为病房和医护走廊。

二、本项目主要环境影响

本项目在投入运营后，主要对环境造成影响的是 DSA 在曝光过程中，产生的 X 射线。

三、本项目所在地 X-γ辐射空气吸收剂量现状监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，委托四川同佳检测有限责任公司于 2026 年 5 月 8 日对“综合科研大楼二期新增射线装置应用项目”辐射场所及周边进行了 X-γ辐射环境剂量率的布点监测，具体可见附件 7。其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

项目	检测方法	检出限	备注
X-γ辐射剂量率	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）	10nGy/h	/
	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）		

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

检测项目	检测设备			使用环境
	名称及编号	技术指标	校准情况	

X-γ 辐射 剂量 率	名称： 环境监测用 X- γ 辐射空气比 释动能率仪 型号：NT6101 编号： TJHJ2021-49	①能量响应：48KeV~3MeV			校准单位：深圳市 计量质量检测研 究院 证书编号： JL2519263701 校准日期： 2025年11月7日 有效期至： 2026年11月6日	天气：阴 温度：21.2℃ 湿度：61%
		②测量范围： 10nGy/h~200μGy/h				
		③校准结果：				
		量程 (μGy/h)	校准因 子	不确定度 Urel(k=2)		
1~10	1.019	5.9%				
10~30	1.077	5.3%				
30~100	1.015	5.3%				

四、质量保证

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

四川同佳检测有限责任公司质量管理体系：

（一）资质认证

从事监测的单位四川同佳检测有限责任公司通过了四川省市场监督管理局的计量认证（计量认证号：222312051472），有效期至2028年11月21日。

（二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（三）记录与报告

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

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

五、监测布点原则及监测点布置

本项目在正常运行时，对环境影响的污染因子，主要为 DSA 曝光时高压射线管发出的 X 射线，由此确定本项目现状监测因子为 X-γ辐射剂量率。根据现场实际情况结合医院提供的设计图纸，X-γ辐射剂量率监测点位主要包括 DSA、术中放疗辐射场所拟建区域、辐射场所对应综合科研大楼正上、下方区域以及院内 50m 评价范围内的

敏感目标。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，以上监测布点能够科学的反映该射线装置工作场所周围的辐射水平及人员受照射情况，点位布设符合技术规范要求。监测布点示意图如下：

**

图8-2 本项目监测布点示意图

六、环境现状监测与评价

具体监测结果如下：

表 8-3 环境 X-γ辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	测量值	标准差	备注
1	综合科研大楼 7 层 DSA1#所在位置	**	**	室内
2	综合科研大楼 9 层 DSA2#所在位置	**	**	
3	综合科研大楼 11 层 DSA4#机房所在位置	**	**	
4	综合科研大楼 11 层 DSA3#所在位置	**	**	
5	综合科研大楼 11 层术中放疗 1#所在位置	**	**	
6	综合科研大楼 11 层术中放疗 2#所在位置	**	**	
7	综合科研大楼 6 层辐射场所对应区域	**	**	
8	综合科研大楼 8 层辐射场所对应区域	**	**	
9	综合科研大楼 10 层辐射场所对应区域	**	**	
10	综合科研大楼 12 层辐射场所对应区域	**	**	
11	南侧第三住院大楼	**	**	室外
12	东侧第二住院大楼	**	**	
13	东侧医技楼	**	**	
14	北侧综合科研大楼外院内道路	**	**	
15	西侧后勤保障部	**	**	
16	西侧锅炉房	**	**	

注：①以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值；

由监测报告得知，项目场所周围 X-γ辐射剂量率背景值为 74nGy/h~96nGy/h，与成都市生态环境局《2024 成都生态环境质量公报》全市连续自动监测日均值范围为（66.7~117）nGy/h 相当，属于正常天然本底辐射水平。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期污染源项分析

本项目涉及的辐射工作场所土建施工影响已在《四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼建设项目环境影响报告表》（批复文号：成青环审【2022】10号）中进行了评价，施工过程中产生的废水、废气和固废按照上述报告表中提出的环保设施和环保措施处理即可。

本次评价不涉及综合科研大楼土建工程，辐射工作场所还需进行场所装修、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他防护设施的安装，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物主要产生环节见图9-1。

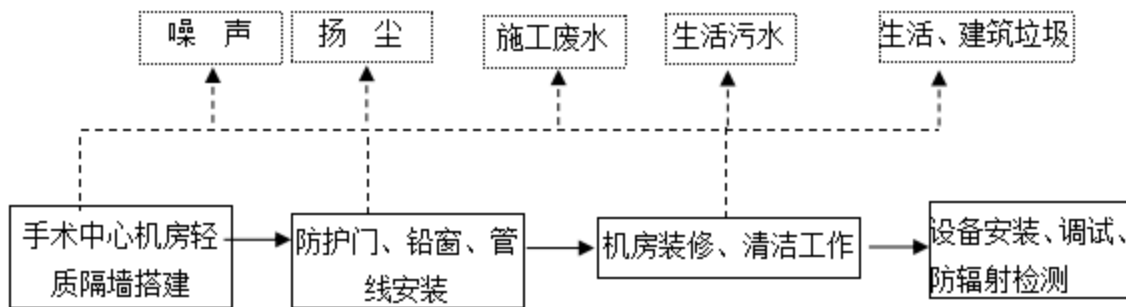


图9-1 施工期工艺流程及产物环节图

1、施工期主要污染源处理措施

(1) 废气

施工过程中产生的扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，在主体墙体粉刷装饰后，设备安装及管线敷设过程中几乎不产生扬尘。

(2) 噪声

主体工程施工期间已预留有管线沟槽，施工期噪声主要为装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理布局，合理安排施工时间，选用低噪设备、通过建筑隔声等措施，施工噪声对周围环境的影响较小。

(3) 废水

本项目施工期废水主要为施工人员的生活污水，生活污水排入医院原有污水处理站，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中要求后排入市政污水管网，最终排放至成都市第九净水厂处理达标后排放至锦江。

(4) 固体废物

施工过程中固体废物主要为装修和设备安装过程中产生建筑弃渣、废砂石、废木料、废纸皮和施工人员产生的生活垃圾。其中建筑垃圾由施工单位集中分类收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场；生活垃圾依托医院收集系统收集，由环卫部门定期统一清运至垃圾中转站；包装垃圾通过集中分类收集，由废品回收站回收。

2、防辐射泄漏施工要求

贯穿机房及手术室屏蔽墙的各种电缆在墙体贯穿处均进行屏蔽补；防护门结构应考虑因自身重量而发生形变，频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因，其宽于门洞的部分应大于“门一墙”间隙的 10 倍，并预留防护门下沉沟槽。

3、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目射线装置在安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定辐射影响。在设备安装调试完成后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目拟采购射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，安装和调试均在辐射防护设施建设完成后进行。

在设备安装调试阶段，医院应配合设备厂家加强安装调试现场的辐射安全管理，在此过程中保证各类辐射安全防护设施正常运行。在设备调试期间关闭防护门，在防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方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。

二、运营期污染源项分析

1、术中放疗（低能 X 射线术中放疗设备）

术中放射治疗技术简称术中放疗，是临床肿瘤综合治疗重要手段，即在外科手术完成肿瘤病灶切除，或充分暴露无法完整切除肿瘤组织的前提下，针对肿瘤原发瘤床、肿瘤残存病灶及相关淋巴引流区域，于手术实施过程中开展单次大剂量精准射线照射。该治疗模式可对肿瘤细胞实现高强度灭活杀伤，同时依托射线自身物理特性有效规避周边正常组织受照损伤，显著提升肿瘤局部病灶控制效果，改善患者远期生存率与术后生存质量。术中放疗技术已逐渐成为肿瘤综合治疗的一个重要组成部分，被普

遍接受用于因开颅危险大及手术难以解决部位，如脑膜瘤、垂体瘤等良性肿瘤，AVM、三叉神经痛等血管神经病变，脑转移瘤、胶质瘤等恶性肿瘤和乳腺癌的保乳手术。

本项目所配置的2台低能 X 线术中放疗设备实行定点规范化使用管理，仅限于综合科研大楼11层南部西侧1#、2#专用术中放疗手术室内开展诊疗作业，便于日常使用管控与辐射安全监管。

(1) 设备组成

本项目所采用术中放射治疗装置以低能 X 射线为辐射载体，依托低能光子线物理特性，对手术暴露后的肿瘤床区域实施单次大剂量精准靶向照射，整套设备整体结构紧凑、布局合理，主要由**机械手定位系统、射线发生系统、移动承载推车、多规格施用器四大核心部分构成**，各模块协同配合完成全程术中放疗诊疗作业。

①机械手系统：该系统具备运行稳定性强、空间调节灵活度高的特点，搭载高精度电磁制动锁定组件，可将核心光子射线发射源精准固定于临床预设治疗工位，空间定位精度可达毫米级，能够适配术中各类复杂手术体位与病灶照射角度调节需求，设备适配性强，可满足各类常规手术室安装使用条件，适配多科室肿瘤术中放疗临床场景。

②移动承载推车：为整套放疗设备专用移动承载基座，可实现整套放疗设备在专用手术室内及手术区域之间安全平稳转运、灵活移位，满足术中诊疗工位快速调配、设备日常收纳摆放等使用需求。

**

图9-2 术中放射设备示意图

③射线发生系统：作为整套设备核心辐射发生单元，主要由微型直线加速器及配套电气控制单元组成；其中微型直线加速器内部集成实时在线射线剂量监测模块、阴离子发射枪、电子束加速组件、电子束偏转调控组件、高纯金靶材等核心精密构件，可稳定完成电子束生成、加速、调控及低能 X 射线转化全流程作业，同时内置剂量监测装置可全程实时采集输出射线剂量参数，保障放疗输出剂量精准可控。

**

图9-3 射线发生器结构示意图

④多规格施用器：为射线末端精准限束适配组件，依据临床肿瘤病灶形态、照射范围及治疗部位差异，划分多种标准化规格型号，主要包含****等，可精准匹配不同

大小、不同形态、不同发病部位的肿瘤病灶，精准限定射线照射范围，实现靶向定点放疗。

**

图9-4 不同类型的施用器示意图

(2) 工作原理

本项目术中放射治疗装置属于医用低能 X 射线专用放疗设备，核心依托微型直线加速器完成射线生成与能量调控，整体作用流程及作用机理清晰明确。设备运行过程中，由内部阴离子发射枪完成阴离子释放，阴离子与介质相互作用生成高速电子流，经由微型加速器内置加速组件完成加速处理，最终将电子束加速至 50kV 最大能量等级；高能电子束匀速穿过 3mm 规格漂移管后，精准轰击厚度 1 μ m 的高纯金靶材，通过韧致辐射作用完成能量转换，稳定生成临床治疗所需低能 X 射线光子线。该微型加速器经过专项结构优化设计，可在射线出束尖端形成特殊球形剂量分布模式，适配术中瘤床全方位贴合照射需求。

(3) 项目流程及产污染环节

术中放射治疗仪工作流程及产污环节

①治疗前评估

1)外科医生评估筛选具备实施术中放疗指征的病例，并完成相关术前检查，必须含有影像学资料。

2)外科医生与放疗医生会诊，确认病例能否执行术中放疗，初步确定瘤床位置与放疗剂量。

3)确定手术日期后，手术室护士确认预选的施用器类别及型号的灭菌状态，并检查辅助设备就位。

4)放疗物理师在实施术中放疗前检查治疗机运行状态，并做好相关记录。

②治疗决策

外科医生发起多学科协作，与放疗医生、放疗物理师及其他有必要的相关专业(包括麻醉、影像、病理等)人员共同讨论确认病例能否执行术中放疗，初步确定瘤床位置、施用器型号、放疗剂量、放疗时间等信息，确定总体治疗模式。

手术中放疗医生和外科医生共同确定照射靶区，以及要保护的器官和组织，确定施用器类别和型号。

③处方剂量

放疗医生确定处方剂量；放疗物理师和放疗医生共同确定治疗计划。

④计划执行

1)手术室护士连接好术中放射治疗仪电源将其移动至手术台附近合适的位置，放疗物理师将 XRS（微型低能 X 射线源）安装在治疗机机械手臂上，手术室护士负责正确安装无菌罩和施用器。

2)放疗医生评估治疗参数及计划，并核查患者基本信息、施用器类型和型号、处方剂量和照射深度，无误后方能应用于临床治疗。

3)外科医生将套装好施用器的 XRS 放置于照射靶区，隔离非照射的器官和组织。

4)确保全体医务人员撤离出手术室，关闭防护门，放疗物理师再次核对治疗计划参数，检查无误后执行术中放射治疗计划。

5)外科手术医生和麻醉师通过控制室的铅玻璃观察窗以及视频监控系统关注病人的生命体征情况，放疗科医生、物理师在控制室通过控制平台遥控实施照射治疗。针对本项目，控制台均位于控制室内，专用射线装置位于手术室内，形成隔室操作，工作人员通过观察窗和监控设施观察患者生命体征，当出现意外情况时可随时暂停照射并及时处置异常情况。

4)治疗结束后，外科医生、护士、麻醉师等进入手术室内，手术室护士取下施用器并送至后勤部门消毒，外科医生继续完成手术缝合创口，放疗物理师负责收回 XRS。放疗物理师负责整理术中放射治疗仪设备，推回指定存放地点。

⑤文档记录

放疗物理师负责导出并打印术中放疗报告，归入患者病历中并归档保存。

**

图 9-5 术中放射治疗流程及产污环节示意图

产污环节分析：本项目设备无需配合其他设备联合使用，在肿瘤切除后直接对瘤床位置进行放射治疗，因此不存在与其他设备同时运行的情况。由工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。在非治疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线是主要的污染因子。

(4) 工作负荷

术中放疗作为一项多学科合作的技术工作，术中放射治疗需要外科手术医生、放

疗医生、麻醉医生、病理医生、影像医生及护理团队的严密组织、精准配合，在设备正式启动放疗照射作业时，所有职业操作人员、医护人员均全部撤离手术室内，仅保持设备全自动定点照射作业，彻底避免职业人员受不必要的辐射照射。

根据医院提供资料，本项目单台术中放射治疗仪每年最多诊治3000人次/台，每人每次最多治疗30min，故单台设备年工作时长最大为1500h。本次辐射评价以此最大工作负荷作为保守核算依据，可真实覆盖项目极端最大辐射工况。

2、DSA

(1) 设备组成

DSA复合手术也称杂交手术，能将DSA、术中CT影像设备整合到现代化手术室中，既不影响手术室的固有功能，又能通过其提供的高清影像，旨在把原本需要在不同手术室、分期才能完成的重大手术，合并在一台手术室里一次完成，患者无需在影像科室和手术室多次转运，实现一站式术前诊断、术中治疗、术后评估的手术室，最大限度优化手术方案和流程，一站式彻底解决患者疾病，保障患者安全。本项目DSA4#机房东侧紧邻布置1间CT机房，两区之间通过铅防护滑门相连通，滑轨CT具备双模式使用功能，当开展复合手术时，依托地轨滑移至DSA机房，与DSA设备联合开展复合手术，也可静置在独立CT机房内开展常规CT检查作业。

**

图 9-6 DSA+滑轨 CT 复合介入手术操作示意图

(2) 工作原理

①DSA:

DSA 是影像增强器技术、电视技术和计算机科学技术相结合的产物，是应用最多的数字化 X 射线透视设备。DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机和多幅照相机组成。

数字减影血管造影装置(DSA)是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能

显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其是与骨骼重叠的血管能清楚地显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

②滑轨CT:

CT成像基本原理是用X线束对人体检查部位一定厚度的层面进行扫描，由探测器接收透过该层面的X线，转变为可见光后，由光电转换器转变为电信号，再经模拟/数字转换器（analog/digital converter）转为数字信号，输入计算机处理。图像形成的处理有如将选定层面分成若干个体积相同的长方体，称之为体素（voxel）。扫描所得信息经计算而获得每个体素的X线衰减系数或吸收系数，再排列成矩阵，即数字矩阵（digital matrix），数字矩阵可存储于磁盘或光盘中。经数字/模拟转换器（digital/analog converter）把数字矩阵中的每个数字转为由黑到白不等灰度的小方块，即像素(pixel)，并按矩阵排列，即构成CT图像。

（3）项目流程及产污染环节

①常规 DSA 介入

本项目常规的放射介入诊疗流程如下所示：

1) 病人候诊、准备、检查：由主管医生写介入诊疗申请单；介入接诊医生检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。

2) 向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。对各种需放置支架的病人，由介入主管医生根据精确测量情况提前预订核实的支架。

3) 设置参数，病人进入 DSA 机房、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入 DSA 机房并进行摆位。

4) 根据不同的治疗方案，医生及介入护士密切配合，完成介入手术或检查。DSA 在进行曝光时分为拍片和透视两种情况：

1.DSA 拍片检查

DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三

者之间的距离，然后进入控制室，关好防护门。医生、操作人员通过控制室的计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医生根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

2.DSA 介入治疗

DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医生位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.5~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等）。同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医生根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。医生、护士佩戴防护用品。每台手术 DSA 系统的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完成后关机，医生、病人离开 DSA 机房。

5) 治疗完毕关机：手术医生应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片，急症病人应尽快将胶片交给病人；对单纯接受介入造影检查的病人，手术医生应在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回交病房病历保管。

本项目 DSA 工作流程及产污图见图 9-6：

**

图 9-6 DSA 常规介入治疗流程及产污环节示意图

②复合 DSA 介入

本项目 DSA、滑轨 CT 先进医疗影像设备，以及手术床、悬吊设施设备等各种配套设备设施既可以独立使用，也可以根据临床需求实现功能互补、切换、共享。开展复合介入手术时，在 DSA4#机房内依托智能化数字精控 CT 轨道与可多角度复杂摆位的手术床，将 CT、DSA 设备整合为一体化复合手术室。CT 机房与 DSA4#机房通过滑动铅门连通，术中需实施 CT 检查时，设备沿智能轨道滑移即可完成床旁检查。复合介入手术期间，单台设备的使用原理与操作流程均保持不变。本项目 DSA-CT 复合介入诊疗流程如下图 9-7 所示：

**

图 9-7 DSA-CT 复合介入治疗流程及产污环节示意图

(4) 工作负荷

本项目综合科研大楼手术中心配置 4 台 DSA 设备,其中 DSA1#~3#机房开展常规 DSA 介入手术, DSA4# 机房开展 DSA+CT 复合介入手术。设备分别用于外周血管、心血管、神经、综合介入等不同类型的的手术,各类手术复杂程度差异较大,拍片与透视出束时间存在明显区别。为确保辐射环境影响评价结果的保守性,本环评按常规 DSA 介入和复合 DSA 介入两类场景进行划分,单台手术最长出束时间按各使用科室涉及的最长出束时间取值。

①常规 DSA

单台设备年手术量:500 台/年;单台手术最大出束时间:透视 30min、拍片 1min;单台设备年累计最大曝光时间:258.33h/台(透视 250h、拍片 8.33h)。

②复合 DSA

手术量:300 台/年;手术最大出束时间:透视 40min、拍片 1min;年累计最大曝光时间:205h(透视 200h、拍片 5h);配套滑轨 CT:每台手术单次曝光 ≤ 5 min,年累计最大曝光时间 25h。

3、手术中心医护人员和患者路径分析

(1) 医护人员路径:

①**术中放疗:**手术前医护人员由综合科研大楼东侧医护电梯进入 11 层术中放疗手术室区域,外科医生、护士、麻醉师经控制室进入术中放疗手术室内开展外科肿瘤切除手术,放疗物理师和技师进入控制室内等待肿瘤切除后的放射治疗。手术结束后,护士和护工将协作送病人回到住院病房,其余医护人员等原路返回离开。

②**DSA:**医护人员根据当日手术安排由综合科研大楼东侧医护电梯分别进入对应楼层手术中心进行更衣换鞋;技师经过洁净手术走廊分别进入对应的控制室进行机器的预热;医生、护师经过洁净手术走廊分别进入控制室佩戴防护用品,经刷手洁净无菌后分别经铅防护门进入对应的 DSA 机房内开始介入手术。手术结束后,护士和护工将协作送病人回到住院病房,医生、技师原路返回离开。

(2) **患者路径:**手术开展前,护士和护工带领患者由综合科研大楼中心部位的手术病床电梯进入 7 层、9 层、11 层介入手术中心,经洁净手术走廊进入对应的手术室内。手术结束后,患者由护士和护工协作经连廊送回至医院住院大楼病房内。

(3) **污物路径:**本项目所在综合科研大楼 7 层、9 层、11 层介入手术中心区域最外围设置有污物走廊,每层均设有污物临时暂存间及污梯,每间手术室均设置有污

物进出铅门，并直接与污物走廊连通，实现人污分流，每台手术结束后，医疗废物由护士经污物通道送至所在楼层的污物临时暂存间，一天手术结束后，污物临时暂存间内的医疗废物由清洁人员通过污梯运送至综合科研大楼负 1 层医疗垃圾暂存处（面积约 5m^2 ）暂存，最后定期统一交由有资质的单位收运处置。

本项目综合科研大楼 7 层、9 层、11 层手术中心区域人流、物流路径示意图见下图 9-8。

**

图 9-8 本项目辐射工作场所人流、物流路径示意图

污染源项描述

（一）施工期及设备调试安装

1、辐射污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，施工期主要是装修，工程量小，施工时间短，非放射性物质产生量较小。

设备安装、调试须由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止发生辐射事故。由于设备的安装和调试均在射线装置机房内进行，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，医院方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。

2、其他环境影响因子

施工期排放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

（二）运行期

1、辐射污染源项分析

本项目 DSA、术中放射治疗仪、CT 在开机工作时产生 X 射线。本项目 DSA 产生的最大 X 射线能量为 125kV，术中放射治疗仪产生的最大 X 射线能量为 50kV、束流 $\leq 0.5\text{mA}$ ，CT 产生的最大 X 射线能量为 150kV，设备不开机状态均不产生辐射，污染途径均为 X 射线的外照射。

2、其他环境影响因子

（1）废气

本项目术中放射治疗仪、DSA、CT 曝光过程中臭氧产生量很小，故对环境影响

较小。

(2) 固体废物

①本项目术中放射治疗仪治疗及移动 CT 诊断过程中不产生固体废物；

②本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，每年固体废物产生量约为 3600kg。这些医疗废物经分类收集打包好后暂存于污物暂存间，为减少恶臭气体及病原体的产生，要求医疗废物日产日清，最终交由有相关资质的公司收运处置。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，办公、生活垃圾经袋装收集后暂存于生活垃圾暂存间，为防止蚊蝇滋生，要求生活垃圾暂存间日产日清，交由环卫部门清运处理。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

(3) 废水

本项目生活污水依托医院综合污水处理站处理达标后排放到市政污水管网，最终排放至成都市第九净水厂处理达标后排放至锦江。

(4) 噪声

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB (A)，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

(5) 造影剂的存储、泄漏风险

造影剂(碘克沙醇)是介入放射学操作中最常使用的药物之一，医院将外购造影剂采用不锈钢药品柜作为普通药品单独密封保存，钥匙交专人保管；未使用完和过期的造影剂均作为医疗废物处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送。在使用造影剂前由药剂师进行剂量核算后护士取药，医生用高压注射器按照血液流速注入病人血管内，在 X 射线的照射下达到血管造影的目的，最后由泌尿系统排出体外。医院未使用完和过期的造影剂作为医疗废物进行处理。造影剂不属于重金属和其他持久性有机物，不存在泄漏风险。

表 10 辐射安全与防护

一、总平布置及两区划分

1、总平面布局合理性分析

(1) 综合科研大楼 7 层手术中心平面布置

本项目 DSA1#机房位于综合科研大楼 7 层手术中心，该层整体均设置为 DSA 介入手术区域。其中，北半部为多间 DSA 机房区域，南半部的西侧及南侧底部亦设置有 DSA 机房，东侧为医护及患者电梯厅、医疗主街等公共配套区域。本项目 DSA1#机房位于 7 层南半部南侧最底端，为本次环评分析对象，其余的 DSA 机房均已在一期履行环评手续。

根据平面布局，本项目 DSA1#机房北侧紧邻控制室与手术走廊，再向北依次为库房、电梯厅、医疗主街及已建 DSA 介入手术区域；南侧紧邻设备间，再向南为大楼外院内环境；西侧紧邻污物走廊，再向西依次为污物暂存间、器械预清洗间、洁具间、医废间及楼梯间、污物走廊等辅助用房；东侧紧邻 CT 机房，再向东为大楼外院内环境；垂直方向机房正上方 8 层为微创机器人手术间，正下方 6 层为男女更衣室。

(2) 综合科研大楼 9 层手术中心平面布置

本项目 DSA2#机房位于综合科研大楼 9 层手术中心，该层北半部及南半部西侧均布置为百级手术室及配套病房区域，南半部东侧为医护及患者电梯厅、医疗主街等公共配套区域。本项目 DSA2#机房位于 9 层南半部南侧最底端，为独立辐射工作场所。

根据平面布局，本项目 DSA2#机房北侧紧邻洁净走廊，再向北依次为库房、电梯厅、医疗主街及百级手术室区域；南侧紧邻污物走廊，再向南为大楼外院内环境；西侧紧邻控制室、设备间、洁具间，再向西依次为医废污物暂存、器械预清洗、楼梯间、污物走廊；东侧紧邻百级手术室，再向东为大楼外院内环境。垂直方向机房正上方 10 层为净化机房，正下方 8 层为微创机器人手术间。

(3) 综合科研大楼 11 层手术中心平面布置

本项目位于综合科研大楼 11 层手术中心，该层北半部设置为微创及普通手术室及配套洁净用房；南半部东侧为医护及患者电梯厅、公共走廊及辅助用房区域，南半部西侧及南侧最底端为本次环评涉及的辐射工作场所集中区域，包含术中放疗室 2#、术中放疗室 1#、DSA3#机房、DSA4#机房及 CT 机房。

根据平面布局，本项目术中放疗室2#、术中放疗室1#、DSA3#机房竖向呈“一字形”排列，该区域当成一个整体，其**北侧**紧邻休息室和恢复区，其余均为北半部的微创及普通手术室区域；**南侧**紧邻楼梯间和污物电梯，其余依次为设备间、器械预清洗间、污洗间、污物走廊等辅助用房；**西侧**紧邻污物走廊，再向西为大楼外院内环境；**东侧**紧邻均布置为控制室，其余依次为医护走廊及电梯厅及辅助用房区域。DSA4#机房及CT机房紧邻布置，其**北侧**紧邻控制室，其余依次为医护走廊及电梯厅及辅助用房区域，**南侧**为设备间；**东侧**为大楼外院内环境；**西侧**紧邻污物走廊，其余为楼梯间、设备间、器械预清洗间、污洗间、污物走廊等辅助用房。垂直方向上，11层各辐射工作场所正上方12层为病房区域，正下方10层为净化机房和新风机房。

(4) 布局合理性分析

本项目辐射工作场所分别布置于综合科研大楼7层、9层、11层手术中心内，其平面及竖向布局符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）相关规范要求，布局合理性分析如下：①平面布局合理，功能分区清晰，各辐射机房均设置于手术中心内部，与同层洁净手术室、洁净走廊、污物走廊及医护/患者通道统一规划，分区明确，洁污流线清晰，无功能交叉混杂。机房周边均为设备间、控制室、污物走廊、库房等低人员密度辅助用房，避开了病房、候诊区、办公区等人员长期驻留场所，为后续辐射防护屏蔽设计提供了良好条件。②竖向布局适配，敏感目标可控，各辐射机房上下楼层功能无高敏感目标叠加，通过针对性的顶面、底面屏蔽设计，可有效控制辐射对上下楼层的影响，对周边人员的辐射影响可控。③集中布置，便于辐射安全管理，辐射工作场所采用集中布置方式，形成相对独立的辐射工作区域，便于实施分区管控。

综上，本项目辐射工作场所的平面及竖向布局合理，通过落实辐射屏蔽设计及分区管理措施，可保障辐射工作场所周边辐射水平满足相关标准限值要求，对周边环境及人员的辐射影响较小。

2、辐射工作场所两区划分

(1) 分区原则

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

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

围。

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

(2) 控制区与监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。

拟将 DSA1#机房、DSA2#机房、DSA3#机房、DSA4#机房、术中放疗室 1#、术中放疗室 2#及 CT 机房实体范围内划为控制区；将该区域内辅助用房控制室、设备间等划为监督区。本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，两区划分示意图见附图 11-1。

**

图 10-1 本项目辐射工作场所两区划分示意图

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

场所		控制区	监督区
综合科研 大楼手术 中心	7层	DSA1#机房	控制室、设备间、库房
	9层	DSA2#机房	控制室、设备间
	11层	术中放疗室 2#、术中放疗室 1#、DSA3#机房、DSA4# 机房、CT 机房	控制室、设备间

(3) 控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见图 10-2；

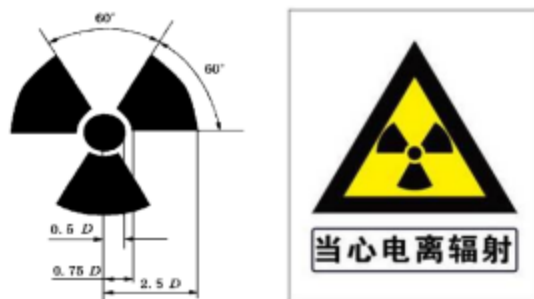


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

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

④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

(4) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；

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

二、辐射安全与防护措施

1、设备固有安全性

(1) 术中放射治疗仪

①进入应用软件需授权保护：只有通过授权的用户名及密码才可以进入应用软件操作系统。

②通过由光学联锁和多层询问系统保证只有在有意/正确的操作，才能启动射线源：

a -X 射线源只有在正确连接到承载系统，光学联锁才允许射线发射；

b-一旦 X 射线源成功连接到承载系统，用户必须遵循菜单提示用户界面来设置系统开始射线发射按钮；使用者两次点击“开始”按钮才产生射线；

c-完成了必要的验证步骤，由凭密码进入的另一个人确认剂量和系统设置为治疗模式，射线发射只能由受过培训和授权的人员进行操作。

③产生射线时，在用户界面以声学 and 视觉形式予以提示；

④急停按钮：在控制面板上设置了急停按钮，当有人员误入控制区或出束治疗过程中患者出现意外情况下，操作人员按下急停按钮，可立即停止出束；

⑤防止错误出束指令的措施：

a-控制台传输每个信号/指令到射线源，射线源均有返回信号，控制台校验返回信号的完整性和正确性；

b-内部实时放射监测仪不断监测治疗期间的出束率，如出束率高于计划 10%，射线发射停止；

c-不断监测计划治疗时间和出束率的比率，如果发生任何变化，射线发射停止。

(2) DSA

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铜过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时，

可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铜过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold, LiH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：配备床下铅帘（0.5mmPb）和悬吊铅帘(0.5mmPb)等辅助防护用品与设施，则在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

⑦正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；同时在操作台和介入手术床体旁上均设置“紧急止动”按钮，一旦发生异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

3、屏蔽防护措施

(1) 术中放射治疗仪

本项目术中放射治疗装置 X 射线最大能量为 50kV，靶物质为金靶，为高原子序数靶；治疗时，有用线束方向一般朝下，根据医院提供防护设计资料，本项目手术中心 2 间术中放疗辐射工作场所的实体屏蔽防护方案均一致，具体屏蔽防护设计见表 10-2。

表 10-2 术中放疗手术室屏蔽防护设计

场所	位置	屏蔽设计参数（厚度及材质）
术中放疗室 1#、 2#	四周墙体	龙骨钢架+45mm厚硫酸钡板
	屏蔽门	3mm 铅当量铅门
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃
	屋顶	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料
	地面	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料

依据附件 7 硫酸钡屏蔽材料检测报告可知，该报告中硫酸钡板的实测检测工况为 120kV，与本项目实际使用的最大电压 50kV 设备工况差异显著，参考适用性有限；同时送检的硫酸钡砂实测密度为 $3.77\text{g}/\text{cm}^3$ 。为保障辐射屏蔽设计留有充足安全余量，本项目表 11 辐射屏蔽剂量预测计算过程中，严格参照《辐射防护导论》（第三分册）表 3.5 相关参数要求，统一采取保守取值原则，硫酸钡屏蔽材料均选用密度为 $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ 的硫酸钡水泥作为屏蔽计算基准材料核算。

(2) DSA

① DSA 机房屏蔽体铅当量厚度核算

根据医院提供防护设计资料，本项目数字减影血管造影装置（DSA）最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量公式 C.1、C.2 以及附录表 C.2、C.3。

1) 对给定的铅厚度，依据 GBZ130-2020 附录表 C.2、C.3 不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按公式 11-1 计算辐射透射因子 B：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{-\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (式1)$$

式中：

B—给定屏蔽材料厚度的屏蔽减弱因子；

β —给定屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α —给定屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —给定屏蔽材料对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—屏蔽材料厚度。

2) 依据 GBZ130-2020 附录表 C.2、C.3 给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和①中的 B 值，使用公式 2 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \dots\dots\dots (式11-2)$$

式中：

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——铅厚度（mm）；

α ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

β ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

本项目保守估计，在楼板混凝土折合铅当量估算时均采用设备最大管电压 125kV

(主射) 进行考虑。

表 10-3 屏蔽材料对 X 射线的辐射衰减拟合参数

管电压125kV (主射)			
材料	α	β	γ
铅	2.219	7.923	0.5386
混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
砖	0.02870	0.06700	1.346

换算铅当量时, DSA 管电压保守取最大管电压 125kV, 根据公式 1、公式 2 及表 10-3 中不同屏蔽物质的辐射衰减拟合参数, 本项目 DSA 机房实体屏蔽折算结果见表 10-4。

表 10-4 机房实体防护设施折合铅当量折合对照表

位置	实体结构	折合计算	折合铅当量
四周墙体	龙骨钢架+45mm厚硫酸钡板	**	3.24mmPb
屏蔽门	3mm 铅当量铅门	**	3mmPb
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	**	3mmPb
屋顶	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	**	3.96mmPb
地面	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	**	3.96mmPb

②屏蔽防护设计合理性分析

本项目机房设计屏蔽情况与《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中 C 形臂 X 射线设备机房屏蔽防护要求对比见表 10-5。

表 10-5 DSA 机房的实体防护设施对照表

名称	面积 (m ²)	四周墙体	屏蔽门	观察窗	地板	屋顶
DSA 机房	最小有效面积为 DSA3#机房: 56.25m ² , 最小单边长度 6.86m	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板 (约合 3.24mmPb)	3mm 铅当量铅门	3mm 铅当量厚铅玻璃	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料 (约合 3.96mmPb)	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料 (约合 3.96mmPb)
放射诊断放射防护要求	最小有效使用面积 20m ² , 机房内最小单边长度 3.5m	非有用线束 2mm 铅当量	非有用线束 2mm 铅当量	非有用线束 2mm 铅当量	非有用线束 2mm 铅当量	有用线束 2mm 铅当量
备注	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求

由表 10-4 对比可知, 本项目机房屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求, 机房屏蔽设计合理。

3、通风系统及电缆敷设情况

(1) 通排风系统

本项目辐射工作场所集中布置在综合科研大楼 7 层、9 层和 11 层的手术中心，其 DSA 及术中放疗所在区域辐射工作场所均设置有通排风系统，每间机房顶部均设有 1 个排风口和 1 个新风口，采用对角线分布，机房内产生的臭氧通过机械排风系统经排风管道引出机房，每间机房内引出的分支排风管道均汇总到该区域手术走廊的主排风管道，最终引至所在楼层距离最近的排风井至裙楼楼顶排放。机房进、排气口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，远低于《环境空气质量标准》(GB 3095-2026) 的二级标准 ($0.2\text{mg}/\text{m}^3$) 的要求。

(2) 电缆敷设

本项目 DSA 及术中放疗室的各种电缆管线布设均由设备厂家提供设计图纸，本项目 DSA 及术中放疗的电缆拟采用地沟形式在地坪以下布设，电源电缆与控制电缆采用屏蔽隔板分开铺设，治疗床下方的电缆沟盖板均采用 3mm 以上的不锈钢板覆盖，电缆穿墙均拟采用“U”型路径设计，下沉后穿越墙体分别到达控制室或设备间，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。

4、安全装置

(1) 术中放射治疗仪

①隔室操作与手术机房屏蔽防护：配套设置独立操作控制室，控制室设置有铅玻璃观察窗，辐射作业人员可在控制室内实现隔室远程操控术中放射治疗设备开展临床放射治疗作业。术中放疗手术室墙体采用 30mm 厚的硫酸钡防护板材实施整体辐射屏蔽，防护门、防护观察窗屏蔽当量均不低于 3mmPb，完备的机房屏蔽体系可有效衰减室内散射 X 射线，降低辐射外溢对作业人员及周边环境造成的外照射影响。

②个人辐射防护与监测装备：医院为辐射工作人员统一配发个人剂量计，用于长期监测职业人员有效受照剂量；同时配置便携式辐射剂量报警仪，便于作业人员实时现场监测辐射水平，及时预判辐射风险。

③门机联锁：出束运行状态与手术室防护门实现电气联动闭锁，防护门未完全闭合锁紧时，设备无法进入出束预备状态；射线照射期间若防护门意外开启，系统瞬间切断 XRS 高压回路，同步启动高分贝声光警示，阻止人员误入辐射照射区域。

④剂量与时长双重安全联锁：当设备实际输出剂量达到预设治疗剂量的阈值时，

自动终止照射；若剂量率异常升高或累计剂量超过预设上限，立即触发停机并报警；设备内置双重计时器，当照射时间超过预设治疗时间的上限时，强制切断 X 线输出，防止因剂量系统故障导致的超量照射。

⑤施源器姿态位置联锁：**XRS** 微型低能射线源内置高精度姿态传感检测组件，放疗作业期间实时采集射线源空间位置与摆放姿态数据。一旦射线源出现大幅偏移、角度倾斜、偏离临床预设治疗工位等异常情况，传感组件立即反馈异常信号，快速触发安全停机联锁并中止射线输出，避免射线照射范围偏移造成正常组织非靶向受照。

⑥高压输出工况闭环联锁：设备预设 50kV 最大管电压、0.5mA 最大管电流运行阈值，**XRS** 工作过程中实时监测电压、电流输出参数，一旦出现参数异常波动、偏离额定工况，系统立即切断高压供电，终止 X 射线发射，避免异常射线输出造成辐射危害。

⑦多状态声光警示提示系统：设备集成三色状态指示灯、高频蜂鸣报警器及语音提示模块，可精准区分设备待机、预备出束、正式照射、联锁异常、参数故障等不同运行工况，各类工况匹配专属灯光提示与音效预警。射线正式发射阶段持续输出醒目警示信号，直观提示现场医护人员明晰设备辐射工作状态，严格规范现场诊疗操作与辐射防护行为。

⑧紧急停机按钮（有中文标识）：分别拟在设备操作台、手术操作区均设置紧急停止按钮，具备最高优先级断电停机权限，突发医疗状况、设备故障时可一键紧急切断 **XRS** 全部供电，即刻终止射线发射；急停触发后设备自动锁定，必须完成人工复位与安全核查后方可再次启用。

⑨工作状态指示灯与警告标志：拟在术中放疗专用手术室防护门醒目位置规范张贴国标电离辐射警示标识，手术室出入口同步装设与设备出束状态联动的专用辐射工作指示灯，灯体标注“射线有害、灯亮勿入”警示标语，通过可视化硬性警示强化控制区出入管理，构建多重现场辐射安全管控防线。

⑩监控装置：拟在放疗手术室诊疗区域合理布设可旋转变焦高清视频监控设备，监控视角全覆盖诊疗作业区域无视觉盲区。控制室操作人员可结合铅玻璃观察窗与实时视频画面，全程实时掌握手术室内患者体位状态、诊疗操作流程及现场环境情况，实现隔室操作全过程可视化监管。

**

图 10-3 术中放疗工作场所安全联锁系统逻辑示意图

(2) DSA

①个人辐射防护与监测装备：医院为辐射工作人员统一配发个人剂量计，用于长期监测职业人员有效受照剂量；同时配置便携式辐射剂量报警仪，便于作业人员实时现场监测辐射水平，及时预判辐射风险。

②警示标识：DSA 机房患者/医护进出防护门、污物通道防护门外要求设置电离辐射警告标志，提醒周围人员尽量远离该区域，同时在 DSA 机房患者通道应设置电离辐射危害告知等提示信息。

③观察及对讲装置：DSA 机房与控制室操作台之间安装铅玻璃观察窗（3mmPb），便于医护人员观察患者和受检者状态及防护门开闭情况；DSA 机房与介入控制室之间设置对讲装置，便于医护人员与患者交流。

④防夹装置与自动闭门装置：本项目所有 DSA 机房均设置有防护铅门，其中患者进出防护门设计为电动推拉式门，控制室内的医护人员进出门、污物门均设计为手动平开式单扇门。电动推拉式防护门设置有红外线防夹人设备（防止电动门在运行过程中发生挤伤人员）；平开式单扇防护门设计安装有闭门装置。

⑤联锁装置（门灯联锁）：本项目 DSA 机房防护门均应设置有门灯联锁系统，防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。

⑥有中文标识的紧急停机按钮：本项目在 DSA 手术床侧和操作台各设置有 1 个急停按钮（带中文标识），DSA 系统的 X 线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 线系统出束。

⑦操作警示装置：DSA 系统的 X 线系统出束时，控制台上的指示灯变色，同时蜂鸣器发出声音。

⑧门禁装置：本项目 DSA 所在楼层手术中心工作人员进出通道处均设置有门禁装置，除医护人员外，其余公众不能随意进入。

5、人员的安全与防护

本项目辐射防护涉及人员主要包括辐射工作人员、接受治疗的患者及评价范围内周边公众。针对本项目 DSA 介入诊疗及术中放疗两类辐射作业工况，分别落实全方位、规范化辐射安全与防护措施，具体防护措施如下：

(1) 介入手术过程屏蔽防护措施

①介入手术过程中手术医生进入机房进行透视时，应佩戴好个人防护用具包括：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等，除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb；医院拟为DSA配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等，其介入防护手套不小于0.025mmPb，其余防护铅当量不低于0.5mmPb。

②手术医生在进行透视时，应使用床侧防护帘/床侧防护屏及铅悬挂防护屏/铅防护吊帘进行局部遮挡。本项目 DSA 由厂家配置床体旁的铅防护屏风，具有 0.5mmPb。

③对病人进行透视或拍片过程中，应采用适当防护设施对病人非病灶部位进行遮挡。本项目每间 DSA 检查室拟为病人配置铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 2 套，其防护铅当量不低于 0.5mmPb。

(2) 源项控制

射线装置装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。通过精准限束，仅对病灶靶区进行照射，有效降低散射线、漏射线产生量，从源头上降低工作人员、患者及公众的辐射受照剂量。

(3) 对医生及患者的污染防治措施

在介入诊疗中，手术医生必须认真做好自身的防护工作。具体要求如下：

- ①进一步提高安全文化素养，全面掌握辐射防护法规与技术知识；
- ②结合诊疗项目实际，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；
- ③介入手术中，佩戴好个人防护用具；
- ④必须开展介入诊疗手术医生的个人剂量监测；
- ⑤发现问题及时整改。

同时，医院在实施介入治疗时还需采取以下防护措施：

①时间防护：在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断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射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。根据医院的实际情况，DSA 主要用于介入手术、血管造影等；

②距离防护：采取隔室操作方式，控制室与DSA机房及术中放疗室之间以墙体隔开，通过铅玻璃观察窗观察病人情况，通过对讲机与手术医生交流。辐射工作场所严

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

③缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；

④在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

此外，在介入诊疗中必须做好患者的防护工作：

①根据GB18871-2002中表G1.4典型成年受检者X射线透视的剂量率指导水平“有影像增强器并有自动亮度控制系统的X射线机（介入放射学中使用）入射体表剂量率为100mGy/min”；

②选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施；

③采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量；

④做好患者非病灶部位的保护工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》：（原环境保护部令第31号，2021年1月4日修订）“第十六条”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）中的相关规定，医院必须制订《射线装置操作规程》，并严格按照该规程操作。在该规程中明确规定：医生必须佩戴个人剂量计、铅防护用品，在介入诊疗中必须认真做好自身的防护工作，同时介入诊疗中必须做好患者的防护工作。

（4）手术中心周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和地板楼板屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在 DSA 及术中放疗辐射工作场所进出门外张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱，禁止无关人员进入，以增加公众与射线装置之间的防护距离，避免受到不必要的照射，定期对辐射安全设施的进行维护，确保实时有效。

（5）术中放疗专项安全防护措施

本项目术中放疗设备为低能 X 射线术中放疗装置，针对术中放疗特殊诊疗工况，在常规辐射防护基础上，落实专项安全防护措施，全面保障工作人员、患者及公众辐射安全：

①**全程隔室撤离防护**：术中放疗设备仅在手术完成病灶清理、精准对位后启动照射，设备正式出束照射期间，所有医护人员、操作人员必须全部撤离术中放疗手术室，室内无任何工作人员滞留，全程实现无人值守全自动照射，从根本上杜绝职业人员受照风险，职业照射防护等级优于常规介入手术。

②**源项优化控制**：术中放疗设备配备精准限束结构，结合适配不同术式的专用施源器，可实现靶向精准照射，射线作用范围集中于瘤床靶区，有效缩小照射范围、减少漏射线与散射线产出，且设备射线有效射程短、剂量衰减快，对周边正常组织及机房外环境辐射影响极低。

③**患者专项防护**：术中放疗严格遵循合理可行尽量低的防护原则，根据患者手术类型、病灶大小匹配最优施源器与照射参数，精准控制单次照射剂量与照射时长；照射过程中对患者非治疗区域正常组织进行遮挡防护，避免正常组织受到不必要的辐射照射。

④**场所与警示管理**：术中放疗手术室划定为辐射控制区，严格落实两区管理制度，机房门口设置电离辐射警示标识及工作状态指示灯，放疗出束期间指示灯亮起，警示无关人员严禁靠近、进入机房，规避公众辐射照射风险。

⑤**操作规范化管控**：医院将单独制定《术中放疗设备操作规程》，明确设备开机对位、出束照射、停机收尾全流程操作规范，严格执行术前方案审核、术中无人照射、术后设备核查制度，定期开展工作人员辐射防护培训与考核，规范诊疗行为，保障辐射安全。

6、与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

术中放疗设备出束照射全过程实行人员全撤离、无人值守自动照射模式，出束期间机房内无任何辐射工作人员滞留、操作，职业人员无现场受照途径。根据 GBZ130-2020 差异化防护要求，该工况无需为操作人员配备铅橡胶围裙、铅颈套、铅防护眼镜等个人防护用品。本项目 DSA 介入操作职业人员需要近台操作，因此根据 GBZ130-2020 要求，个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析见下表 10-6：

表 10-6 DSA 涉及个人防护用品和辅助防护设施配置符合性分析表

放射检查类型	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目已采取措施	符合性分析
DSA 介入放射	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、介入防护手套	医院拟为每间 DSA 机房配备铅橡胶围裙 3 套、铅橡胶颈套 3 套、铅防护眼镜 3 副均为 0.5mmPb；介	符合

学操作			入防护手套 3 双, 为 0.025mmPb	
	辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配: 移动铅防护屏风	设备采购时自带辅助防护设施, 含铅悬挂防护屏和床侧防护帘, 铅当量均为 0.5mmPb	符合
患者和受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套	医院拟为每间 DSA 机房配备铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套均为 0.5mmPb	符合

本项目DSA辐射工作场所个人防护用品和辅助防护设施配备情况均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的相关规定。

三、工作场所辐射安全防护设施

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局))和《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》的要求,本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析,具体情况见表 10-7:

表 10-7 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	规定的措施	落实情况	应增加的措施
术中放射治疗仪			
实体防护	楼顶板、楼底板	已设计	与综合科研大楼主体同时建成
	四周墙体钢骨架;四周墙体、屋顶、地面屏蔽防护	已设计	/
	铅防护门、观察窗屏蔽	已设计	/
装置安全设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	紧急停机按钮(有中文标识)	设备自带	/
	门机连锁	已设计	/
	剂量与时长双重安全连锁	设备自带	/
	施源器姿态位置连锁	设备自带	/
	高压输出工况闭环连锁	设备自带	/
	多状态声光警示提示系统	已设计	/
	闭门装置(平开门)/防夹装置(推拉门)	已设计	/
警示装置	监控装置	已设计	/
	入口电离辐射警告标志、工作场所分区及标识	已设计	/
监测设备	入口处工作状态显示(门灯连锁)	已设计	/
	便携式辐射监测仪器(与 DSA 共用)	已配备	与综合科研大楼手术中心介入手术室共用
	个人剂量报警仪	计划配备	新增 2 台(每间手术室配备 1 台)
	个人剂量计	计划配备	新增 4 套

其他	通风系统	已设计	/
	灭火器材	计划配备	/
DSA			
实体防护	楼顶板、楼底板	已设计	与综合科研大楼主体同时建成
	四周墙体钢骨架；四周墙体、屋顶、地面屏蔽防护	已设计	/
	铅防护门、观察窗屏蔽	已设计	/
装置安全设施	操作位局部屏蔽防护设施	设备自带	/
	中文标识的紧急停机按钮	设备自带	/
	闭门装置（平开门）/防夹装置（推拉门）	已设计	/
警示装置	对讲系统	已设计	/
	入口处电离辐射警告标志	已设计	/
	入口处工作状态显示（门灯连锁）	已设计	/
监测设备	操作警示装置	已设计	/
	便携式辐射监测仪	已配备	与综合科研大楼手术中心介入手术室共用
	个人剂量计	计划配备	新增 35 套
防护设施	个人剂量报警仪	计划配备	新增 12 台（每间机房配备 3 台）
	医护人员个人防护（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套）	计划配备	新增 12 套（每间机房配备 3 套）
	患者防护（铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套）	计划配备	新增 4 套（每间机房配备 1 套）
其他	灭火器材	计划配备	/
	通风系统	已设计	/

四、投资估算

本核技术应用项目总投资**万元，其中环保投资**万元，占总投资约**%。具体环保设施及投资见表 10-8。

表10-8 环保设施及投资一览表

项目	设施与器材	数量	投资(万元)/备注
术中放射治疗仪			
实体防护	楼顶板、楼底板	**	计入大楼主体建设
	四周墙体钢骨架；四周、屋顶、地面屏蔽防护	**	**
	观察窗屏蔽	**	**
	铅防护门	**	**
场所安全设置	防止非工作人员操作的锁定开关	**	设备自带
	紧急停机装置（有中文标识）	**	设备自带
	门机连锁	**	**
	剂量与时长双重安全连锁	**	设备自带
	施源器姿态位置连锁	**	设备自带

	高压输出工况闭环连锁	**	设备自带
	多状态声光警示提示系统	**	**
	闭门装置（平开门）/防夹装置（推拉门）	**	**
	监控装置	**	**
警示装置	入口电离辐射警告标志	**	**
	入口处工作状态显示（门灯连锁）	**	**
监测设备	便携式辐射监测仪器	**	**
	个人剂量报警仪	**	**
	个人剂量计	**	**
其他	通风设施：新风系统、排风系统	**	**
DSA			
实体防护	楼顶板、楼底板	**	计入大楼主体建设
	四周墙体钢骨架；四周、屋顶、地面屏蔽防护	**	**
	铅防护门屏蔽（3mm铅当量）	**	**
	观察窗屏蔽（3mm铅当量）	**	**
安全装置	铅悬挂防护屏/铅防护帘 1 副（0.5mmPb）	**	设备自带
	床侧防护帘/床侧防护屏 2 副（0.5mmPb）	**	设备自带
	中文标识的紧急停机按钮（操作台和手术床侧）	**	**
	门灯连锁装置及工作状态指示灯箱	**	**
	闭门装置（平开门）	**	**
	防夹装置（推拉门）	**	**
	对讲系统	**	**
	入口处电离辐射警告标志	**	**
监测设备	便携式辐射监测仪	**	**
	个人剂量计	**	**
	个人剂量报警仪	**	**
防护用品	医护人员防护：铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套	**	**
	患者防护：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	**	**
其他	通风设施：新风系统、排风系统	**	**
	合计	/	

在今后实践中，医院应根据国家发布的法规内容，结合自身实际情况对环保设施作相应补充，使之更能满足实际需要和法规要求。

三废的治理

1、废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水及项目产生的医疗废水。医院已设置有 2 座污水处理站：综合污水处理站 1，处理规模为：3000m³/d；综合污水

处理站 2，处理规模为 $800\text{m}^3/\text{d}$ ；处理达《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 预处理排放标准后排入市政管网，最终排放至成都市第九净水厂处理达标后排放至锦江。

2、废气

本项目手术中心 DSA、术中放疗辐射工作场所均设置有通排风系统，每间机房顶部均设有 1 个排风口和 1 个新风口，采用对角线分布，机房内排风量不低于 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，机房内产生的臭氧通过机械排风系统经排风管道引出机房，每间机房内引出的分支排风管道均汇总到该区域手术走廊的主排风管道，最终引至所在楼层距离最近的新风机房内，经过滤处理后排至排风井，综合科研大楼排风井均位于大楼侧墙，通过高层百叶窗口（最低在 7 楼）排至室外大气环境中，经空气稀释后，对周围环境影响较小。

3、固体废物

本项目固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾和介入手术时产生的医疗废弃物，其中术中放射治疗仪治疗及 CT 诊断过程中不产生固体废物。

①介入手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，本项目 DSA 每年预计手术量共 1800 台，则每年固体废物产生量约为 3.6t 。医疗废物采用专门的容器收集转移至所在楼层医疗废物暂存间内，日产日清，晚上手术室下班时间，工作人员通过污梯再统一转运至医院总医废暂存间内暂存，最后定期统一交由有资质的单位收运处置。

②本项目拟配置 39 名辐射工作人员，每人每天产生办公垃圾和生活垃圾约 0.5kg ，则每年办公垃圾和生活垃圾产生量约 4.88t 。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。

项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工期的环境影响分析

本项目依托综合科研大楼建设，土建工程环境影响评价已包含在《四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼建设项目环境影响报告表》（批复文号：成青环审【2022】10号）中，本次评价不涉及土建工程，主要评价内容为：装修及设备安装和调试的环境影响，对于施工期将产生的扬尘、噪声、固体废物、施工污水以及施工人员的生活垃圾和生活污水，医院拟采取以下措施：

扬尘的防治措施：项目通过施工现场封闭施工和采取洒水等措施来进行控制；

废水防治措施：项目废水主要为施工人员的生活污水，生活污水产量较少，依托医院污水处理设施处理；

废气防治措施：项目施工现场封闭施工，施工现场及时清理，通风换气等措施；

噪声防治措施：选用低噪声设备，合理安排施工时间；

固废防治措施：建筑垃圾由施工单位集中收集到指定地点进行处理，生活垃圾依托环卫部门统一清运。

防辐射泄漏施工要求：

①铅门与墙体重叠部分不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍；

②穿过 DSA 机房及术中放疗室的电缆沟穿墙部分均采用 3mm 厚铅皮包裹，并采用“U”型穿墙；

③穿过 DSA 机房及术中放疗室的通排风管道穿墙部分均采用 3mm 厚铅皮包裹，并采用平穿的方式穿墙；

④硫酸钡防护涂层抹面：DSA 机房及术中放疗室屏蔽墙体表面宜光滑，洁净，颜色均匀一致，无抹纹，灰线平直方正，清晰美观，无裂纹、脱皮、麻面和起砂等现象，待硫酸钡防护层完全达到最终强度后，再施工防水层。

⑤DSA 机房及术中放疗室平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

⑥本项目四周墙体防护均使用硫酸钡板+轻质墙结构，所以在施工时，注意天花板上层的四周墙体也应该全部使用硫酸钡板作为屏蔽。

⑦穿墙管线与墙体间隙用铅皮贴实，能够有效防止射线泄漏，穿墙部分不会影响墙体整体的防护性能，因此，控制电缆及通排风管道的布设不会影响屏蔽墙的屏蔽效果。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目射线装置在安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定辐射影响。在设备安装调试完成后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目拟采购射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，安装和调试均在辐射防护设施建设完成后进行。

在设备安装调试阶段，医院应配合设备厂家加强安装调试现场的辐射安全管理，在此过程中保证各类辐射安全防护设施正常运行。在设备调试期间关闭防护门，在防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方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。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

项目于综合科研大楼 7 层南侧端部设 DSA1#机房，9 层南侧端部设 DSA2#机房；11 层南侧西侧依次布置 DSA3#机房、两间术中放疗室，南侧端部设 DSA4#机房。DSA4#机房东侧紧邻独立 CT 机房，内设地轨式滑轨 CT，两机房以铅防护滑门连通，复合手术时 CT 可滑移至 DSA4#机房，组成一体化复合手术室。本项目新增 2 台术中放射治疗仪、4 台 DSA（均为 II 类射线装置），配套 1 台滑轨 CT（III 类射线装置）；术中放射治疗仪最大管电压均为 50kV，最大管电流均为 0.5mA，DSA 设备最大管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA，CT 设备最大管电压 \leq 150kV、最大管电流 \leq 1000mA。

（一）术中放疗辐射环境影响分析

对照《射线装置分类》（生态环境部、原国家卫计委 2017 年第 66 号公告），本项目术中放射治疗仪属于“术中放射治疗装置”的分类范围，属于 II 类射线装置。设备最大管电压为 50kV，最大管电流为 0.5mA，单台设备年最多诊治 3000 人次，每人每次最多治疗 30min，年最大出束时间为 1500h。

根据本项目设计图纸及设计资料可知，术中放疗室 1#、2#紧邻布置，净空面积分别为 48.27 m²、38.28 m²，除净空面积不一致外其余辐射防护屏蔽方案、使用设备、布局等均一致，为保守评价辐射防护效果，本次环评选取净空面积较小的术中放疗室 2#开展代表性屏蔽剂量率分析计算。

1、辐射剂量率影响分析

本项目 50kV 术中放射治疗仪属于低能 X 射线装置，辐射能量低、穿透能力有限。术中放疗手术室屏蔽体外的辐射影响主要考虑初级有用线束（原发 X 射线），其次考虑初级 X 射线照射患者体表后产生的散射 X 射线；设备固有漏射线、手术室墙体及手术器械产生的散射射线剂量贡献极小，对屏蔽体外辐射水平影响微弱，可忽略不计。其中，初级有用线束能量最高、辐射强度最大，是本项目屏蔽防护设计的核心控制对象。

(1) 初级有用线束影响分析

① 计算模式

根据《辐射防护导论》采用点源平方反比定律对屏蔽体外关注点进行有用线束剂量率计算，计算公式如下：

$$\dot{D} = \frac{I \times \delta_a}{r^2} \times 60 \times 10^6 \times B \quad \text{..... (式 11-1)}$$

式中：

D—屏蔽体外关注点处经屏蔽物质屏蔽后的剂量率，μSv/h；

I—电子束流强度，mA；本项目取最大值 0.5mA；

δ_a—空气比释动能率常数（或单位管电流的 1m 处剂量率），Gym²/(mA.min)；

r—辐射源到关注点的距离，m；

B—透射系数；

60×10⁶—单位换算系数（把 Gy/min 转为 μSv/h，低能 X 射线在空气中的空气吸收剂量（Gy）与有效剂量（Sv）按 1:1 比例换算，即 1μGy/h=1μSv/h）。

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{..... (式 11-2)}$$

式中：

X—屏蔽物质厚度；

TVL—为特定能量下屏蔽物质对应的什值层厚度。

②参数选取及预测结果

本项目术中放射治疗装置 X 射线最大能量为 50kV，靶物质为金靶，为高原子序数靶；治疗时，有用线束方向一般朝下。由《辐射防护导论》（第三分册）图 3.1 可知，在无过滤材质的情况下，50kV 电子束离靶 1m 处空气比释动能率为 $^{**}mGym^2/(mA.s)$ ，即换算后为： $^{**}Gym^2/(mA.min)$ ；由《辐射防护导论》（第三分册）表 3.5 可知 50kVX 射线铅的什值层厚度为 $^{**}mm$ ，混凝土为 $^{**}mm$ 、硫酸钡水泥为 $^{**}mm$ 。

本项目术中放射治疗仪为移动式设备，可根据手术部位在手术床四周移动使用，设备底部设有轮子锁定装置。本项目术中放疗手术室 2#内部尺寸为： ** （长） \times $^{**}m$ （宽），一般外科手术床长 $^{**}m$ ，宽 $^{**}m$ ，本项目保守按设备施用器中心点位于手术床四侧至关注点方向考虑。

术中放疗手术室 2#屏蔽体外关注点预测点位图见下图 11-1~11-2。屏蔽体外关注点处剂量率估算见下表 11-1。

**

图 11-1 术中放疗室 2#水平方向关注点示意图

**

图 11-2 术中放疗室 2#垂直方面关注点示意图

表 11-1 受初级有用线束影响术中放疗室 2#屏蔽体外关注点处剂量率估算表

点位编号	关注点保护目标	屏蔽物质及厚度	辐射源到关注点的距离 (m)	透射系数 (B)	关注点处剂量率 ($\mu Sv/h$)
1#	东侧屏蔽墙体外 30cm 处 (控制室)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	9.28E-06
2#	东侧铅玻璃观察窗外 30cm 处 (控制室)	3mmPb 铅玻璃	**	**	3.78E-14
3#	东侧防护铅门外 30cm 处 (手术走廊)	3mmPb 铅门	**	**	1.19E-14
4#	北侧屏蔽墙体外 30cm 处 (休息间)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	7.67E-06
5#	西侧屏蔽墙体外 30cm 处 (污物走廊)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	8.16E-06
6#	西侧防护铅门外 30cm 处 (污物走廊)	3mmPb 铅门	**	**	3.16E-14
7#	南侧屏蔽墙体外 30cm 处 (1#术中放疗手术室)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	5.22E-06
8#	正下方距地面 1.7m	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	**	**	3.86E-03
9#	正上方距地面 1.0m	120mm 厚钢筋混	**	**	2.71E-03

(2) 病人体表散射辐射剂量估算

①计算模式

人体体表散射本质是原发 X 射线先打在患者身上，形成一个“二次点源”，再向四周辐射，根据式 11-1 推理得出人体表面散射辐射剂量率计算公式 11-3。

$$\dot{D}_{sc} = \frac{I \times \delta_a \times f}{r_0^2} \times 60 \times 10^6 \times \frac{1}{r_{sc}^2} \times B_{sc} \dots\dots\dots (式 11-3)$$

式中：

\dot{D}_{sc} —屏蔽体外关注点处，由人体散射产生的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I —电子束流强度， mA ；本项目取最大值 0.5mA ；

δ_a —空气比释动能率常数， $^{**}\text{Gym}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

r_0 —辐射源到患者体表的距离；

r_{sc} —关注点到患者体表的距离；

B_{sc} —散射辐射的屏蔽透射系数；

f —患者对 X 射线的散射比；

60×10^6 —单位换算系数（把 Gy/min 转为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，低能 X 射线在空气中的空气吸收剂量（ Gy ）与有效剂量（ Sv ）按 1:1 比例换算，即 $1\mu\text{Gy}/\text{h}=1\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）的剂量与剂量率近似相等）。

②参数选取及预测结果

参照《辐射防护导论》（第一分册）表 10.1 人体对 X 射线的散射量与入射照射量比，本项目 50kV 低能 X 射线保守取 30° 散射角度，当 400cm^2 散射面积时，人体体表散射份额 $f=^{**}$ ，则当 1cm^2 散射面积时人体体表散射份额 $f=^{**}$ 。

本项目术中放疗装置属于近距离照射设备，临床使用时射线源位于施用器中心，施用器直接贴敷于瘤床表面，源至患者体表（瘤床表面）距离约 $1\sim 2\text{cm}$ ，屏蔽计算按保守考虑，取 $^{**}\text{cm}$ 进行剂量率核算；同时将屏蔽体外关注点至辐射源的直线距离，等效作为关注点至患者体表散射源的距离进行取值。

本项目原发射线为 50kV 低能 X 射线，经人体组织散射后光子能量大幅降低，核算时十值层 TVL 取值保守按人体散射 X 射线平均能量为 $^{**}\text{kV}$ 。

依据**为数据来源，通过查询该数据库中 30 keV 下各材料窄束质量衰减系数 (μ/ρ)，在不考虑宽束修正的条件下，依据公式 $TVL = \ln 10 / [(\mu/\rho) \times \rho]$ 推导得出：密度 2.35 g/cm³ 铅板的 TVL 约为** mm（保守取值**mm）；密度 3.2 g/cm³ 混凝土的 TVL 约为**cm（保守取值**cm）；密度 3.2 g/cm³ 钡水泥的 TVL 约为** mm（保守取值** mm）。

表 11-2 受病人体表散射辐射影响术中放疗室 2#屏蔽体外关注点处剂量率估算表

点位编号	关注点保护目标	屏蔽物质及厚度	关注点到患者体表的距离 (m)	透射系数 (B)	关注点处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	东侧屏蔽墙体外 30cm 处 (控制室)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	1.39E-10
2#	东侧铅玻璃观察窗外 30cm 处 (控制室)	3mmPb 铅玻璃	**	**	8.79E-28
3#	东侧防护铅门外 30cm 处 (手术走廊)	3mmPb 铅门	**	**	2.77E-28
4#	北侧屏蔽墙体外 30cm 处 (休息间)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	1.15E-10
5#	西侧屏蔽墙体外 30cm 处 (污物走廊)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	1.22E-10
6#	西侧防护铅门外 30cm 处 (污物走廊)	3mmPb 铅门	**	**	7.35E-28
7#	南侧屏蔽墙体外 30cm 处 (1#术中放疗手术室)	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	**	**	7.82E-11
8#	正下方距地面 1.7m	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	**	**	1.86E-06
9#	正上方距地面 1.0m	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	**	**	1.31E-06

(3) 关注点辐射剂量率综合分析

表 11-3 本项目关注点保护目标最大辐射剂量率表

点位编号	关注点保护目标	主射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	综合辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1#	东侧屏蔽墙体外 30cm 处 (控制室)	9.28E-06	1.39E-10	9.28E-06
2#	东侧铅玻璃观察窗外 30cm 处 (控制室)	3.78E-14	8.79E-28	3.78E-14
3#	东侧防护铅门外 30cm 处 (手术走廊)	1.19E-14	2.77E-28	1.19E-14
4#	北侧屏蔽墙体外 30cm 处	7.67E-06	1.15E-10	7.67E-06

	(休息间)			
5#	西侧屏蔽墙体外 30cm 处 (污物走廊)	8.16E-06	1.22E-10	8.16E-06
6#	西侧防护铅门外 30cm 处 (污物走廊)	3.16E-14	7.35E-28	3.16E-14
7#	南侧屏蔽墙体外 30cm 处 (1#术中放疗手术室)	5.22E-06	7.82E-11	5.22E-06
8#	正下方距地面 1.7m	3.86E-03	1.86E-06	3.86E-03
9#	正上方距地面 1.0m	2.71E-03	1.31E-06	2.71E-03

由上述表 11-3 计算结果可知，本项目术中放疗室 2#屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率最大为 3.86E-03 μ Sv/h，小于对应的导出剂量率控制值 2.5 μ Sv/h，也满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中规定的剂量参考控制水平“距治疗机房墙和入口门外表面 30cm 处： $H_c \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ (居留因子 $>1/2$)， $H_c \leq 10\mu\text{Sv/h}$ (居留因子 $\leq 1/2$)”的要求。

2、术中放疗对手术室周围保护目标综合影响

本项目术中放射治疗设备固定布设于专用术中放疗手术室内，设备日常处于停用状态，仅开展术中放疗诊疗作业时投入使用，操作实行隔室远程操控管理模式。设备开机出束治疗期间，所有现场医务人员全部撤离手术室；由专职放疗技师、放射物理师进入独立控制室完成设备调试、出束控制等操作。

结合现场人员实际活动分布情况开展辐射影响核算：辐射工作人员职业受照剂量，统一采用手术控制室位置辐射剂量率测算值进行评价；公众人员及非辐射岗位人员受照剂量，选取手术机房周边除控制室以外其余周边区域剂量率作为核算依据。由下式 11-4 估算各关注点的年附加有效剂量：

$$E=H \times 10^{-3} \times q \times h \times WT \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

式中：

H—关注点的剂量当量(μ Sv/h)；

E—关注点的附加有效剂量 (mSv/a)；

h—工作负荷 (1500h/a)；

q—居留因子；

WT—组织权重因数，全身为 1。

表 11-4 术中放疗室屏蔽体外关注点年附加有效剂量估算表

点位选取	关注点保护目标	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作负荷 (h/a)	居留因子	附加有效剂量预测结果 (mSv/a)	受照者类型
1#	东侧控制室内的职业人员	9.28E-06	1500	1	1.39E-05	职业
3#	东侧手术走廊的公众	1.19E-14	1500	1/4	4.46E-15	公众
4#	北侧休息间的公众	7.67E-06	1500	1	1.15E-05	公众
5#	西侧污物走廊的公众	8.16E-06	1500	1/8	1.53E-06	公众
7#	南侧术中放疗室 1# 的工作人员	5.22E-06	1500	1/4	1.96E-06	公众
8#	正下方净化机房的公众	3.86E-03	1500	1/16	3.62E-04	公众
9#	正上方病房区域的公众	2.71E-03	1500	1	4.07E-03	公众

注：上述点位选取依据图 11-1，选取屏蔽体外 30cm 处关注点最大剂量率。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离术中放疗手术室屏蔽体外 30cm 处最近关注点受到的辐射剂量可以代表评价范围内可能受到的最大辐射有效剂量。由表 11-4 计算结果可知，术中放疗手术室运行后，控制室内职业人员所受年附加有效剂量最大为 $1.39\text{E}-05\text{mSv}$ ，四周紧邻的公众所受最大年剂量为 $4.07\text{E}-03\text{mSv}$ ，分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

（二）DSA 辐射环境影响分析

1、操作模式

根据原环境保护部和国家卫生计生委联合发布公告 2017 年第 66 号《射线装置分类办法》，DSA 属于 II 类射线装置，工作时不产生放射性废气、废水和固体废物。本机为数字成像设备，不使用显、定影液，其主要环境影响因素为工作时产生的 X 射线，出束方向固定，由下而上。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：操作人员采取隔室操作的方式，医生通过开放式操作间铅玻璃观察窗 DSA 机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于控制

室内，经 DSA 机房屏蔽体屏蔽后，对 DSA 机房外（包括 DSA 机房楼上、楼下）的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程

为更清楚地了解病人情况，医生需进入 DSA 机房，进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时手术医生身着铅衣、戴铅防护眼镜等在 DSA 机房内对病人进行直接的手术操作。

本次分析采用理论预测方法对本项目 DSA 系统在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响分析。

2、曝光时间及职责分配

(1) 设备出束时间

本项目共涉及使用 4 台 DSA，其中 3 台 DSA 用于常规介入，1 台 DSA 和 CT 可组成复合介入；常规 DSA 介入单台设备年累计曝光时间最大约 258.33h（其中透视 250h、拍片 8.33h），复合 DSA 介入单台设备年累计曝光时间最大约 205h（其中透视 200h、拍片 5h），故本项目 4 台 DSA 设备年总累计最大出束时间为 979.99h（其中透视 950h，拍片 29.99h）。

(2) 人员职责分配及理论受照时间

本项目 DSA 机房拟配置辐射工作人员共计 35 人，其中介入护士 8 人、技师 4 人、主刀医师 15 人，助手医师 8 人），院内介入手术按神经、心血管、外周、综合等专业分类开展，各专业手术均由介入中心护理人员、技术人员与对应专业医师协同配合实施，确保手术流程规范、分工明确。

本项目所有医师、技师、护理人员实行轮班分组作业，依据当日临床手术排班确定具体手术机房。常规介入手术由主刀医师、助手医师、介入护士及放射技师组成标准作业小组，协同完成全流程操作。

DSA 介入手术实施期间，各岗位辐射工作人员在机房停留时长及受照场景存在明确差异，具体如下：主刀医师、助手医师作为手术核心操作人员，需全程驻守手术机房，负责完成穿刺、造影、介入治疗等核心操作及辅助配合工作，其受照时间与手术曝光时长一致；介入护士仅在术前准备（核对患者信息、建立静脉通路、摆放抢救物品）、术中给药（推注造影剂、紧急给药）、术后处置（协助转运患者、整理医疗用品）等必要环节间断进入机房配合工作，其余时间均在机房外防护区域待命，不长期停留于机房内

辐射区域，受照仅发生在短时进入机房的关键环节；放射技师主要在机房外控制室完成 DSA 设备开机调试、参数设置、透视造影操控、影像采集与存储等工作。

结合医院提供的运营工作方案、年度手术总量、人员分组排班实际情况，同时兼顾辐射防护评价的保守性原则，本次辐射工作人员年有效受照时间按人均常规受照时间的 1.2 倍进行保守取值核算。考虑到介入护士仅间断进入机房、非全程驻留的作业特点，其受照时间远低于手术医师，因此单独明确护士机房内透视年有效受照时间取累计透视出束时间的 1/5，该取值既符合护士实际作业场景，也满足辐射评价的保守性要求。本项目职业人员进行年最大工作负荷分配情况如下表 11-5 所示：

表 11-5 本项目机房内职业人员年最大工作负荷分配统计表

辐射工作场所	使用科室	职务/人数	人数/名	工作模式	年最大受照时间 (h)	理论人均受照时间 (h)	保守考虑人均受照时间 (h)
手术中心	神经、心脏、外周、综合等	主刀医生	15	透视	**	**	76.0
		助手医生	8	透视	**	**	142.5
		介入护士	8	透视	**	**	28.5
		技师	4	透视	**	**	285
	拍片			**	**	9.0	
公众		/		258.33h/台（其中透视 250h/台、拍片 8.33h/台）			

3、运行工况及源强分析

根据医院实际诊疗情况，拍片时，DSA的常用电压60~100kV，常用电流为100~500mA；透视时，DSA常用管电压为70~90kV，常用管电流为6~20mA。

参照医院现有DSA设备过滤片实际使用情况，结合本次项目备选的多家设备供应商提供的过滤片材质参数可知，DSA过滤片标准配置一般为前置固定高纯铝（0.5~1.0mm），附加自动高纯铜（0.1~0.9mm，3-5档，自动跟随kV/体重切换），经综合分析、合理选取，本项目DSA设备辐射剂量估算过程中，统一按过滤材料为0.5mm铜滤片的标准进行核算。

查《辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽》图4.4c，对于管电压为90kV，在0.5mmCu作为过滤板的条件下，当管电压为90kV时（透视最大工况），查得 $v_{r0}=0.15R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ；当管电压为100kV时（拍片最大工况），查得 $v_{r0}=0.21R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ 。经计算后，在透视时管电压为90kV、管电流为20mA时，距靶1m处的剂量率 H_0 为 $26.19mGy \cdot min^{-1}$ ；在拍片管电压为100kV、管电流为500mA时，距靶1m处的剂量率 H_1 为 $916.65mGy \cdot min^{-1}$ 。见下表11-6：

表 11-6 本项目 DSA 常用工况及源强取值

工作模式	常用管电压	常用管电流	最大使用工况	v_{r0}	H_0
透视	70~90kV	6~20mA	90kV、20mA	$0.15R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$	$26.19mGy \cdot min^{-1}$

拍片	60~100kV	100~500mA	100kV、500mA	$0.21R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$	$916.65mGy \cdot min^{-1}$
----	----------	-----------	-------------	--------------------------------------	----------------------------

4、关注点辐射环境影响分析

本项目 4 台 DSA 设备辐射工作场所屏蔽防护方案均一致，根据平面布局图经核实对照 DSA3#机房有效使用面积最小（ $56.25m^2$ ，不含入门通道），且所在的 11 层周围辐射工作场所较聚集，因此偏保守考虑，本次辐射剂量率预测选取 DSA3#机房进行预测分析。

本项目 DSA 投用后，手术过程中 DSA 机房四周及正上方、下方的保护目标，均受到漏射射线和散射射线的影响，DSA 机房正上方受主射辐射的影响，DSA 机房内的辐射工作人员受到散射和漏射的影响。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离 DSA 机房最近关注点可以代表最大可能辐射影响。本项目共布设 11 个保护目标。

- 1: DSA 机房内主刀医生
- 2: DSA 机房内助手医生
- 3: DSA 机房内护士
- 4: 东侧观察窗外 30cm 处：控制室内技师
- 5: 东侧防护门外 30cm 处：手术走廊
- 6: 西侧铅门外 30cm 处：污物通道工作人员
- 7: 西侧屏蔽墙体外 30cm 处：污物通道工作人员
- 8: 北侧屏蔽墙体外 30cm 处：术中放疗室 1#内的工作人员
- 9: 南侧屏蔽墙体外 30cm 处：楼梯间的公众
- 10: 机房正下方 30cm 处：净化机房的公众（一般该区域无人员拘留）
- 11: 机房正上方 30cm 处：病房的公众

各预测点位见下图 11-3~11-4；由于 DSA3#机房与上述术中放疗室 2#均位于 11 层，其 DSA 辐射源点距地面统一取 1m，则正上方和正下方距离取值参考上图 11-2 示意图。

**

图11-3 本项目DSA3#机房水平方向预测点位示意图

**

图11-4 本项目DSA3#机房垂直方向预测点位示意图

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1 及附录表 C.2、C.3 不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值，按公式 11-5 计算辐射透射因子 B:

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (式11-5)$$

式中：

B—给定屏蔽材料厚度的屏蔽减弱因子；

β —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—屏蔽材料厚度。

散射线的屏蔽透射因子将根据实际情况，采用实际工况下散射线拟合参数进行计算；泄漏射线因和主射线能量一样，故采用实际常用工况下主射线拟合参数计算其漏射的屏蔽透射因子。

表 11-7 屏蔽材料对 X 射线的辐射衰减拟合参数

管电压90kV（透视）						
材料	α		β		γ	
铅	3.067		18.83		0.7726	
管电压 100kV（拍片）						
材料	α		β		γ	
	主束	散射	主束	散射	主束	散射
铅	2.500	2.507	15.28	15.33	0.7557	0.9124

根据公式11-5计算，DSA机房不同防护措施对应的屏蔽减弱因子见表11-8。

表 11-8 DSA 检查室设计屏蔽参数及防护措施铅当量一览表

屏蔽方位	屏蔽材料与厚度	等效约合铅当量	屏蔽减弱因子（透视）	屏蔽减弱因子（拍片）	
				主束、漏射	散射
四周墙体	龙骨钢架+45mm厚硫酸钡板	3.24mmPb	3.80E-06	2.27E-05	3.46E-05
屏蔽门	3mm 铅当量铅门	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
屋顶	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	3.96mmPb	4.17E-07	3.74E-06	5.68E-06
地面	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	3.96mmPb	4.17E-07	3.74E-06	5.68E-06
手术医生位	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅帘	1mmPb	4.08E-03	/	/
护士位	0.5mmPb铅衣	0.5mmPb	2.52E-02	/	/

注：根据医院实际使用情况，手术室内 DSA 配备有 2 副床下铅帘，手术时主刀医生和助手医生均会被铅帘有效遮挡。

(1) 主射线束方向影响分析

①计算模式

本项目主射方向屏蔽防护采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式如下：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \dots\dots\dots (式 11-6)$$

式中：

D_r —预测点处辐射空气吸收剂量，mGy/a；

D_1 —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，mGy/min；

T —每年工作时间，15500.4h/台（其中透视 15000h/台、拍片 500.4h/台）；

μ —利用因子，主射方向取 1；

η —对防护区的占用因子；

f —屏蔽材料对初级 X 射线束的减弱因子；

r —预测点距 X 射线源的距离，m。

②预测结果分析

根据 NCRP147 报告，患者和接收器对初始线束的减弱倍数为 10 到 100 倍，考虑最不利影响，患者和接收器对初始线束的减弱倍数取 10 倍，则主射方向照射量率取主射线束的 10%。

将相关参数代入（式 11-6）中，进行各关注点年有效剂量预测，预测点年剂量估算结果见表 11-9：

表 11-9 DSA 检查室主射方向预测点年有效剂量估算

预测点 保护目标	与出束 口直线 距离(m)	屏蔽材料与厚度 及等效铅当量 (mm)	照射类 型	屏蔽减弱因 子(f)	衰减 倍数	利用 因子 (μ)	占用 因子 (η)	预测点辐射 剂量率 (μ Gy/h)
11#机房正 上方病房区 域的公众	4.3	120mm 厚钢筋 混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料 (3.96mmPb)	透视	**	**	**	**	3.54E-03
			拍片	**	**			1.11E+00

(2) 病人体表散射辐射剂量估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot s}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots\dots\dots (式11-7)$$

式中：

H_s ——预测点处的散射剂量率， μ Gy/h；

H_0 ——距靶 1m 处的剂量率， μ Gy/h；

α ——患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取

得当 400cm² 散射面积时, $\alpha=1.3 \times 10^{-3}$; 故当 1cm² 散射面积时, $\alpha=3.25 \times 10^{-6}$ (90° 散射);

s ——散射面积, cm², 取 100cm²;

d_0 ——源与病人的距离, m, 取 1m;

d_s ——病人与预测点的距离, m;

B ——减弱因子。

个人年最大有效剂量估算公式如下:

$$E = H \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (式11-8)$$

式中:

E ——辐射外照射人均年有效剂量, mSv;

H ——辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t ——年工作时间, h;

T ——居留因子。

各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-10。

表 11-10 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点保护目标	靶点距关注点的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量 (mmPb)	照射类型	屏蔽减弱因子	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1#第一手术位 (主刀医生)	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	**	8.33E+00
2#第二手术位 (助手医生)	0.8	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	**	3.25E+00
3#机房内护士	1.0	0.5mmPb 铅衣	1	透视	**	1.29E+01
4#东侧观察窗外 30cm 处控制室内技师	4.0	3mm 铅当量铅玻璃	3	透视	**	2.53E-04
				拍片	**	7.05E-02
5#东侧防护门外 30cm 处手术走廊的公众	7.0	3mm 铅当量铅门	3	透视	**	8.26E-05
				拍片	**	2.30E-02
6#西侧铅门外 30cm 处污物通道的工作人员	4.8	3mm 铅当量铅门	3	透视	**	1.76E-04
				拍片	**	4.90E-02
7#西侧屏蔽墙体外 30cm 处污物通道的工作人员	4.1	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	3.24	透视	**	1.15E-04
				拍片	**	3.68E-02
8#北侧屏蔽墙体外 30cm 处术中放疗室 1#内的工作人员	6.0	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	3.24	透视	**	5.39E-05
				拍片	**	1.72E-02
9#南侧屏蔽墙体外 30cm 处楼梯间的公众	5.0	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	3.24	透视	**	7.76E-05
				拍片	**	2.47E-02

10#机房正下方 30cm 处净化机房的公众	3.6	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡涂料	3.96	透视	**	1.64E-05
				拍片	**	7.83E-03

(3) 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 1‰ 计算，利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用下式进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (式11-9)$$

式中：

H—预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

f—泄漏射线比率，1‰；

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

R—靶点距关注点的距离，m；

B——减弱因子，前文表 11-8 计算取得。

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-11。

表 11-11 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

关注点保护目标	靶点距关注点的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量 (mmPb)	照射类型	屏蔽减弱因子	漏射辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1#第一手术位 (主刀医生)	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	**	2.56E+01
2#第二手术位 (助手医生)	0.8	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅帘	1	透视	**	1.00E+01
3#机房内护士	1.0	0.5mmPb 铅衣	1	透视	**	3.96E+01
4#东侧观察窗外 30cm 处控制室内技师	4.0	3mm 铅当量铅玻璃	3	透视	**	7.78E-04
				拍片	**	1.42E-01
5#东侧防护门外 30cm 处手术走廊的公众	7.0	3mm 铅当量铅门	3	透视	**	2.54E-04
				拍片	**	4.65E-02
6#西侧铅门外 30cm 处污物通道的工作人员	4.8	3mm 铅当量铅门	3	透视	**	5.40E-04
				拍片	**	9.88E-02
7#西侧屏蔽墙体外 30cm 处污物通道的工作人员	4.1	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	3.24	透视	**	3.55E-04
				拍片	**	7.43E-02
8#北侧屏蔽墙体外 30cm 处术中放疗室 1#内的工作人员	6.0	龙骨钢架+45mm 厚硫酸钡板	3.24	透视	**	1.66E-04
				拍片	**	3.47E-02
9#南侧屏蔽墙体外 30cm	5.0	龙骨钢架+45mm 厚	3.24	透视	**	2.39E-04

处楼梯间的公众		硫酸钡板		拍片	**	4.99E-02
10#机房正下方 30cm 处 净化机房的公众	3.6	120mm 厚钢筋混凝土+30mm 厚硫酸钡 涂料	3.96	透视	**	5.05E-05
				拍片	**	1.59E-02

(4) 关注点周围剂量当量率综合分析

根据《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T830-2024)表G.1中100kV(拍片)下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为**；由于表格中无90kV(透视)管电压下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数相关数据，因此根据表格中对应80kV和100kV下的转换系数，插值法计算出90kV(透视)下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为**。经过转换后本项目保护目标周围剂量当量率估算结果表见下表11-12。

表11-12 本项目保护目标周围剂量当量率估算结果表

位置	关注点位保护目标	照射类型	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)				备注
			主射	散射	漏射	综合剂量率	
机房 内部	1#第一手术位(主刀医生)	透视	/	1.40E+01	4.32E+01	5.72E+01	职业
	2#第二手术位(助手医生)	透视	/	5.48E+00	1.69E+01	2.23E+01	职业
	3#机房内护士	透视	/	2.17E+01	6.67E+01	8.83E+01	职业
机房 四周	4#东侧观察窗外 30cm 处控制 室内技师	透视	/	4.26E-04	1.31E-03	1.74E-03	职业
		拍片	/	1.16E-01	2.35E-01	3.51E-01	
	5#东侧防护门外30cm处手术走 廊的公众	透视	/	1.39E-04	4.28E-04	5.67E-04	公众
		拍片	/	3.80E-02	7.67E-02	1.15E-01	
	6#西侧铅门外 30cm 处污物通 道的工作人员	透视	/	2.96E-04	9.11E-04	1.21E-03	公众
		拍片	/	8.08E-02	1.63E-01	2.44E-01	
	7#西侧屏蔽墙体外 30cm 处污 物通道的工作人员	透视	/	1.94E-04	5.98E-04	7.92E-04	公众
		拍片	/	6.07E-02	1.23E-01	1.83E-01	
	8#北侧屏蔽墙体外 30cm 处术 中放疗室 1#内的工作人员	透视	/	9.08E-05	2.79E-04	3.70E-04	公众
		拍片	/	2.83E-02	5.72E-02	8.56E-02	
	9#南侧屏蔽墙体外 30cm 处楼 梯间的公众	透视	/	1.31E-04	4.02E-04	5.33E-04	公众
拍片		/	4.08E-02	8.24E-02	1.23E-01		
10#机房正下方 30cm 处净化机 房的公众	透视	/	2.77E-05	8.51E-05	1.13E-04	公众	
	拍片	/	1.29E-02	2.62E-02	3.91E-02		
11#机房正上方病房区域的公 众	透视	5.97E-03	/	/	5.97E-03	公众	
	拍片	1.84E+00	/	/	1.84E+00		

由表 11-12 计算结果可知：本项目 3#DSA 机房屏蔽体外透视功能时最大辐射剂量率为 $5.97\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ，拍片功能时最大辐射剂量率为 $1.84\mu\text{Sv/h}$ ，均满足本次评价确定的 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处，周围控制目标辐射剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(5) 关注点年辐射剂量分析

本项目职业人员及公众年最大受照时间分析及取值见上述表 11-5。本项目共新增使

用 4 台 DSA，根据表 10 总平面布局合理性分析，各 DSA 机房均位于所在楼层手术中心南半部的最底端，四周紧邻手术室、辅助用房、手术走廊及污物走廊等区域。本次环评选取 DSA3#机房作为代表性分析机房，其屏蔽体外关注点居留因子，结合 4 间 DSA 机房四周各敏感点的实际使用功能与人员停留情况综合考虑，按最不利工况进行保守取值。

表 11-13 本项目各预测点理论预测最大受照剂量统计表

关注点位保护目标	照射类型	综合剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大受照时间 (h)	居留因子	透视/拍片总辐射剂量 (mSv/a)	年总辐射剂量 (mSv/a)	备注
1#第一手术位 (主刀医生)	透视	5.72E+01	**	1	4.35E+00	4.35E+00	职业
2#第二手术位 (助手医生)	透视	2.23E+01	**	1	3.18E+00	3.18E+00	职业
3#机房内护士	透视	8.83E+01	**	1	2.52E+00	2.52E+00	职业
4#东侧观察窗外 30cm 处控制室内技师	透视	1.74E-03	**	1	4.96E-04	3.65E-03	职业
	拍片	3.51E-01	**		3.16E-03		
5#东侧防护门外 30cm 处手术走廊的公众	透视	5.67E-04	**	1/4	3.54E-05	2.75E-04	公众
	拍片	1.15E-01	**		2.39E-04		
6#西侧铅门外 30cm 处污物通道的工作人员	透视	1.21E-03	**	1/8	3.78E-05	2.92E-04	公众
	拍片	2.44E-01	**		2.54E-04		
7#西侧屏蔽墙体外 30cm 处污物通道的工作人员	透视	7.92E-04	**	1/8	2.48E-05	2.15E-04	公众
	拍片	1.83E-01	**		1.91E-04		
8#北侧屏蔽墙体外 30cm 处术中放疗室 1#内的工作人员	透视	3.70E-04	**	1/4	2.31E-05	2.01E-04	公众
	拍片	8.56E-02	**		1.78E-04		
9#南侧屏蔽墙体外 30cm 处楼梯间的公众	透视	5.33E-04	**	1/4	3.33E-05	2.89E-04	公众
	拍片	1.23E-01	**		2.56E-04		
10#机房正下方 30cm 处净化机房的公众	透视	1.13E-04	**	1/16	1.77E-06	2.21E-05	公众
	拍片	3.91E-02	**		2.04E-05		
11#机房正上方病房区域的公众	透视	5.97E-03	**	1	1.49E-03	1.68E-02	公众
	拍片	1.84E+00	**		1.53E-02		

由表 11-13 可知,单台 DSA 运营期间第一手术位主刀医生最大有效剂量为 4.35mSv/a,第二手术位助手医生最大有效剂量为 3.18mSv/a,介入护士最大有效剂量为 2.52mSv/a,控制室内隔室操作的技师最大有效剂量为 3.65E-03mSv/a,周围公众最大有效剂量为 1.68E-02mSv/a,均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a、公众 0.1mSv/a 的剂量约束值,也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的职业人员 20mSv/a、公众 1mSv/a 的剂量限值。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律,距离 DSA 机房最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在 DSA 运行后,实际工作中,常用管电压和管电流远低于预测工况,且项目运行产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后,DSA 机房周围环境

保护目标受照剂量远低于预测剂量，对DSA机房周围公众影响更小。

(6) 医生腕部皮肤受照剂量

医生介入手术操作时，会穿连体铅衣、戴介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡胶颈套等防护用品，通常站立于介入治疗病床侧面，面对病患，受到散射和漏射线束照射，由于手术过程中手术医生随时在活动，其腕部不会一直处于受照射位置不动，因此保守考虑，分以下两种情况预测：①预计在透视时有 1/5 时间手术医生在受照位置进行插入导管等操作，此时医生腕部受铅防护手套（0.025mmPb）保护；②预计在剩余透视时的 4/5 时间内手术医生在手术床侧的其他位置，此时腕部未处于受照位置，腕部受到铅防护手套（0.025mmPb）和铅悬挂防护屏（0.5mmPb）的保护。

本项目采用理论预测分析介入手术医生腕部所受到的皮肤剂量，减弱因子参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1 以及附录表 C.2，则手术时医生腕部所受的最大辐射剂量见下表：

表11-14 本项目介入手术医生腕部最大辐射剂量率表

关注点部位	射线源距关注点的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量 (mmPb)	减弱因子	散射辐射剂量率 (μGy/h)	漏射辐射剂量率 (μGy/h)	综合剂量率 (μGy/h)
手术医生腕部	0.5	0.025mmPb 铅手套	0.025	6.26E-01	1.28E+03	3.93E+03	5.21E+03
		0.025mmPb 铅手套 +0.5mmPb 铅悬挂防护屏	0.525mmPb	2.27E-02	4.63E+01	1.43E+02	1.89E+02

腕部皮肤受照剂量：

手术医生在 DSA 机房内进行介入手术时，第一手术位主刀医生腕部距离辐射源（非主射束方向）最近，因 X 射线随着距离的增加呈现衰减趋势，故以第一手术位医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年剂量，根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZT244-2017）中的公式估算 DSA 机房内人员年皮肤吸收剂量：

$$D_s = C_{ks}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^{(10)}}{C_{KH}} \dots\dots\dots \text{(式 11-11)}$$

式中： D_s —皮肤吸收剂量，mGy；

\dot{k} —X 辐射场的空气比释动能率, $\mu\text{Gy/h}$;

C_{KS} —空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数 (Gy/Gy);

t —人员累积受照时间, h ;

$H_{(10)}^*$ —X 辐射场的周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

C_{KH} —空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 (Sv/Gy)。

理论计算: 根据主刀手术医生的工作量分配情况, 人均保守受照时间最长为 76h, 根据上述分析有如下两种情况: ①手术医生在透视时预计有 1/5 时间在受照位置进行插入导管等操作, 此时受照时间为 15.2h ($76\text{h}\times 1/5$), 根据表 11-14 分析, 腕部位置处的剂量当量率为 $**\mu\text{Gy/h}$; ②手术医生在透视时预计有 4/5 时间在非受照位置进行手术操作时, 此时受照时间为 60.8h ($76\text{h}\times 4/5$), 根据表 11-14 分析, 腕部位置处的剂量当量率为 $**\mu\text{Gy/h}$ 。

本项目 DSA 可近似地视为垂直入射, 而且是 AP 入射方式。根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) 表 A.9 查得 X 辐射场空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 $C_{KH}=1.72\text{Sv/Gy}$, 由 (公式 11-11) 计算出手术医生在上述两种受照情况下辐射场的空气比释动能分别为 $**\mu\text{Gy/h}$ 、 $**\mu\text{Gy/h}$ 。

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) 表 A.4 中查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的最大转换系数 $C_{KS}=**\text{mGy/mGy}$ (以男性医护人员进行估算)。根据式 11-10, 手术医生在受照位置进行插入导管等操作时, 医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为: **52.23mGy/a**, 手术医生在非受照位置进行手术操作时, 医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为: **7.58mGy/a**, 则手术医生腕部皮肤受照当量剂量叠加共为 **59.81mGy/a**, 满足《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, 四肢 (手和足) 或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv 的要求, 也满足本项目对于辐射工作人员四肢 (手和足) 或皮肤当量剂量通常管理限值, 即不超过 125mSv/a 的要求。

医院应严格落实辐射安全防护的各项规章制度, 所有手术过程中 DSA 机房内的职业人员均应按辐射工作人员进行管理, 介入手术时手术医生穿戴好防护用品并严格遵守操

作规程。对病人病灶进行照射时，应将病人病灶以外的部位用铅橡胶布进行遮盖或穿着铅服，以避免病人受到不必要的照射。

(7) 介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的新方法，但介入治疗时 X 射线曝光量大，曝光时间长，距球管和散射体近，使介入治疗操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入治疗时 X 射线对操作者和其他人员的影响，本评价提出以下几点要求：

介入治疗医生自身的辐射防护要求：①加强教育和培训工作，提高辐射安全文化素养，全面掌握辐射防护法规和技术知识；②结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；③在介入手术期间，必须穿戴个人防护用品，并佩戴个人剂量报警仪；④定期维护 DSA 系统设备，制定和执行介入治疗的质量保证计划。

患者的辐射防护要求：①严格执行 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平，保证患者的入射体表剂量率不超过 100mGy/min；②选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施；③采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量；④做好患者非照射部位的保护工作。

(8) 射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照国有资产和生态环境主管部门的要求，履行相关报废手续。

(三) 移动 CT 辐射环境影响分析

本项目 11 层南部最底端 DSA 机房与 CT 机房紧邻布置，两区之间通过铅防护滑门连通，当需要开展复合手术时，开启铅滑门，CT 设备沿地轨滑移至 DSA 机房区域，形成一体化复合手术作业空间；其中 CT 设备也配套有独立机房，具备双模式使用功能：即可依托地轨滑移至 DSA 机房，与 DSA 设备联合开展复合手术，也可静置在独立 CT 机房内开展常规 CT 检查作业。CT 设备为 III 类射线装置，根据辐射安全管理相关规定，设备辐射安全备案手续由建设单位（医院）自行办理，本次环评不开展备案相关专项论证，仅在工艺流程、建设内容及辐射剂量影响章节中对其环境影响予以简要分析。

(1) 辐射影响

滑轨 CT 设备最大管电压 $\leq 150\text{kV}$ 、最大管电流 $\leq 1000\text{mA}$ ，设备采用数字成像技术，运行过程无废显定影液、废胶片产生，运行期主要环境影响为设备曝光扫描过程中产生的 X 射线辐射。CT 机房及 DSA 机房均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）完成屏蔽防护设计，墙体、门窗均设置标准化辐射防护屏蔽结构。设备开机扫描作业时，辐射工作人员严格执行隔室操作制度，作业人员与射线作业区域物理隔离，经建筑屏蔽衰减及距离衰减后，工作人员所受辐射剂量处于极低水平，辐射剂量贡献可忽略，不会对辐射工作人员及周边公众身体健康产生不利影响。

（2）臭氧影响

该 CT 设备在曝光工作过程中，会产生少量臭氧，复合手术室及 CT 机房内均已配套建设完善的通风换气系统，设备运行时产生的少量臭氧可通过通风系统快速排出、稀释，经通风换气后，室内臭氧浓度可控制在国家相关标准限值范围内，对机房周边大气环境不会造成明显影响，其环境影响可忽略不计。

（四）辐射剂量叠加环境影响分析

本项目辐射工作场所主要集中在综合科研大楼 7、9、11 层，其中 11 层集中布置了多类辐射工作场所，包括 2 间 DSA 机房及 2 间术中放疗手术室，涉及使用 4 台 II 类射线装置。前期已针对术中放疗、DSA 分别开展了单机房独立辐射环境影响分析，仅能反映单台设备运行时的辐射影响，无法体现多台设备同时运行时，不同辐射源对同一环境敏感预测点的叠加辐射影响。

本次综合预测采用最保守假设，即 11 层手术中心 4 台 II 类射线装置同时以最大工况运行，依据电离辐射随距离增大逐步衰减特性，距机房最近敏感目标可表征最大辐射有效剂量。针对项目职业人员辐射剂量叠加核算，结合机房实际辐射暴露特征判定：DSA 机房内职业工作人员在介入手术透视操作过程中会受到最大辐射剂量影响，机房外其余工况下的辐射剂量，经空间距离衰减、建筑墙体屏蔽双重作用后，叠加影响极其微弱，可忽略不计。因此，本次职业人员辐射剂量叠加计算仅核算控制室内辐射剂量影响。

本次保护目标辐射叠加预测，选取综合科研大楼内代表性敏感点位开展分析；50m 评价范围院内其余保护目标经距离衰减与建筑物屏蔽作用后，辐射影响程度偏低，机房周边紧邻敏感点位的叠加分析结果，可等效反映远端区域辐射水平。本次辐射叠加核算相关数据详见表 11-15。

表 11-15 本项目职业人员及公众预测点保护目标综合剂量叠加影响一览表

保护目标	设备名称	辐射源距关注点最近距离 (m)	贡献剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)		年最大照射时间 (h)	居留因子	年最大辐射剂量 (mSv/a)	综合年有效剂量 (mSv/a)
			透视	拍片				
控制室内职业人员	DSA3#机房	4.0	透视	8.32E-04	285	1	2.37E-04	2.26E-03
			拍片	1.93E-01	9.0		1.74E-03	
	DSA4#机房	10.5	透视	1.21E-04	285		3.45E-05	
			拍片	2.79E-02	9.0		2.51E-04	
	术中放疗室 1#	7.5	1.48E-06		1500		2.22E-06	
术中放疗室 2#	15.0	3.71E-07		1500	5.57E-07			
污物走廊的公众	DSA3#机房	4.1	透视	7.92E-04	250	1/8	2.48E-05	3.38E-04
			拍片	1.83E-01	8.33		1.91E-04	
	DSA4#机房	5.5	透视	4.40E-04	250		1.38E-05	
			拍片	1.02E-01	8.33		1.06E-04	
	术中放疗室 1#	3.2	8.16E-06		1500		1.53E-06	
术中放疗室 2#	3.2	8.16E-06		1500	1.53E-06			
北半部微创及普通手术区域的公众	DSA3#机房	20.0	透视	3.33E-05	250	1/4	2.08E-06	2.84E-05
			拍片	7.70E-03	8.33		1.60E-05	
	DSA4#机房	31.0	透视	1.39E-05	250		8.69E-07	
			拍片	3.21E-03	8.33		6.68E-06	
	术中放疗室 1#	12.0	5.80E-07		1500		2.18E-07	
术中放疗室 2#	3.5	6.82E-06		1500	2.56E-06			
手术走廊的公众	DSA3#机房	6.3	透视	3.36E-04	250	1/4	2.10E-05	4.74E-04
			拍片	7.76E-02	8.33		1.62E-04	
	DSA4#机房	5.0	透视	5.33E-04	250		3.33E-05	
			拍片	1.23E-01	8.33		2.56E-04	
	术中放疗室 1#	5.2	3.09E-06		1500		1.16E-06	
术中放疗室 2#	5.2	3.09E-06		1500	1.16E-06			
东部电梯厅库房、卫浴、等候避难间等区域公众	DSA3#机房	9.4	透视	1.51E-04	250	1/4	9.44E-06	2.23E-04
			拍片	3.49E-02	8.33		7.27E-05	
	DSA4#机房	7.2	透视	2.57E-04	250		1.61E-05	
			拍片	5.94E-02	8.33		1.24E-04	
	术中放疗室 1#	8.0	1.31E-06		1500		4.91E-07	
术中放疗室 2#	8.0	1.31E-06		1500	4.91E-07			
南部底端楼梯间、缓冲、污洗间、器械预清洗间等区域的公众	DSA3#机房	5.0	透视	5.33E-04	250	1/4	3.33E-05	4.19E-04
			拍片	1.23E-01	8.33		2.56E-04	
	DSA4#机房	7.5	透视	2.37E-04	250		1.48E-05	
			拍片	5.48E-02	8.33		1.14E-04	
	术中放疗室 1#	14.0	4.26E-07		1500		1.60E-07	
术中放疗室 2#	22.0	1.73E-07		1500	6.49E-08			
下方 10F 净化、新	DSA3#机房	3.6	透视	1.13E-04	250	1/16	1.77E-06	7.68E-04
			拍片	3.91E-02	8.33		2.04E-05	

风机房的公众	DSA4#机房	3.6	透视	1.13E-04	250	1	1.77E-06	4.18E-02
			拍片	3.91E-02	8.33		2.04E-05	
	术中放疗室 1#	3.6	3.86E-03		1500		3.62E-04	
	术中放疗室 2#	3.6	3.86E-03		1500		3.62E-04	
上方 2F 病房、走廊的公众	DSA3#机房	4.3	透视	5.97E-03	250	1	1.49E-03	4.18E-02
			拍片	1.84E+00	8.33		1.53E-02	
	DSA4#机房	4.3	透视	5.97E-03	250		1.49E-03	
			拍片	1.84E+00	8.33		1.53E-02	
	术中放疗室 1#	4.3	2.71E-03		1500		4.07E-03	
术中放疗室 2#	4.3	2.71E-03		1500	4.07E-03			

综上，结合本次多设备最大工况叠加辐射环境影响分析结果可知：本项目综合科研大楼 11 层辐射工作场所多设备叠加运行工况下，控制室内职业人员所受最大附加剂量为 $2.26E-03\text{mSv/a}$ ，评价范围内周边公众人员受到的最大附加剂量为 $4.18E-02\text{mSv/a}$ ；均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a 、公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 、公众 1mSv/a 的剂量限值。

二、大气环境影响分析

本项目手术中心 DSA、术中放疗辐射工作场所均设置有通排风系统，每间机房顶部均设有 1 个排风口和 1 个新风口，采用对角线分布，机房内排风量不低于 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，机房内产生的臭氧通过机械排风系统经排风管道引出机房，每间机房内引出的分支排风管道均汇总到该区域手术走廊的主排风管道，最终引至所在楼层距离最近的新风机房内，经过滤处理后排至排风井，综合科研大楼排风井均位于大楼侧墙，通过高层百叶窗口（最低在 7 楼）排至室外大气环境中，经空气稀释后，对周围环境影响较小。

三、废水环境影响分析

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水及项目产生的医疗废水，依托医院综合污水处理站处理达标后排放至市政污水管网，最终排放至成都市第九净水厂处理达标后排放至锦江。

四、固体废物影响分析

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾和介入手术时产生的医疗废弃物，其中术中放射治疗仪治疗及 CT 诊断过程中不产生固体废物。

②介入手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，本项目 DSA 每年预计手术量共 1800 台，则每年固体废物产生量约为 3.6t。医疗废物采用专门的容器收集转移至所在楼层医疗废物暂存间内，日产日清，晚上手术室下班时间，工作人员通过污梯再统一转运至医院总医废暂存间内暂存，最后定期统一交由有资质的单位收运处置。

③本项目拟配置 39 名辐射工作人员，每人每天产生办公垃圾和生活垃圾约 0.5kg，则每年办公垃圾和生活垃圾产生量约 4.88t。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。

项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

五、声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB(A)，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

环境影响风险分析

一、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，以及项目在建设、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。

二、风险识别

1、术中放疗辐射事故风险

本项目使用的术中放射治疗仪属于Ⅱ类射线装置。对于X射线装置，当设备关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。其X射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射，主要存在以下两种事故工况：

①设备开机作业前，手术室内工作人员未全部撤离，操作间操作人员提前启动设备，造成手术室内滞留人员受到误照射；

②设备安全联锁装置发生故障、失效，射线装置运行期间，无关人员可擅自开启屏蔽门误入作业区域，造成人员误照射，引发辐射事故。

2、DSA辐射事故风险

本项目使用的 DSA 属于Ⅱ类射线装置，属中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，大剂量照射甚至可导致死亡。DSA 不运行时不可能发生放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当机器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，所以最大可能的事故情景为：装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；手术过程中，人员误入或滞留在 DSA 机房内而造成非主射方向的误照射。

3、CT 设备辐射事故风险

本项目11层DSA4#机房内配套使用1台带地轨的滑轨CT，为Ⅲ类射线装置，采用数字成像，无废显定影液及废胶片产生，其主要危害为设备工作时产生X射线。Ⅲ类射线装置属于低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤。

三、源项分析及事故等级分析

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：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、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 11-16。

表 11-16 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

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

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-17。

表 11-17 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy

	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	10.0Gy~100.0Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

四、最大可能性辐射事故分析

1、术中放疗事故的后果计算

假设考虑滞留或误入人员在无其它屏蔽的情况下处于术中放射治疗仪的主射束方向，移动式术中放射治疗仪机架及操作控制台上自带有紧急停机开关，只要按下此按钮就可以停机，保守取每次误入照射时间最大为30min计（治疗方案中单次照射最长时间），本项目术中放射治疗仪在对病人开机治疗时，距源点1m处X射线的最大吸收剂量率按**mGy/min，则与源点不同距离上X射线剂量率可由下式估算。

$$D=H_0/R^2 \dots\dots\dots \text{(式 11-12)}$$

式中：

D—距焦点 R 处的 X 射线的吸收剂量率(mGy/min)；

H₀—距焦点 1m 处 X 射线的吸收剂量率，为**mGy/min；

R—估算点与设备焦点的距离，m。

$$E=H \cdot WT \cdot WR \dots\dots\dots \text{(式 11-13)}$$

式中：

E—受照人员的有效剂量；

WT—组织权重因数，本项目取 1；

WR—辐射权重因数，本项目取 1。

根据(式 11-12)和(式 11-13)，将与术中放射治疗仪源点不同距离的 X 射线吸收剂量的估算结果列于表 11-18。

表 11-18 事故状态下不同受照时间不同距离所致人员剂量估算表 (mSv)

时间 距离 (m)	10s	30s	1min	5min	10min	20min	30min
0.3	2.44	7.33	14.67	73.33	146.67	293.33	440.00
0.5	0.88	2.64	5.28	26.40	52.80	105.60	158.40
1	0.22	0.66	1.32	6.60	13.20	26.40	39.60
1.5	0.10	0.29	0.59	2.93	5.87	11.73	17.60
2	0.06	0.17	0.33	1.65	3.30	6.60	9.90

由表11-18可知，在以上假设事故情景下，误入或滞留人员受到术中放射治疗系统主射方向0.5m处5min的辐射影响，其有效剂量最大为26.4mSv，参照表11-16、表11-17可知分别大于公众年剂量限值1mSv、职业人员年剂量限值20mSv，但低于轻度骨髓型急性放射病受照剂量范围，为一般辐射事故。

2、DSA事故的后果计算

(1) 事故分析

本项目涉及II类射线装置，运营期间存在的风险和潜在危害及事故隐患如下：

表 11-19 项目环境风险和可能发生的事事故情景

设备名称	类型	风险因子	可能发生的辐射事故
DSA	II类射线装置	X射线	①介入手术操作过程中，介入手术人员未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行透视手术操作。②在装置运行时，公众误入机房或者未撤离DSA机房，造成不必要的照射。

DSA 设备运行期间可能发生事故类型及相关参数情况如下表所示：

表 11-20 DSA 设备运行期间可能发生事故类型及相关参数

序号	事故情景	受照人员	设备参数	距靶1m处剂量率μSv/h	射束方向
1	手术期间误照射	手术医生	**	**	散射、漏射
2	公众误入DSA检查室内或未撤离	误入人员	**	**	散射、漏射

(2) 剂量估算

①手术期间可能发生的辐射事故情景

本项目射线装置出束方向固定向上，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行透视手术操作，受到非主射方向的照射。

则在不同距离，不同曝光时间（取均值 20min 手术时间计算），介入手术操作人员

所受辐射剂量估算详见表 11-21。

表 11-21 介入手术过程中误照射不同距离、时间人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离 (m)	时间 (min)	散射所致剂量 (mSv/次)	漏射所致剂量 (mSv/次)	总剂量 (mSv/次)
0.5	1.0	3.40E-02	1.05E-01	1.39E-01
	5.0	1.70E-01	5.23E-01	6.93E-01
	10.0	3.40E-01	1.05E+00	1.39E+00
	20.0	6.80E-01	2.09E+00	2.77E+00

②公众误入 DSA 检查室或未及时撤离辐射事故情景

在装置运行时，公众误入 DSA 检查室或未及时撤离的情况下进行照射操作，对人员造成不必要的照射。

则在不同距离，不同曝光时间（本项目手术床旁及控制室室内设置有“紧急停止”按钮，只要按下按钮就可以停机，人员反应时间取 30s），人员误入所受辐射剂量估算详见表 11-22。

表 11-22 误入 DSA 机房误照射不同距离、时间人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离 (m)	时间 (s)	散射所致剂量 (mSv/次)	漏射所致剂量 (mSv/次)	总剂量 (mSv/次)
1	5	7.09E-04	2.18E-03	2.89E-03
	10	1.42E-03	4.36E-03	5.78E-03
	15	2.13E-03	6.54E-03	8.67E-03
	30	4.25E-03	1.31E-02	1.73E-02
2	5	1.77E-04	5.45E-04	7.22E-04
	10	3.54E-04	1.09E-03	1.44E-03
	15	5.32E-04	1.64E-03	2.17E-03
	30	1.06E-03	3.27E-03	4.33E-03

(3) 事故后果

①根据表 11-21 可知，本项目介入手术人员在距离射线束最近距离随着时间的推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 2.77mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故。

②根据表 11-22 可知，公众误入或未及时撤离机房，在不同位置随着时间推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 1.73E-02mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 1mSv/a 的剂量限值，不构成辐射事故，但在极端情况下，随着误照时间的持续增加，可能会造成一般辐射事故。

3、III类医用射线装置的后果计算

CT属于Ⅲ类射线装置，其X射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

事故情况下，X射线直接照射到人员身上，保守考虑，误入人员在距离射线头1m处被误照射，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表E.4典型成年受检者X射线透视的诊断参考水平入射体表剂量率100mGy/min。人员误入受照射时间按检查1个患者的最长扫描时间（5min）计算，则机房内误入人员所受的X射线辐射剂量率最大为0.5Gy/次，大于公众年剂量限值1mSv、职业人员年剂量限值20mSv，但低于轻度骨髓型急性放射病受照剂量范围，为一般辐射事故。

五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

1、术中放疗事故防范措施

术中放射治疗时，手术室内清场不彻底，造成其它无关人员误入或滞留于术中放疗手术室内。

应对措施：在控制面板上设置有急停按钮，当有人员误入控制区时，操作人员按下急停按钮，可立即停止出束；只有在术中放疗专用手术室的各防护门关闭到位时，射线装置才能出束；设备出束状态下任意一道防护门均不能被打开。

2、DSA 事故防范措施

（1）装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；手术过程中，人员误入或滞留在 DSA 机房内而造成非主射方向的误照射。

应对措施：介入手术人员佩戴剂量报警仪进行手术；安装两套独立的剂量监测系统，每套皆可单独终止照射；当有人员误入或滞留时，人员可立即按动设备自带紧急停机按钮逃出 DSA 机房。本项目控制台上亦配置有紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

（2）公众误入机房或未撤离机房导致误照射

应对措施：加强辐射防护管理，每次手术前确保 DSA 机房内没有无关人员，并保证防护门处于关闭状态下方可开展工作。

（3）DSA 设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管处于出束状态，维修人员处于主射方向。

应对措施：检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪；当有人员误入或滞留时，

人员可立即按动设备自带紧急停机按钮逃出机房。本项目控制台上亦配置有紧急停机按钮，在紧急情况下可按动这类紧急按钮。

(4) 为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

- ①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；
- ②实施介入诊疗的质量保证；
- ③做好医生的个人防护；
- ④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当发生辐射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，及时向医院主管领导和当地生态环境主管部门报告。

3、III类医用射线装置事故分析与防范应对措施

本项目共涉及III类医用射线装置1台，为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤，不构成辐射事故。

III类医用射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要照射。因此，在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用X射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当导致一般辐射事故时，医院即时上报当地生态环境局。

4、事故综合防范应对措施

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- ①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。
- ②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。
- ③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。
- ④制定医院重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻

准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当发生辐射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，及时向医院主管领导和当地生态环境主管部门报告。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、组织机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用 II、III 类射线装置的单位，应设有专门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，并以文件形式明确管理人员职责。

四川省人民医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责（见附件 3），其中组长为医院法人主管院长杨正林；副组长为分管副院长王莉；成员为各科室负责人。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①本项目拟配置 39 名辐射工作人员，均为医院原有辐射工作人员调配，均为新增辐射工作人员。今后医院可根据设备数，承担诊疗、科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增加人员编制。

②医院现有登记在册的辐射工作人员 670 人（含下属院区）分别为：X 影像诊断 369 人，核医学 31 人，放射治疗 75 人，放射介入 192 人，辐射管理 3 人。全院在岗从事 III 射线装置使用和操作人员均由医院自行组织其进行了辐射安全防护知识复训或学习，并考试合格；从事放疗、核医学以及操作 II 类射线装置的辐射工作人员均按要求报名参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的考试并取得了成绩合格证，对于医院在岗的辐射工作人员，以及拟新增辐射工作人员，医院均按职业类别对其进行了培训，确保其持证上岗。

③射线装置操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

④本项目新增的辐射工作人员需参加生态环境部辐射培训平台中辐射安全与防护知识的学习，定期参加考核，考核通过后方能上岗；

⑤医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐

射工作人员个人剂量档案管理。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年9号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。又根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事辐射活度的工作人员，以及原持有辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

三、射线装置处理报废

医院报废的射线装置在报废前必须做去功能化处理，应采取去功能化的措施（如拆除电源或拆除高压零部件），确保装置无法再次通电使用，并上报到生态环境主管部门作备案登记。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”和“废物处置记录”。

二、辐射安全管理规章制度

本项目建设单位拟新增 DSA、术中放射治疗仪，涉及使用 II 类射线装置，根据《核技术利用监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局），2020 发布版）、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》，建设单位需具备的辐射安全管理要求见 12-1：

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	制度名称	具体要求	对照分析
1	辐射安全与环境保护管理机构和岗位职责	明确辐射安全管理职责；设专职辐射安全管理人员的，应当符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》关于学历和专业的要求；已取得辐射安全许可证的单位，应根据项目变化和人员变动等实际情况，针对性修订和完善辐射安全管理领导小组成员及职责，确保与项目运营管理相适应。	已制定

2	辐射工作场所安全管理规定	辐射安全管理规定（生产、使用放射性同位素的单位应包含辐射防护与安全保卫相关内容	已制定
3	辐射工作设备操作规程	内容应包括涉及到的全部辐射活动种类与范围	已制定
4	辐射工作人员岗位职责	明细辐射工作人员岗位职责	已制定
5	辐射安全防护设施维护维修制度	应定期检查辐射安全防护设施的有效性	已制定
6	放射性同位素和射线装置台账管理制度	放射源与射线装置台账管理制度（包括现有实物台账，购买台账、放射性同位素领取使用台账、射线装置去向台账、销售台账等）	已制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	每年委托有资质的单位进行 1 次场所年度监测；平时应定期开展自我监测，并做好记录；取得《许可证》后 3 个月内完成验收监测	需完善，监测方案补充本项目新增场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案，参考本章辐射监测方案
8	监测仪表使用与校验管理制度	需制定并落实监测仪表使用与校验管理制度	已制定
9	辐射工作人员辐射安全与防护培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员需通过考核后方可上岗	已制定并落实
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	个人剂量监测周期为 1 次/季。当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关	已制定并落实
11	辐射事故预防措施及应急处理预案	核技术利用单位应根据《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	已制定，工作场所新建后上墙相关制度
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	使用射线装置开展诊断和治疗的单位须制定质量保证大纲和质量控制检测计划，利用更精确的诊疗计划减少病患受到不必要的照射	已制定
<p>根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》的要求，建设单位应根据使用射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。</p>			

医院应按照相关要求，将《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所，上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且根据国家发布的新的相关法律法规内容,结合医院实际情况及时对各项规章制度补充修改,使之更能符合实际需要。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，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。

1、工作场所监测

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

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监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测频次根据医院的实际工作量自行确定。

2、个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

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

(2)个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关；

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

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案终身保存。

3、医院自我监测

医院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, 监测数据应存档备案。

4、监测内容和要求

(1) 监测内容: X- γ 空气吸收剂量率。

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

表 12-2 本项目监测布点方案表

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
DSA	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测 1 次; 委托有资质的单位进行监测, 频率为 1 次/年; 自行开展辐射监测	控制室操作位; 防护门外 30cm 距地面高度 1m 处, 以及防护门门缝; 观察窗、各侧屏蔽墙外 30cm 处、DSA 机房正上方、正下方, 50m 评价范围内需要关注的敏感点
术中放疗			术中放疗手术室四周墙体外、控制室操作位、铅玻璃观察窗处、手术室防护门缝隙处、手术室正上方和正下方, 50m 评价范围内需要关注的敏感点

(3) 监测范围: 控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

a、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;

b、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;

c、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。做好监测数据的审核, 制定相应的报送程序, 监测数据及报送情况存档备查。

5、年度评估报告情况

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

辐射事故应急

1、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

（1）医院现有辐射事故应急预案内容

医院现有辐射事故应急预案内容包括：应急机构人员组成，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

（2）本项目辐射事故应急预案可行性分析

医院现有辐射事故应急预案内容包括了应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话等，仍需补充完善以下内容：

①增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。

②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。

③增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。

④增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。

⑤辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府环境保护主管部门备案。

⑥在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

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

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

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

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：综合科研大楼二期新增射线装置应用项目

建设单位：四川省医学科学院·四川省人民医院

建设性质：新建

建设地点：成都市青羊区一环路西 2 段 32 号四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼 7 层、9 层、11 层

建设内容及规模：

本项目于综合科研大楼 7 层南侧端部设 DSA1#机房，9 层南侧端部设 DSA2#机房，11 层南侧西侧依次布置 DSA3#机房、两间术中放疗室，南侧端部设 DSA4#机房。DSA4#机房东侧紧邻独立 CT 机房，内设地轨式滑轨 CT，两机房以铅防护滑门连通，复合手术时 CT 可滑移至 DSA4#机房，组成一体化复合手术室。

本项目新增 2 台术中放射治疗仪、4 台 DSA（均为 II 类射线装置），配套 1 台滑轨 CT（III 类射线装置）；所有设备型号均待定，其中术中放射治疗仪最大管电压均为 50kV、最大管电流均为 0.5mA，单台年最大工作时长 1500h；DSA 最大管电压均为 125kV、最大管电流均为 1000mA，出束方向由下而上，4 台设备总曝光时间 979.99h（其中透视 950h、拍片 29.99h）；滑轨 CT 最大管电压 $\leq 150\text{kV}$ 、最大管电流 $\leq 1000\text{mA}$ ，年累计最大曝光时间 25h。

设备用途：DSA 主要用于外周血管、心血管、神经及综合介入操作；术中放射治疗仪利用低能 X 射线，对脑、乳腺等肿瘤组织周围实施靶向辐射，用于术中精准放疗，属于低能 X 射线靶向治疗。

二、本项目产业政策符合性分析

根据中华人民共和国国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行）的相关规定，本项目使用数字减影血管造影装置（DSA）为医院医疗基础建设内容，属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第 1 款“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符

合国家产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目位于成都市青羊区一环路西 2 段 32 号四川省医学科学院·四川省人民医院综合科研大楼 7 层、9 层、11 层，经分析项目运营对环境基本无影响。本评价认为其选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，本项目所在区域 X- γ 辐射剂量率为 74nGy/h~96nGy/h，与成都市生态环境局《2024 成都生态环境质量公报》全市连续自动监测日均值范围为（66.7~117）nGy/h 相当，属于正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

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

（二）营运期环境影响分析

①单台设备：本项目营运期单台设备独立运行工况下：术中放疗至控制室内职业人员所受年附加有效剂量最大为 1.39E-05mSv，四周紧邻的公众所受最大年剂量为 4.07E-03mSv；DSA 运营期间第一手术位主刀医生最大有效剂量为 4.35mSv/a，第二手术位助手医生最大有效剂量为 3.18mSv/a，护士最大有效剂量为 2.52mSv/a，控制室内隔室操作的技师最大有效剂量为 3.65E-03mSv/a，周围公众最大有效剂量为 1.68E-02mSv/a。

②多台设备叠加影响：在多设备最不利叠加工况下，即综合科研大楼 11 层 4 台 II 类射线装置同时最大工况运行时，控制室内职业人员所受最大附加剂量为 2.26E-03mSv/a，评价范围内周边公众人员受到的最大附加剂量为 4.18E-02mSv/a。

综上所述，本项目营运期各工况下，职业人员所受的年剂量低于本次评价中所确定的 5.0mSv 的年剂量约束值，公众所受的年剂量低于本次评价中所确定的 0.1mSv 的年剂量约束值；同时，所有剂量结果也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a、公众 1mSv/a 的剂量限值；由此可判定，本项目辐射工作场所的墙体、防护门窗等屏蔽防护设施防护性能达标，能够有效屏蔽

射线辐射，项目营运期辐射环境影响可控，满足辐射防护安全要求。

六、事故风险与防范

医院制定的辐射事故应急预案和安全规章制度经补充和完善后可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

医院落实本报告表提出的环保措施后，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理的综合能力

经过医院的不断完善，医院安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，医技人员配置合理，考试（核）合格，持证上岗，有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。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为从环境保护和辐射防护角度看项目在四川省人民医院综合科研大楼负一层建设是可行的。

建议和承诺

一、要求

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 3、医院应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人员到生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。
- 4、本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收。
- 5、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；

②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。

6、按照《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处理。

7、建设单位必须在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1：

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施与器材	数量
术中放射治疗仪		
实体防护	楼顶板、楼底板	**
	四周墙体钢骨架；四周、屋顶、地面屏蔽防护	**
	观察窗屏蔽	**
	铅防护门	**
场所安全设置	防止非工作人员操作的锁定开关	**
	紧急停机装置（有中文标识）	**
	门机连锁	**
	剂量与时长双重安全连锁	**
	施源器姿态位置连锁	**
	高压输出工况闭环连锁	**
	多状态声光警示提示系统	**
	闭门装置（平开门）/防夹装置（推拉门）	**
警示装置	监控装置	**
	入口电离辐射警告标志	**
	入口处工作状态显示	**
监测设备	便携式辐射监测仪器	**
	个人剂量报警仪	**
	个人剂量计	**

其他	通风设施：新风系统、排风系统	**
DSA		
实体防护	楼顶板、楼底板	**
	四周墙体钢骨架；四周、屋顶、地面屏蔽防护	**
	铅防护门屏蔽（3mm铅当量）	**
	观察窗屏蔽（3mm铅当量）	**
安全装置	铅悬挂防护屏/铅防护帘 1 副（0.5mmPb）	**
	床侧防护帘/床侧防护屏 2 副（0.5mmPb）	**
	中文标识的紧急停机按钮（操作台和手术床侧）	**
	门灯连锁装置及工作状态指示灯箱	**
	闭门装置（平开门）	**
	防夹装置（推拉门）	**
	对讲系统	**
	入口处电离辐射警告标志	**
监测设备	便携式辐射监测仪	**
	个人剂量计	**
	个人剂量报警仪	**
防护用品	医护人员防护：铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套	**
	患者防护：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套	**
其他	通风设施：新风系统、排风系统	**
合计		/

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

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

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照中华人民共和国国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

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

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

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

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

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；②验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

（5）建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<https://eia.lem.org.cn>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。