

核技术利用建设项目
新院区医用射线装置应用项目
环境影响报告表
(脱密公示本)

成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）(公章)

2022年05月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	13
表 3 非密封放射性物质.....	13
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	15
表 6 评价依据.....	16
表 7 保护目标与评价标准.....	18
表 8 环境质量和辐射现状.....	25
表 9 项目工程分析与源项.....	29
表 10 辐射安全与防护.....	40
表 11 环境影响分析.....	56
表 12 辐射安全管理.....	87
表 13 结论与建议.....	93
表 14 审批.....	101

附图：

- 1) 附图 1 本项目地理位置图；
- 2) 附图 2 成都市新津区人民医院新院区平面布置图及本项目周边环境概括图；
- 3) 附图 3 本项目介入手术室拟建址所在楼层平面布置图；
- 4) 附图 4 本项目介入手术室楼上 5 楼部分平面布局示意图；
- 5) 附图 5 本项目介入手术室拟建址楼下 3 楼部分平面布局示意图；
- 6) 附图 6 本项目介入手术室平面布局示意图；
- 7) 附图 7 本项目介入手术室人流物流及两区划分示意图；
- 8) 附图 8 本项目介入手术室通排风走向示意图；
- 9) 附图 9 本项目介入手术室辐射安全防护措施平面布置示意图；
- 10) 附图 10 本项目医用直线加速器机房所在地下室平面布局示意图；
- 11) 附图 11 本项目医用直线加速机房平面布局示意图；
- 12) 附图 12 本项目医用直线加速器平面尺寸及剖面示意图；
- 13) 附图 13 本项目医用直线加速器机房排风示意图；
- 14) 附图 14 本项目医用直线加速器机房新风示意图；
- 15) 附图 15 本项目医用直线加速器机房电缆沟穿墙示意图；
- 16) 附图 16 本项目医用直线加速器机房辐射安全防护措施平面布置示意图；
- 17) 附图 17 本项目医用直线加速器机房人流物流及两区划分示意图。

附件：

- 1) 附件 1 委托书；
- 2) 附件 2 射线装置使用情况承诺书；
- 3) 附件 3 事业单位法人证书；
- 4) 附件 4 建设单位原辐射安全许可证正副本；
- 5) 附件 5 本项目院区大环评批复；
- 6) 附件 6 建设单位用地规划许可证；
- 7) 附件 7 辐射安全与防护考核承诺书；
- 8) 附件 8 本项目环境本底监测报告；
- 9) 附件 9 本项目建设单位原有 DSA 环境影响项目批复及验收材料。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新院区医用射线装置应用项目				
建设单位		成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）				
法人代表		■■■■■	联系人	■■■■■	联系电话	■■■■■
注册地址		成都市新津区五津街道五津西路 149 号				
建设项目地点		成都市新津区宝墩镇迎先村五组、仙鹤村十组成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）新院区门急诊医技住院综合楼 4 楼、院区负 1 楼				
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（环保投资/总投资）	■■■■■
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	390.90
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 type="checkbox"/> III类			
其他	/					
<p>1.项目概述：</p> <p>1.1 建设单位基本情况</p> <p>成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）（以下简称“人民医院”）（统一社会信用代码为：■■■■■，事业单位法人证书见附件 3）始建于 1942 年，经过半个多世纪的发展，现已发展成为集医疗、急救、科研、教学及预防保健为一体的具有突出专科特色的国家“二级甲等综合医院”，是新津区专业设置最齐全，设施最先进，规模最大，技术力量最雄厚的综合医院。</p> <p>为解决人民医院用地狭小，满足医院发挥区域性健康服务中心的发展定位需求，</p>						

2020年4月29日经成都市新津区人民政府同意建设成都市新津区人民医院新院区及配套设施（成都市新津县城乡建设投资有限公司作为该项目的建设单位）。新院区位于成都市新津区宝墩镇迎先村五组、仙鹤村十组，项目总占地106.59亩，总建筑面积129902.57m²，该项目已于2021年12月27日获得成都市生态环境局关于成都市新津县城乡建设投资有限公司成都市新津区人民医院（含配套设施）建设项目环境影响报告书的批复。

主体建筑包含门急诊医技住院综合楼1栋（建筑面积77940.14m²，地下2层，地上最高层数19F（84.85m），局部层数4F（23.9m）、5F（27.95m）、6F（31.95m）、7F（36.00m））、疾控/急救/卫生三中心1栋（建筑面积11211.12m²，地下1层，地上层数6F（30.6m））、配套地下室和污水处理站、垃圾站、中心供氧站等配套设施，绿地景观、室外管线等公用辅助设施。建成后床位规模为650床，日门（急）诊病人2400人·次/日，按照三级甲等医院定位进行建设。传染病院位于门急诊医技住院综合楼东南侧，为成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）所属（川2022新津区不动产权第0001366号，见附件6），该建筑单独进行环评。目前新院区正在建设中，新院区建成后，成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）拟将进行整体搬迁，搬迁完成后，老院区将整体交由新津区人民政府作后续处置。预计2025年建设完成，2025年至2026年医院准备好后续事宜后开始运营。

成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）现已开展核技术利用项目，且已取得辐射安全许可证，编号为“XXXXXXXXXX”，种类和范围为“使用II类、III类射线装置”，有效期至：2026年09月22日。医院的辐射安全许可证正副本扫描件见附件4。

1.2 项目由来

为更好地为周边居民提供多层次的医疗服务，拓宽医疗服务范围，提高服务水平和区域医疗服务能力，建设单位拟在成都市新津区宝墩镇迎先村五组、仙鹤村十组建设新院区，新院区建成后，建设单位将进行整体搬迁。新院区在院区负1楼规划有1间医用直线加速器机房（用以开展肿瘤放射治疗项目）、4楼规划有1间介入手术室（用以开展心血管介入、神经介入、外周血管介入及综合介入）。

本项目运营后，拟为本项目医用直线加速器机房新增4名辐射工作人员，包括1名医师，1名物理师，1名护师和1名技师；拟为本项目DSA介入治疗区调配6名辐

射工作人员，新增 2 名辐射工作人员，包括 4 名医师，2 名护师及 2 名技师。

根据《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》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目应编制环境影响报告表。受成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场查勘、现场监测（委托四川致胜创科环境检测有限公司，已在监测系统中注册）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。建设单位委托书见附件 1，射线装置使用承诺书见附件 2。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质、建设地点

（1）项目名称：新增医用射线装置应用项目

（2）建设单位：成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）

（3）建设性质：新建（本项目加速器）、迁建（本项目 DSA）

（4）建设地点：成都市新津区宝墩镇迎先村五组、仙鹤村十组成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）新院区门急诊医技住院综合楼 4 楼、院区负 1 楼

项目地理位置图见附图 1。

1.3.2 项目建设内容与建设规模

医用直线加速器机房

建设单位拟在新院区门急诊医技住院综合楼负 1 楼医用直线加速器机房内新增 1 台医用直线加速器（新建 II 类射线装置，型号待定，最大 X 射线能量为 10MV，X 射线最大空气吸收剂量率为 14Gy/min，最大电子线能量为 18MeV，电子线最大空气吸收剂量率为 10Gy/min）。项目开展后，根据院方提供信息，每台加速器按预计每天治疗约 40 人，每次治疗时间最多 2min，每年工作 250 天，则加速器每年出束治疗时间最大约 333.33h。本项目放射治疗工作前期依托肿瘤治疗区的 CT 定位机房（使用 1 台 CT 机，III 类射线装置）及模拟定位机房（使用 1 台 C 型臂装置，III 类射线装置），建设单位拟在项目运行前对其在建设项目环境影响登记表备案系统中进行备案登记。

该医用直线加速器机房有效使用面积为 61.32m²（长 8.76m×宽 7.00m，层高 4.4m），

其屏蔽防护设计为：机房整体采用钢筋混凝土连续浇筑，其主射方向朝向东北侧墙体、楼上、西南侧墙体以及地面（下方为土质层）。东北侧与西南侧墙体主屏蔽部分为3.00m厚钢筋混凝土，主屏蔽宽度为5.20m，东北侧与主屏蔽相连的次屏蔽墙体厚2.00m，西南侧与主屏蔽相连的次屏蔽墙体厚1.70m；东南侧墙体屏蔽厚度为1.70m厚钢筋混凝土；西北侧墙体外设置9.30m长“Z”型迷道，迷道内墙最薄屏蔽为1.30m厚钢筋混凝土，迷道外墙最薄屏蔽为1.30m厚混凝土；楼上为绿化空地，顶部主屏蔽部分为3.10m厚钢筋混凝土，主屏蔽宽度为5.20m，与主屏蔽相连的次屏蔽部分为1.90m厚钢筋混凝土；机房楼下无房间，不考虑地面防护；迷道入口防护门为18mmPb的铅钢防护门。

本项目直线加速器拟配备有直加设备间（有效使用面积为16.92m²，长4.70m×宽3.60m）、控制室（有效使用面积为24.48m²，长6.80m×宽3.60m）、模衣库（有效使用面积为19.92m²，长8.30m×宽2.40m）、更衣室（有效使用面积为2.52m²，长1.80m×宽1.40m）等辅房。

本项目医用直线加速器机房平面布置图见附图11。

介入手术室

建设单位拟在门急诊医技住院综合楼4楼介入手术室内迁建老院区后勤医技楼1楼介入手术室内的1台数字减影血管造影机（DSA，II类射线装置，厂家为东软医疗系统股份有限公司，型号为NeuAngio 30C，额定管电压为125kV，额定管电流为800mA），根据院方提供信息，预计本项目DSA每年最多能达到1000台手术量，单台次手术人均透视20min，拍片15s，则年总照射时间为337.50h。

该介入手术室有效使用面积为84.48m²（长10.52m×宽8.03m，层高4.4m），其屏蔽设计为：介入手术室四周墙体为370mm实心砖墙；地面为200mm钢筋混凝土；顶部为350mm钢筋混凝土；设计有3扇防护门，控制室防辐射单开门（宽1100mm×高2300mm，内衬3mm铅板）、污物通道防辐射单开门（宽1100mm×高2300mm、内衬3mm铅板）、患者通道防辐射电动移门（宽1800mm×高2300mm、内衬3mm铅板）；东北侧墙体设计有1扇铅玻璃窗（长1800mm×宽1200mm，3mm铅当量）。

本项目介入手术室拟配备有控制室（有效使用面积为22.56m²，长4.80m×宽4.70m）、设备间（有效使用面积为11.17m²，长4.33m×宽2.58m）。

本项目介入手术室平面布置见附图6。

1.3.3 项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境影响			
			施工期	运营期		
医用直线加速器						
主体工程	有效使用面积	61.32m ² （长 8.76m×宽 7.00m）		施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/	
	建设后屏蔽结构	主屏蔽墙/宽度	东北侧、西南侧、屋顶主屏蔽区均为 3.0m 钢筋混凝土；主屏蔽体宽度均为 5.2m			
		次屏蔽墙	东北侧次屏蔽区 2.0m 钢筋混凝土 西南侧次屏蔽区 1.7m 钢筋混凝土 屋顶次屏蔽区 1.9m 钢筋混凝土			
		侧屏蔽墙	东南侧 1.7m 钢筋混凝土			
		迷路内墙	西北侧 1.3m-1.6m 钢筋混凝土			
		迷路外墙	西北侧 1.3m-1.6m 钢筋混凝土			
		防护门	18mm Pb			
	医用直线加速器	新建，II类射线装置，型号待定，最大 X 射线能量为 10MV，X 射线最大空气吸收剂量率为 14Gy/min，最大电子线能量为 18MeV，电子线最大空气吸收剂量率为 10Gy/min				X 射线、电子、臭氧、氮氧化物、噪声(调试过程中)
辅助工程	直加设备间（有效使用面积为 16.92m ² ）、控制室（有效使用面积为 24.48m ² ）、制模室（有效使用面积为 31.49m ² ）、模衣库（有效使用面积为 19.92m ² ）及更衣室（有效使用面积为 2.52m ² ）		施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	X 射线、电子、臭氧及氮氧化物、噪声		
数字减影血管造影机（DSA）						
主体工程	有效使用面积	84.48m ² （长 10.52m×宽 8.03m）		施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/	
	四周墙体	370mm 实心砖墙				
	楼顶	350mm 混凝土楼面				
	地面	200mm 混凝土楼面				
	防护门	控制室防辐射单开门（宽 1100mm×高 2300mm，内衬 3mm 铅板）、污物通道防辐射单开门（宽 1100mm×高 2300mm、内衬 3mm 铅板）、患者通道防辐射电动移门（宽 1800mm×高 2300mm、内衬 3mm 铅板）				
	观察窗	长 1800mm×宽 1200mm，3mm 铅当量				

	数字减影血管造影机	迁建，DSA，II类射线装置，厂家为东软医疗系统股份有限公司，型号为NeuAngio 30C，额定管电压为125kV，额定管电流为800mA	X射线、臭氧、氮氧化物、噪声(调试过程中)	X射线、臭氧及氮氧化物、噪声
辅助工程	控制室（有效使用面积为22.56m ² ） 设备间（有效使用面积为11.17m ² ）		施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/
公用工程	依托市政供排水、供配电、通讯系统等（在建）			生活废水生活垃圾
办公及生活设施	依托办公室、麻醉准备室、麻醉复苏室、谈话室等（在建）			生活污水、医疗废水
环保工程	废水处理设施	依托医院拟建的污水处理系统（在建）		臭气及氮氧化物
	废气处理设施	依托医院拟建的通排风系统（在建）		
	固废处理设施	医疗废物依托院区拟建垃圾收集房的医疗固废收集系统进行处理；办公、生活垃圾依托院区拟建垃圾收集房收集后，交由市政环卫部门处理（在建）	生活垃圾 医疗废物	

1.3.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	数量	来源	用途	备注
医用直线加速器					
能源	电	2000kW·h/a	城市电网	机房用电	/
水	生活用水	30m ³ /a	城市生活用水管网	生活用水	/
数字减影血管造影机（DSA）					
能源	电	2000kW·h/a	城市电网	机房用电	/
水	生活用水	150m ³ /a	城市生活用水管网	生活用水	/
手术耗材	碘克沙醇注射液	100ml/瓶 1000瓶/a	每年供应商招标	造影剂	320mg I/ml
手术耗材	手套	80kg/a	每年供应商招标	介入手术	/
手术耗材	纱布	80kg/a	每年供应商招标	介入手术	/
手术耗材	药棉	80kg/a	每年供应商招标	介入手术	/

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。因此本项目投运后将产生残留有少量造影剂的输液瓶。

1.3.5 主要设备配置及主要技术参数

根据院方提供的信息，结合新津区的诊疗需求量，预计本项目开展后，加速器预

计每天最多治疗 40 人，每次治疗时间最多 2min，每年工作 250 天，则加速器每年出束治疗时间最大约 333.33h。预计本项目 DSA 每年最多能达到 1000 台手术量，单台次手术人均透视 20min，拍片 15s，则年总照射时间为 337.50h。本项目射线装置主要技术参数见表 1-3、表 1-4。

表 1-3 直线加速器主要设备配置及主要技术参数

设备名称	型号	厂家	类别	数量	主要技术参数		年出束时间(h)	单次照射最长时间(min)	备注
					最大能量	1m 处最大输出剂量率			
医用直线加速器	未定	未定	II类	1 台	X 射线: 10MV 电子线: 18MeV	最大 X 射线剂量率为 14Gy/min 最大电子线剂量率 10Gy/min	333.33	2	新建

表 1-4 DSA 主要设备配置及主要技术参数

设备参数							
设备名称	型号	类别	数量	额定电压	额定电流	射线方向	备注
DSA	NeuAngio 30C	II类	1 台	125kV	800mA	由下往上	迁建
设备使用情况							
使用场所	手术类型	工作模式	常用工况				
			管电压	管电流			
介入手术室	心血管介入、神经介入、外周血管介入、综合介入	拍片	40~90kV	100~400mA			
		透视	60-90kV	7~30mA			
设备出束情况							
使用场所	单台手术累计最长出束时间		年手术台数	年最长出束时间			
	透视	拍片		拍片	透视		
介入手术室	约 20min	约 15s	1000 台	约 4.17h	约 333.33h		

1.3.6 本项目辐射工作人员配置

本项目运营后，拟为本项目医用直线加速器机房新增 4 名辐射工作人员，包括 1 名医师，1 名物理师，1 名护师和 1 名技师；拟为本项目 DSA 介入治疗区调配 6 名辐射工作人员（老院区原 DSA 使用操作辐射工作人员，2 名医师、2 名护师、2 名技师）并新增 2 名辐射工作人员（2 名医师）。该 12 名辐射工作人员均为本项目固定人员配置，不从事其他辐射工作岗位，不存在辐射工作人员交叉使用的情况。

本项目 DSA 介入手术室拟调配的 6 名辐射工作人员均已取得辐射安全与防护考核合格证明，持证上岗，根据其职业健康体检报告可知，均可继续从事原有辐射工作。

针对本项目所有新增辐射工作人员，医院承诺在上岗前将安排所有新增辐射工作人员自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，并积极报考全核技术利用辐射安全与防护考核，通过考核后方能正式进行上岗作业（承诺书见附件 7）。建设单位拟在本项目辐射工作人员上岗前为每人建立职业健康档案以及个人剂量监测档案，届时若有其他新增辐射工作人员，同样要求其取得辐射安全与防护考核合格证明，并为其建立剂量监测档案以及职业健康档案。

1.3.7 产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2021 年令 49 号）中第十三项“医药”中第 5 条的“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备、电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业，其建设符合国家现行产业政策。

1.4 项目选址、外环境关系及实践正当性分析

1.4.1 项目选址合理性分析

根据新津区行政审批局颁发的建设用地规划许可证（地字第 510132202120654 号）可知，本项目用地性质为“医院用地”，该地块于 2021 年 12 月 27 日取得成都市生态环境局的相关批复（XXXXXXXXXX）（见附件 5），允许建设本项目院区。院区整体项目的选址合理性已在《成都市新津区人民医院（含配套设施）建设项目环境影响报告书》中进行了论述，该院区项目选址是合理的。目前院区正在建设中。

本项目医用直线加速器机房设置于院区负 1 楼，属于专门的放射治疗区；介入手术室位于门急诊医技住院综合楼 4 楼内，4 楼为专用的手术楼层，非医护人员和病患其他无关人员不得入内，两个区域内人员流动相对较少，有效降低了公众受照的可能性。项目辐射工作场所 50m 范围内均在院区内，不存在自然保护区、风景名胜区、文物保护单位、饮用水水源保护区、学校、居民区等生态敏感目标和环境敏感目标，周围无环境制约因素。本项目机房及配套房间占地范围位于新建院区红线内，不涉及新增占地，拟建设的辐射工作场所按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护

措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。另外，医院也将通过采取严格的管理措施减小对周围的环境影响。因此，**从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。**

1.4.2 外环境关系分析

（1）建设单位外环境关系

本项目新院区位于成都市新津区宝墩镇迎先村五组、仙鹤村十组，院区周围环境单一，西南侧紧邻兴园 11 路；东北侧及东南侧为规划道路；西北侧为规划空地。本项目地理位置图见附图 1，建设单位新院区及本项目周围环境概况图见附图 2。

（2）本项目 50m 范围内环境关系

本项目 50m 范围均在院区范围内，其中医用直线加速器机房拟建址西北侧 35m-50m 范围为院区二期项目；东北侧 26m-50m 范围为疾控/急救/卫生三中心；南侧 49m-50m 范围为传染病院；西侧 36m-50m 范围为门急诊医技住院综合楼；东南侧 14m-20m 范围为污水处理站及医疗废物暂存间。本项目 50m 范围示意图见附图 2。

1.4.3 与周边环境的兼容性分析

本项目运行后，不会产生放射性废水，废水主要为辐射工作人员、患者、患者家属的生活污水以及介入手术室内产生的医疗废水。医院拟在院区东侧修建 1 坐污水预处理池，本项目废水进入院区的污水预处理池，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 2 预处理标准后，排入新津红岩污水处理厂，最终出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类水标准，总氮达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中城镇污水处理厂排放标准后排入岷江。不会对周围水环境产生影响。

本项目投运后，不会产生放射性固体废物。本项目介入手术室投运后预计将产生有少量废造影剂的输液瓶（100kg/a）、废药棉（80kg/a）、废纱布（80kg/a）、废手套（80kg/a）等医疗废物（共约 340kg/a）。本项目介入手术室手术过程中产生的医疗废物采用专门的收集容器集中处理后，专业人员通过污物通道将医疗废物转运至 4 楼东侧的污物暂存间，再由污梯运送至位于院区东侧的医疗废物暂存间，定期委托有资质单位外运处置。本项目产生的生活垃圾经院区垃圾收集房分类收集后交由市政环卫部门统一清运。综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

本项目产噪设备不多，噪声源主要为设备噪声和就诊人流动噪声，其中设备噪声

主要来自风机，声源位于室内，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。采取治理措施后能够确保项目噪声排放能够达到《工业企业厂界噪声排放标准》（GB12348-2008）规定的2类标准。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

1.5 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1.5.1 原有核技术利用情况

成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）已开展核技术利用项目，且已取得辐射安全许可证，编号为“XXXXXXXXXX”，种类和范围为“使用II类、III类射线装置”，有效期至：2026年9月22日，医院的辐射安全许可证正副本扫描件见附件4。成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）原核技术利用项目详见表1-4。

表 1-4 成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）
原有核技术利用项目一览表

射线装置										
序号	射线装置名称及型号	数量	管电压(kV)	管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注
1	64排128层螺旋CT (GE Optima CT660)	1	140	600	III	放射科CT室1	使用	已环评	已许可	/
2	X射线计算机体层摄影设备(上海联影医疗科技有限公司uCT710)	1	140	833	III	放射科CT室2	使用	已环评	已许可	/
3	移动式X射线机 (GE OEC 9900)	1	120	150	III	外科住院楼手术室(百级层流手术室)	使用	已环评	已许可	/
4	数字肠胃X射线机 (北京通用电气华伦医疗设备公司 玲珑 DR-F)	1	150	630	III	医技楼放射科DR3室	使用	已环评	已许可	/
5	数字肠胃X射线机 (北京通用电气华伦医疗设备公司 玲珑 DR-F)	1	150	630	III	医技楼放射科DR2室	使用	已环评	已许可	/
6	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备 (卡瓦科尔牙科医疗器械(苏州)有限公司 X-TREND)	1	95	12.5	III	口腔科CBCT室	使用	已环评	已许可	/
7	移动式X射线机 (西门子 5510-IEC)	1	100	200	III	发热门诊留观室	使用	已环评	已许可	/
8	医用X射线机(北京通用电气华伦医疗设备公司 玲珑)	1	150	630	III	放射科DR3室	使用	已环评	已许可	/

	DR-F)									
9	全景 X 射线机（芬兰 PLANMECA ProMax 3D 数字 CT）	1	96	12	III	门诊大楼 3 楼口腔科牙片室	使用	已环评	已许可	/
10	医用血管造影 X 射线机（东软医疗系统股份有限公司 NeuAngio 30C）	1	125	800	II	放射科介入手术室	使用	已环评	已许可	本次迁建

1.5.2 原有核技术利用安全情况

建设单位现有 9 台 III 类射线装置 1 台 II 类射线装置（DSA，该装置于 2021 年 8 月 10 日获得成都市生态环境局的相关批复- [REDACTED] 于 2021 年 9 月 23 日登记在辐射安全证上使用，后于 2021 年 12 月 15 日完成相关验收工作。详见附件见附件 9。）在使用中，经现场踏勘，该 10 台射线装置辐射安全与措施齐全，未发现环境遗留问题，不存在辐射安全及环境保护问题。同时，经医院证实，医院开展放射诊断至今，未发生过辐射安全事故。建设单位拟老院区搬迁前，对拟搬迁的所有 III 类射线装置在建设项目环境影响登记表备案系统进行备案登记。

1.5.3 原有辐射工作人员情况

建设单位现有辐射工作人员 41 名，均已建立职业健康档案以及个人剂量监测档案，职业健康体检结果表明各辐射工作人员均可继续原放射工作。根据个人剂量监测报告的核查，建设单位开展核技术利用项目至今，各辐射工作人员剂量检测结果均处于限值以下。

1.5.4 辐射工作人员辐射持证上岗情况

建设单位登记共有 41 名辐射工作人员。操作 II 类射线装置的辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训考核合格证明（共计 6 名）；参与操作 III 类射线装置的辐射工作人员，医院已组织人员集中学习相关课件与视频课程，并已从国家核技术利用辐射安全与防护培训平台题库中抽取对应科目考题编写试卷，组织未持证人员进行闭卷考核，并将考核结果存档。

针对参与本项目的辐射工作人员，须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或者微信小程序“HJSPLY”报名并参加定期组织的考核（网址：<http://fushe.mec.gov.cn>），取得合格成绩单后方允许上岗。

1.5.5 医院辐射安全管理情况

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的评估报告。成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）已向发证机关提交《2021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》（已登录全国核技术利用辐射安全申报系统<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>在单位信息维护界面完成年度报告上传工作）。

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）医院自从事放射诊断工作以来，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。

1.6 环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境部主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据原国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》(试行)的规定：医院在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息。

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)	年最大操作量(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《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

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	厂家、型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	型号未定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 18MeV	X 射线: 14Gy/min 电子线: 10Gy/min	放射治疗	新院区负 1 楼 医用直线加速 器机房	本次新建
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
/	DSA/	II	1	东软医疗系统股份有限 公司 NeuAngio 30C	125	800	放射诊断/ 介入治疗	新院区门急诊医技住院综合楼 4 楼 介入手术室	本次迁建
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (μ A)	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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接进入大气，常温常压的空气中臭氧分解半衰期为 20~30 分钟，可自动分解为氧气
医疗废物	固态	/	/	药棉（80kg/a） 纱布（80kg/a） 手套（80kg/a） 和含少量废弃造影剂的输液瓶（100kg/a）		/	暂存在院区东侧的医疗废物暂存间	采用专用容器集中收集后按照医疗废物执行转移联单制度，委托有资质的单位定期处置
生活垃圾	固态	/	/	少量	少量	/	不暂存	由医院进行统一集中收集后由当地环卫部门统一清运
医疗废水	液态	/	/	少量	少量	/	不暂存	经过院区拟修建的污水预处理池处理满足标准后排入新津红岩污水处理厂，处理达到排放标准后排入岷江
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表6 评价依据

法规文件	<p>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；</p> <p>4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；</p> <p>5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>7) 《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号公布，自2021年1月1日起实施；</p> <p>8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；</p> <p>10) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会第63号公告，2016年6月1日实施；</p> <p>11) 《关于建立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》，原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</p> <p>12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>13) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项</p>
------	--

	<p>目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>15)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；</p> <p>16)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15日起施行。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；</p> <p>4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>8) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201，1-2007）；</p> <p>10) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>11) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）。</p>
<p>其他</p>	<p>参考资料：</p> <p>1) 《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编；</p> <p>2) 《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）；</p> <p>3) 《2020 年全国辐射环境质量报告》，中华人民共和国生态环境部。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围					
<p>本项目为使用II类射线装置项目，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》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为医用直线加速器机房和介入手术室边界外50m区域。</p>					
保护目标					
<p>本项目医用直线加速器机房及介入手术室实体屏蔽物边界外50m范围内环境保护目标为：</p> <p>1、本项目加速器、DSA操作及相关的辐射工作人员；</p> <p>2、本项目介入手术室所在门急诊医技住院综合楼内医患人员，陪同家属及院内公众；本项目医用直线加速器机房实体屏蔽物边界外50m范围内二期项目、疾控/急救/卫生三中心、污水处理站及医疗废物暂存间一体建筑及传染病院内院区公众。</p> <p>本项目的主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、医院辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目50m内环境保护目标见表7-1所示。</p>					
表7-1 本项目环境保护目标情况一览表					
名称及保护对象		方位与最近距离		规模	剂量约束值 (mSv/a)
本项目 医用直 线加速 器机房 及周围	机房内	辐射工作人员	/	4名辐射工作人员	5.0
	控制室	辐射工作人员	西南侧 毗邻		
	设备间	辐射工作人员	西南侧 毗邻		
	更衣室	患者	西侧 毗邻	流动人群< 50人/d	0.1
	模衣库	患者	西北侧 毗邻	流动人群< 50人/d	
	停车场	院区公众	东北侧、东南侧 毗邻	流动人群< 5人/d	
	排风机房	院区公众	东侧、南侧 毗邻	流动人群< 2人/d	
	报警阀间	院区公众	东南侧 毗邻	流动人群< 2人/d	
	院区绿化	院区公众	楼上 毗邻	流动人群< 10人/d	
本项目 介入手 术室及 周围	介入手术室内	辐射工作人员	/	6名辐射工作人员	5.0
	控制室	辐射工作人员	东侧 毗邻		
	设备间	辐射工作人员	东侧 毗邻		
	污物通道	院区公众	东南侧 毗邻	流动人群< 10人/d	0.1
	万级手术室	院区公众	东南侧 毗邻	流动人群< 30人/d	
	患者通道	院区公众	南侧 毗邻	流动人群< 20人/d	
	过道	院区公众	北侧 毗邻	流动人群< 20人/d	
	缓冲间（货梯）	院区公众	东北侧 毗邻	流动人群< 10人/d	
	女更衣沐浴室、走道、缓冲间、示教室	院区公众	楼上 毗邻	流动人群< 10人/d	
无菌物品存放室	院区公众	楼下 毗邻	流动人群< 10人/d		

50m 范围	门急诊医技住院综合楼	院区公众	/	1栋, 19F/2D 流动人群<400人/d	0.1
	二期项目	院区公众	西北侧 最近35m	流动人群<20人/d	0.1
	疾控/急救/卫生 三中心	院区公众	东北侧 最近26m	1栋, 共3层 流动人群< 150人/d	0.1
	污水处理站医疗废 物暂存间一体建筑	院区公众	东南侧 最近14m	1栋, 共1层 流动人群< 10人/d	0.1
	传染病院	院区公众	南侧 最近49m	1栋, 地上3层地下1层 流动人群< 150人/d	0.1

评价标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
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（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。 ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，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。	

本项目管理目标

医院综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）评价标准，结合开展诊疗项目后预计收治病人数，从而确定本项目的管理目标。关于本项目 DSA 操作的辐射工作人员年有效剂量按上述国家标准中规定的照射剂量限值的 1/4 执行：辐射工作人员剂量约束值不超过 5mSv，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为 125mSv；公众剂量约束值按照上述国家标准的 1/10 执行，即不超过 0.1mSv。针对本项目医用直线加速器操作的辐射工作人员应按照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）相关要求执行：一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a；公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a；穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶的人员

的照射，以年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制。

● **辐射场所剂量率控制水平：**

医用直线加速器机房东北侧墙外30cm处（停车场）剂量率不超过 $2.50\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房东侧墙外30cm处（排风机房）剂量率不超过 $2.39\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房东南侧墙外30cm处（报警阀间）剂量率不超过 $2.50\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房东南侧墙外30cm处（停车场）剂量率不超过 $2.39\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房南侧墙外30cm处（排风机房）剂量率不超过 $2.50\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房西南侧墙外30cm处（设备间）剂量率不超过 $2.50\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房西南侧墙外30cm处（控制室）剂量率不超过 $2.50\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房机房防护门外30cm处（走道）剂量率不超过 $1.55\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房西北侧墙外30cm处（模衣库）剂量率不超过 $0.60\mu\text{Sv/h}$ ；

医用直线加速器机房楼上30cm处（院区绿化）剂量率不超过 $2.50\mu\text{Sv/h}$ ；

介入手术室周围30cm处的周围剂量当量率不超过 $2.50\mu\text{Sv/h}$ 。

● **辐射剂量控制水平：**

辐射工作人员剂量约束值不超过 5mSv ；

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

公众剂量约束值不超过 0.1mSv 。

2) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》
(GBZ/T201.2-2011)

3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

3) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）

6.2 空间、通风要求

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

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

6.3 屏蔽要求

6.3.1 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a）、b）和 c）所确定的周围剂量当量率参考控制水平：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平，见式（1）：

$$H_c = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (1)$$

式中：

H_c ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

t ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）；

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T ——人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录 A。

b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c, \max}$ ：

1) 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $H_{c, \max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

2) 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $H_{c, \max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ ；

c) 由上述 a) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 H_c 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c, \max}$ ，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 H_c 。

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.2 联锁装置

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

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

a) 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；

b) 放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标

志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

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

6.4.6 视频监控、对讲交流系统

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

4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

5.1 一般要求

5.1.5 在随机文件中关于滤过的内容，应符合：

a)除乳腺 X 射线摄影设备外，在正常使用中不可拆卸的滤过部件，应不小于 0.5mmAl；

b)除乳腺 X 射线摄影设备外，应用工具才能拆卸的滤片和固有滤过（不可拆卸的）的总滤过，应不小于 1.5mmAl；

c)除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl；

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效面积、最小单边长度要求见表 7-3。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的使用面积及单边长度要求

机房类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机	20	3.5

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求见表 7-4。

表 7-4 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a)具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 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。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 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 ；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb 。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb 。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。

表 7-5 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护帘、床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注：“—”表示不要求。

5)根据已经获得批复（成环审（评）（2021）83号）的《成都市新津县城乡建设投资有限公司成都市新津区人民医院（含配套设施）建设项目环境影响报告书的批复》，结合现行的环境保护标准以及电离辐射相关标准，本项目应执行的环境保护标准如下：

4.1 电离辐射标准

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）标准。

4.2 环境质量标准

- 1、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- 2、水环境执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中III类标准要求；
- 3、声环境质量标准执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的2类标准。

4.3 污染物排放标准

- 1、废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准；
- 2、废水：进入城镇污水处理厂前，执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）预处理标准；
- 3、噪声：施工期噪声执行《建筑施工场界噪声排放标准》（GB12523-2011）各阶段标准限值；运营期声执行《工业企业厂界噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定的2类标准；
- 4、固体废物：固体废物排放执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）标准和医疗废物相关规定。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1.项目地理和场所位置

本项目院区位于成都市新津区宝墩镇迎先村五组、仙鹤村十组，院区目前正在修建中。院区西北侧紧邻兴园 11 路；东北侧为规划空地；西南侧及东南侧均为规划道路。本项目地理位置图见附图 1，院区及本项目周围环境概况图见附图 2。

本项目介入手术室设置于院区西侧门急诊医技住院综合楼内，门急诊医技住院综合楼北侧、西侧、南侧均为院区道路，北侧隔院区道路为下沉庭院；东北侧为二期项目、疾控/急救/卫生执法三中心；东南侧为传染病区。

本项目介入手术室设置于院区西侧门急诊医技住院综合楼的4楼，其北侧为过道；东北侧为缓冲间；东侧依次为控制室、设备间；南侧为患者通道；东南侧为污物通道及万级手术室；楼上5楼对应位置为女更衣沐浴室、走道、缓冲间、示教室；楼下3楼对应位置为无菌物品存放间。本项目介入手术室拟建址所在楼层平面布置图见附图 3， 本项目介入手术室楼上5楼部分平面布局示意图见附图4，本项目介入手术室拟建址楼下3楼部分平面布局示意图见附图5， 本项目介入手术室平面布局示意图6。

本项目医用直线加速器机房设置于院区地下室负1楼，机房东北侧为停车场；西南侧依次为控制室、设备间；东侧与南侧均为排风机房；西北侧为模衣库、走道；东南侧为报警阀间及停车场；楼上为院区绿化；无楼下建筑。 本项目直线加速机房平面布局示意图见附图11， 本项目加速器机房所在地下室平面布局示意图见附图10。

本项目周围环境现状照片见图8-1。





图8-1 本项目周围环境现状图

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目新院区医用射线装置应用项目拟建址周围辐射环境。

监测因子：本项目新院区医用射线装置应用项目拟建址周围天然贯穿辐射剂量率。

监测点位：在医用直线加速器机房拟建址楼上和介入手术室拟建址楼下内部及周围均匀布置监测点位，共计 6 个监测点位。在院区周围建筑二期项目、疾控/急救卫生/三中心、污水处理站一体建筑及传染病区拟建址周围布置监测点位，共计 4 个监测点位。

布点原则：考虑目前还在空地状态，在介入手术室拟建址由北往南均匀选择 3 个点位，在医用直线加速器机房拟建址由北往南均匀选择 3 个点位，共计 6 个点位。同时考虑到医用直线加速器机房和介入手术室拟建址周围 50m 内还包括二期项目、疾控/急救卫生/三中心、污水处理站一体建筑及传染病区拟建址，选择在其楼前进行布点，共设置 4 个监测点位。

3.监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在项目周围及医用直线加速器机房内布设监测点位，测量本项目新增医用射线装置应用项目拟建址周围天然贯穿辐射剂量率。

质量保证措施：委托通过计量认证及获得相关监测资质的检测单位开展相关工作；监测单位所用监测仪器在检定有效期内，相关监测人员必须持证上岗；在相关技术规范的指导下，开展相关工作。检测人员检测前检查仪器是否正常。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：四川致胜创科环境检测有限公司（已在监测系统注册）

四川致胜创科环境检测有限公司质量管理体系。

（1）计量认证：四川致胜创科环境检测有限公司于2021年8月通过了原四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：212312050163，有效期至2027年8月15日，在有效期内。

（2）仪器设备管理：①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

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

表 8-1 监测仪器及监测环境

项目	监测方法	方法来源	使用仪器
X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ1157-2021	名称：X/ γ 剂量率仪 型号：XH-3512E 编号：H01 校准因子：1.08
	辐射环境监测技术规范	HJ61-2021	校检有效期：2022.11.28 证书编号：检字第【2021】-L1308

监测结果：本项目新院区医用射线装置应用项目拟建址周围 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2，监测点位见图 8-2（报告见附件 8）。

表 8-2 本项目新院区医用射线装置应用项目周围天然贯穿辐射水平 单位： $\mu\text{Sv/h}$

点位号	监测位置	X- γ 辐射剂量率		备注
		平均值	标准差	
1	环境背景值	0.0537	0.0016	院区正在修建中，因此点位均在室外
2	DSA 拟建址	0.0644	0.0021	
3	DSA 拟建址西北侧	0.0650	0.0002	
4	DSA 拟建址东南侧	0.0633	0.0007	
5	加速器拟建址西北侧	0.0680	0.0004	
6	加速器拟建址东南侧	0.0612	0.0010	
7	加速器拟建址	0.0606	0.0011	
8	拟建三中心	0.0676	0.0005	
9	加速器拟建址北侧预留二期用地	0.0646	0.0010	

10	拟建污水处理站一体建筑	0.0638	0.0008
11	拟建传染病区	0.0746	0.0004

*检测结果未扣除辐射环境背景值。

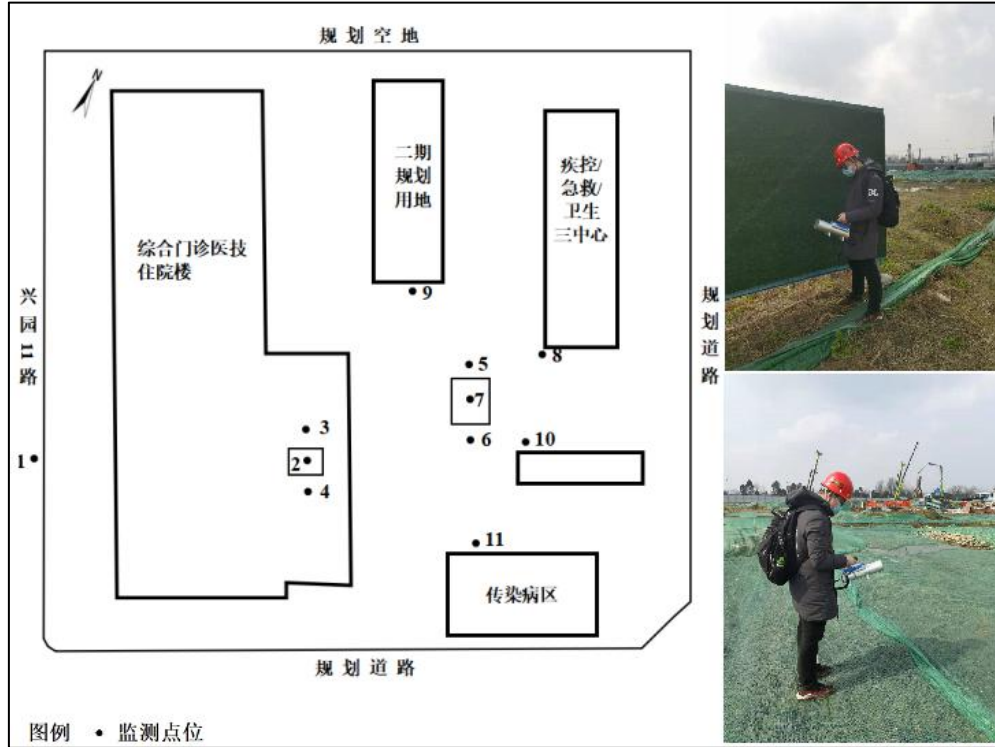


图8-2 本项目新院区医用射线装置应用项目周围敏感点辐射环境监测点位

由监测报告可知（附件 8）：在当前检测工况下（本底检测），成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）新院区新增医用射线装置应用项目拟建址及周围环境空气吸收剂量率 $50.5\text{nGy/h} \sim 62.2\text{nGy/h}$ ，低于中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（ $67.5\text{nGy/h} \sim 121.3\text{nGy/h}$ ），属于当地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

1. 工程设备

本项目医用直线加速器相关场所由医用直线加速器机房、控制室、设备间、模衣库、更衣室构成，治疗前期的定位复位工作依托放射治疗区域的 CT 定位机房及 C 型臂复位机房完成，本项目医用直线加速器机房设计布局见附图 11。设备组成：本项目加速器以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统、准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

本项目 DSA 辐射工作场所由介入手术室、控制室、设备间构成，本项目 DSA 辐射工作场所布局见附图 6。设备组成：本项目 DSA 由 X 线发生装置，包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 线控制器等，和图像检测系统，包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。

2. 工艺分析

2.1 施工期工作流程及产污环节分析

通过现场勘查核实可知，新院区正在修建，本项目直线加速器和介入手术室所在的院区目前整体正在修建中，主体建筑工程在已获得批复的院区环评中已进行分析。因此本项目施工期主要为主体建筑的修筑、防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设，因此本次评价对于施工期仅进行简要分析。施工期环境影响示意图见图 9-1。

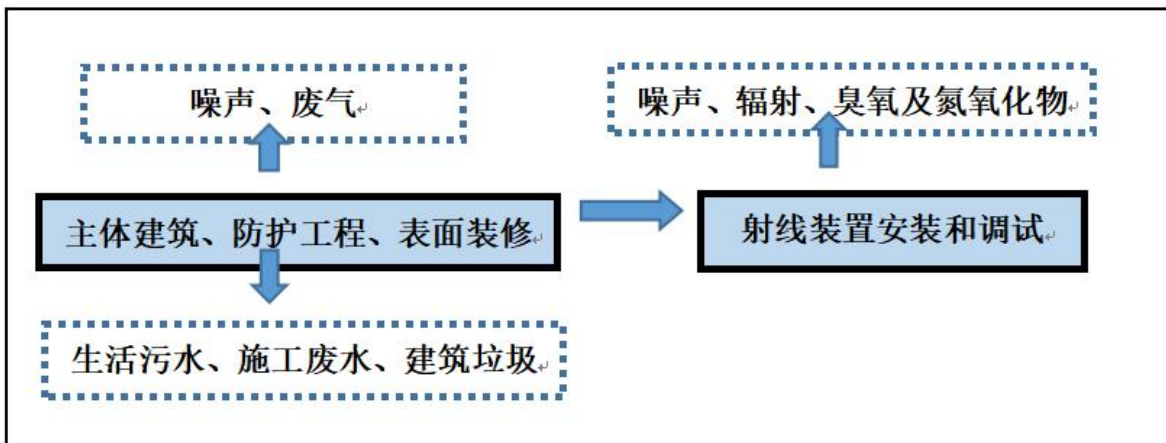


图 9-1 本项目直线加速器和 DSA 施工期环境影响示意图

施工过程中以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有废气、建筑垃圾、噪声和废水，会对周围声环境质量产生一定影响。以上污染因素

将随建设期的结束而消除。

本项目射线装置的安装调试阶段会产生X射线和电子线，可能造成一定的辐射影响，因此要求安装和调试均在辐射防护建设完成后进行。本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，人员离开时，运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。在设备的调试过程中，设备开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等处设置醒目的警示牌，工作结束后，确认各安全联锁装置正常后才能启用射线装置。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。

2.2 营运期工作流程及产污环节分析

2.2.1 医用直线加速器工作流程

1. 医用直线加速器工作原理

医用直线加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制、电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或X射线的设备。电子从电子枪发射出来，以一定的初始速度进入加速管，由磁控管或速调管来的微波电磁场同时输入到加速。电子在微波电场作用下，得到不断加速。加速后的电子经过偏转磁铁或消色差偏转磁铁，射向金属靶，当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即X射线。X射线经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的X线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。加速器按电子束治疗时，被加速的电子不被引导到X射线转换靶转换成X射线，而是被引导到散射箔，然后通过电离室、准直器、照射筒射向患者的病灶部位，达到治愈疾病的目的。

2. 医用直线加速器结构

医用直线加速器是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统、准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过2cm左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能X线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的X线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。典型的医用直线加速器机构图见下图。

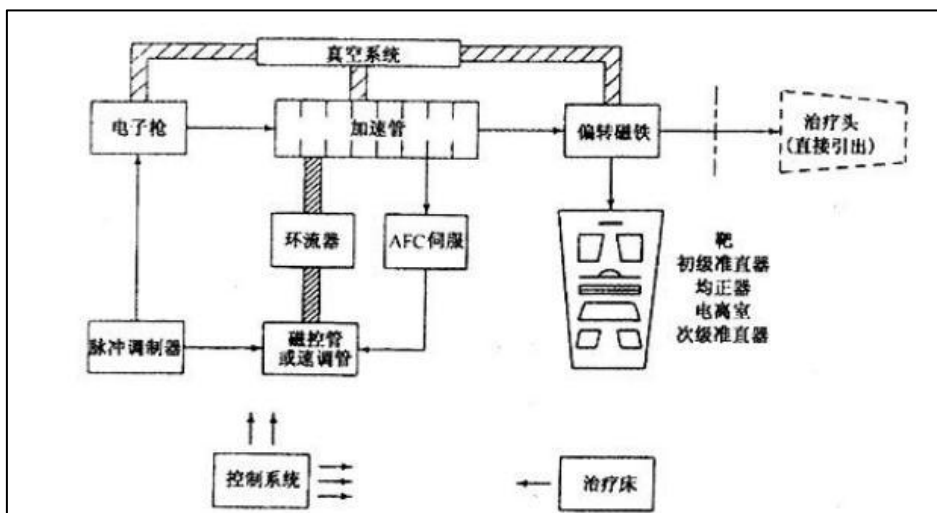


图9-2典型医用直线加速器机构图

3. 诊疗流程

本项目放射治疗流程如下所示：

（1）根据医生指导意见，需要接受治疗的病人提前预约登记，以确定治疗时间，候诊准备。

（2）进行定位：先采用模拟定位机对病变部位进行详细检查，再用模拟复位机在病人模衣上标记照射的位置，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

产污：模拟定位机及模拟复位机开机过程中将产生X射线；X射线电离空气产生臭氧和氮氧化物；

（3）制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间，物理师采用模具验证治疗计划；

（4）固定患者体位：利用加速器进行治疗时，医师指导护师需对患者进行定位、标记、调整照射角度和照射野。

（5）医师离开医用直线加速器机房回到控制室内，技师关上防护门，技师在控制室设置参数，开机治疗（本项目加速器拟设两种治疗模式，一种是电子治疗模式，一般用于浅表部位病灶照射；一种是X射线治疗模式，用于深部病灶照射），医师在控制室内通过监控观察。

产污：加速器治疗过程中将产生X射线和电子线；X射线和电子束电离空气产生臭氧和氮氧化物。

（6）治疗完毕，停止出束，患者离开机房。

本项目加速器工作流程及产污环节如图所示：

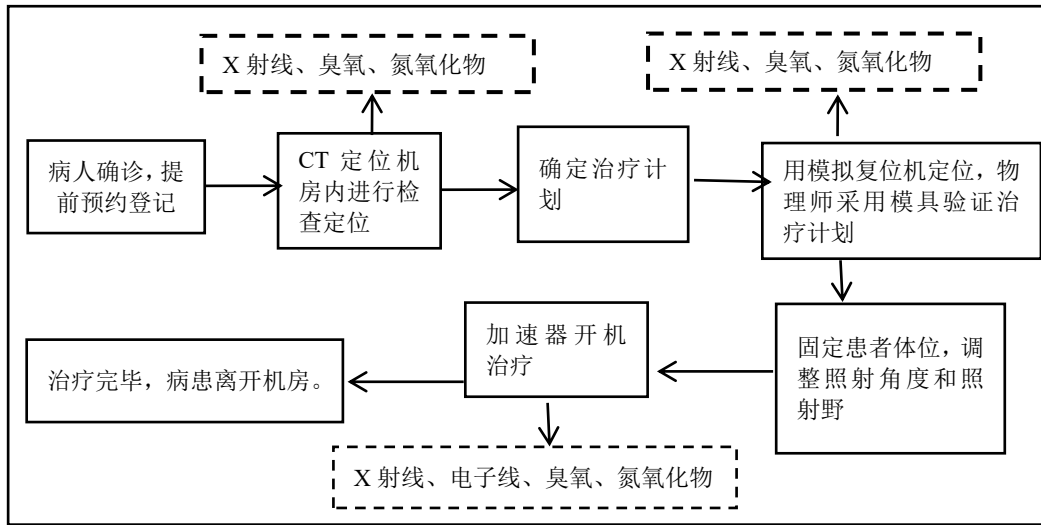


图9-3 本项目加速器工作流程及产污环节示意图

4. 工作负荷

根据相关文献调查，其中接受X射线治疗患者占总放疗患者的93%，接受电子线治疗者占7%。因放疗剂量大，所以保守评价以开展X射线深部曝光治疗进行分析。结合院方预估数据，预计本项目加速器运营时间为每周运行5天，每年工作250天，每天治疗40人，每人治疗2min，则单台加速器每周照射治疗时间为6.7h，年出束治疗时间最大约333.33h。

项目运行后建设单位拟为本项目医用直线加速器机房配备4名辐射工作人员：1名医师、1名护师、1名技师、1名物理师。

4.本项目医用直线加速器人流规划

医护人员：本项目医用直线加速器机房设置于院区负1楼。医护人员每日可通过机房西南侧电梯厅的医梯进入负1楼，通过医护人员办公区域到达放射治疗区域。技师进入控制室准备放疗工作，医护人员进入机房辅助病人调整位置，调整完成后医护人员退出机房进入控制室，技师开始放疗工作。

患者：患者前期准备工作完成后，治疗当天通常由南侧电梯厅的患者电梯进入负1楼，通过走道到达护士站进行等候。随后通过走道到达模衣库，拿到患者专属模衣后进入更衣室更衣。最后由护师带领进入机房进行治疗，治疗完成后，患者模衣放在模衣库，患者原路返回离开放射治疗区。

本项目直线加速器机房人流物流及两区划分示意图见附图17。

2.2.2 DSA 工作流程

1. DSA工作原理

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称DSA）是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA的成像基本原理为：将受检部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂（含有有机化合物，在X射线照射下会显影）后的血管造影X射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排出的路径及快慢推断有无异常通道和血液动力学的改变，因此进行介入手术时更为安全。数字X线系统原理图见图9-4。

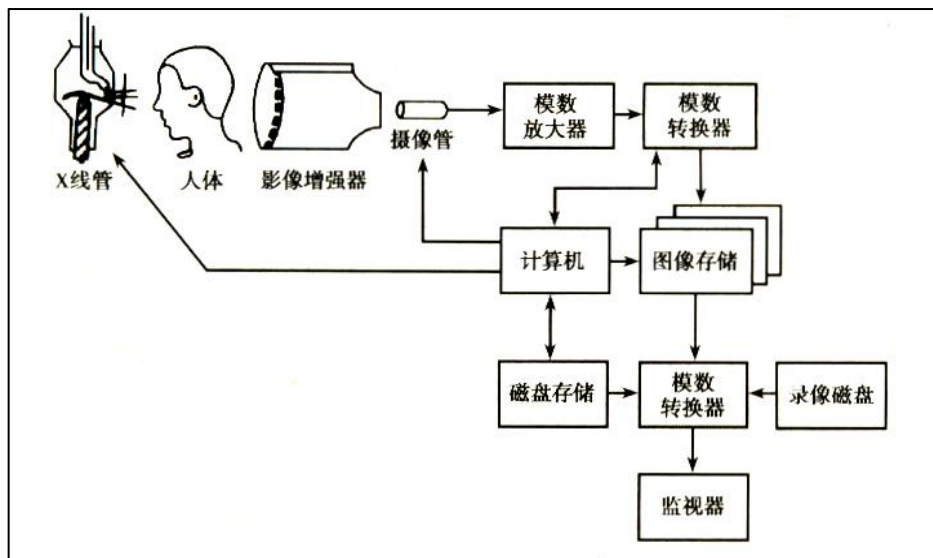


图 9-4 数字 X 线系统原理图

2. DSA结构

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机。DSA 成像系统按功能和结构划分，主要由五部分构成：X 线发生系统、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统。

（1）X 线发射装置主要包括 X 线球管、高压发生器和 X 线遮光器。

介入治疗需要连续发射 X 射线，要求有较高的球管热容量和散射率，因此 DSA

必须具有阳极热容量在 1MHU 以上、具有大小焦点的 X 线球管。此外，还需具有一个能产生高千伏、短脉冲和恒定输出的高压发生器、X 线遮光器用来限制 X 线照射视野，避免患者接受不必要的辐射。

（2）影像检测和显示系统，用于将 X 线信息影像转换成可见影像。

目前数字成像系统共有两种：影像增强器和平板探测器。本项目机型采用的间接转换平板探测器由碘化铯等闪烁体晶体涂层与非晶硅薄膜晶体管 TFT 构成。间接转换平板探测器的工作过程一般分为两步：闪烁晶体涂层将 X 射线的能量转换为可见光，其次非晶硅 TFT 将可见光转换为电信号。直接转换平板探测器主要由非晶硒 TFT 构成：入射的 X 射线是硒层产生电子空穴对，在外加偏压电场作用下，电子和空穴向相反的方向移动形成电流，电流在薄膜晶体管中形成电信号。现代大型 DSA 设备普遍使用平板探测器，其转换环节少，减少了噪声，使 X 线光子信号的损失降到了最低限度，大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量，而且降低了射线剂量。

（3）影像处理和系统控制。

DSA 影像被数字化后，则需进行各种算术逻辑运算，并对减影的图像进行各种后处理。计算机系统是 DSA 的关键部件，具有快速处理能力，主要对数字影像进行对数变换处理、时间滤波处理和对对比度增强处理。

系统控制部分具有多种接口，用于协调 X 线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

（4）机架系统和导管床机架有悬吊式和落地式两种，各有利弊，可根据工作特点和机房情况选择。导管检查床具有手术床和透视诊断床两种功能，多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面，减少对 X 线的吸收。

（5）影像存储和传输系统（PACS），采用在线存储和近线存储两种存储方式，充分利用网络技术实现影像资料的共享，方便随时调阅，更加高效的交流和管理 DSA 影像信息。

3. 介入治疗

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约 1.5-2 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导

管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

4. 诊疗流程

本项目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；介入接诊医师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。

（3）设置参数，病人进入机房、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；引导病人进入机房并进行摆位。

（4）根据不同的治疗方案，医师、护师及技师密切配合，完成介入手术或检查；
产污：DSA 开机过程中将产生 X 射线；X 射线电离空气产生臭氧和氮氧化物。

（5）治疗完毕关机：手术医师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，手术医师应在 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。

产污：手术过程中的耗材将转化为医疗废物。

本项目 DSA 工作流程及产污环节如图 9-5：

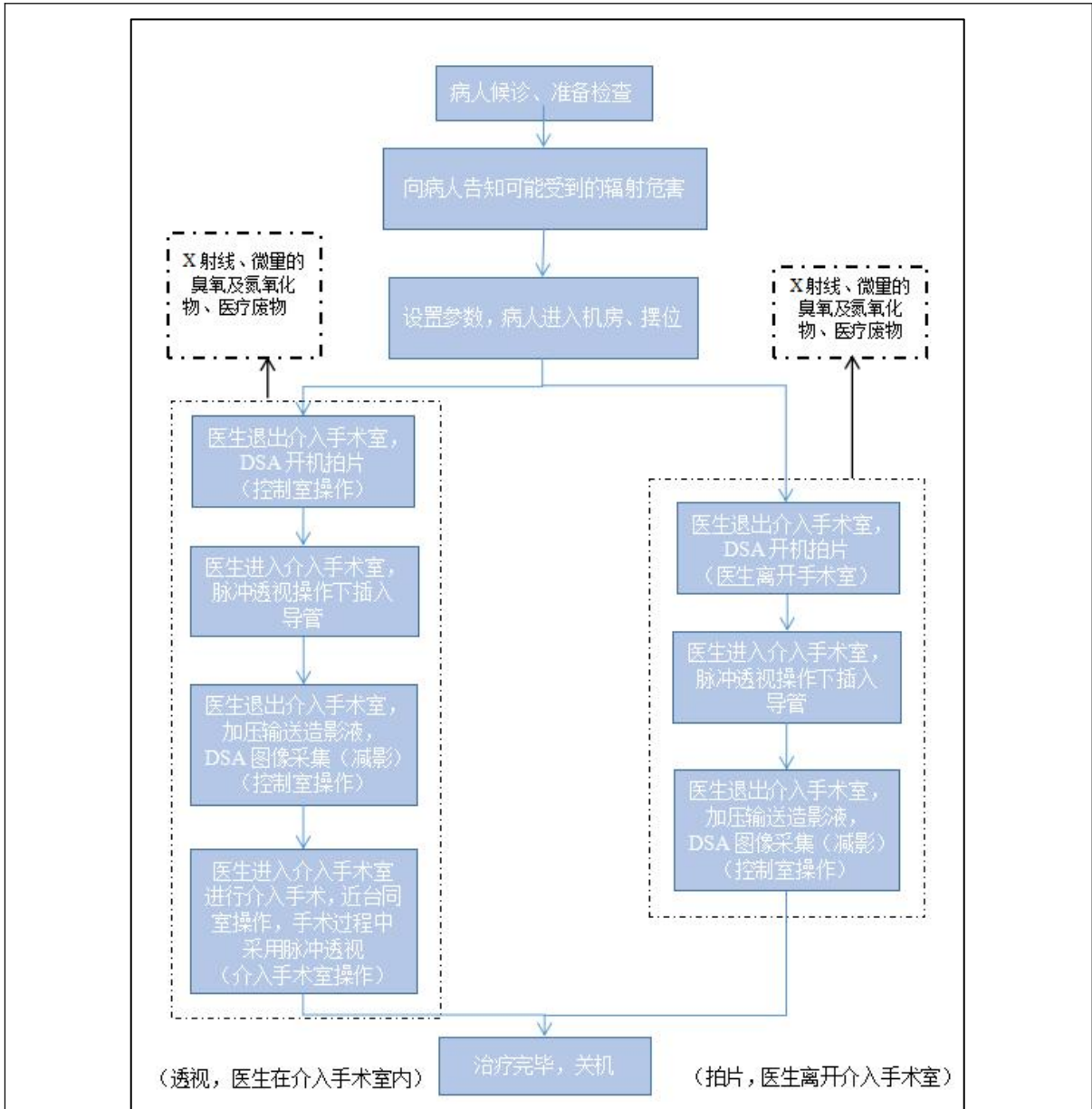


图 9-5 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

其中 DSA 具体操作流程为：诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达目标部位，进行介入诊断，留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。在手术过程中，操作人员必须在床旁并在 X 线导视下进行。

DSA 在进行曝光时分两种情况：

第一种情况（拍片）：技师采取隔室操作的方式（即技师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况（透视）：医生需要进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会

有连续曝光，并采取连续脉冲透视，此时操作医师位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

5.本项目DSA人流物流规划

人流：

医护人员：本项目介入手术室拟建于门急诊医技住院综合楼4楼手术层，每日手术前医护人员在3楼更衣间更衣后由东侧医护专用楼梯进入4楼手术层，技师通过医护人员通道达到控制室，进行机器预热和调试工作；医生和护师在设备间穿好防护用品后经过过道到达介入手术室南侧刷手间进行刷手，而后从介入手术室西南侧患者防护门进入介入手术室内开展手术工作。手术结束后，医护人员均原路离开介入手术室。

患者：手术开展前，病人从门急诊医技住院综合楼1楼北侧电梯到达4楼，进入谈话室进行谈话，告知其辐射危害，然后进入麻醉准备间进行麻醉工作，后通过患者通道由护师推入介入手术室，术后护士把病人推到换床间换床后由护工送进楼上病房休息。

污物：

每一次手术结束后产生的医疗废物，由护师经介入手术室东南侧防护门外污物通道运至位于东侧的污物暂存间收集暂存，一天手术结束后，清洁人员由污物暂存间通过污梯将所有的医疗废物运至位于院区东侧的医疗废物暂存间，定期委托有资质单位外运处置。生活垃圾经院区垃圾收集房分类收集后交由市政环卫部门统一清运。

本项目介入手术室人流物流示意图见附图7。

污染源项描述

医用直线加速器机房

1) 辐射污染源分析

由医用直线加速器工作原理可知，本项目医用直线加速器可以提供2种射线（X射线和电子线）用于肿瘤治疗，最大X射线能量10MV，最大电子线能量为18MeV，对于浅表肿瘤用电子线进行治疗，对于人体深层肿瘤则需X射线进行治疗。因此加速器在开机时，用X射线治疗时主要污染物为X射线，用电子线治疗时主要污染物为电子。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿力远弱于X射线。

2) 非辐射污染源分析

废气：医用直线加速器工作时产生的X射线会使周围空气电离产生极少量臭氧

和氮氧化物。

废水：本项目运行后，不会产生放射性废水，废水主要为医疗废水和医护人员、病患以及病人家属产生的生活污水。

固体废物：本项目运行后，不会产生放射性固体废物，主要为工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾，

噪声：本项目医用直线加速器机房噪声主要来自于通排风系统、空调等设备，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。

介入手术室

1) 辐射污染源分析

由 DSA 工作原理可知，DSA 只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，DSA 在开机期间，X 射线是项目主要污染物。利用 X 射线束对病人进行诊断和手术的同时，射线装置产生的主射线、泄漏射线及散射射线也可能会穿透诊断室的屏蔽墙、观察窗、防护门等对介入手术室外的职业人员产生辐射影响。一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小；而介入手术则需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

介入放射学主要辐射危害因素可分为两个类别初级辐射和次级辐射。次级辐射为两项：散射辐射和泄漏辐射。初级辐射是从 X 射线管遮光器出射的，是在与受检者、床和影像接收器作用前的辐射，受检者及影像接收器对初级辐射有很大衰减。典型的入射到受检者体表剂量到 mGy 数量级，及到达影像接收器的剂量为 μGy 数量级。同时，根据 IAEA 官网在“Radiation protection of medical staff in interventional fluoroscopy”（介入荧光透视领域医护人员的辐射防护）环节的介绍，入射到病人的射线只有 1%~5% 会穿出人体。散射辐射取决于受检者受照范围、初级辐射能量和受照角度。电子作用于靶向个方向发射 X 射线，泄漏辐射是从含有铅屏蔽防护的管套透射出的射线。

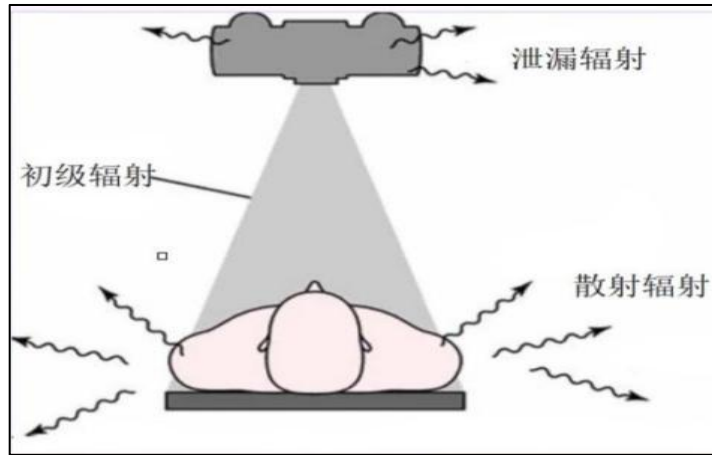


图 9-6 本项目电离辐射污染源构成

2) 非辐射污染源分析

废气：II类射线装置在曝光过程中，产生的有害气体主要是射线与室内空气中的氧在辐射作用下电离而生成的臭氧和氮氧化物，产生量较少。

废水：DSA 装置采用先进的实时成像系统，注入的造影剂不含放射性，本项目运行后，废水主要为医疗废水和医护人员、病患以及病人家属产生的生活污水。

固体废物：本项目涉及的 DSA 采用数字成像，它根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理。本项目介入手术时会产生废药棉、废纱布、废手套、废造影剂瓶等医疗废物。

噪声：本项目介入手术室噪声源主要为排风系统噪声，所有设备选用低噪声设备。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施**1. 工作场所布局及分区****1.1 工作场所布局**

本项目介入手术室设置于院区西侧门急诊医技住院综合楼的 4 楼，其辐射场所由介入手术室、控制室、设备间构成。介入手术室西北侧为过道；东北侧由左至右依次为缓冲间、控制室、设备间；西南侧为患者通道；东南侧为污物通道及万级手术室；楼上 5 楼对应位置为女更衣沐浴室、走道、缓冲间、示教室；楼下 3 楼对应位置为无菌物品存放间。

本项目医用直线加速器机房设置于院区地下室负 1 楼，其辐射场所由设备间、控制室、模衣库、更衣室、控制室组成。机房东北侧为停车场、西南侧从左至右依次为控制室、设备间及排风机房；西北侧为模衣库、走道；东南侧为排风机房、报警阀间及停车场；楼上为院区绿化；无楼下建筑。

1.2 布局合理性分析**医用直线加速器机房**

（1）医院综合考虑项目特点和对周围环境的辐射影响，本项目拟设置于院区负 1 楼，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑内，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业区域。

（2）医用直线加速器辐射工作场所设置有控制室、设备间、模衣库、更衣室等。机房配套设施完善，充分考虑医生和患者的需求。机房控制室与机房分开设置，控制室为相对独立的区域，控制台与加速器分离，实行隔室操作。且医用直线加速器机房及其辅助设施同时设计和建造，秉承安全、卫生和方便的原则合理布置。

（3）医用直线加速器机房的有效使用面积对于开展放射治疗而言空间十分宽敞。

（4）从附图 17 来看，医用直线加速器机房整体实现了医护人员、病人的路线分流。人流和物流时间严格错开，所以实现了路线不交叉。

（5）本项目医用直线加速器机房的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，满足《放射治疗放射防护要求》

（GBZ121-2020）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求，其平面布置是合理的。

介入手术室

（1）本项目 DSA 介入治疗区由介入治疗室、控制室、设备间构成。介入治疗室详细布局的平面布置图见附图 6。

（2）医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，拟将项目设置于门急诊医技住院综合楼 4 楼手术层，非医护人员和病患一般不得入内，区域内人流相对较少，有效降低了公众受照的可能性。

（3）介入治疗室有效使用面积达 84.48m²，对于开展手术而言空间十分宽敞。

（4）从附图 7 来看，本项目介入治疗室整体实现了医护人员、患者、医疗废物的路线分流。人流和物流时间严格错开，实现了路线不交叉。

（5）本项目介入治疗室的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目辐射工作场所外设有专用的候诊区域，就诊通道。且本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足科室诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，所以平面布置是合理的。

1.3 控制区监督区分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作场所的分区原则：6.4.1.1 注册者和许可证持有者应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。6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中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。

本项目医用直线加速器相关场所由医用直线加速器机房、控制室、设备间、模衣库、更衣室等构成，医用直线加速器机房详细布局的平面布置图见附图 11。本项目医用直线加速器机房（包含迷路）作为本项目医用直线加速器辐射工作场所的**控制区**，而控制室、设备间会有辐射工作人员停留的可能性，均属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的**监督区**。同时，在放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；在监督区入

口的控制室门门口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线。

本项目介入治疗场所由介入手术室、控制室及设备间构成，介入手术室详细平面布局图见附图6。本项目介入手术室作为本项目介入治疗区辐射工作场所的**控制区**，而控制室、设备间会有辐射工作人员停留的可能性，均属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的**监督区**。同时，介入治疗区应在控制区进出口及其他适当位置，设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；在监督区入口的控制室门、设备间门门口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线。

表10-1 本项目“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
门急诊医技住院综合楼4楼介入手术室	介入手术室	控制室、设备间	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。
院区负1楼医用直线加速器机房	医用直线加速器机房（含迷道）	控制室、设备间	监督区范围内应限制无关人员进入。

本项目介入手术室两区划分示意图见附图7，医用直线加速器机房两区划分示意图见附图11。

控制区和监督区管理要求：

控制区：在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

医用直线加速器

（一）设备固有安全防护措施

①加速器只有在开机状态时才有 X 射线和电子线产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出来，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

②控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行状况。

③条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才

能进行。

④控制台上设有蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以提醒人员防止误入。

⑤时间控制联锁：当预选照射时间选定时，定时器能独立地使照射停止。

⑥加速器设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改。

⑦剂量分布监测装置与照射终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑧急停开关：医用直线加速器设备操作台和床体上均自带1个急停开关。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

⑨钥匙开关：加速器控制机上设电源钥匙开关，只有当加速器一切都处于安全状态，并且钥匙就位后，加速器才能启动工作。一旦钥匙被取走，加速器就无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

（二）人员的安全与防护

人员包括辐射工作人员、患者及机房周边评价范围内的公众。在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。主要从以下几方面采取防护措施：

1. 辐射工作人员的安全与防护

本项目辐射工作人员指从事医用直线加速器的医师、护师、技师及物理师。

本项目拟购所有防护用品和辅助防护设施的铅当量为0.5mmPb。考虑到可能有行动不便的极少数患者需要陪护或者事故状态，以及病人非病患部位的防护需求，医院拟为医用直线加速器项目配备1套医护防护用品。

医院拟为医用直线加速器项目配备1个人剂量报警仪；每名医师、护师、技师、物理师各配备1个人剂量计，并要求上班期间必须正确佩戴。医院应定期（每季度一次）将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测，并将检测报告存档。医院承诺，在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

2. 患者的安全与防护

①医师会根据肿瘤定位结果来判断病情状况，针对不同的病人会制定不同的放疗计划（包括放疗时间和放疗剂量），并通过可调限束装置进行参数设置，选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化，尽量避免不必要的照射，有效进行源项控制。

②时间防护：在满足放射诊疗要求的前提下，制定最优化的诊疗方案，使照射时间最小化。

③其他安全防护：

a) 放射治疗前实行病人告知制度：在放疗诊断前应向病人告知放射治疗的方法、适应症、预期疗效、风险、费用构成及注意事项和可能对病人家属的辐射影响等，并请病人在说明书下方签字，由医患双方各执一份。

b) 医院拟为患者配置1套0.5mm铅当量的防护用品。建设单位应确保今后若本项目增加室内人员，应在实施相应诊疗工作前增加足够套数防护用品。

3.机房周边公众的安全与防护

主要依托医用直线加速器机房墙体、楼顶和防护门等屏蔽实体屏蔽射线。同时，该场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房防护门外张贴电离辐射警告标志和安装工作状态指示灯，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

（三）机房辐射防护屏蔽设计

本项目医用直线加速器机房设计的屏蔽参数见表10-2。

表 10-2 医用直线加速器机房当前屏蔽参数一览表

机房	方位	屏蔽材料及厚度
医用直线加速器机房	主屏蔽墙	东北侧主屏蔽区 3.0m 钢筋混凝土 西南侧主屏蔽区 3.0m 钢筋混凝土 楼板主屏蔽区 3.0m 钢筋混凝土
	次屏蔽墙	东北侧次屏蔽区 2.0m 钢筋混凝土 西南侧次屏蔽区 1.7m 钢筋混凝土 楼板次屏蔽区 1.9m 钢筋混凝土
	侧屏蔽墙	东南侧 1.7m 钢筋混凝土
	迷路内墙	西北侧 1.3m-1.6m 钢筋混凝土
	迷路外墙	西北侧 1.3m-1.6m 钢筋混凝土
	防护门	18mmPb

（四）辐射安全与防护措施

（1）门-机联锁：正常情况下，加速器在关机状态时才能打开机房防护门；防护

门未完全关闭到位时，无法启动加速器进行治疗。

(2) 门-灯联锁、出束音响提示：医用直线加速器机房防护门外顶部设置1个工作状态指示灯箱与出束音响提示装置。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，灯箱醒目显示"禁止入内"，同时出束音响提示装置工作，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。治疗室门要与工作状态显示联锁（门-灯联锁）。

(3) 固定式剂量报警仪：在医用直线加速器机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷道内，只要室内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。另在机房内和机房门口设有出束音响提示装置，以警示患者和机房外候诊人员。

(4) 紧急开门按钮：医用直线加速器机房迷道内墙人员易接触的位置（距离地面1.2m高处）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。拟安装的机房门有防挤压功能，人员通过时，防止对人员造成误伤。

(5) 急停开关：医用直线加速器设备操作台和床体上均自带1个急停开关。拟为医用直线加速器机房各墙体（拟设4个）及迷道外墙上（拟设1个）设置急停开关（位于人员易接触的位置），以使机房内的人员按动急停开关就能令加速器停机。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

(6) 视频监控、对讲装置：治疗室和控制室之间安装有视频监控，控制室能通过视频监视治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观测患者在治疗室的状况，及时处理意外情况。

(7) 警示标识：在控制区入口处设置电离辐射警告标志及中文警示标志；在监督区入口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线；在机房防护门外1米范围地上划出警戒范围。电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录F要求。

(8) 便携式辐射监测仪器及监测仪器：医院已配一台便携式 X- γ 剂量监测仪，用于医用直线加速器使用期间定期巡检，拟为本项目医用直线加速器辐射工作人员配备足够的个人剂量计及个人剂量报警仪。

(9) 管理机构：成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）已建

立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构。

(10) 管理制度：本项目建设单位涉及使用II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-3，建设单位已按照要求制定所有制度并下发至全院，本项目开展前应制定放射治疗相关岗位职责以及医用直线加速器操作规范，并完善原有制度。拟在辐射工作场所内合适的墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

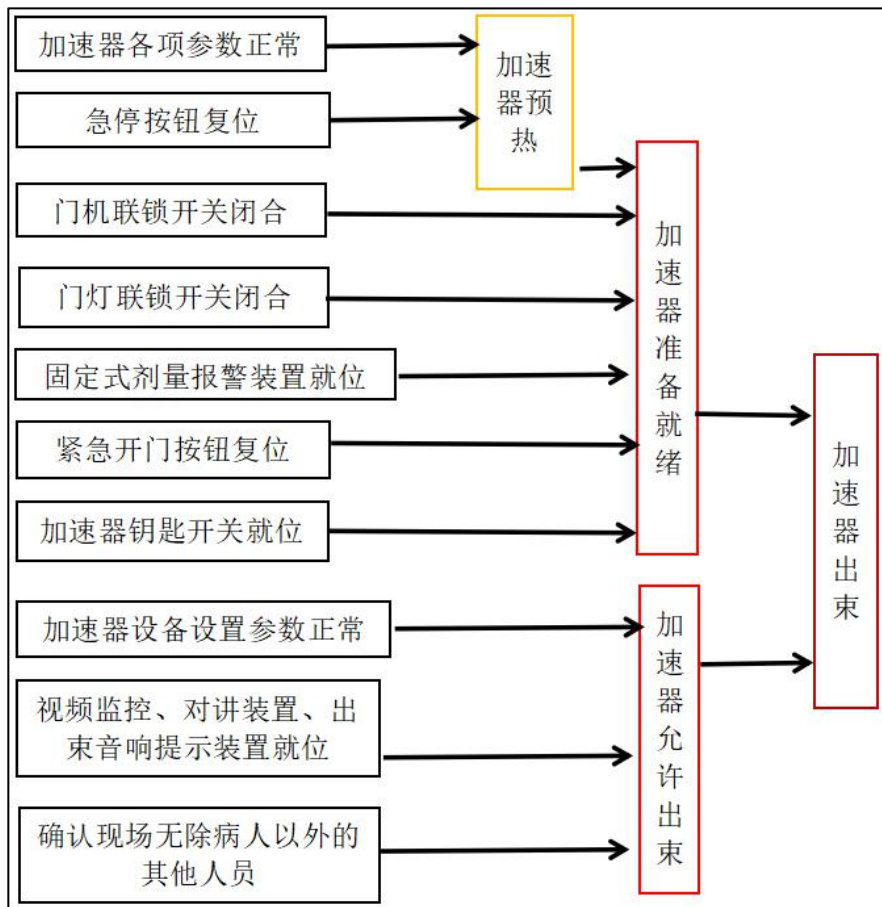


图 10-1 直线加速器辐射工作场所辐射安全联锁逻辑图

本项目直线加速器机房辐射安全防护措施平面布置示意图见附图 16。

介入治疗室

(一) 设备固有安全防护措施

本项目 DSA 购置于正规厂家，保障设备各项安全措施齐全，仪器本身应采取多种安全防护措施：

①采用栅控技术：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 射线管头或影响增强器的窗口处放置合适过滤板，以消除软 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 DSA 不同应用时可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。

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，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了于监视器上显示（即称之为图像冻结），利用此方法可以明显缩短总透视时间，以减少不必要的照射。

⑤配备有相应的表征剂量的指示装置，当曝光室内出现超剂量照射时会出现报警。

⑥本项目设备在床体和操作台自带 1 个急停按钮，在机器故障时可摁下，避免意外照射。

⑦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。有用线束主要为从下往上，即使旋转机头，考虑到 DSA 拟安放位置，也不会直接照射门、窗和管线口位置。同时，也要求建设单位定期按照规章制度对于设备进行维护检修。

（二）对医生及患者的辐射防护措施

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

在介入诊疗中，手术医生必须认真做好自身的防护工作。具体要求是：

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，医生在为患者实施介入治疗时还须采取以下防护措施：

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。

②距离防护：对患者非投照部位做好保护工作，在不影响工作质量的前提下，尽可能加大患者与射线装置的距离。操作人员采取隔室操作方式，控制室与机房之间以墙体隔开，通过观察窗观察病人情况，通过对讲机与病人交流。

③缩小照射野：在不影响操作的前提下尽量缩小照射野。

④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。

⑤在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

⑥定期维护介入设备：制定和执行介入诊疗中的质量保证计划。

医院拟为本项目医护人员和患者共配置3套防护用品。根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》，医院需完善原有《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。

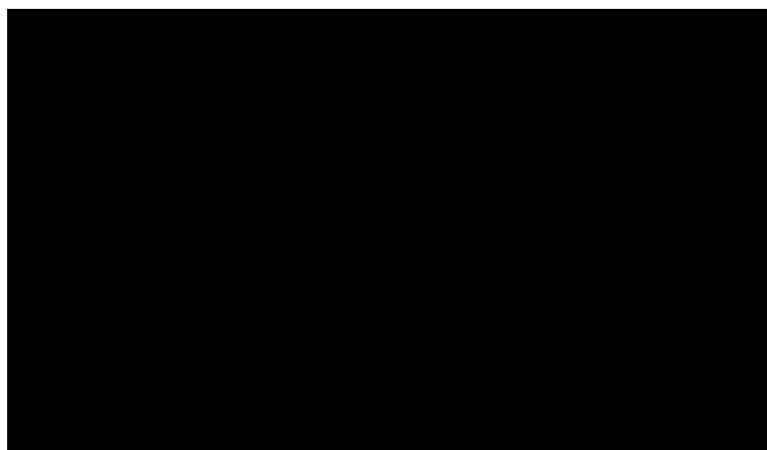
（三）机房辐射防护屏蔽设计

本项目 DSA 机房设计的屏蔽参数见表 10-3。

表 10-3 本项目屏蔽材料一览表

场所	屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度
介入手术室	四面墙体	370mm 实心砖墙
	楼板	350mm 现浇混凝土
	地面	200mm 现浇混凝土
	防护门（3 扇）	3mm 铅门
	防护窗（1 扇）	3mmPb 铅玻璃

本项目 DSA 管电压不超过 125kV。本项目 DSA 管电压不超过 125kV。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1.2 可计算不同管电压下不同材料厚度等价的铅当量。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.2 以及附录表 C.2 可知：



-----公式 10-1

γ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

虽然根据机器特性，针对 DSA 主要考虑散射线和泄漏射线影响，本项目 DSA 在实际使用中不会使用到最大管电压 125kV，但保守估计，在折合屏蔽体铅当量时，仍按照 125kV 下主射线辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

针对 DSA 主要考虑主射线、散射线和泄漏射线影响，为了保守估计，在折合铅当量时，按照最大管电压下（125kV）主射线辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

表 10-4 不同屏蔽材料对不同管电压的 X 射线（主束）辐射衰减拟合参数

管电压 125kV			
材料	α (mm^{-1})	β (mm^{-1})	γ (mm^{-1})
混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
铅	2.219	7.923	0.5386

表 10-5 不同屏蔽材料对不同管电压的 X 射线（散射）辐射衰减拟合参数

管电压 125kV			
材料	α (mm^{-1})	β (mm^{-1})	γ (mm^{-1})
混凝土	0.03510	0.06600	0.7832
铅	2.233	7.888	0.7295

本项目混凝土实心砖铅当量折算方式：鉴于实心砖往往难以达到标准混凝土密度（ $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），针对本项目墙体密度按照 $1.76\text{g}/\text{cm}^3$ 折算，从而可根据公式 1 将介入手术室的墙体材料折算成等效屏蔽铅当量，结果见表 10-6。

表 10-6 介入手术室当前屏蔽参数一览表

场所	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果	是否满足要求
介入手术室	四面墙体	370mm 实心砖墙	3.81mm 铅当量	满足
	楼板	350mm 现浇混凝土	4.97mm 铅当量	满足
	地面	200mm 现浇混凝土	2.57mm 铅当量	满足
	防护门（3 扇）	3mm 铅门	3mm 铅当量	满足
	防护窗（1 扇）	3mmPb 铅玻璃	3mm 铅当量	满足

本次评价采用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 中，给出了不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求。对于不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求：C 形臂 X 射线设备机房有用束方向为 2mm 铅当量，非有用束方向为 2mm 铅当量。本项目防护设计满足机房的屏蔽防护铅当量厚度要求。

（四）辐射安全措施

（1）**警示标志及设施：**介入手术室各防护门表面上均要求设置有电离辐射警告标志及中文警示标志以及工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。同时，在作为监督区入口的控制室门及设备间上设置中文警示标志，

并在地面张贴警戒线。

(2) **闭门装置：**建设单位拟为介入手术室平开机房门设置自动闭门装置；推拉式机房门拟制定曝光时关闭机房门的管理措施；电动推拉门宜设置防夹装置。

(3) **急停按钮：**本项目设备通常在床体和操作台自带 1 个急停按钮，建设单位拟在介入治疗室墙面增设 1 个急停按钮，在机器故障时可摁下，避免意外照射。

(4) **门灯连锁：**拟在介入治疗室各防护门上各安装 1 个工作状态指示灯，且所有防护门拟设置工作状态指示灯且能与机房有效关联。

(5) **对讲装置：**开机时操作间和介入治疗室内拟设置对讲装置，便于医师在操作室知晓患者在机房内的状况、及时处理意外情况。

(6) **防护用品：**根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求，应为介入放射学操作辐射工作人员、患者和受检者配备个人防护用品，包括铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜；应为辐射工作人员配备辐射防护设施，包括铅悬挂防护屏、铅防护调帘、床侧防护帘、床侧防护屏；应为患者配备辐射防护用品；应建立相关的操作规程、安全使用制度、人员培训制度和放射事故应急制度。本项目所有拟配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量已达到 0.25mmPb 以上。本项目辐射工作人员共计 8 人，拟为介入手术室内人员配备防护用品。按照医院目前运行日常，手术室内常规只会有 2 名医护人员和 1 名患者，故医院拟为辐射工作人员和患者配备 3 套防护用品（利旧原有 3 套防护用品）。

(7) **监测仪器：**医院已配一台便携式 X- γ 剂量监测仪，用于数字血管造影机(DSA)使用期间定期巡检。医院拟为 DSA 项目第一手术位、护师位各配备 1 个人剂量报警仪，辐射工作人员应配备足量的个人剂量计。手术医师建议佩戴 3 个（腕部剂量计、颈部剂量计、腰部剂量计），要求起码佩戴 2 个（颈部剂量计、腰部剂量计）；手术室内护师要求佩戴 2 个剂量计，包括腰部剂量计和颈部剂量计；操作间内技师要求佩戴 1 个剂量计，即胸部剂量计），并定期送检，且定期开展职业健康体检，建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案。

(9) **管理机构：**建设单位已建立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构。

(10) **管理制度：**本项目建设单位涉及使用 II 类射线装置，应根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400号）要求，建立相关辐射安全管理制度。建设单位已按照要求制定所有制度并下发至全院，本项目开展前

应完善相关制度。拟在辐射工作场所内合适的墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。医院应定期（每季度一次）将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测，并将检测报告存档。医院承诺，在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

本项目介入手术室辐射安全防护措施平面布置示意图见附图9。

表10-7 医院辐射安全防护设施对照分析表

序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程	随院区建设 (暂未动工修建机房)	拟建
2		铅防护门 1 扇		
3	通排风系统	通排风系统 1 套	/	拟设置 1 套
4	医用直线加速器机房安全措施	门机连锁 1 套	/	拟设置 1 套
5		门灯连锁 1 套	/	拟设置 1 套
6		出束音响提示装置	/	拟设置 1 套
7		紧急开门按钮 1 个	/	拟设置 1 个
8		急停开关	医用直线加速器设备操作台和床体自带 1 个	医用直线加速器机房墙体拟设 4 个、迷道外墙上拟设 1 个
9		监控系统	/	拟设置 1 套
10		对讲系统	/	拟设置 1 套
11		电离辐射警告标志、中文警示标志和警戒线	/	拟设置
12		灭火装置	/	拟购置 1 套
13		防护用品	患者防护设备	/
14	医护人员防护设备		/	拟购置 1 套
15	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程	随院区建设 (暂未动工修建机房)	拟建
16		操作位局部屏蔽防护设施	设备自带	/
17		铅防护门 3 扇	/	拟建
18		铅玻璃窗 1 扇	/	拟建
19	通排风系统	通排风系统 1 套	/	拟设置
20	介入手术室安全措施	门灯连锁、工作状态指示灯	/	拟设置 3 套
21		急停开关 3 个 (床体和操作台自带 1 个急停按钮，拟在介入手术室墙面增设 1 个)	/	拟设置 1 个
22		对讲系统	/	拟设置 1 套
23		电离辐射警告标志、中文警示标志和警戒线	/	拟设置
24		闭门装置	/	拟设置 2 个
25		防夹装置	/	拟设置 1 个

26		灭火装置	/	拟设置 1 套
27	防护用品	患者防护设备	利旧原有 1 套	/
28		医护人员防护设备	利旧原有 2 套	/
29	/ 监测用品	医用直线加速器机房固定式剂量报警仪（实现门-剂量联锁）	/	拟购置 1 个
30		个人剂量报警仪	介入手术室个人剂量报警仪利旧 2 个 医用直线加速器拟配备 2 个	原有辐射工作人员利旧
31		个人剂量计	介入手术室个人剂量计（拟配 18 个） 医用直线加速器拟配备 4 个	原有辐射工作人员利旧
32		便携式 X-γ剂量监测仪	利旧原有 1 台	/

落实以上措施后，本项目所配备的防护措施和监测仪器能够满足相关管理要求。

三废的治理

1.施工期三废治理

1.1 废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，但影响仅局限在施工现场附近区域。拟采取湿法作业控制排放扬尘，通过洒水增湿可以在很大程度上减少粉尘飞扬现象，加强管理。

1.2 噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。且已禁止夜间施工，也已尽可能选用噪音较小的施工设备。

1.3 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，不外排。生活污水产量较小，拟依托医院临时污水处理设施进行处理。

1.4 固体废物

施工中固体废物主要为装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。装修垃圾能回收利用的回收利用，不能回收的送建筑垃圾处理场堆放。施工人员生活垃圾由场地内垃圾桶收集，日产日清，交由市政环卫部门统一收集清运。

2.运营期三废治理

2.1 废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。本项目介入手术室营运期产生的废水主要包括医疗废水和医护人员、病患以及病人家属产生的生活污水。

医院拟在院区东侧修建1座污水预处理池，本项目废水进入院区的污水预处理池，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表2预处理标准后，排入新津红岩污水处理厂，最终出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类水标准，总氮达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中城镇污水处理厂排放标准后排入岷江。不会对周围水环境产生影响。

2.2 废气

本项目医用直线加速器机房及介入手术室拟设通排风系统，通排风系统的设置、室内气流组织以及废气的排放都考虑到避免空气在建筑物内反复循环和避免各房间空气相互掺混，从而减少污染物积累和交叉污染的几率。

医用直线加速器机房新风口设置于机房吊顶西南侧，排风口拟设置于机房东北侧墙角，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）规定的上进下出、对角设置的原则。新风系统风量设计为5500m³/h，排风风量设计为5000m³/h，本项目医用直线加速器机房的有效体积为196.2m³，换气次数远远大于4次/h，满足及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中“换气次数不少于4次/h”的相关要求。废气经排风系统引至机房西北侧的风井，再由风井引至门诊急诊医技住院综合楼楼顶进行排放，排口朝向院区南侧的停车场，未设置在有门、窗或人流量较大的过道等位置。

介入手术室新风口位于其中部，排风口位于西南侧，排风通道置于吊顶及辐射防护层之间，因此不会破坏本项目的防护层。本项目介入手术室新风与排风风量均设计为1550m³/h，介入手术室有效体积为228.5m³，通风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”要求。废气通过排风管道引至4楼西南侧墙外上至5楼平台位置进行排放。本项目DSA工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，DSA运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影

响较小。

本项目介入手术室通排风示意图见附图 8，本项目医用直线加速器机房新风示意图间附图 14，排风示意图见附图 13。

2.3 固体废物

本项目医用直线加速器机房及介入手术室运营后，不会产生放射性固体废物以及医疗废物，会产生辐射工作、患者及其家属的生活垃圾，该类垃圾由院区清洁人员分类收集后，由环卫部门统一清运。

本项目介入手术室投运后预计将产生有少量废造影剂的输液瓶（100kg/a）、废药棉（80kg/a）、废纱布（80kg/a）、废手套（80kg/a）等医疗废物（共约340kg/a）。本项目介入手术室手术过程中产生的医疗废物采用专门的收集容器集中处理后，专业人员通过污物通道将医疗废物转运至4楼东侧的污物暂存间，再由污梯运送至位于院区东侧的医疗废物暂存间，定期委托有资质单位外运处置。

2.4 噪声

本项目产噪设备不多，噪声源主要为设备噪声和就诊人流动噪声，其中设备噪声主要来自风机，本项目医用直线加速器机房的通排风系统均为独立的风机，噪声值在60dB(A)左右，由于声源位于室内，且建设单位拟在风机排风口安装管式消声器，采用减震基础、安装隔声消音箱等措施，同时通过距离的衰减，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。

4.射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

环评要求：本项目使用医用直线加速器、DSA在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

环保设施及投资

本项目总投资[]，其中环保投资[] 占总投资约[] 其中本项目医用直线加速器拟配备 1 名医师、1 名技师、1 名物理师和 1 名护师。医用直线加速器机房每名辐射工作人员配备 1 个剂量计（胸部），共计需要 4 个剂量计；医院拟为医用直线加速器项目配备 1 个人剂量报警仪。考虑到可能有行动不便的

极少数患者需要陪护或者事故状态，以及病人非病患部位的防护需求，医院拟为医用直线加速器项目配备 1 套医护人员防护用品及 1 套患者防护用品。

本项目介入手术室拟配备 4 名医师、2 名护师、2 名技师。4 名医师建议配备 3 个人剂量计（1 个腰部、1 个颈部和 1 个腕部），应起码配备 2 个人剂量计（1 个腰部、1 个颈部），2 名护师各配备 2 个人剂量计（1 个腰部和 1 个颈部），2 名技师各配备 1 个剂量计（1 个胸部），因此预计需要 18 个剂量计（ $4 \times 3 + 2 \times 2 + 2 \times 1$ ），起码需要 14 个剂量计（ $4 \times 2 + 2 \times 2 + 2 \times 1$ ）。医院拟为介入手术室第一手术位、护师位各配备 1 个人剂量报警仪，共计 2 个人剂量报警仪。按照医院目前运行日常，手术室内常规只会有 2 名医护人员和 1 名患者，故医院拟为辐射工作人员和患者配备 3 套防护用品。具体环保设施及投资见下表。

表 10-8 本项目环保预算一览表

序号	项目	环保措施	投资(万元)	
1	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程	[REDACTED]	
2		铅防护门 1 扇		
3	通排风系统	通排风系统 1 套		
4	医用直线加速器机房	安全措施		门机联锁 1 套
5				门灯联锁 1 套
6				出束音响提示装置 1 套
7				紧急开门按钮 1 个
8				急停开关（医用直线加速器机房墙体拟设 4 个、迷道外墙上拟设 1 个）
9				监控系统 1 套
10				对讲系统 1 套
11				电离辐射警告标志、中文警示标志和警戒线（若干）
12				灭火装置 1 套
13				防护用品
14	医护人员防护设备 1 套			
15	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程		
16		操作位局部屏蔽防护设施		
17	通排风系统	铅防护门 3 扇		
18		铅玻璃窗 1 扇		
19	介入手术室	安全措施		通排风系统 1 套
20				门灯联锁、工作状态指示灯 3 套
21				急停开关 3 个 （床体和操作台自带 1 个急停按钮，拟在介入手术室墙面增设 1 个）
22				对讲系统 1 套
23				电离辐射警告标志、中文警示标志和警戒线（若干）
24				闭门装置 2 个
25				防夹装置 1 个

成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）新院区医用射线装置应用项目

26		灭火装置 1 套		
27	防护用品	患者防护设备		
28		医护人员防护设备		
29	监测用品	医用直线加速器机房固定式剂量报警仪 1 个 (实现门-剂量连锁)		
30		介入手术室个人剂量报警仪利旧 2 个 医用直线加速器拟配备 2 个		
31		介入手术室个人剂量计 (拟配 18 个) 医用直线加速器拟配备 4 个		
32		便携式 X-γ剂量监测仪		
33	监测费用	射线装置工作场所监测费用	固定	总额
34	其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训		
		合计		

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

建设单位拟在新院区负 1 楼医用直线加速器机房内扩建 1 台医用直线加速器，拟在门诊医技住院综合楼 4 楼迁建 1 台 DSA。新院区已获得成都市生态环境局的相关批复 [REDACTED]（见附件 5）。目前该院区项目工程正在建设中。本项目主体建筑的施工期阶段环境影响已在院区环评中详细描述，故仅进行简要分析。

本项目施工期主要为主体建筑的修筑、防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设，可能的污染因素主要为常规环境要素（施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响）。医用直线加速器、DSA 安装时不通电源，因此不会对周围环境产生辐射污染，但在调试时将产生一定辐射污染，设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

1.施工期对环境产生如下影响：**（1）施工期大气环境影响分析**

建设阶段的大气污染源主要为装修阶段产生的废气，但影响仅局限在施工现场附近区域。通过及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度可减少大气对环境的影响。

（2）施工期废水环境影响分析

施工期间，有一定量的建筑装修废水产生，待施工期结束后，建筑废水对环境的影响会随着施工期结束而随之消除；项目施工期施工人员生活污水产生量较小，拟进入建设单位临时污水处理系统处理后进入城市污水管网。

（3）施工期噪声环境影响分析

施工期的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生，因此，项目将加强管理，尽量在医院手术层无人的周末进行施工。且在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

（4）施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。建设单位拟在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中

的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利用部分重新利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门制定的垃圾堆放场。故项目施工过程中产生的固废对周边环境产生影响较小。

2.安装调试期对环境会产生如下影响：

本项目射线装置的安装调试阶段会产生 X 射线和电子线，可能造成一定的辐射影响，因此要求安装和调试均在辐射防护建设完成后进行。本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近，人员离开时，运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。在设备的调试过程中，设备开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等处设置醒目的警示牌，工作结束后，确认各安全联锁装置正常后才能启用射线装置。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。

总之，建设项目施工期和安装调试期对环境产生的上述影响均为短期的，建设项目建成后，影响即自行消除。建设单位和施工单位在施工过程中应切实落实对施工产生的三废及噪声的管理和控制措施，施工期的环境影响将得到有效控制，建设项目施工期对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

（一）机房防护设计评估

1. 医用直线加速器机房屏蔽体厚度合理性分析

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），在本项目医用直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在医用直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。由于本项目医用直线加速器机房下方为土质层，因此地面防护不予考虑。根据GBZ/T201.2-2011，本项目医用直线加速器机房关注点示意图见图11-1和图11-2。



图11-1 本项目医用直线加速器机房关注点及主要照射路径示意图（水平方向）



图11-2 本项目医用直线加速器机房关注点及主要照射路径示意图（垂直方向）

1.1 周工作负荷和周治疗照射时间

根据相关文献调查，同等体量医院收治的放疗患者每人每次平均照射时间为2min，其中接受X射线治疗患者占总放疗患者的93%，接受电子线治疗者占7%，实际每人每次

平均受照剂量为13.7Gy。结合院方预估数据，预计本项目加速器运营时间为每周运行5天，每天治疗40人，每人治疗2min，则加速器每周照射治疗时间为6.7h，本项目每台加速器等中心处治疗膜体内参考点的常用吸收剂量率为10.0Gy/min，则本项目加速器周工作负荷为 $2\text{min} \times (10.0\text{Gy}/\text{min}) \times 40(\text{人}) \times 5(\text{天}) = 4000(\text{Gy}/\text{周})$ 。

1.2 剂量率参考控制水平（H_c）

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），机房外各关注点的剂量率参考控制水平H_c由以下方法确定：

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录A，由以下周剂量参考控制水平（H_c）求得关注点的导出剂量率参考控制水平H_{c,d}（μSv/h）：

- 1) 放射治疗机房外控制区的工作人员：H_c ≤ 100μSv/周；
- 2) 放射治疗机房外非控制区的工作人员：H_c ≤ 5μSv/周。

b) 按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平H_{c,max}（μSv/h）：

- 1) 人员居留因子 ≥ 1/2的场所：H_{c,max} ≤ 2.5μSv/h；
- 2) 人员居留因子 < 1/2的场所：H_{c,max} ≤ 10μSv/h。

c) 取a)、b)中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（H_c）。

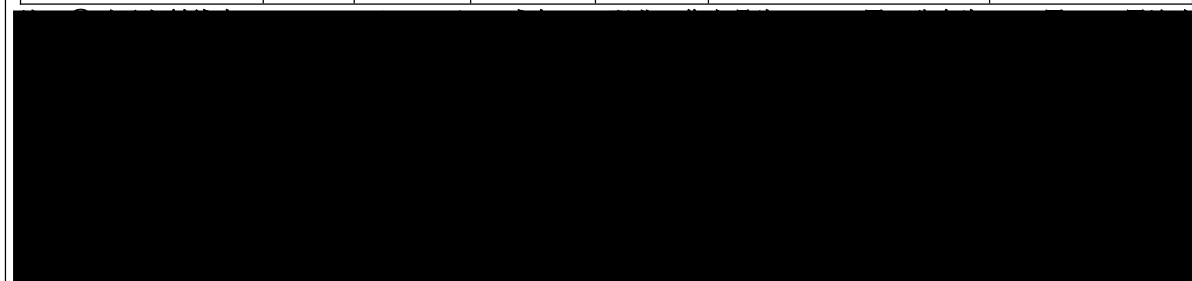
为了确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平H_{c,max}均取2.5μSv/h。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表11-1。

表11-1 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位	居留因子	剂量率参考控制水平（H _c ） μSv/h			主要考虑的辐射束	射线路径
		H _{c,d}	H _{c,max}	H _c		
a 停车场	1/16	11.94	2.50	2.50	主射线束	O ₂ →a
b 排风机房	1/16	2.39	2.50	2.39	泄漏辐射	O ₃ →b
c 报警阀间	1/40	5.97	2.50	2.50	泄漏辐射	O ₃ →c
d 停车场	1/16	2.39	2.50	2.39	泄漏辐射	O ₃ →d
e 排风机房	1/16	11.94	2.50	2.50	主射线束	O ₁ →e
f 设备间	1/20	298.51	2.50	2.50	主射线束	O ₁ →f
g 控制室	1	2.74	2.50	2.50	泄漏辐射	O ₂ →g
					人体的一次散射辐射	O ₂ →O→g
k 机房门	1/4	1.55	2.50	1.55	泄漏辐射	O ₂ →k

					人体的一次散射辐射	$O_2 \rightarrow O \rightarrow m \rightarrow p \rightarrow k$
h 模衣库	1/4	0.60	2.50	0.60	泄漏辐射	$O_3 \rightarrow h_1$
	1/4	2.39	2.50	2.39	泄漏辐射	$O_3 \rightarrow h_2$
L 院区绿化	1/16	11.94	2.50	2.50	主射线束	$O_3 \rightarrow L$

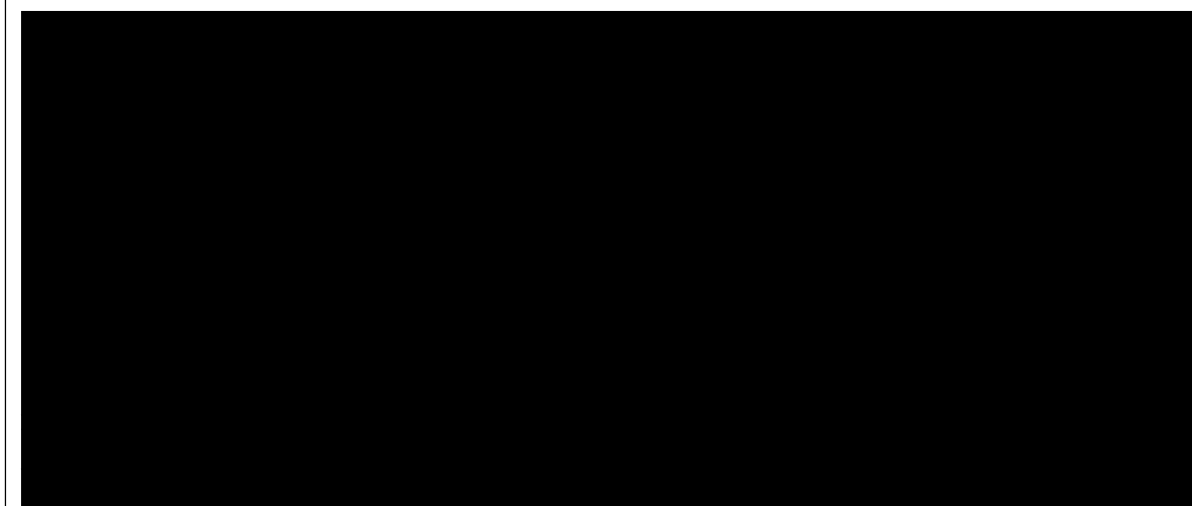


④加速器下方为土质层。

⑤上表内2间排风机房均不是本项目所属，

1.3 主射线束主屏蔽区宽度计算

使用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.2-2007）的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。



本项目设计的医用直线加速器机房，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28° ，有用线束主屏蔽区示意图见图11-1、11-2，主屏蔽宽度计算结果见表11-2。

表11-2 医用直线加速器机房主屏蔽范围计算表

参数	取值		
	北墙主屏蔽	南墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
a (m)			
SAD (m)	1	1	1
θ (°)	14	14	14
计算宽度 Y_p (m)	2.84	2.84	4.09
设计宽度 (m)	5.20	5.20	5.20
评价	满足	满足	满足

1.4 主屏蔽墙、侧屏蔽墙厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011相关公式，对有用线束主屏蔽墙体厚度及侧屏蔽墙体厚度进行理论计算。按式11-2计算所需的屏蔽透射因子B，按式11-3估算所需要的有效屏蔽厚度 X_e ，再按照式11-4获得屏蔽厚度X，计算结果及分析比较见表11-3。

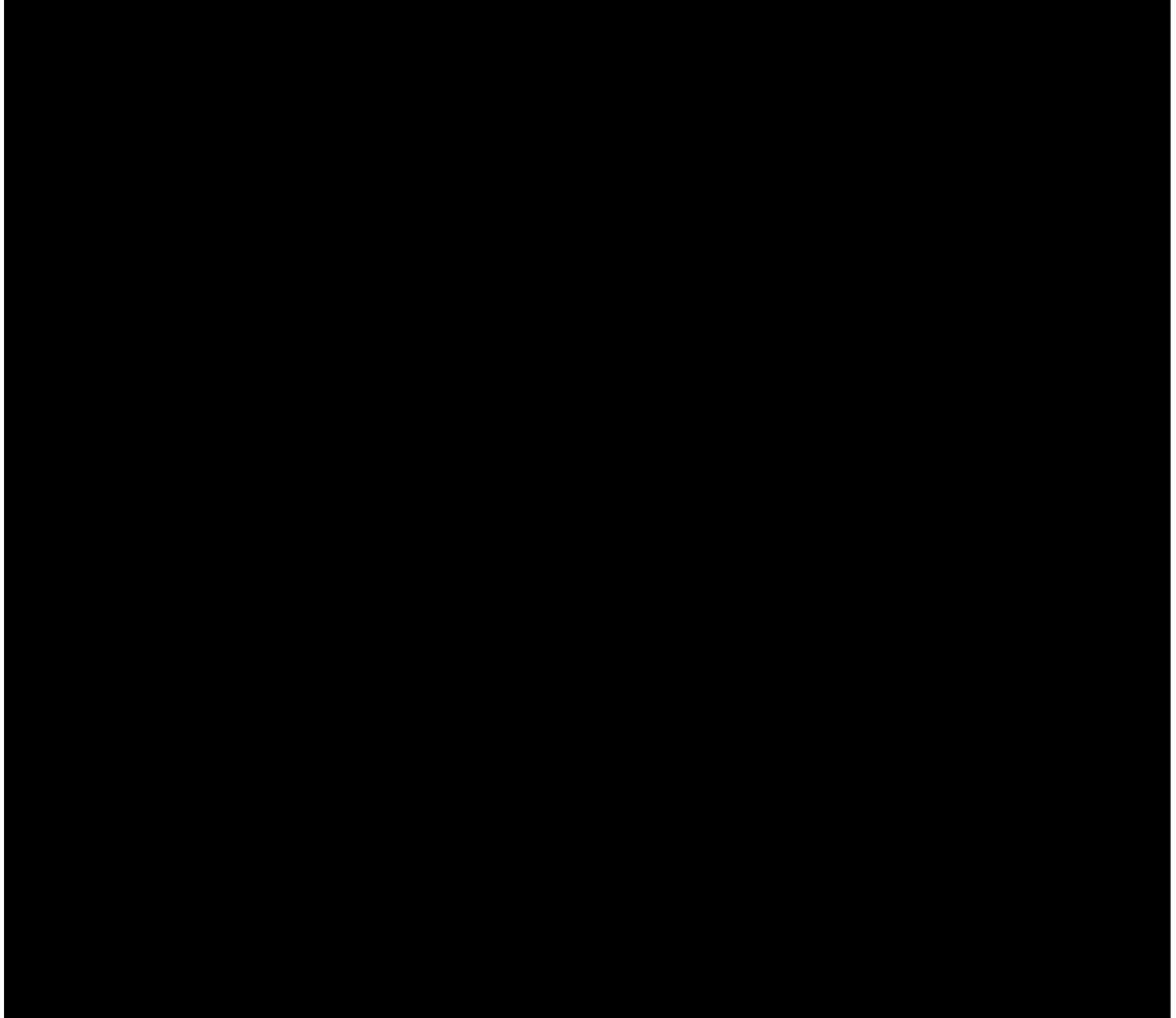


表11-3 医用直线加速器机房主屏蔽区和侧屏蔽墙厚度核算结果

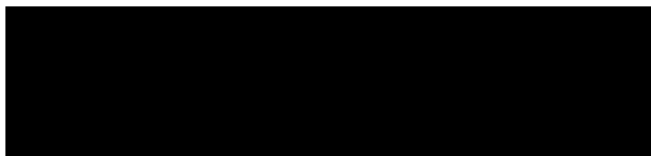
参数	主屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙	迷道外墙	
	a 点	L 点	f 点	e 点	b 点	c 点	d 点	h ₁ 点	h ₂ 点
H _c ($\mu\text{Sv/h}$)									
R (m)									
H ₀ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)									
f									
透射因子 B									
TVL1 (cm)									
TVL (cm)									
有效屏蔽 厚度 X_e									

(cm)									
屏蔽厚度 X (cm)	259	259	258	216	104	127	109	129	98
设计厚度 (cm)	300	310	300	300	170	170	170	170	260
是否满足 屏蔽要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

1.5 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011中附录A中A.2.2，对于与主屏蔽相连的次屏蔽区：次屏蔽区考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。

泄漏辐射按公式11-2计算所需的屏蔽透射因子B，按式公式11-3估算所需要有效屏蔽厚度 X_e ，再按照公式11-4获得屏蔽厚度X；散射辐射首先根据公式11-5计算墙的屏蔽透射因子B，再按照公式11-3和公式11-4估算墙的有效屏蔽厚度 X_e 和X。患者散射角度取 30° 保守估算，查GBZ/T201.2-2011附表B.4，患者散射辐射（患者散射角均接近 30° ，以 30° 考虑）；



式中：

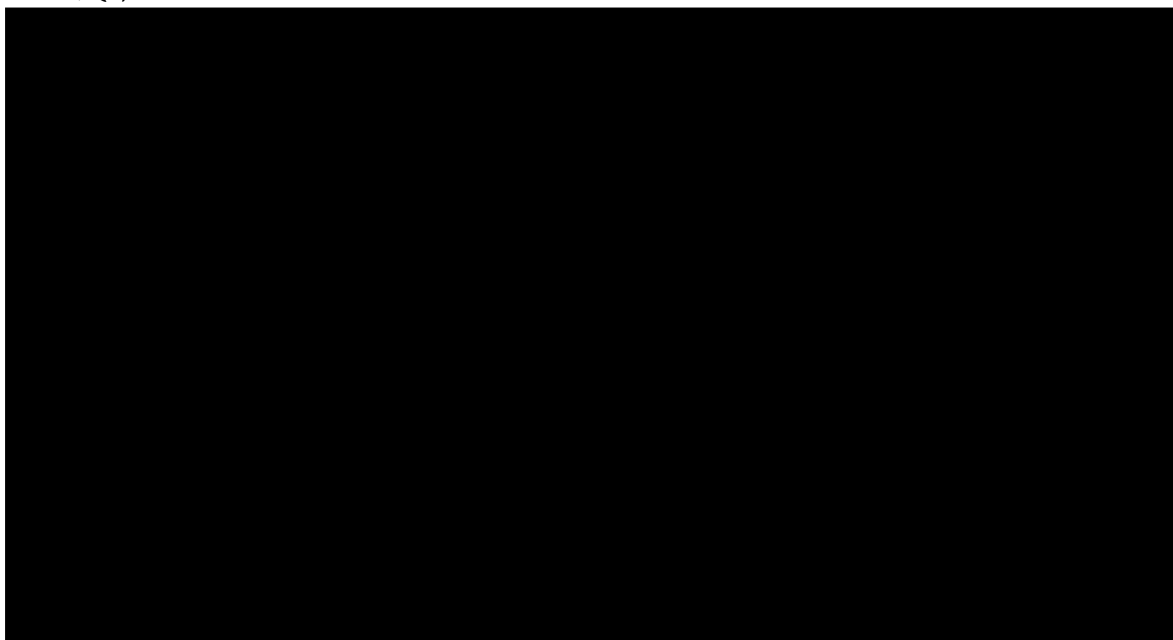


表11-4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

参数	g 点	
	主要考虑的辐射束	泄漏辐射
射线路径	$O_2 \rightarrow g$	$O_2 \rightarrow O \rightarrow g$

R (m)		
H _c (μSv/h)		
H ₀ (μSv·m ² /h)		
α _{ph}		
F (cm ²)		
f		
斜射角		
透射因子 B		
TVL1 (cm)		
TVL (cm)		
理论有效厚度 X _e (cm)	120	133
屏蔽厚度 (cm)	85	86
散射和泄漏辐射所需屏蔽厚度较大值 (cm)	86	
设计厚度 (cm)	160	
是否满足要求	满足	

1.6 迷道内墙厚度核算

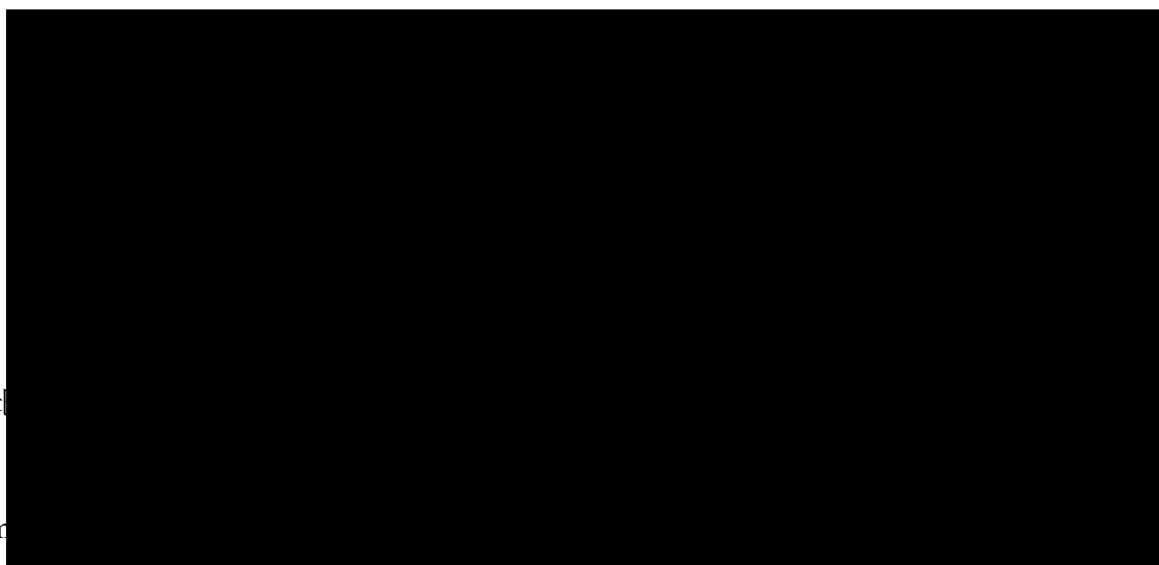
根据GBZ/201.2-2011，4.3.2.5.1条b)款，迷路入口k点处对应的迷道内墙厚度应当满足“泄漏辐射在迷路入口k点处的H_c应小于限值1.55μSv/h的1/4”的条件，评价取值0.39μSv/h作为核算依据。

表11-5 迷道内墙泄漏屏蔽厚度核算结果

点位	主要考虑的辐射束	射线路径	R(m)	H _c (μSv/h)	TVL ₁ (cm)	TVL (cm)	屏蔽厚度X (cm)	设计厚度 (cm)	是否满足要求
k点	泄漏辐射	O ₂ →k					118	最薄130	满足
		O ₁ →k					116	最薄130	满足

1.7 机房防护门屏蔽厚度核算（泄漏辐射和散射线复合作用）

机房入口关注点处（k点）的散射辐射剂量率H计算公式如下：



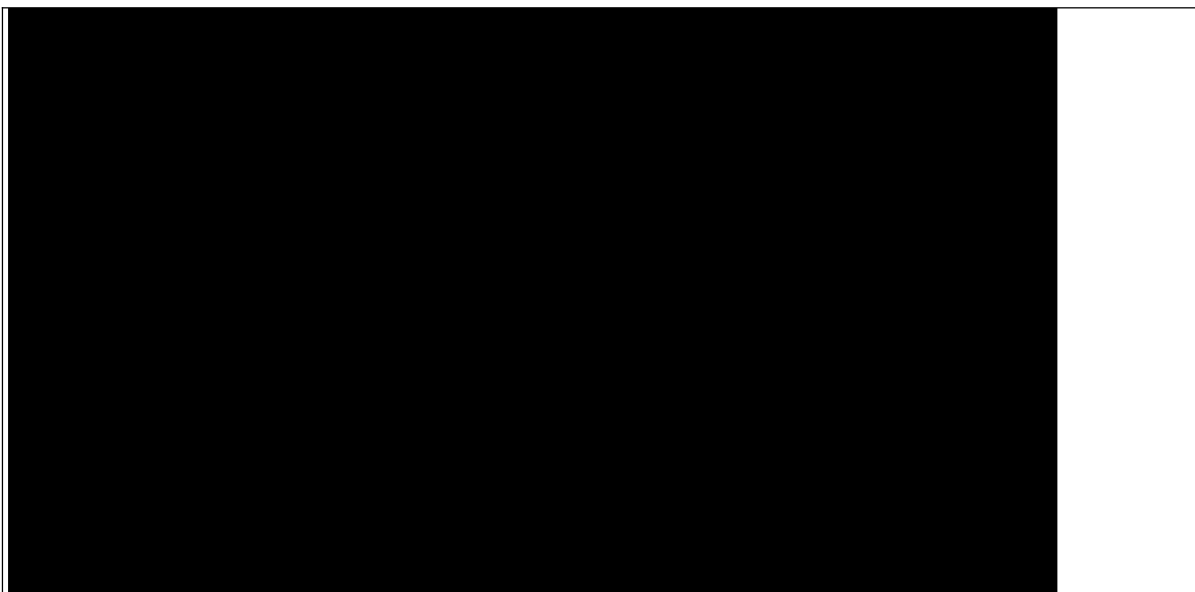


表11-5 机房防护门屏蔽厚度核算

路径一			
散射辐射 (O ₂ →O→m→P→k)		泄漏辐射 (O ₂ →k)	
H ₀ (μSv/h)		8.40E+08	
α _{ph}		主射线透射因子 B	
α ₂ /α ₃			
R ₁ (m)		R (m)	
R ₂ (m)			
R ₃ (m)			
A ₁ (m ²)		f	
A ₂ (m ²)			
H (μSv/h)		H _{0d} (μSv/h)	
B			
TVL (mm)		5	
理论计算值 (mm)		8	

经计算，当机头出束点在O₁、O₂处时，机房入口屏蔽前的散射辐射剂量率为68.83μSv/h，最大泄漏辐射剂量率为1.21E-04μSv/h。经计算，B为0.01，在机房入口处的散射辐射能量约0.2MeV，铅中的TVL为5.0mm，求出所需屏蔽为8mmPb，设计医用直线加速器机房防护门厚度为18mmPb，满足屏蔽要求。

小结：本项目医用直线加速器机房理论厚度及实际设计参数见表11-6。

表11-6 医用直线加速器机房各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

	方位	理论计算值	实际设计值	是否满足
医用直线加速器机房	主屏蔽墙	东北侧主屏蔽 2.59m	东北侧主屏蔽 3.00m	满足
		西南侧主屏蔽 2.58m	西南侧主屏蔽 3.00m	
		屋顶主屏蔽 2.59m	屋顶主屏蔽 3.10m	
	次屏蔽墙	西南侧次屏蔽 0.86m	西南侧次屏蔽 1.70m	满足
	侧屏蔽墙	东南侧侧屏蔽 1.27m	东南侧侧屏蔽 1.70m	满足
	迷路外墙	迷路外墙 1.29m	迷路内墙最薄 1.30m	满足
	迷路内墙+	迷路内墙+外墙 0.98m	西北侧 2.60m	满足

外墙			
防护门	8mmPb	18mmPb	满足

1.8 电子辐射环境影响分析

本项目医用直线加速器在运行过程中产生的电离辐射包括有：电子、X射线。

由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质的射程，就可以将其完全吸收。根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）其中电子在介质中的射程可根据式10近似计算：

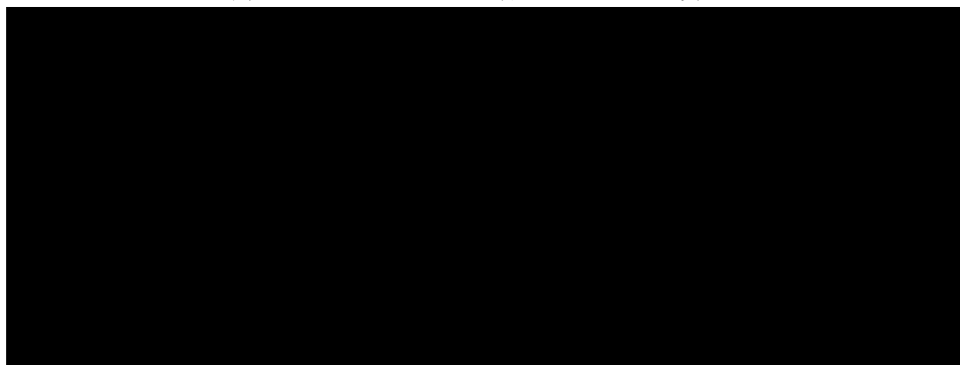


表11-7 电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量 (MeV)	18
混凝土密度 (g/cm ³)	2.38
混凝土中的射程 (cm)	3.78

根据表11-7，电子在混凝土中射程为3.78cm，医用直线加速器机房墙体最小屏蔽厚度为130cm，所以本项目医用直线加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很少。

2. 介入治疗室防护条件评估

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），评价结果见表11-8。

表 11-8 本项目介入手术室拟建屏蔽设计评价结果表

位置	设计厚度	铅当量	屏蔽要求	评价
四面墙体	370mm 实心砖	3.81mm 铅当量	介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求： 有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm。	满足
楼顶	350mm 现浇混凝土	4.97mm 铅当量		
地面	200mm 现浇混凝土	2.57mm 铅当量		
防护门	3mm 铅门	3mm 铅当量		
防护窗	3mmPb 铅玻璃	3mm 铅当量		
介入治疗室有效面积	介入治疗室为 84.48m ² ，单边最短长度 8.03m		单管头 X 射线机机房内最小有效使用面积不小于 20m ² ，单边长度不小于 3.5m。	

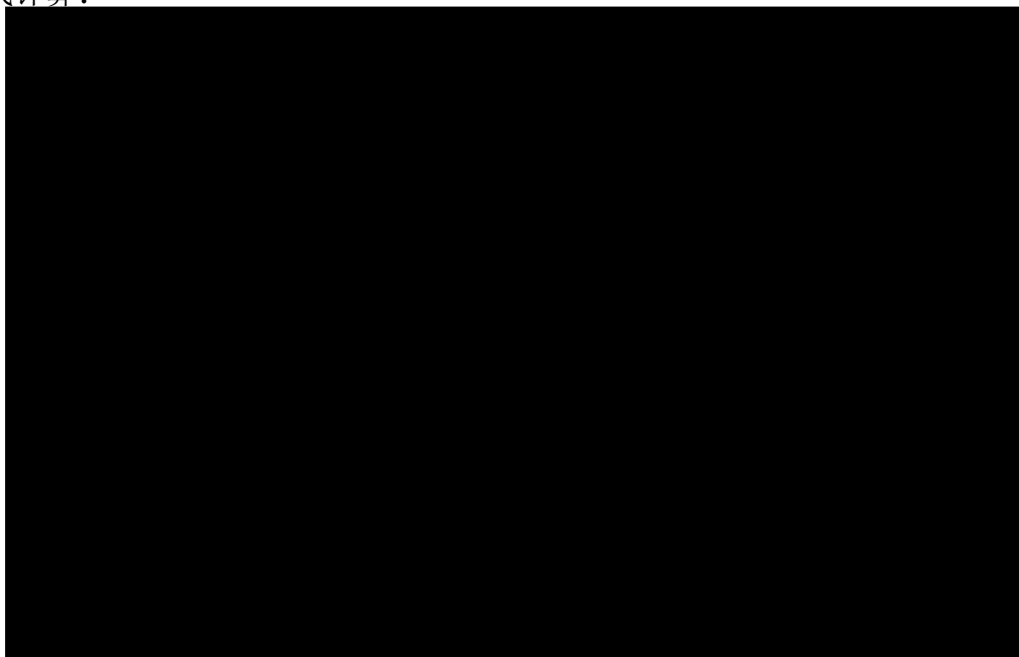
由上表可知本项目介入手术室辐射屏蔽措施均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，同时介入治疗室有效面积和单边最短长度也满足《放

射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，介入治疗室屏蔽设计合理。

（二）理论预测环境影响分析

1. 医用直线加速器

根据GBZ/T201.2-2011，X射线治疗时，各预测点人员可能受到的剂量按以下公式计算：



估算的主屏蔽区和侧屏蔽区对各关注点剂量见表11-9，与主屏蔽区相连的次屏蔽区对各关注点产生的剂量见表11-10。

表11-9 主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

参数	主屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙	迷道外墙	
	a点	f点	e点	L点	b点	c点	d点	h ₁ 点	h ₂ 点
X (cm)	300	300	300	310	170	170	170	170	260
TVL1 (cm)									
TVL (cm)									
B									
R (m)									
H ₀ μSv·m ² /h									
f									
H μSv/h									
H _c μSv/h 剂量率参考控制水平	2.5	2.5	2.5	2.5	2.39	2.50	2.39	0.60	2.39

评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足
------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

表11-10 泄漏辐射和患者一次散射对关注点的剂量估算表

关注点参数		次屏蔽区
		g 点
设计厚度	X (cm)	170
等效厚度	X _e (cm)	
泄漏辐射	TVL1 (cm)	
	TVL (cm)	
	R (m)	
	B _L	
	H ₀ (μSv·m ² /h)	
	H (μSv/h)	8.43E-03
散射辐射	TVL (cm)	
	R _s (m)	
	H ₀ (μSv·m ² /h)	
	α _{ph}	
	B _s	
	H (μSv/h)	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)		2.07E-02
剂量率参考控制水平(μSv/h)		2.5
评价结果		满足

医用直线加速器机房入口防护门屏蔽计算 (k点)

本项目有用线束不向迷路内墙照射，根据GBZ/T201.2-2011，考虑的辐射照射见4.3.2.5.2，

a)入射至迷道内墙的辐射散射至k点处的辐射中，迷道内墙的入射辐射可能来自：

- 1) 泄漏辐射 (O₂→k)；
- 2) 散射辐射 (O₂→O→m→p→k)；

表11-11 泄漏辐射和患者一次散射对关注点g的剂量估算表

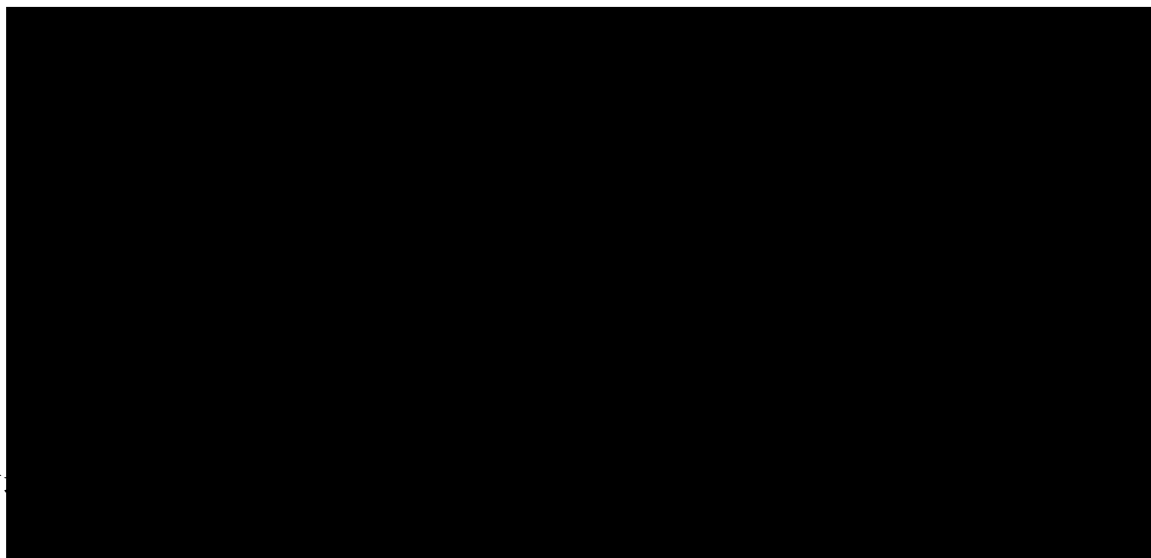
计算参数		机房入口k点
患者散射	H ₀ (μSv·m ² /h)	8.40E+08
	F (cm ²)	
	α ₂ /α ₃	
	α _{ph}	
	A ₁ (m ²)	
	A ₂ (m ²)	
	R ₁ (m)	
	R ₂ (m)	
	R ₃ (m)	
	H (μSv/h)	68.83
泄漏散射	H (μSv/h)	1.21E-04
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)		68.83

表11-12 机房入口由泄漏辐射和散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	机房入口k点
机房入口关注点处的剂量率H (μSv/h)	68.83

屏蔽厚度（mm）	18
TVL（mm）	5
剂量当量（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1.73E-02
剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1.55
评价结果	满足

预测计算汇总及评价



附

由此估算医用直线加速器机房周围各关注点的年附加有效剂量见表11-13。

表11-13 医用直线加速器机房各关注点辐射影响理论估算结果汇总表

位置	关注点	居留因子	使用因子	剂量率值（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	剂量率参考控制水平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	年剂量估算值（ mSv/a ）	剂量管理值（ mSv/a ）	评价结论
停车场	a	1/16	1	1.31E-01	2.50	2.73E-03	0.1	满足
排风机房	b	1/16	1	6.10E-02	2.39	1.27E-03	0.1	
报警阀间	c	1/40	1	1.03E-01	2.50	8.58E-04	0.1	
停车场	d	1/16	1	9.06E-02	2.39	1.89E-03	0.1	
排风机房	e	1/16	1	1.08E-01	2.50	2.25E-03	0.1	
设备间	f	1/20	1	1.31E-01	2.50	2.18E-03	5.0	
控制室	g	1	1	1.23E-02	2.50	4.10E-03	5.0	
模衣库	h	1/4	1	2.86E-02	2.39	2.38E-03	0.1	
机房门口	k	1/4	1	2.26E-02	1.55	1.88E-03	0.1	
院区绿化	L	1/16	1	1.07E-01	2.50	4.46E-03	0.1	

从表11-13可以看出，保守估算医用直线加速器机房正常运行辐射工作人员最大年有效剂量为 $4.10\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，所致公众人员最大年有效剂量为 $4.46\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的相关要求：工作人员的剂量管理限值 5mSv/a ，公众人员的剂量管理限值 0.1mSv/a 。

本项目医用直线加速器机房边界外 50m 内其他保护目标年有效剂量估算

本项目医用直线加速器机房拟建于院区负 1 楼，根据院区总平面图，医用直线加

速器机房 50m 范围内包括门急诊医技住院综合楼、二期项目、疾控急救卫生三中心、污水处理站医疗废物暂存间一体建筑、传染病院。为保守估计，以医用直线加速器机房各关注点中最大剂量率值所在点（g 点）作为剂量率参考点，根据距离衰减可计算出医用直线加速器机房周围 50m 内保护目标污水处理站与医疗废物暂存间连体建筑处年有效剂量最大为 $7.58E-06\text{mSv/a}$ ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中对公众人员受照剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值：公众年附加有效剂量不超过 0.1mSv 。

2. 数字减影血管造影机（DSA）

2.1 辐射种类和计算方法

（一）辐射种类和计算方法

据中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号《射线装置分类》，数字减影血管造影机（DSA）属于II类射线装置。DSA工作时不拍实物片，直接透视成像，不使用显、定影液，不产生放射性废水废水和固体废物，其主要环境影响因素为工作时产生的X射线，包含主射线、散射线和泄漏射线。主射线方向从下往上。

由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中未给出相关剂量率预估的参考方式，故本项目引用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）进行理论预估。《辐射防护手册》由核工业部安全防护卫生局和原子能出版社共同组织编写，涉及范围广泛，主要讨论了环境辐射标准、环境监测、剂量计算和三废治理等，应用于我国核能事业及辐射和放射性同位素在工业、农业及医学等多个领域，能很好地满足从事辐射防护工作的广大科技人员的实际需要。

本项目理论预测采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中10.3对于X射线机的屏蔽计算方式10.8和10.10演变可得。

（二）计算条件

（1）距离机头1m处的剂量率

院方拟迁建老院区的 1 台 DSA，预计拍片模式下持续时间很短（单位，ms），以 90kV，400mA 模式运行；透视模式下持续时间较长（单位，min），以 90kV，30mA 模式运行。为进行保守预计，本项目按照过滤材料为 2.5mmAl 进行计量估算。应用

结合《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）P236图4.4c，查询对应照射量率（照射量和空气比释动能针对10-1500kV的X射线的换算系数针对空气为8.76mGy/R），结合拍片和透视工况(乘以电流)。从而可知，对于该型号DSA：透视时，距离机头1m处的剂量率为1.09E+07μGy/h；拍片时，距离机头1m处的剂量率为1.45E+08μGy/h。

(2) 透射因子

本项目透射因子见表11-14。

表11-14 DSA介入手术室当前屏蔽参数及辐射透射因子一览表

场所	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	对散射线的辐射透射因子	对主/泄漏射线的辐射透射因子
介入手术室	四面墙体	370mm 实心砖	1.54E-06	5.02E-07
	楼顶	350mm 混凝土楼顶	1.26E-07	2.34E-08
	地面	200mm 混凝土地面	2.31E-05	1.38E-05
	防护门	3mm 铅门	1.47E-05	7.93E-06
	防护窗	3mmPb 铅玻璃	1.47E-05	7.93E-06
	铅衣内	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅屏风	2.66E-03	4.08E-03
	铅衣外	0.5mmPb 铅屏风	1.51E-02	2.52E-02

注：主射线能量经过散射后为77kV，DSA介入手术室散射线透射因子通过100kV和70kV电压下的透射因子插值后得77kV电压下参数；泄漏射线透射因子取90kV电压下参数。

(3) 利用因子和居留因子

计算时按照关注点到达距离球管0.3m处距离，根据《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography; Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010, p300）对于利用因子一律取1。根据NCRP147号报告表4.1 医疗场所居留因子建议值对本项目保护目标所在场所的居留因子进行取值。

(三) 计算公式

本项目DSA介入手术室上方主要考虑主射线影响，四周主要考虑散射线和泄漏射线影响。采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中10.3对于X射线机的屏蔽计算公式10.8和10.10进行推导。

(1) 主射线辐射影响计算公式

主射线在关注点处产生的空气比释动能率计算，在使用因子、居留因子均取1时可参照《辐射防护手册》（第一分册）公式10.8采用以下公式：



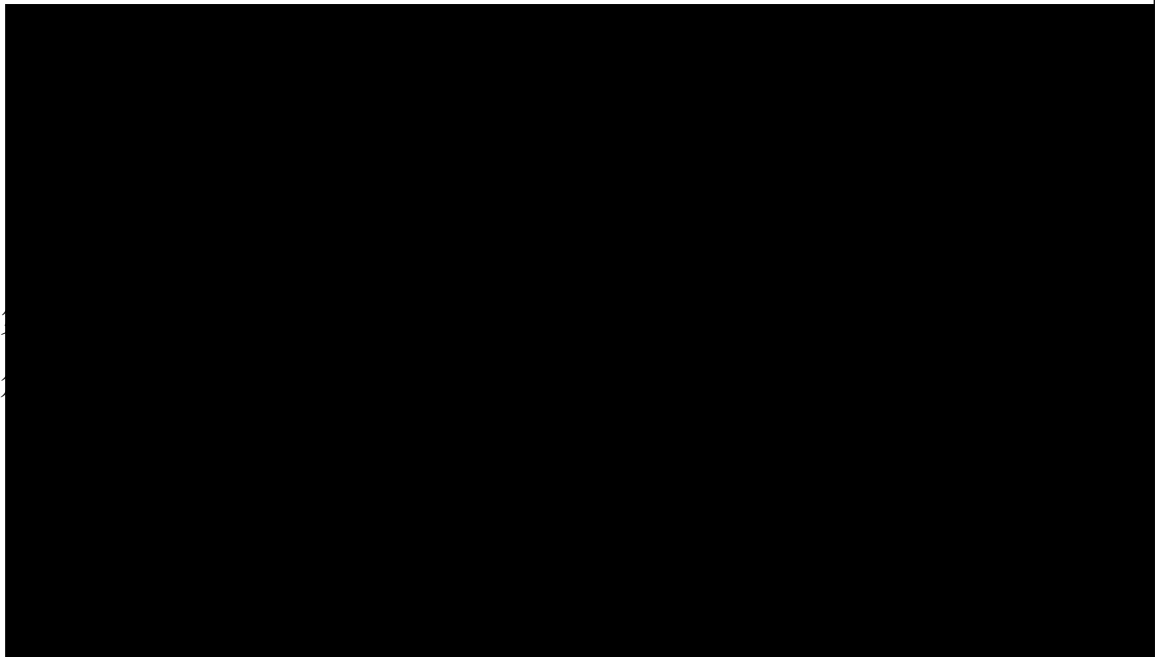
-----公式 11-16

式中：



(2) 散射线辐射影响计算公式

散射线在关注点的造成的空气比释动能率计算，在使用因子、居留因子均取 1 时，可参照《辐射防护手册》（第一分册）公式 10.10 采用以下公式：



(3) 泄漏射线辐射影响参数

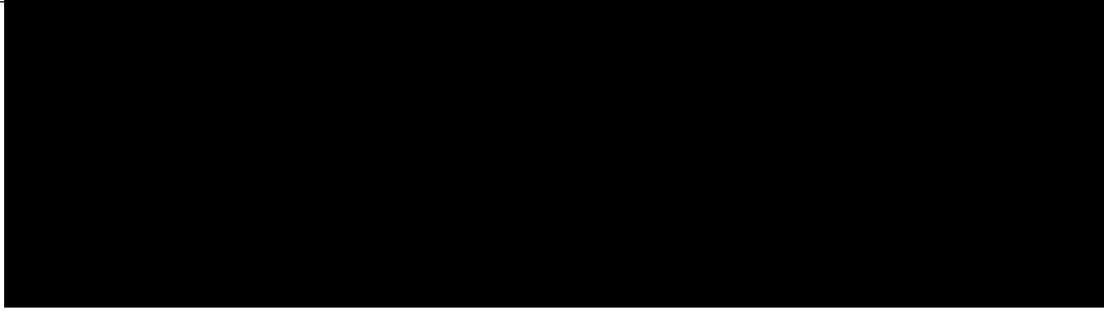
根据《医用电气设备 第一部分：安全通用要求 三、并列标准 诊断X射线设备 辐射防护通用要求》（GB 9706.12-1997）中“29.204.5 加载状态下的泄漏辐射X射线管组件和X射线源组件在加载状态下的泄漏辐射。当其相当于规定的1h最大输入能量加载条件下以标称X射线管电压运行时，距焦点1m处，在任一100cm²区域范围内平均空气比释动能，应符合下列要求：对于其他各种X射线管组件及X射线源组件，应不超过1.0mGy/h。由此可知，本项目DSA泄漏射线产生的空气比释动能应满足国标要求。

综合考虑，本项目DSA在1m处泄漏射线的剂量率取1.0mGy/h。

泄漏射线对于屏蔽体外关注点的辐射影响计算公式为：



-----公式11-18



根据上述公式计算DSA介入手术室周围关注点和医生手术位在开机时的散射线和泄漏射线产生的瞬时剂量率，结果见表11-15、表11-16，关注点位图见图11-3。

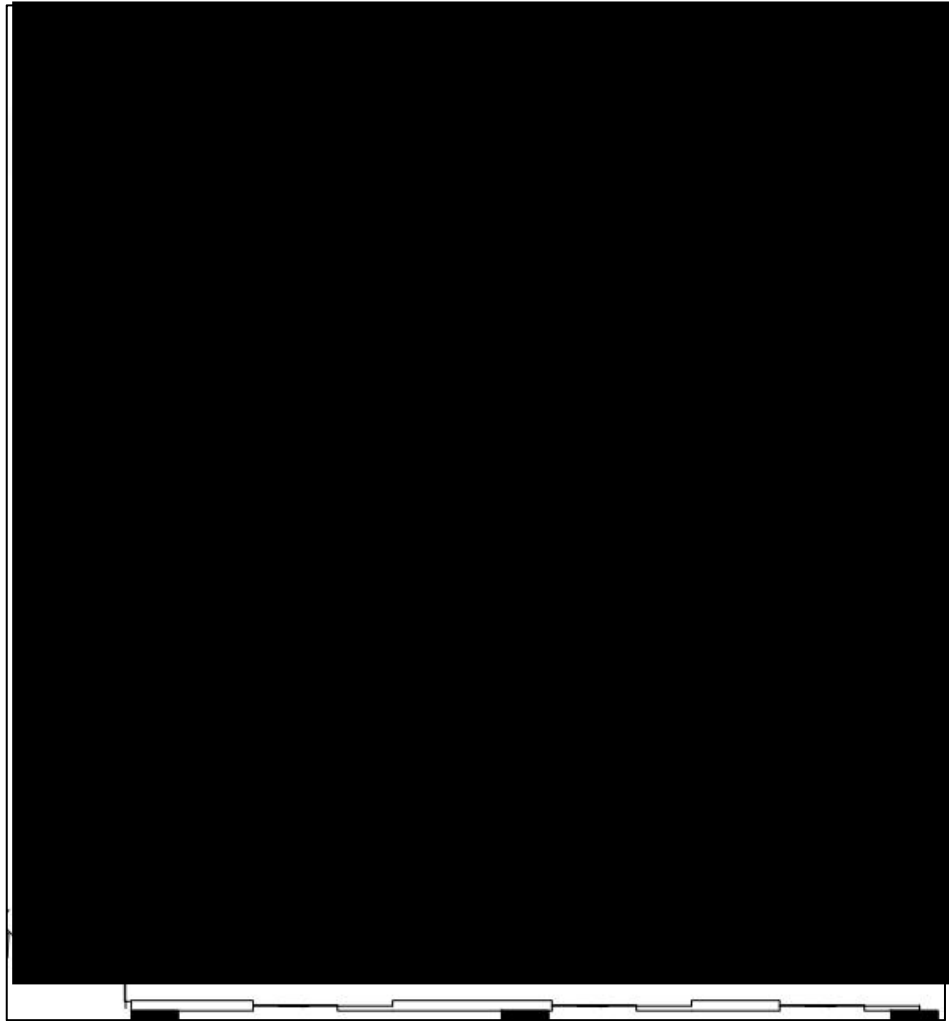


图11-3 本项目DSA介入手术室内和四周关注点位图

表11-15 不同介入诊疗条件下本项目介入手术室周围主射线方向剂量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	透射因子	利用因子	空气比释动能率(μGy/h)	瞬时周围剂量当量率(μSv/h)
11	楼上30cm处 (示教室)	透视	3.5	350mm现浇混凝土	2.34E-08	1	2.07E-02	0.035
		拍片					2.77E-01	0.467

表11-16 不同介入诊疗条件下本项目介入治疗室周围非主射线方向剂量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	利用因子	散射线		泄漏射线		合计空气比释动能率($\mu\text{Gy/h}$)	合计瞬时周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)
						透射因子	空气比释动能率($\mu\text{Gy/h}$)	透射因子	空气比释动能率($\mu\text{Gy/h}$)		
1	东侧门外 30cm 处 (控制室)	透视	6.1	3mm 铅门	1	1.47E-05	2.23E-05	7.93E-06	2.13E-04	2.36E-04	3.98E-04
		拍片				1.47E-05	2.98E-04	7.93E-06	2.13E-04	5.11E-04	8.63E-04
2	东侧窗外 30cm 处 (控制室)	透视	6.2	3mmPb 铅玻璃	1	1.47E-05	2.16E-05	7.93E-06	2.06E-04	2.28E-04	3.85E-04
		拍片				1.47E-05	2.88E-04	7.93E-06	2.06E-04	4.95E-04	8.36E-04
3	东侧墙外 30cm 处 (控制室)	透视	6.6	370mm 实心砖	1	1.54E-06	2.00E-06	5.02E-07	1.15E-05	1.35E-05	2.28E-05
		拍片				1.54E-06	2.66E-05	5.02E-07	1.15E-05	3.81E-05	6.44E-05
4	东南侧墙外 30cm 处 (设备间)	透视	8.0	370mm 实心砖	1	1.54E-06	1.36E-06	5.02E-07	7.84E-06	9.20E-06	1.55E-05
		拍片				1.54E-06	1.81E-05	5.02E-07	7.84E-06	2.59E-05	4.38E-05
5	东南侧门外 30cm 处 (污物通道)	透视	6.3	3mm 铅门	1	1.47E-05	2.09E-05	7.93E-06	2.00E-04	2.21E-04	3.73E-04
		拍片				1.47E-05	2.79E-04	7.93E-06	2.00E-04	4.79E-04	8.10E-04
6	南侧墙外 30cm 处 (万级手术室)	透视	4.6	370mm 实心砖	1	1.54E-06	4.11E-06	5.02E-07	2.37E-05	2.78E-05	4.70E-05
		拍片				1.54E-06	5.48E-05	5.02E-07	2.37E-05	7.85E-05	1.33E-04
7	西侧墙外 30cm 处 (患者通道)	透视	6.3	370mm 实心砖	1	1.54E-06	2.19E-06	5.02E-07	1.26E-05	1.48E-05	2.51E-05
		拍片				1.54E-06	2.92E-05	5.02E-07	1.26E-05	4.18E-05	7.07E-05
8	西侧门外 30cm 处 (患者通道)	透视	6.2	3mm 铅门	1	1.47E-05	2.16E-05	7.93E-06	2.06E-04	2.28E-04	3.85E-04
		拍片				1.47E-05	2.88E-04	7.93E-06	2.06E-04	4.95E-04	8.36E-04
9	北侧墙外 30cm 处 (过道)	透视	4.8	370mm 实心砖	1	1.54E-06	3.77E-06	5.02E-07	2.18E-05	2.55E-05	4.32E-05
		拍片				1.54E-06	5.03E-05	5.02E-07	2.18E-05	7.21E-05	1.22E-04
10	东北墙外 30cm 处 (缓冲间货梯)	透视	6.3	370mm 实心砖	1	1.54E-06	2.19E-06	5.02E-07	1.26E-05	1.48E-05	2.51E-05
		拍片				1.54E-06	2.92E-05	5.02E-07	1.26E-05	4.18E-05	7.07E-05
12	楼下(无菌物品库房)	透视	4.8	200mm 现浇混凝土	1	2.31E-05	5.67E-05	1.38E-05	5.98E-04	6.55E-04	1.11E-03
		拍片				2.31E-05	7.56E-04	2.34E-08	1.01E-06	7.57E-04	1.28E-03
13	第一术者位	透视	0.5	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏	1	2.66E-03	6.01E-01	4.08E-03	1.63E+01	16.90	2.86E+01
				0.5mmPb 铅屏		1.51E-02	3.41E+00	2.52E-02	1.01E+02	104.02	1.76E+02
14	护师位	透视	0.8	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏	1	2.66E-03	2.35E-01	4.08E-03	6.37E+00	6.60	1.12E+01

			0.5mmPb铅屏		1.51E-02	1.33E+00	2.52E-02	3.93E+01	40.63	6.87E+01
<p>根据表11-16和表11-17可知，DSA介入手术室四周墙体、铅防护门、观察窗、楼上、楼下屏蔽条件均能满足辐射屏蔽的要求，即透视和拍片时在设计的防护条件下，屏蔽体外表面0.3m外的周围剂量当量率将均小于$2.5\mu\text{Sv/h}$，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中6.3.1的要求。</p>										

2.2 DSA 介入治疗室辐射工作人员及周围公众年有效剂量评估

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000年报告附录A公式计算机房周围各关注点辐射工作人员和公众受到的X射线产生的外照射人均年附加有效剂量：

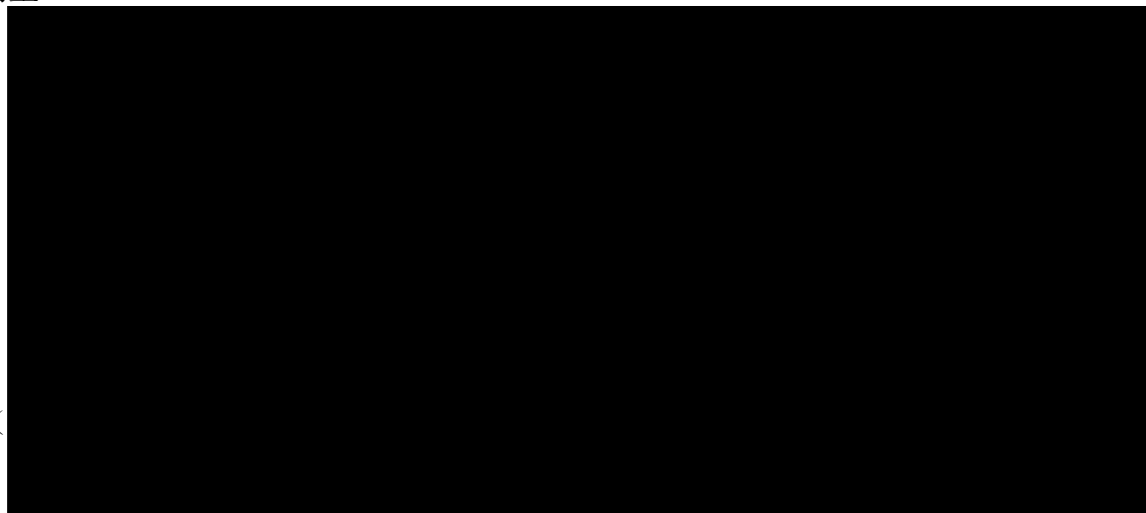


表11-17 本项目DSA介入手术室辐射工作人员及周围公众年有效剂量一览表

序号	位置	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)		居留因子	年照射时间 (h)	保护目标	人员年附加有效剂量 (mSv/a)
		透视	拍片				
1	东侧窗外 (控制室)	透视	2.17E-04	1	333.33	辐射工作人员 (技师)	1.32E-04
		拍片	3.11E-04		4.17		
2	东南侧墙外 (设备间)	透视	8.49E-06	1/8	333.33	辐射工作人员	6.70E-07
		拍片	1.44E-05		4.17		
3	东南侧门外（污物通道）	透视	2.10E-04	1/5	333.33	院区公众	2.56E-05
		拍片	3.01E-04		4.17		
4	南侧墙外 (万级手术室)	透视	2.57E-05	1	333.33	院区公众	1.62E-05
		拍片	4.35E-05		4.17		
5	西侧门外 (患者通道)	透视	2.17E-04	1/5	333.33	院区公众	2.64E-05
		拍片	3.11E-04		4.17		
6	北侧墙外 (过道)	透视	2.36E-05	1/5	333.33	院区公众	2.98E-06
		拍片	4.00E-05		4.17		
7	东北墙外 (缓冲间货梯)	透视	1.37E-05	1/40	333.33	院区公众	2.16E-07
		拍片	2.32E-05		4.17		
8	楼下 无菌物品存放间	透视	6.26E-04	1/20	333.33	院区公众	1.87E-05
		拍片	2.74E-04		4.17		
9	楼上示教室	铅衣内	2.07E-02	1/5	333.33	院区公众	2.73E-03
		铅衣外	2.07E-01		4.17		
10	第一术者位	铅衣内	16.59	1	83.33	辐射工作人员 (医师)	2.63
		铅衣外	102.26		83.33		

11	护师	透视	6.48	1	166.67	辐射工作人员 (护师)	2.05
		拍片	39.94		166.67		

注：①根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019，介入放射工作人员有效剂量： $E=0.79H_o+0.051H_n$ （ H_o ：铅围裙内剂量； H_n ：铅围裙外颈部剂量）。

②根据院方提供的反应，每名医师参与250台手术，因此医师透视时间最长为83.33h；每名护师参与500台手术，因此护师透视时间最长为166.67h；介入手术室周围和技师：透视333.33h；拍片4.17h。

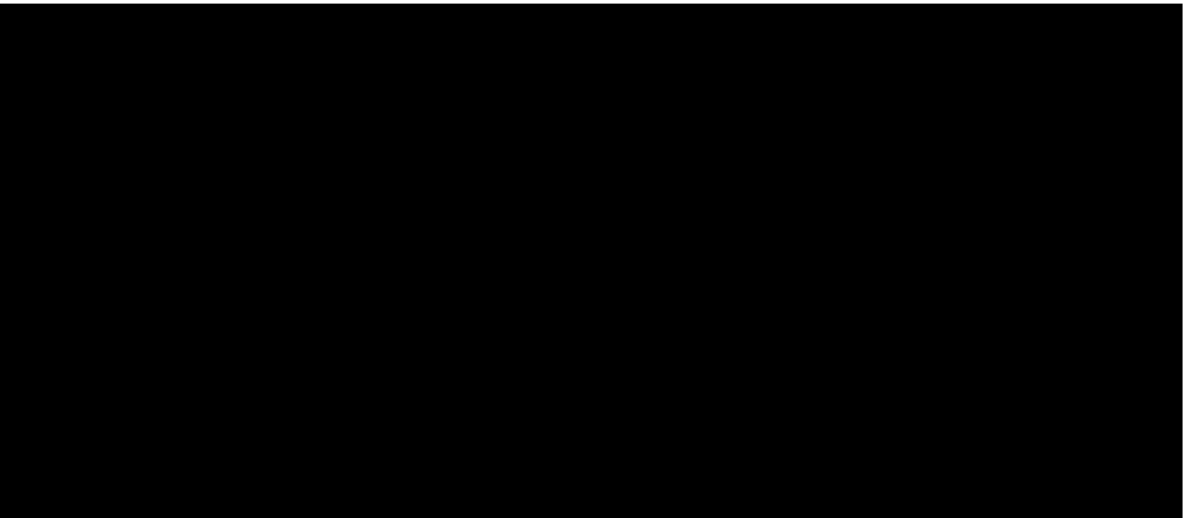
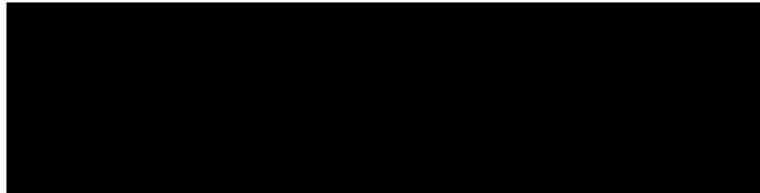
由表 11-18 可以看出，本项目 DSA 介入手术室内辐射工作人员的年有效剂量最大为 **2.63mSv**（不含天然本底），周围公众的年附加有效剂量最大为 **2.73E-03mSv**，满足相关要求。

环评建议：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关管理条例和规定，所有手术过程中机房内的医护人员均应按辐射工作人员进行管理，个人剂量计定期送有资质的单位检测并建立个人剂量档案，在手术室内操作时须穿铅衣、戴铅手套、铅眼镜、铅围脖等防护用品。

2.3 医生腕部皮肤受照剂量

介入治疗时，医生通常站立于介入治疗病床侧面，面对病患，受到散射射束照射的几何条件为前后入射（AP，即垂直于人体长轴/Z 轴，从人体正面的入射），本项目采用理论预测分析介入手术医生所受到的皮肤剂量。

预测模式：计算模式采用《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017），X 射线所致皮肤损伤的辐射剂量可按下式估算：



医生操作时，腕部距离主射束的距离取 0.5m，且医生佩戴铅手套（铅当量为 0.25mm），由公式 20 及公式 21 算得本项目 DSA 介入手术室第一手术位医生腕部所受剂量最大值 105.67mSv，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，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。

另根据《中华放射医学与防护杂志》（2019 年 4 月第 39 卷第 4 期）刊登的《五种介入程序中职业人员手部受照剂量水平的评估》（赵红枫、岳保荣、薛娴，中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所，辐射防护与核应急中国疾病预防控制中心重点实验室，北京 100088），该论文调查了北京 4 家二甲以上的医院进行 5 种介入程序的治疗的个人剂量监测报告，职业人员术中左右手各佩戴 1 枚热释光指环剂量计（TLD，LiF: Mg, Ti），进行手部剂量当量 Hp（0.07）监测，同时分别记录患者的透视电压、透视电流、透视时间、摄影数，总累积剂量、剂量面积乘积等影响因素信息，对影响因素进行分析。该研究共监测 5 种介入程序（心脏起搏器植入术（PM）、射频消融（RFA）、冠状动脉血管造影术（CA）、支架植入术（PTCA+ PCI）、脑动脉瘤介入术（ITCA）），共计 119 例手术。手部剂量测量设备：TLD-100 型 LiF(Mg, Ti)片状热释光剂量元件（美国 Harsha 公司生产），线性范围 0.01 mSv~ 10 Sv，探测下限为 0.01 mSv，能量响应（对应 20 keV~3 MeV 的光子）<20%，均匀性< 5%；TLR-6 型热释光剂量测读仪（美国 Eberline 公司）；HW-V 型热释光退火炉（中国辐射防护研究院）。由表 11-18 可知，该研究涉及 DSA 机型中有与本项目同一型号的设备，监测结果见表 11-19 和表 11-20。

表 11-18 该研究涉及的介入设备型号

序号	名称	型号	生产厂商	额定透视电压(kV)	透视电流(mA)	平板尺寸
1	C 型臂数字平板血管造影机	Allura Xper FD20	荷兰 Philips 公司	125	1 125	40 cm×56 cm
2	C 型臂数字平板血管造影机	Innova 3100 型	美国 GE 公司	125	1 000	31 cm×31 cm
3	C 型臂数字减影血管造影机	Innova 2000 型	美国 GE 公司	120	1 000	-

注：“-”表示无具体尺寸

表 11-19 该研究监测到的介入职业人员单次手术手部剂量结果(μSv)

手术类型	部位	第一术者		第二术者		助手		护士		检验值	P 值
		例数	$\bar{x}\pm s$	例数	$\bar{x}\pm s$	例数	$\bar{x}\pm s$	例数	$\bar{x}\pm s$		
CA	左手	57	151±118	57	79±32	16	47±13	—	—	F=23.05	<0.01
	右手		62±32		32±12		34±11	—	—	F=32.31	<0.01
PTCA+PCI	左手	24	154±80	24	82±31	8	52±19	16	16±7	F=28.75	<0.01
	右手		56±40		29±16		30±13		15±8	F=15.80	<0.01
RFA	左手	15	359±108	15	102±33	-	-	8	15±5	F=41.39	<0.01
	右手		133±40		95±26	-	-		22±8	F=35.57	<0.01
PM	左手	14	3 661±1 048	14	2 090±643	4	502±219	-	-	F=35.95	<0.01
	右手		2 661±1 282		1 283±574		362±116	-	-	F=11.95	<0.01
ITCA	左手	9	62±33	9	61±16	-	-	-	-	t=10.60	<0.01
	右手		42±15		26±6	-	-	-	-	t=15.48	<0.01

注:CA.冠状动脉血管造影术; PTCA+PCI.支架植入术; RFA. 射频消融;PM.心脏起搏器植入术;ITCA. 脑动脉瘤介入术;“-”表示职业人员未参加介入治疗程序,未被监测

表 11-20 该研究监测到的职业人员手部年当量剂量计算结果(mSv)

手术类型	年工作量 (次)	左手		右手	
		以平均 值估算	以最大 值估算	以平均 值估算	以最大 值估算
CA	360	54.4	118.1	22.3	39.6
PTCA+PCI	84	12.9	17.8	4.7	7.9
RFA	94	33.7	36.4	12.5	13.5
PM	96	351.5	467.2	255.4	387.1
ITCA	240	14.9	24.0	10.1	14.4

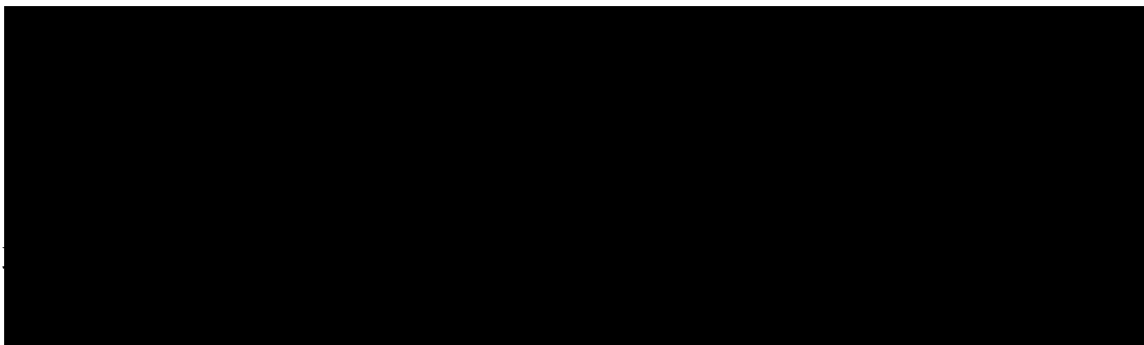
注:CA.冠状动脉血管造影术; PTCA+PCI.支架植入术; RFA. 射频消融;PM.心脏起搏器植入术;ITCA. 脑动脉瘤介入术

建设单位主要的介入手术类型为心血管介入、神经介入、外周血管介入及综合介入,采用冠状动脉血管造影术(CA)为依据,每名医生年手术台数为250台,结合表11-19左手最大值,预计本项目第一手术位医生的手部剂量**最大为82.01mSv/a**,能够满足500mSv的国家标准限值以及本项目125mSv的管理目标。

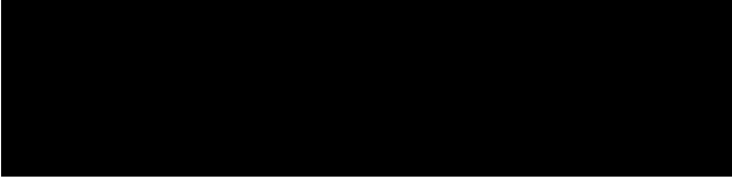
(三) 大气环境影响分析

(1) 医用直线加速器产生的臭氧分析

根据《辐射防护手册》(第三分册)“4.6.1 臭氧章节”,直线加速器电子束所致臭氧浓度由下式计算:



目



经计算，医用直线加速器机房运行期间，机房内臭氧浓度（重量比）为0.060ppm，即0.028mg/m³。

（2）臭氧产额

医用直线加速器机房空气中氧受X射线电离而产生臭氧，本次评价根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994年4月第14卷第2期）中给出的方法和公式估算臭氧产额：



经理论计算，P₁有用线束的臭氧产额为24.5mg/h。

（2）臭氧饱和浓度

考虑医用直线加速器机房运行时的连续排风和臭氧分解，机房内空气中臭氧平均浓度由下式11-16计算



有

经理论计算，机房内臭氧的平均浓度为 $4.76E-03\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本项目医用直线加速器机房拟设通排风系统，排风系统风量设计为 $5000\text{m}^3/\text{h}$ ，机房体积为 196.2m^3 ，风机换气量每小时25次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中通风换气次数应不小于4次/h的要求。排风系统采用专用管道将废气引至门诊急诊医技住院综合楼楼顶进行排放。经计算，医用直线加速器机房内臭氧平均浓度为 $4.76E-03\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧1小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准限值。产生的 O_3 通过离心风机抽排至大气环境中，经自然分解和稀释，其排放后最大浓度远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

介入手术室新风口位于其中部，排风口位于西侧，排风通道置于吊顶及辐射防护层之间，因此不会破坏本项目的防护层。本项目介入手术室新风与排风风量均设计为 $1550\text{m}^3/\text{h}$ ，介入手术室有效体积为 228.5m^3 ，通风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”要求。废气通过排风管道引至4楼西南侧墙外上至5楼平台位置进行排放。本项目DSA工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，DSA运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

（四）水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。本项目介入手术室营运期产生的废水主要包括医疗废水和医护人员、病患以及病人家属产生的生活污水。

医院拟在院区东侧修建1坐污水预处理池，本项目废水进入院区的污水预处理池，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表2预处理标准后，排入新津红岩污水处理厂，最终出水达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类水标准，总氮达到《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中城镇污水处理厂排放标准后排入岷江。不会对周围水环境产生影响。

（五）固体废物环境影响分析

本项目医用直线加速器机房运营后，不会产生放射性固体废物以及医疗废物，会产生辐射工作、患者及其家属的生活垃圾，该类垃圾由院区清洁人员分类收集后，由环卫部门统一清运。

本项目介入手术室投运后预计将产生有少量废造影剂的输液瓶（100kg/a）、废药棉（80kg/a）、废纱布（80kg/a）、废手套（80kg/a）等医疗废物（共约 340kg/a）。本项目介入手术室手术过程中产生的医疗废物采用专门的收集容器集中处理后，专业人员通过污物通道将医疗废物转运至 4 楼东侧的污物暂存间，再由污梯运送至位于院区东侧的医疗废物暂存间，定期委托有资质单位外运处置。

（六）声环境影响分析

本项目产噪设备不多，噪声源主要为设备噪声和就诊人流动噪声，其中设备噪声主要来自风机，噪声值在 60dB(A)左右，由于声源位于室内，且建设单位拟在风机排风口安装管式消声器，采用减震基础、安装隔声消音箱等措施，同时通过距离的衰减，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。

环境影响风险分析

1. 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、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。

2. 风险识别

本项目涉及II类射线装置，在装置操作过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触的人员造成放射性损伤和环境污染。

主要事故风险：

2.1 医用直线加速器：

事故工况环境影响考虑可能发生的最大辐射事故，即：

- 1) 装置正常工作时，非辐射工作人员人员误留、误入机房，导致发生误照射；
- 2) 射线装置调试、检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。

2.2 数字减影血管造影机（DSA）：

- 1) DSA正常工作时，人员误留、误入机房，导致发生误照射；
- 2) DSA控制系统失灵，发生误照射；
- 3) 医用射线装置检修维护等过程中，检修维护人员误操作，造成有关人员误照射。

3. 源项分析及事故等级分析

本项目所用射线装置属II类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年修订本）第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-21 中。

表 11-21 射线装置的风险因子辐射伤害程度与事故分级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	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	较大辐射事故
	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	重大辐射事故
	射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡	特别重大辐射事故

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低 LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表 11-22），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故，以 5.5Gy 界定是否会导致人员死亡。

表 11-22 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

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

1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

4. 风险事故情形下辐射影响分析

4.1 医用直线加速器

本项目加速器属于II类射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在辐射事故，只有当设备开机时，才会产生 X 射线。本次评价事故工况下可能发生的最大辐射事故，即加速器运行时、检修维护时工作人员误操作和人员误留、误入造成有关人员被误照。

事故假设：

(1) 装置正常工作时，非辐射工作人员误留、误入机房，导致发生误照射；

假设误留、误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下进入机房内，在位于机房内迷道口时发现设备处于开机状态，立即撤至迷道内；鉴于机房迷道内设急停开关，只要按下此按钮就可以停机。最大误照射时间为 2min（一次完整的治疗照射时间）。

(2) 射线装置调试、检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。

假设检修人员在未采取任何屏蔽防护措施下，处于加速器照射头0.5m之外的主射束方向。在发现设备处于开机状态，立即撤至机房迷道内；鉴于机房内四周墙壁和治疗床上均设有急停开关，只要按下此按钮就可以停机，停止事故照射。

剂量估算：

距焦点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率为 14Gy/min(主射线), $H_0=8.40E+08\mu\text{Sv/h}$, 患者一次散射 H_S 为 $4.54E+06\mu\text{Sv/h}$, 泄漏射线 H_L 为 $8.40E+05\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-23 事故假设 1 情况下室内误留、误入公众受到的累计剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	5s	10s	30s	60s	90s	120s
0.3m	8.30E-02	1.66E-01	4.98E-01	9.96E-01	1.49E+00	1.99E+00
0.6m	2.07E-02	4.15E-02	1.24E-01	2.49E-01	3.73E-01	4.98E-01
0.9m	9.22E-03	1.84E-02	5.53E-02	1.11E-01	1.66E-01	2.21E-01
1.2m	5.19E-03	1.04E-02	3.11E-02	6.22E-02	9.33E-02	1.24E-01
1.5m	3.32E-03	6.64E-03	1.99E-02	3.98E-02	5.97E-02	7.96E-02
总结	出束时声音提示系统将发出提示音，在听到声音提示后误入公众应能在10s内及时离开机房，且控制室内人员能够通过室内监控发现误入人员及时停机并通过对讲装置提醒室内人员离开。因此针对公众可能会发生较大辐射事故。					

表11-24 事故假设2情况下检修人员受到的累计剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	2s	4s	6s	8s	10s	15s
机头上方0.5m	1.87E+00	3.73E+00	5.60E+00	7.47E+00	9.33E+00	1.40E+01
机头上方1.0m	4.67E-01	9.33E-01	1.40E+00	1.87E+00	2.33E+00	3.50E+00
站立区0.3m	5.19E-03	1.04E-02	1.56E-02	2.07E-02	2.59E-02	3.89E-02
站立区0.6m	1.30E-03	2.59E-03	3.89E-03	5.19E-03	6.48E-03	9.72E-03
站立区0.9m	5.76E-04	1.15E-03	1.73E-03	2.30E-03	2.88E-03	4.32E-03
站立区1.2m	3.24E-04	6.48E-04	9.72E-04	1.30E-03	1.62E-03	2.43E-03
站立区1.5m	2.07E-04	4.15E-04	6.22E-04	8.30E-04	1.04E-03	1.56E-03
总结	<p>处于机头上方的检修人员，如果停留超过4s可能会发生较大辐射事故，因一般检修机头时会佩戴个人剂量报警仪，因此在个人剂量报警仪响起时，检修人员应能在6s内及时离开主射线范围，发生较大辐射事故的可能性较小。</p> <p>由于机房内和治疗床上安装有急停开关，只要按下此按钮就可以停机，且出束时有声音提示装置，在听到声音提示后检修人员应能在10s内摁下停机按钮或离开机房，因此针对站立区检修人员，可能会发生一般辐射事故。</p>					

事故后果：

对于本项目医用直线加速器，最大可信事故为较大辐射事故。针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查，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。发生较大辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，将受照人员及时送医，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，还应同时向当地卫生行政部门报告。

4.2 数字减影血管造影机**事故假设：****(1) DSA 正常工作时，人员未穿戴防护用品停留于机房内；**

在介入手术操作过程中，有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的公众误留机房。

(2) DSA 控制系统失灵，发生误照射；

若 DSA 控制系统失灵持续拍片，而此时机房内人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

(3) 维修射线装置时，人员受意外照射。

设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态；DSA 上的指示灯和声音装置均失效。此时维护人员位于 X 射线主射束方向或散射站立区方向，无任何屏蔽措施。

剂量估算：

(1) 按照本项目DSA介入手术室在90kV、30mA的透视工况下1m处无铅衣铅屏风遮挡的情况下站立区的空气比释动能率为1056.40 μ Gy/h:

表11-25 DSA介入手术室透视工况下DSA可能发生的辐射事故

距机头距离 (m)	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	1min	5min	10min	12min	15min	20min
0.5	7.04E-05	3.52E-04	7.04E-04	8.45E-04	1.06E-03	1.41E-03
0.8	2.75E-05	1.38E-04	2.75E-04	3.30E-04	4.13E-04	5.50E-04
1.0	1.76E-05	8.80E-05	1.76E-04	2.11E-04	2.64E-04	3.52E-04
1.2	1.22E-05	6.11E-05	1.22E-04	1.47E-04	1.83E-04	2.45E-04
1.5	7.83E-06	3.91E-05	7.83E-05	9.39E-05	1.17E-04	1.57E-04
总结	实际情况下 0.5m~0.8m 范围站立着医师和护师, 误入人员难以接近机头如此近的距离, 若公众位于机头 0.5m 处, 停留 5min 左右才有可能发生一般辐射事故, 在此期间, 室内和控制室内辐射工作人员有足够时间发现误入人员并按下急停开关。因此在透视工况下手术过程中如果室内有误入人员, 难以发生一般辐射事故。					

(2) 按照本项目 DSA 介入手术室在拍片工况下 1m 处无铅衣铅屏风遮挡的情况下站立区的空气比释动能率为 1752.02 μ Gy/h:

表11-26 DSA介入手术室拍片工况下DSA可能发生的辐射事故

距离机头的距离 (m)	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	5s	10s	15s	20s	25s	30s
0.5	9.73E-06	1.95E-05	2.92E-05	3.89E-05	4.87E-05	5.84E-05
0.8	3.80E-06	7.60E-06	1.14E-05	1.52E-05	1.90E-05	2.28E-05
1.0	2.43E-06	4.87E-06	7.30E-06	9.73E-06	1.22E-05	1.46E-05
1.2	1.69E-06	3.38E-06	5.07E-06	6.76E-06	8.45E-06	1.01E-05
1.5	1.08E-06	2.16E-06	3.24E-06	4.33E-06	5.41E-06	6.49E-06
总结	实际情况下拍片过程中 0.5m~0.8m 范围站立着医生和护师, 误入人员难以接近机头如此近的距离。在拍片过程中, 技师设定好参数后, 拍片持续时间通常以 ms 计。因此即使以极端情况考虑, 拍一张片需要 2ms, 若公众处于机头 0.5m 处, 停留过程中拍片达到 15000 张以上才可能构成一般辐射事故。					

(3) 维修射线装置时, 人员受意外照射

假设 1 名设备维修人员在维护 DSA 射线管或平板探测器时, 射线管正处于出束状态, C 臂上的指示灯和声音装置均失效, 室内还有另一名维修人员站在床旁, 此时两位辐射工作人员均未采取防护措施。入射体表剂量率参考值 100mGy/min (GBZ130-2020 表 E.4) 估算。

表11-27 DSA介入手术室内DSA持续出束情况下检修人员受到累计剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	5s	10s	15s	20s	25s	30s
主射线方向0.5m处	3.33E-02	6.67E-02	1.00E-01	1.33E-01	1.67E-01	2.00E-01
主射线方向0.8m处	1.30E-02	2.60E-02	3.91E-02	5.21E-02	6.51E-02	7.81E-02
主射线方向1.0m处	8.33E-03	1.67E-02	2.50E-02	3.33E-02	4.17E-02	5.00E-02
站立区0.5m	3.34E-05	6.67E-03	1.00E-01	1.33E-01	1.67E-01	2.00E-01
站立区0.8m	1.31E-05	2.60E-03	3.91E-02	5.21E-02	6.51E-02	7.81E-02
站立区1.0m	8.35E-06	1.67E-03	2.50E-02	3.33E-02	4.17E-02	5.00E-02

总结	主射线方向的检修人员如果在出束状态下停留可能发生一般辐射事故，但不会发生因此检修人员应注意携带个人剂量报警仪以及防护用品。
<p>事故后果：</p> <p>对于本项目数字减影血管造影机（DSA）最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查，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。</p> <p>5. 事故处理方法及预防措施：</p> <p>针对以上可能发生的事故风险，该医院拟根据发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围完善原有辐射事故应急方案。</p> <p>与此同时，建设单位拟加强辐射安全管理，在项目运行时严格遵循拟制定的相关操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断对其完善；医院应定期对装置进行检查、维护，发现问题及时维修，并应定期监测辐射工作场所周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。</p> <p>根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》（环发<2006>145号）规定，发生辐射事故时，建设单位应立即启动企业内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向德阳市生态环境局和德阳市公安局报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向德阳市卫生健康局报告。事故发生后建设单位应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。</p> <p>具体应急处理措施要求：</p> <p>严格遵守射线装置的操作规程，一旦发生按钮不能复位或其他情况导致射线装置一直出射线或者其他紧急情况危急受检者或者辐射工作人员安全时：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.在场辐射工作人员立即按下急停开关或切断主控电源，疏散人员，及时上报辐射安全与环境保护委员会。 2.建设单位启动应急预案，辐射安全与防护管理委员会成员到场控制现场，按照规定设置隔离区域。 3.辐射安全与防护管理委员会组长或副组长在掌握现场事故情况后，及时报告德阳市生态环境局和德阳市公安局报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向德阳市卫生健康局报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。 	

4.协助生态环境、卫生健康部门调查事故原因。

5.协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算，并协助进行身体检查和医学观察。

6.在与各主管部门达成信息一致后，及时向公众发布消息，准确引用国家标准及法律法规内容消除公众疑虑。

7.事故处理后保存好受照人员体检资料，做好跟踪观察。

8.射线装置经专业工程师维修，由相关部门验收合格后方可使用。

9.总结经验教训，定期进行安全演练，并邀请专家对职业工作人员和管理层进行相关培训，防止类似事故的再次发生。

预防措施

建设单位严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，拟采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

辐射安全管理措施

①建设单位已成立辐射安全与放射防护管理委员会，负责全院辐射防护监督与检查工作。环评要求建设单位完善各种辐射安全防护制度、防护工作计划、辐射事故应急预案并定期组织演练；全面贯彻落实放射防护法律法规、行政规章和卫生行业标准，确保临床放射诊疗质量和医疗安全，推进放射诊疗工作的科学化、规范化、标准化、制度化、流程化管理；制定辐射安全和放射防护相关职责、制度、流程、操作技术规范及相关质量控制方案；检查各种制度、防护措施的贯彻落实情况；组织实施辐射工作人员学习关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作；定期组织对辐射工作场所、辐射设备的防护效果检测，检查辐射工作人员是否按照有关规定佩戴个人剂量计并定期进行个人剂量检测结果存档，组织辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的健康体检，并分别完善辐射工作人员个人剂量检测、职业健康管理、培训管理档案。

②环评要求建设单位完善辐射事故预防措施及应急处理预案，包括了应急机构的设置与职责及联系电话、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等。

③环评要求建设单位补充完善辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②建设单位拟制定辐射工作设备操作规程。凡涉及对射线装置进行操作，必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

③定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立射线装置维护、维修台账；

④针对本项目所有的辐射工作人员，需参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或者微信小程序“HJSJLY”报名并参加定期组织的考核（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>），取得合格证后方允许上岗；

⑤项目涉及加速器纳入应急适用范围，完善应急预案。

设备固有安全设施本自身采取了多重安全措施，以防止辐射事故的发生，如：自带急停按钮、钥匙开关等。以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与生态环境管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用 II 类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立辐射安全与环境保护委员会负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组职责明确，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。

医院已承诺本项目新增辐射工作人员集中学习国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上的视频课程和课件，及时报名机考并获得合格证书，持证上岗。承诺书见附件 7。

辐射安全管理规章制度

- 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）针对原射线装置已制定辐射安全管理制度，包括《关于成立辐射安全管理委员会成员的通知》、《辐射事故应急处理预案》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台账管理制度》、《放射科质量保证方案、质量控制目标及实施细则》。建设单位需要在本项目运行前，针对本项目完善原有制度同时补充放疗制度和质控制度，并在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新完善相关制度。
- 根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。因此，项目运行前，建设单位将在控制室以及机房内墙上显著位置张贴大小和字体都足够醒目的《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人

员医师职责》《辐射事故应急预案》；于患者等候大厅张贴《放射防护注意事项告知》。上墙制度的内容应体现场操作性和应用型，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

本项目医院涉及使用II类X射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），医院需具备的辐射安全管理要求见表12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	/	重新申领辐射安全许可证（申领所需的材料清单见表 12-2）
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	原有II类射线装置辐射工作人员均已持证上岗；原有III类射线装置辐射工作人员已自主考核	本项目新增辐射工作人员以及管理人员应尽快自主学习并报名国家考试，需持证才允许上岗
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已制定	拟针对本项目进行完善
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	原有DSA场所已经配备完善；已购1台辐射监测仪及2台个人剂量报警仪	本项目加速器辐射工作人员以及患者拟增加2套0.5mm铅当量的防护用品；拟购2台个人剂量报警仪，并为所有辐射工作人员配备足量剂量计。
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案，特别应做好医用直线加速器的实体保卫及防护措施	已制定	拟针对本项目进行完善
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已制定	拟针对本项目进行完善
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	原有辐射工作人员已落实	拟为本项目新增辐射工作人员建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志	原有场所已落实	需在本项目辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	/	将每年委托有资质单位进行

10	辐射信息网络	/	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和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
11	应建立动态的台帐，放射性同位素与射线装置应做到帐物相符，并及时更新	原有射线装置已建立	本项目拟建立

表 12-2 建设单位辐射安全许可证重新申领所需材料清单

序号	材料名称		材料要求
1	《辐射安全许可证申请表》一份		登陆全国核技术利用申报系统下载，并提交辐射安全许可证申请报告
2	已有或拟有射线装置明细表		已盖章的台账
3	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料	辐射安全与防护规章制度	参照川环函〔2016〕1400号
		申请单位发布的成立辐射安全与环境保护管理机构的正式文件复印件	文件中需明确辐射安全专职管理人员及其职责
		辐射工作人员辐射安全与防护考核合格证明复印件	如人员太多，请附管理人员证书复印件，其余人员以表格形式统计

表12-3 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	拟根据本项目实际情况完善
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	已制定	拟将本项目纳入该规定中
3	辐射工作设备操作规程	/	拟制定本项目加速器操作规程
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	拟将本项目设备纳入
5	辐射工作人员岗位职责	已制定	拟明确本项目辐射工作人员岗位职责
6	放射源与射线装置台账管理制度	已制定	拟将本项目加速器纳入
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定	拟制定本项目的环境辐射水平监测方案
8	监测仪表使用与校验管理制度	已制定	拟将本项目纳入
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	已制定	拟增加本项目相关辐射人员的培训制度
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	拟完善
11	辐射事故应急预案	已制定	拟将本项目纳入辐射事故应急预案
12	质量保证大纲和质量控制检测计划（使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位）	/	拟制定

13	其他	/	拟制定本项目放射防护注意事项告知栏
<p>辐射监测</p> <p>1. 监测方案</p> <p>1) 请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，每年1~2次；请有资质的单位对产生辐射的仪器设备进行防护监测，包括仪器设备防护性能的检测，每年1~2次。</p> <p>2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）规定，每次送检时间相隔最长不超过3个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；</p> <p>3) 定期自行开展辐射监测，制定定期监测制度，监测数据存档，建议监测周期为1次/月。</p> <p>2. 监测仪器</p> <p>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类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射监测等仪器。建设单位已配备便携式辐射监测仪1台，用于医用直线加速器及介入手术室辐射工作场所使用期间定期巡检。</p> <p>建设单位拟为医用直线加速器机房及介入手术室所有的辐射工作人员各配备足够的个人剂量计，用于监控其接受的有效剂量；拟为加速器项目配备1台个人剂量报警仪，已为介入手术室第一术者位及护师位配备2台个人剂量报警仪，另将在医用直线加速器机房内设置固定式剂量报警仪。项目运行后医院应定期对机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。</p> <p>针对本项目新增的所有辐射工作人员，拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，并定期组织职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。辐射工作人员确定辐射工作岗位后，个人剂量档案应终身保存。保证每名辐射工作人员的个人剂量计专人专用，每个季度及时送检。</p> <p>根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）要求，应加强医护人员个人剂量的监督检查，对每季度检测数据超过1.25mSv的医院要求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，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本</p>			

人签字确认后上报发证机关；当连续5年的平均个人剂量超过20mSv或单年个人剂量超过50mSv时，建设单位应展开调查查明原因，确定为辐射安全事故时，应启动辐射事故应急预案。

3.监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 辐射剂量率

(2) 监测范围：工作场所周围及其楼上、楼下

(3) 监测点位和数据管理：医用直线加速器机房：医用直线加速器机房内、控制室、设备间、模衣库、更衣室、2间排风机房、2处停车位、报警阀间、楼上院区绿化、机房防护门及缝隙处、管线洞口；介入手术室：介入手术室内、缓冲间、控制室、设备间、万级手术室、所有防护门左右下门缝、观察窗左右下、操作位、楼上示教室、楼下无菌物品存放室、管线洞口。委托监测每年至少1次，自行监测每月至少1次，本项目监测数据应当存档。

表12-4 辐射环境监测一览表

工作场所	监测项目	监测范围		备注
院区负1楼医用直线加速器机房	X- γ 射线空气吸收剂量率	1	控制室	自行监测
		2	设备间	
		3	模衣库	
		4	更衣室	
		5	2间排风机房	
		6	2处停车位	
		7	报警阀间	
		8	楼上院区绿化	
		9	机房防护门及缝隙处	
		10	管线洞口	
		11	缓冲间	
门诊急诊医技住院综合楼4楼介入手术室	X- γ 射线空气吸收剂量率	1	控制室	自行监测
		2	设备间	
		3	万级手术室	
		4	所有防护门左右下门缝	
		5	观察窗左右下	
		6	操作位	
		7	楼上示教室	
		8	楼下无菌物品存放室	
		9	管线洞口	

(4) 监测质保：确保执行拟完善的《监测仪表使用与检验管理制度》，并利用委托监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或推荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，医院应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

医院应根据每个周期个人剂量检测结果及时对辐射工作人员的工作量进行调整，确保其年有效剂量能够满足标准限值要求。

辐射事故应急

成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）需拟针对本项目可能产生的辐射事故情况完善原有事故应急预案，应急预案内容应包括：

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

实施本项目的成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）应依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《关于建立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号文）要求，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门（成都市生态环境局）和公安部门（成都市公安局）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（成都市卫生健康委员会）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。从而保证一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。

医院应加强管理，严格执行安全操作规程，并确认经常确认辐射工作场所周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论**1.实践正当性**

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了十分重要的作用。成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）新院区医用射线装置应用项目符合成都市新津区医疗服务需要。因此该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

2.产业政策相符性与代价利益分析

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2021 年令第 49 号）中第十三项“医药”中第 5 条的“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备、电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业，其建设符合国家现行产业政策。

3.选址、布局**项目地理和场所位置**

本项目院区位于成都市新津区宝墩镇迎先村五组、仙鹤村十组，院区目前正在修建中。院区西北侧紧邻兴园 11 路；东北侧为规划空地；西南侧及东南侧均为规划道路。

本项目介入手术室设置于院区西侧门急诊医技住院综合楼内，门急诊医技住院综合楼北侧、西侧、南侧均为院区道路，北侧隔院区道路为下沉庭院；东北侧为二期项目、疾控/急救/卫生执法三中心；东南侧为传染病区。

本项目介入手术室设置于院区西侧门急诊医技住院综合楼的 4 楼，其北侧为过道；东北侧为缓冲间；东侧依次为控制室、设备间；南侧为患者通道；东南侧为污物通道及万级手术室；楼上 5 楼对应位置为女更衣沐浴室、走道、缓冲间、示教室；楼下 3 楼对应位置为无菌物品存放间。

本项目医用直线加速器机房设置于院区地下室负 1 楼，机房东北侧为停车场；西

南侧依次为控制室、设备间；东侧与南侧均为排风机房；西北侧为更衣室、走道；东南侧为报警阀间及停车场；楼上为院区绿化；无楼下建筑。

本项目医用直线加速器相关场所由医用直线加速器机房、控制室、设备间、更衣室、更衣室等构成。本项目将医用直线加速器机房（包含迷路）作为本项目医用直线加速器辐射工作场所的控制区，控制室、设备间划分为监督区。本项目介入治疗场所由介入手术室、控制室及设备间构成。本项目将介入手术室作为本项目介入治疗区辐射工作场所的控制区，将控制室、设备间划分为监督区。

本项目机房与控制室等分开单独设置，区域划分明确，机房布局基本合理。

4.辐射屏蔽能力分析

本项目医用直线加速器机房有效使用面积为 61.32m^2 （长 8.76m ×宽 7.00m ，层高 4.4m ），其屏蔽防护设计为：东北侧与西南侧墙体主屏蔽部分为 3.00m 厚钢筋混凝土，主屏蔽宽度为 5.20m ，东北侧与主屏蔽相连的次屏蔽墙体厚 2.00m ，西南侧与主屏蔽相连的次屏蔽墙体厚 1.70m ；东南侧墙体屏蔽厚度为 1.70m 厚钢筋混凝土；西北侧墙体外设置 9.30m 长“Z”型迷道，迷道内墙最薄屏蔽为 1.30m 厚钢筋混凝土，迷道外墙最薄屏蔽为 1.30m 厚混凝土；楼上为绿化空地，楼顶主屏蔽部分为 3.10m 厚钢筋混凝土，主屏蔽宽度为 5.20m ，与主屏蔽相连的次屏蔽部分为 1.90m 厚钢筋混凝土；机房楼下无房间，不考虑地面防护；迷道入口防护门为 18mmPb 的铅钢防护门。

本项目介入手术室有效使用面积为 84.48m^2 （长 10.52m ×宽 8.03m ，层高 4.4m ），其屏蔽设计为：介入手术室四周墙体为 370mm 实心砖墙；地面为 200mm 钢筋混凝土；楼板为 350mm 钢筋混凝土；设计有3扇防护门，控制室防辐射单开门（宽 1100mm ×高 2300mm ，内衬 3mm 铅板）、污物通道防辐射单开门（宽 1100mm ×高 2300mm 、内衬 3mm 铅板）、患者通道防辐射电动移门（宽 1800mm ×高 2300mm 、内衬 3mm 铅板）；设计有1扇铅玻璃窗（长 1800mm ×宽 1200mm ， 3mm 铅当量）。

根据理论计算以及《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.2-2007）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），医用直线加速器机房、介入手术室四周墙体、楼顶、楼下、防护门、防护窗屏蔽厚度满足辐射防护要求。

5.辐射影响

根据理论计算，本项目辐射工作人员、周围公众及敏感点成员年受照有效剂量均

能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）剂量限值和本项目管理目标限值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

6.辐射安全措施

建设单位拟在直线加速器辐射工作场所门口设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，工作状态指示灯和机房相通的门能有效联动，医用直线加速器机房设有门机联锁和门灯联锁及剂量联锁，要求规格符合有关法律法规的规定。同时，在作为监督区入口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线。医用直线加速器设备操作台和床体自带 1 个急停开关，拟在医用直线加速器机房各墙体及迷道外墙上设置急停开关（位于人员易接触的位置），以使机房内的人员按动急停开关就能令加速器停机。机房和控制室之间拟设置对讲系统和监控系统，以便医师在操作时观测患者在治疗室的情况，及时处理意外情况。

建设单位拟在介入治疗区控制区入口电离辐射警告标志及中文警示说明，并将安装工作状态指示灯，灯箱上将设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；拟在监督区入口门上设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线；机房防护门拟设置闭门装置和防夹装置；控制室和介入手术室拟设置对讲装置；并拟在介入手术室墙面增设 1 个急停按钮。已为 DSA 医护人员和患者配备铅衣、铅眼镜、铅帽、铅防护围脖、铅手套、铅屏风等辐射防护用品。

本项目运行后，辐射工作人员应按国家有关要求佩带个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪，在医用直线加速器机房内拟设置固定式辐射报警仪。本项目医护人员和患者拟配备防护用品，要求规格符合有关法律法规的规定。

7.辐射环境管理

- 1)拟委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2)医院拟配备辐射巡测仪及个人剂量报警仪，环评要求医院定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 3)医院拟委托有资质的公司开展个人剂量监测，环评要求所有在职辐射工作人员要求配带个人剂量计，为机房内医护人员增加相应个人剂量计数量。医院应及时跟监测单位核实数据原因，及时发现、解决问题。医院拟根据现有核技术应用情况完善辐

射环境监测方案。

本项目医用直线加速器投运后，拟为本项目医用直线加速器机房新增 4 名辐射工作人员，包括 1 名医师，1 名物理师，1 名护师和 1 名技师；拟为本项目介入手术室调配 6 名辐射工作人员，新增 2 名辐射工作人员，包括 4 名医生，2 名护师，2 名技师。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理暂行办法》的要求，为保护辐射工作人员身体健康，医院拟将定期委托单位对所有新增辐射工作人员进行职业健康体检。医院将在本项目开展前再对相关辐射工作人员进行岗前体检，再次确认是否适合从事放射性工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》的要求，成都市新津区人民医院（成都市新津区急救指挥分中心）已制定相关管理制度，在本项目运行前需完善原有制度。

8.辐射安全许可证重新申领

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》“有下列情形之一的，持证单位应当按照原申请程序，重新申请领取许可证：改变所从事活动的种类或者范围的；新建或者改建、扩建生产、销售、使用设施或者场所的。国务院环境保护主管部门向生产放射性同位素的单位颁发许可证前，应当将申请材料印送其行业主管部门征求意见。环境保护主管部门应当将审批颁发许可证的情况通报同级公安部门、卫生主管部门”。

在本项目环境影响评价文件取得四川省生态环境厅批复后，建设单位需准备相应文件并提交审管部门（四川省生态环境厅核发），重新申领辐射安全许可证。

办理流程：受理、审查、决定、制证、颁发和送达。

表 13-1 辐射安全许可证重新申领材料

序号	材料名称	材料形式		材料类型	纸质材料规格	材料必要性	来源渠道	来源渠道说明	受理标准	填报须知
		纸质	电子							
1	《辐射安全许可证申请表》1份	1份	1份	原件和复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章	—
2	企业法人营业执照正、副本或事业单位法人证书正、副本及法定代表人身份证复印件，机构代码证复印件，营业执照（统一社会信用代码）复印件	1份	1份	复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章，逐页盖章	—
3	1、满足《射线同位素与射	1份	1份	复印件	—	必要	申请人	—	签字处	—

	<p>线装置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料：1、使用II类射线装置的设立专门辐射安全与环境保护管理机构文件；2、辐射工作的人员通过省环保厅认可的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的合格证；3、辐射相关管理制度，包括：①辐射工作设备操作规程②辐射设备维护、维修制度③辐射防护和安全保卫制度</p>						自备					盖章		
--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	----	--	--

9.项目环保竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》，工程建设执行污染治理设施应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。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，项目投入运行后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后3个月内进行竣工环保验收。

表 13-2 项目环保竣工验收检查一览表

序号	项目	规定的措施和制度
1	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程
2		铅防护门1扇
3	通排风系统	通排风系统1套
4	安全措施	门机联锁1套
5		门灯联锁1套
6		出束音响提示装置1套
7		紧急开门按钮1个
8		急停开关（医用直线加速器机房墙体拟设4个、迷道外墙上拟设1个）
9		监控系统1套
10		对讲系统1套
11		电离辐射警告标志、中文警示标志和警戒线（若干）
12		灭火装置1套
13		防护用品

14			医护人员防护设备 1 套
15	介入手术室	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程
16			操作位局部屏蔽防护设施
17			铅防护门 3 扇
18			铅玻璃窗 1 扇
19			通排风系统
20		安全措施	门灯联锁、工作状态指示灯 3 套
21			急停开关 3 个 (床体和操作台自带 1 个急停按钮, 拟在介入手术室墙面增设 1 个)
22			对讲系统 1 套
23			电离辐射警告标志、中文警示标志和警戒线 (若干)
24			闭门装置 2 个
25			防夹装置 1 个
26			灭火装置 1 套
27			防护用品
28		医护人员防护设备	
29		/	监测用品
30	介入手术室个人剂量报警仪利旧 2 个 医用直线加速器拟配备 2 个		
31	介入手术室个人剂量计拟配 18 个 医用直线加速器拟配备 4 个		
32	便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台		

综上所述, 成都市新津区人民医院 (成都市新津区急救指挥分中心) 新院区医用射线装置应用项目符合实践正当化原则, 拟采取的辐射安全和防护措施适当, 工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后, 医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施, 其设施运行对周围环境产生的影响较小, **故从辐射环境保护角度论证, 项目可行。**

建议和承诺

- 1) 该项目运行中, 应严格遵循操作规程, 加强对操作人员的培训, 杜绝麻痹大意思想, 以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响, 使对环境的影响降低到最低。
- 2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行, 严格按国家有关规定要求进行操作, 确保其安全可靠。
- 3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测, 如发现监测结果超过管理限值, 应及时查找原因、排除事故隐患, 把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 加强对辐射工作人员个人剂量的管理，若发现季度监测数据超过1.25mSv，应及时进行调查、查找原因，并采取相应的干预管理措施；定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性；个人防护用品使用达到五年期限时，应及时更新。

5) 医院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。

6) 本项目环评审批后，医院应及时到四川省生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施重新申领登记。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，建设单位应按规定进行项目竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日