

核技术利用建设项目

新增使用 C 臂机项目环境影响报告表

(公示本)

成都慈爱医院有限责任公司

二〇二〇年八月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增使用 C 型臂机项目环境影响报告表

建设单位：成都慈爱医院有限责任公司

建设单位法人代表（签名或签章）：***

通讯地址：成都市武侯区洗面桥街 17 号

邮政编码：**

联系人：**

电子邮件：**

联系电话：**

目 录

表 1	项目基本情况.....	2
表 2	放射源.....	错误！未定义书签。
表 3	非密封放射性物质.....	错误！未定义书签。
表 4	射线装置.....	错误！未定义书签。
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6	评价依据.....	15
表 7	保护目标与评价标准.....	17
表 8	环境质量和辐射现状.....	22
表 9	项目工程分析与源项.....	25
表 10	辐射安全与防护.....	30
表 11	环境影响分析.....	39
表 12	辐射安全管理.....	56
表 13	结论与建议.....	62
表 14	审批.....	68

附表：

建设项目环评审批基础信息表。

附图：

附图 1 本项目地理位置图；

附图 2 医院总平面布置及外环境关系图；

附图 3 本项目 C 臂机所在楼层（6 层）平面布置图；

附件 4 本项目 C 臂机所在楼层正下方（5 层）平面布置图；

附件：

附件 1 环评委托书；

附件 2 辐射安全许可证正副本；

附件 3 无辐射安全事故发生的情况说明；

附件 4 《关于对成都武侯慈爱风湿医院有限责任公司成都武侯慈爱风湿医院建设项目环境影响报告表的审查批复》成武审批建发[2012]50 号）；

附件 5 辐射工作人员个人剂量监测结果报告；

附件 6 医院原有射线装置工作场所 2020 年度监测报告；

附件 7 2019 年度安全和防护状况年度评估报告；

附件 8 辐射安全与环境保护领导小组文件；

附件 9 本项目辐射环境监测报告；

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增使用 C 臂机项目			
建设单位		成都慈爱医院有限责任公司			
法人代表	李由斌	联系人	李红	联系电话	***
注册地址		成都市武侯区洗面桥街 17 号			
项目建设地点		成都市武侯区洗面桥街 17 号成都慈爱医院院区内			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资（万元）	***	项目环保投资（万元）	***	投资比例	***
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	无			
	项目概述 一、建设单位情况 成都慈爱医院有限责任公司（原成都武侯慈爱风湿病医院有限责任公司，统一社会信用代码代码：***）由中国核动力研究设计院云克药业投资兴建的一家集门诊、住院、康复治疗与慢病管理为一体的二级综合性医疗机构。是省、市、区及异地医保定点医院，成都市特殊门诊定点医疗机构。是四川大学华西网络联盟医院，与四川省人民医院、四川省肿瘤医院、华西成办分院、363 医院、成都市第三人民医院、清华大学新医盟等建有医疗联合体并开展双向转诊工作。 医院建筑面积 3755m²，由原“核动力宾馆”改造而成，住院编制床位 120 张。开				

设有内科（风湿免疫科）、外科（甲状腺外科）、核医学科、肿瘤科、中西医结合科、中医科、康复医学科、麻醉科、妇产科、医学影像科、医学检验等临床及医技科室。医院现有员工125名（含多点执业）；其中医疗技术人员53名、医师48名，其中主任医师4名、副主任医师11名、主治医师22名、医学博士2名。

医院配备有美国 GE 公司 CT 机、美国 GE 双能 X 线骨密度仪、美国 GE 核磁共振、数字 X 射线摄像（DR）系统、高频移动式手术 X 射线机、C 形臂、麻醉机、呼吸机、氩氦刀、微波治疗仪、射频治疗仪、全自动生化仪、彩色多普勒超声诊断仪、经颅多普勒、动态心电图、动态血压等一系列先进设备，用于医疗诊断。

医院秉承“慈泽天下，爱惠万家”的医德理念，遵照“构建和谐社会，心系人民健康”要求，通过高效、规范、优质的专业医疗服务，竭诚为广大患者的健康“保驾护航”，认真践行企业社会责任，积极从事社会公益事业，竭力以医者仁心回馈社会与患者，矢志以精湛医术、诚信服务、卓越医疗打造一流的现代化医院。

成都慈爱医院有限责任公司已取得辐射安全许可证，其许可证书编号为川环辐证[25848]号，种类和范围为：使用Ⅲ类射线装置，丙级非密封放射性物质工作场所；发证日期：2015年8月12日，有效期至2020年8月11日。成都慈爱医院有限责任公司已向原发证机关提出延续申请并正在办理中。具体情况见本报告原有污染情况说明。

二、任务由来及编制目的

随着医疗器械技术的发展进步，为了适应医疗保健事业和医院的发展需求，提高医疗服务质量，满足患者的治疗需要，拟在医院住院楼6层3号手术室内新增使用1台 C 臂机（属于Ⅱ类射线装置），主要用于介入手术，血管造影等。

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》（国务院令第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，本项目需进行环境影响评价。根据国家《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第44号）和《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部令第1号 2018年4月28日实施）第五十项191条核与辐射中使用Ⅱ类射线装置的规定，本项目应编制环境影响报告表。根据四川省生态环境厅《关于调整建设项目环境影响评价文件审批权限的公告》（2018年第4号文），本项目应报成都市生态环境局审查批准。

成都慈爱医院有限责任公司（成都慈爱医院，以下简称医院）委托南京瑞森辐射技术有限公司编制该项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。南京瑞森辐射技术有限公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件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，就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。

三、本项目建设内容

（一）项目概况

1、工程概况

项目名称：新增使用C臂机项目

建设单位：成都慈爱医院有限责任公司

建设性质：扩建

建设地点：成都市武侯区洗面桥街17号成都慈爱医院院内

2、工程建设内容及规模

本次项目拟在医院住院楼6层3号手术室新增使用1台C臂机（属于Ⅱ类射线装置），其额定管电压120kV、额定管电流250mA，年诊疗病例600例，年曝光时间累计约150h（拍片25h，透视125h），单台手术最长出束时间为15min，曝光方向由下而上，主要用于介入手术，血管造影等。

3号手术室（29.57m²）：长4.40m，宽6.72m，东侧墙体采用240mm砖墙+30mm硫酸钡砂浆抹面，南侧、西侧及北侧墙体均采用370mm砖墙+30mm硫酸钡砂浆抹面；屋顶及地面均采用200mm混凝土+30mm硫酸钡砂浆抹面；铅窗和铅门均设计为3mm铅当量。在3号手术室南侧设有控制室（14.52m²）。

环评要求：医院应在3号手术室增加通排风系统，在手术室南侧墙体增加机械通排风装置，经手术室墙体外排风管道送至住院楼楼顶外排放，及时将室内的附加臭氧排出室外，确保室内的附加臭氧浓度达到相应的标准要求。

在手术室旁，配有控制室，刷手间、麻醉库、库房和准备间等辅助用房。拍片和介入手术均采用同室操作，无操作间，无观察窗。3号手术室、控制室及配套房间已

建成但未投入使用，3号手术室正上方为屋顶，正下方为病房。

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生环境问题	
			施工期	营运期
主体工程	设备、数量	C 臂机，1 台	噪声、扬尘、废水、固体废物。	X 射线 臭氧 噪声 医疗废物
	管理类别	II 类射线装置		
	使用场所	住院楼 6 层 3 号手术室		
	机房尺寸	3 号手术室（29.57m ² ）：长 4.40m，宽 6.72m 控制室（14.52m ² ）		
	屏蔽体结构	东侧墙体采用 240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面，南侧、西侧及北侧墙体均采用 370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面；屋顶及地面均采用 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面；铅窗和铅门均设计为 4mm 铅当量。		
	年曝光时间	共计 150h		
辅助工程	清洗间、无菌室、病人及医护通道、污物通道、库房等			废水、固体废物 生活垃圾 生活污水
公用工程	给水、排水、供配电设施等			
办公及生活设施	更衣室、办公室等			
仓储或其它	其他用房			
环保工程	废水经预处理后进入医院新建污水处理站处理达标后排入市政管网，进入成都武侯区污水处理厂进一步处理；医疗废物通过医疗废物暂存间收集暂存后，交由有相关资质的单位处理；办公、生活垃圾交由市政环卫部门统一清运。		依托非环评新建处理设施	废水、固体废物

(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	60L	外购	碘克沙醇或碘佛醇
能源	煤	—	—	—
	电(kW·h)	1000kW·h/a	市政电网	—
	气(Nm ³)	—	—	—
水资源	用水量	400m ³ /a	市政水网	—

本项目使用的造影剂为碘克沙醇或碘佛醇注射液（本品主要成份为碘佛醇，液

态），规格为 100ml/瓶，每箱 30 瓶，平均每台介入手术使用 1 瓶，年使用量为 60L。由医院药剂科和采购部统一药品招标采购，常温储存，使用后按医疗废物处置。

（三）本项目设备装置及使用情况一览表

本项目射线装置相关参数等情况见表 1-3 所示。

表 1-3 本项目射线装置相关参数

名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	年出束时间(h)	单台手术最长出束时间(min)	曝光方向	使用场所	备注
C 臂机 (单管头)	待定	待定	120kV 250mA	II 类	150h(拍片 25h, 透视 125h)	15	由下而上	3 号 手术室	拟购

（四）工作人员配置情况

本项目共涉及辐射工作人员 4 名，其中为 2 名医师，1 名技师，1 名护士，均为医院原有的工作人员，已取得《辐射安全培训合格证》并在今后持证上岗。

工作制度：实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天。

成都慈爱医院有限责任公司可根今后据开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。

四、本项目产业政策符合性分析

本项目利用射线装置用于放射诊断，系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会 2019 年令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，属于鼓励类中“十三、医药”的第 6 条“新型医用诊断医疗仪器设备、微创外科和介入治疗装备及器械、医疗急救及移动式医疗装备、康复工程技术装置、家用医疗器械、新型计划生育器具（第三代宫内节育器）、新型医用材料、人工器官及关键元器件的开发和生产，数字化医学影像产品及医疗信息技术的开发与应用”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。

五、本项目外环境及总图布置合理性分析

（一）项目外环境及选址合理性分析

成都慈爱医院有限责任公司（原成都武侯慈爱风湿病医院有限责任公司）已取得原成都市武侯区行政审批局《关于对成都武侯慈爱风湿医院有限责任公司成都武侯慈爱风湿医院建设项目环境影响报告表的审查批复》成武审批建发[2012]50号），选址

合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其配套项目，不新增用地，且本项目新增使用1台C臂机在医院住院楼6层3号手术室内为专门的辐射工作场所，屋顶无人员活动。有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（1）医院外环境

成都慈爱医院有限责任公司位于成都市武侯区洗面桥街17号。经实地现场踏勘，医院北侧约10m处为依次为南充市投资促进合作局成都分局、南充市人民政府驻成都办事处办及嘉陵江大酒店；南侧约10处为依次为四川省音乐舞蹈研究所和宿舍、四川省雕塑艺术院及四川省艺术研究院；西侧紧邻空地、约100m处为祥和苑住宅小区；东侧紧邻洗面桥街、约100m处为临街商铺。

（2）本项目辐射工作场所外环境

本项目新增C机位于住院楼6层3号手术室，项目3号手术室西侧依次为库房、办公室及楼梯间；南侧依次为拟建的污物走廊及室外；东侧依次为控制室、病员通道、1号手术室及2号手术室；北侧依次为更衣间、清洗间、无菌室；3号手术室正上方为住院楼楼顶，少有人员活动，正下方为病房。

项目运营期产生的电离辐射经实体屏蔽防护后，机房外剂量当量率满足《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；机房外人员所受年剂量满足本次评价确定剂量约束值要求。从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

本项目地理位置图见附图1，医院总平面布置及外环境关系图见附图2，3号手术室周围环境示意图见附图3。

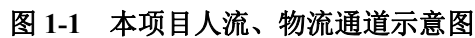
（二）项目平面布局合理性分析

医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，本项目新增C臂机建设于住院楼6层3号手术室内。

由项目平面布局可知，与射线装置相关的辅助用房紧密布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，既便于医疗工作，又利于辐射防护。各用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

本项目辐射工作场所人流、物流通道分开布置，候诊病人和医护人员从医生通道进入手术室，医疗废物从污物通道被送至污物暂存间，设置独立。人流、物流通道互

环评要求：在控制室南侧墙体改造成污物通道的进出口。



成都慈爱医院有限责任公司已取得辐射安全许可证，其许可证证书编号为川环辐

证[25848]号，许可的种类和范围为：使用Ⅲ类射线装置，丙级非密封放射性物质工作场所；发证日期：2015年8月12日，有效期至2020年8月11日。成都慈爱医院有限责任公司已向原发证机关提出延续申请并正在办理中。详见附件2。

1、已许可使用的非密封放射性物质

医院获许可使用的非密封放射性物质种类和数量具体情况见表 1-4。

表 1-4 医院已获许可使用的非密封放射性物质

工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大使用量 (Bq)	备注
放射免疫室	丙级	^{125}I	9.25×10^4	9.25×10^6	登记 上证 在用
分源室	乙级	^{131}I	9.62×10^8	9.62×10^{10}	
甲癌病房	乙级	^{131}I	2.96×10^9	6.16×10^{12}	
核医学科 ECT	乙级	^{131}I	2.80×10^7	7.40×10^{10}	
核医学科 ECT	乙级	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5.55×10^7	1.06×10^{12}	
给药室	乙级	^{89}Sr	1.48×10^7	1.48×10^9	
第一住院楼 1 楼植入手术；第二住院楼 7 楼核医学科	乙级	^{125}I (粒子源)	2.59×10^7	3.55×10^{11}	

2、已许可使用的射线装置

医院已获许可使用的Ⅲ医用射线装置，具体情况见表 1-5。

表 1-5 医院已获许可使用的医用射线装置

工作场所	装置名称	规格型号	管理类别	数量	备注
3 号行政楼 1 楼 CT 室	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	BRIVO CT 325	Ⅲ	1 台	登记 上证 在用
住院楼 6 层手术室 1	高频移动式手术 X 射线机	PLX112B	Ⅲ	1 台	
1 号门诊楼 1 楼骨密度室	骨密度测试仪	BRAVO	Ⅲ	1 台	
3 号行政楼 1 楼 DR 室	DR	NeuPioneer	Ⅲ	1 台	
院区 6 楼手术室 1	高频移动式手术 X 射线机	PLX7000C	Ⅲ	1 台	

(二) 是否发生过辐射安全事故

据了解，医院自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故，具体情况见附件2。

(三) 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。医院的15名辐射工作人员中，有10名参加了原辐射安全与防护培训班的学习，并取得了《辐射安全培训合格证》，辐射工作人员的培训及获得的培训证书编号见表1-6。

表 1-6 现有辐射工作人员的培训及证书情况

序号	姓名	有效时间	培训类别	证书编号	培训计划
1	曲立群	2020 年 8 月 28 日	辐射安全与防护	CHO16456	2020 年 6 月前参加复训
2	尉洋	2023 年 1 月 19 日	辐射安全与防护	CHO36327	2020 年 6 月前参加复训
3	覃荣熙	2020 年 8 月 28 日	辐射安全与防护	CHO16385	2020 年 6 月前参加复训
4	孙跃军	2020 年 5 月 16 日	辐射安全与防护	CHO14643	2020 年 6 月前参加复训
5	周青春	2020 年 11 月 26 日	辐射安全与防护	CHO17793	2022 年 6 月前参加复训
6	李由斌	2021 年 9 月 27 日	辐射安全与防护	CHO23205	2022 年 12 月前参加复训
7	谢勇久	2020 年 8 月 28 日	辐射安全与防护	CHO16615	2022 年 12 月前参加复训
8	初斯基	2023 年 1 月 19 日	辐射安全与防护	CHO36326	2022 年 12 月前参加复训
9	肖洁	2023 年 12 月 30 日	辐射安全与防护	CHO46632	2022 年 12 月前参加复训
10	董英甜	2023 年 1 月 19 日	辐射安全与防护	CHO36328	2022 年 12 月前参加复训

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）：“自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。医院应加强管理，尽快安排其余辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过4年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

（四）开展辐射监测的情况

1、个人剂量检测

医院所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2016）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令18号）要求建立个人剂量档案。医院有专人负责个人剂量检测管理工作。

医院委托成都市疾病预防控制中心及四川中环康源卫生技术服务有限公司完成个人剂量检测工作（监测报告见附件5）。医院辐射工作人员最近连续四个季度的个人剂量检测结果统计见下表1-7。

表 1-7 辐射工作人员个人剂量统计表

序号	姓名	性别	个人剂量监测结果（mSv）						备注
			二季度		三季度	四季度	一季度	总计	
1	孙巧丽	女	-	-	-	-	0.04	0.04	
2	张兴	男	-	-	-	-	0.06	0.06	
3	董英甜	女	-	0.28	0.31	0.32	-	0.91	
4	林争	男	-	0.22	0.35	0.50	-	1.07	
5	覃荣熙	男	-	0.09	0.10	0.01	-	0.20	
6	陈小兰	女	-	0.10	0.17	0.04	-	0.31	
7	李由斌	男	0.44	0.37	0.40	0.14	-	1.35	
8	周青春	男	1.04	0.60	0.26	0.69	-	2.59	
9	吴成秀	女	0.19	0.07	0.11	0.01	-	0.37	
10	孙跃军	男	0.16	0.05	0.12	0.04	-	0.37	
11	曲立群	男	0.21	0.36	0.12	0.02	-	0.71	
12	尉洋	女	0.21	0.11	0.16	0.03	-	0.51	
13	初斯基	女	0.19	0.06	0.11	0.06	-	0.42	
14	李萍	女	0.21	0.04	0.06	-	-	0.31	
15	代静	女	0.50	0.14	0.26	0.16	-	1.06	

注：个人剂量报告以 2019 年第一、二、三、四季度为连续四个季度及新增两名辐射工作人员（2020 年第一季度）。

结果表明：医院按要求对辐射工作人员进行个人剂量检测，在最近连续 4 个季度的个人剂量统计表中，连续 4 个季度最大个人剂量之和为 2.59mSv，且无单季度超过 1.25mSv 的情况。

2、工作场所辐射水平监测

根据原环保部18号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，成都慈爱医院有限责任公司每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。医院委托四川省永坤环境监测有限公司开展了2020年年度辐射环境现状监测，主要对医用射线装置、非密封性放射源和密封放射源工作场所进行了布点监测。在监测结果中，未发现屏蔽体外0.3m处超过2.5μSv/h的情况（见附件6）。

（五）年度评估报告

医院向四川省生态环境厅提交了“2019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”，医院对2019年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了说明（见附件7）。

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	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	C 臂机	II 类	1	-	120	250	介入手术，血管造影等	住院楼 6 层 3 号手术室	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 (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	排放浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	—	—	少量	少量	$8.42 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$	不暂存	直接排向大气环境

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行；2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日实施）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日起施行；2019年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，（2019年修正本），2019年8月22日起施行； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，（2018年修正本），生态环境部第1号公布，自2018年4月28日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行； (9) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017年第66号，2017年12月5日起施行； (10) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施； (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； (12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部，2019年部令第9号，2019年11月1日起施行； (13) 《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。
------	---

技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (3) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）； (4) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）； (5) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）； (6) 《医用机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）； (7) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）； (8) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）； (9) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）； (10) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； (11) 《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）； (12) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； (13) 《核辐射环境质量评价的一般规定》（GB11215-1989）； (14) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）； (15) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (16) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）。
其他	(1) 环保部辐射安全与防护监督检查技术程序； (2) 工程设计图纸及相关技术资料； (3) 《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）； (4) 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）》的通知，川环函[2016]1400号。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目医用射线装置的特点和应用内容，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2006）要求，参照《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）对射线装置应用的辐射监测技术要求，确定辐射环境影响评价的范围：以辐射工作场所建筑实体为边界，半径 50m 内区域作为评价范围。

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医院辐射工作人员和周围停留的公众，具体如下表所示。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此在进行预测时选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

项目	相对位置		保护目标	照射类型	与射线源距离（m）	人数人/d	剂量约束值（mSv/a）
住院楼 6 层 3 号手术室	手术室内	手术室内的医生	职业人员	职业	0.3	2	5.0
		手术室内的技师	职业人员	职业	1.0	1	5.0
		手术室内的护士	职业人员	职业	1.0	1	5.0
	东侧	控制室	职业人员	职业	3.0	4	5.0
		病员通道	公众人员	公众	3.0	流动	0.1
		手术室 1	公众人员	公众	12.0	2	0.1
		手术室 2	公众人员	公众	15.0	2	0.1
	南侧	污物通道	公众人员	公众	3.0	流动	0.1
	西侧	库房、办公室	公众人员	公众	3.0	5	0.1
		楼梯间	公众人员	公众	5.0	流动	0.1
		宿舍楼（院内）	公众人员	公众	25	流动	0.1
		行政楼	公众人员	公众	45	流动	0.1
	北侧	更衣间	公众人员	公众	3.0	流动	0.1
	楼上	正上方屋顶	公众人员	公众	3.0	-	0.1
	楼下	正下方病房	公众人员	公众	3.0	流动	0.1
医院外	西南侧	宿舍楼	公众人员	公众	35	流动	0.1
	东北侧	南充市人民政府驻成都办事处办	公众人员	公众	45	流动	0.1

评价标准

一、环境质量标准

环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准；

声环境质量执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。

二、污染物排放标准

废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准；

废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准；

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；

噪声执行 ①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）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。

三、辐射防护标准

执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关标准。

四、相关标准内容

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

工作人员职业照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，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv
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。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：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。

监督区：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。

2、《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）：

5.2 每台 X 射线机（不含移动式和便携式床边摄影机与车载 X 射线机）应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 2 要求。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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
CT 机	30	4.5
双管头或多管头 X 射线机	30	4.5
单管头 X 射线机	20	3.5
碎石机房	15	3
全身骨密度仪	10	2.5
乳腺机	10	2.5
口腔 CT（坐/站位）扫描	5	2
口腔牙片机	3	1.5

5.3 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a. 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不小于表 3 要求。

表 3 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 mm	非有用线束方向铅当量 mm
介入 X 射线设备机房	2	2

^a按 GBZ/T180 的要求

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，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 2.5μSv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应不大于仪器响应时间。

b. CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h；其余各种类

型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv；测量时，仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

表 4 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
介入放射操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 选配：铅橡胶手套	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床边防护帘、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、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	—

注：“—”表示不要求。

3、《医用机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）；

4、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）：

4. 环境噪声排放限值

4.1 建筑施工过程中场界环境噪声不得超过表 1 规定的排放限值。

表 1 建筑施工场界环境噪声排放限值单位：dB（A）

昼间	夜间
70	55

4.2 夜间噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB（A）。

4.3 当场界距噪声敏感建筑物较近，其室外不满足测量条件时，可在噪声敏感建筑物室内测量，并将表 1 中相应的限值减 10dB（A）作为评价依据。

5、剂量约束

（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人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。眼晶体的年当量剂量不超过 150mSv，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。本项目评价标准按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行，即 5mSv/a；眼晶体的年当量剂量约束值为 37.5mSv；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为 125mSv。

（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。本项目评价标准按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

综上，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，制定本项目管理剂量约束值，见表 7-2。

表 7-2 本项目辐射环境影响评价标准

分类	基本标准限值（GB18871-2002）（mSv/a）		剂量约束值/评价标准(mSv/a)
职业照射	20（有效剂量）		5（有效剂量）
	四肢（手和足）、皮肤	500（当量剂量）	125（当量剂量）
公众照射	1（有效剂量）		0.1（有效剂量）

6、剂量控制水平

放射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，本项目 1 号手术室屏蔽墙外有人员活动处 30cm 处剂量控制水平为 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

一、监测方法及仪器

受南京瑞森辐射技术有限公司的委托，四川瑞迪森检测技术有限公司（计量认证号：172312050082）于 2020 年 7 月 29 日对成都慈爱医院新增使用 C 臂机项目进行了环评本底补测，其监测项目、监测方法及方法来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
X-γ辐射剂量率	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-93
	《辐射环境监测技术规范》	HJ/T61-2001

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

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	技术指标	检定情况	
X-γ辐射剂量率	FD-3013B 型 X-γ辐射剂量当量率仪 编号：YKJC/YQ-02	60keV-3.0MeV 0.01μSv/h-200μSv/h	仪器检定：合格 检定单位：中国测试技术研究院 有效期至：2019.09.02 证书编号：校准字第 2018012507022 号	符合仪器使用条件

二、质量保证

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，监测期间在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

数据处理与复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核，最后由授权签字人审定签发。

三、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考四川省生态环境厅《2019年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围。

表 8-3 四川省空气吸收剂量率

地点	γ 辐射空气吸收剂量率范围 (nGy/h)
四川省电离辐射环境监测自动站	76.8~163

四、环境现状监测与评价

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。具体监测结果如下所述：

表 8-3 拟建射线装置及周围辐射剂量水平监测结果 单位：nSv/h

点位	监测位置	γ 辐射剂量率	备注
1	3号手术室内	125.0	本底检测
2	3号手术室防护门处	118.0	
3	控制室	125.0	
4	病员通道	112.0	
5	污物通道	104.0	
6	手术室 1	128.0	
7	手术室 2	115.0	
8	更衣间	129.0	
9	库房门口	107.0	
10	办公室	120.0	
11	正下方病房	147.0	
12	正上方楼顶	64.0	
13	西侧医院内宿舍楼	123.0	
14	西南侧宿舍楼（医院外）	117.0	
15	东北侧南充市人民政府驻成都办事处办（医院外）	102.0	

注：表中空气吸收剂量率的单位为 nSv/h。经过核实，监测单位使用的 X- γ 辐射剂量当量率仪显示监测值单位为 $\times 10^{-9}$ Sv/h，X- γ 辐射剂量当量率仪已将空气吸收剂量率单位（ $\times 10^{-9}$ Gy/h）自动转换成当量剂量率单位（ $\times 10^{-9}$ Sv/h）。另外，空气吸收剂量率与有效剂量率数值基本相等。

本项目拟建场所位于住院楼 6 层 3 号手术室内，由监测结果可知，本项目机房所在地及周围室内的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值在 64.0~147.0 nSv/h 之间，周围 γ 辐射剂量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取 1，则 3 号手术室周边环境的空气吸收剂量率为（75.1~109）nGy/h，与四川省生态环境厅《2019 年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围（76.8~163）nGy/h 基本一致。综上所述，

本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

检测点位示意图见图 8-1:

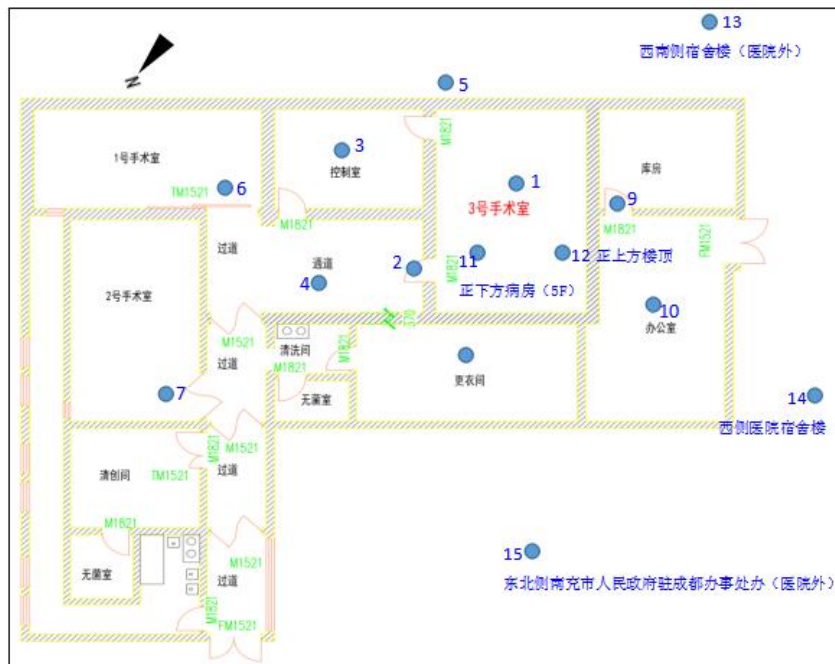


图8-1 本项目检测点位示意图

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

1、土建、装修施工的工艺分析

本项目原有空置房间的基础建设和楼板底板均已建成，本次建设是在原有 3 号手术室基础建设上在西侧墙体增加机械通排风装置，经手术室墙体外排风管道送至住院楼楼顶外排放，及时将室内的附加臭氧排出室外，确保室内的附加臭氧浓度达到相应的标准要求；在控制室西侧墙体改造成污物通道的进出口。

本项目对原有房间进行改造及室内装饰，基本不会造成原有房间的面积变化，工程量较小。主体施工期和设备安装过程中将会产生一定扬尘、废水、废气、噪声和一定的固体废物。

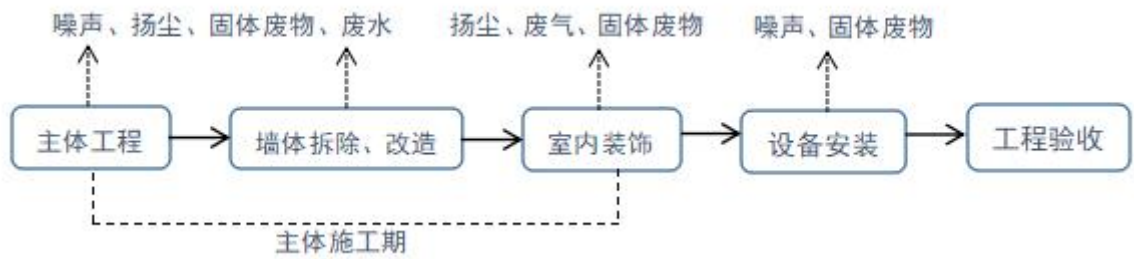


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

(1) 扬尘

施工过程中产生的扬尘，属于无组织排放，主要通过施工管理和封闭操作等的措施来进行控制。

(2) 废水

施工期较短产生的废水主要包括施工人员的生活污水，可依托医院已有污水处理设施处理后进入市政管网。

(3) 废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时喷涂等工序产生的废气和装修材料中释放的废气，影响装修人员的身体健康，该废气的排放属无组织排放。在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气一段时间后才能投入使用。

(4) 噪声

施工期噪声包括各类施工、装修产生的噪声和设备安装期间产生的噪声，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。

(5) 固体废物

施工过程中固体废物主要为铲墙产生的建筑弃渣、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，施工垃圾由施工单位集中收集到指定地点进行处理，生活垃圾依托市政垃圾收运系统收集处理，因施工量较小，施工周期较短，对周围环境的影响较小。

2、设备安装调试阶段

本项目 C 臂机的安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。另外设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。设备安装和调试均由销售单位专业人员进行操作。在安装和调试阶段，医院应配合销售单位加强现场的辐射防护管理。调试时应保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立当心电离辐射警告标示，禁止无关人员靠近。

二、运营期污染源项

(一) C 臂机治疗工艺分析

1、设备组成及工作原理

C 臂机是影像增强器技术、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。C 臂机主要组成部分为：带有影像增强器电视系统的 X 线诊断机、高压注射器、电子计算机图象处理系统、操作台、磁盘或磁带机和多幅照相机等。

C 臂机是通过应用计算机程序进行两次成像的血管造影方法，具体过程为：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，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示。由于造影剂用量少，浓度低，损伤小，较安全，使造影价格低于常规造影。

2、诊断及治疗流程简述

C 臂机的诊断治疗流程及产污图见图 9-2:

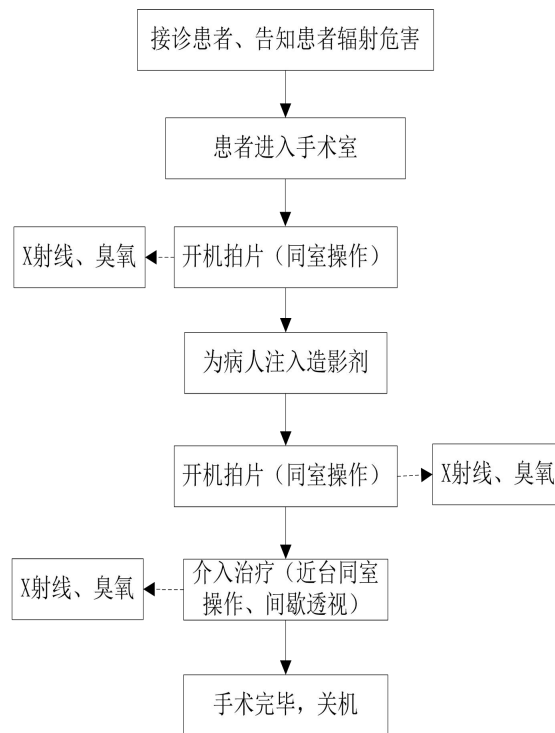


图 9-2 C 臂机诊断治疗流程及产污环节示意图

（1）C 臂机拍片检查

拍片检查：C 臂机检查采用同室操作方式，通过控制 C 臂机的 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，然后关好防护门进行曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

（2）C 臂机介入治疗

介入治疗：近台同室操作方式。通过控制 C 臂机的 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，介入手术人员位于手术床一旁，距 C 臂机的 X 线管 0.3-1.0m 处。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 C 臂机的 X 线系统进行透视（C 臂机的 X 线系统连续发射 X 射线），通过显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。介入手术室内配备个人防护用品（如铅衣、防护三角巾、铅围脖、铅帽），同时手术床旁设有床下铅帘和悬吊铅帘。

每台手术 C 臂机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。该项目中 C 臂机进行介入手术治疗的工作负荷约 600 人次/年，单次手术累计最长出束时间为 15min，年使用时间为 150h（拍片 25h，透视 125h）。C 臂机的额定管电压为 120kV，额定管电流为 250mA。

3、通排风系统介绍

医院应在 3 号手术室增加通排风系统，在手术室南侧墙体增加机械通排风装置，经手术室墙体外排风管道送至住院楼楼顶外排放，及时将室内的附加臭氧排出室外，确保室内的附加臭氧浓度达到相应的标准要求。

4、产污环节

本项目使用 1 台 C 臂机，属于 II 类射线装置。产污环节为：拍片产生的 X 射线和臭氧，介入治疗过程中间歇透视产生的 X 射线和臭氧。在手术时，产生医疗包装物和容器和药棉、纱布、手套、废造影剂瓶等医疗废物。射线装置采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。

（二）污染源项描述

施工期主要污染源项：噪声、扬尘、废水及固体废物。

本项目与医院大楼装修同时设计施工，医院在非放环评时，已经考虑医院各科室和医院大楼整体装修和设备安装可能产生的污染，项目装修产生的污染物处置依托医院非放环评处理设施。

运营期主要污染源项如下：

1、电离辐射

本项目为 II 类射线装置，C 臂机在开机状态下主要辐射为 X 射线，不开机状态不产生 X 射线。

2、废气

C 臂机在曝光过程中臭氧产生量很小，经手术室新增加的通排风装置处理后，通过通排风管道引至楼顶（6 层）排放，对环境影响较小。

3、噪声

本项目噪声源主要为通排风装置噪声，所有设备选用低噪声设备，通过距离衰减后，其噪声值一般低于 55dB(A)，噪声较小，经墙体隔声和距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界噪声标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

4、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。处理措施：废水经预处理后进入医院原有污水处理站处理达标后排入市政管网，进入成都武侯区污水处理厂进一步处理。

5、固体废物

（1）本项目 C 臂机采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

（2）手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂瓶、废弃医疗包装物等医用辅料及手术垃圾，采用专门的收集容器收集后与医院医疗废物统一处理。

（3）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 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、辐射工作场所两区划分

（一）分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。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（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，辐射工作区与非辐射工作区隔开。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。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；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。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

（二）本项目控制区和监督区的划分

根据国际放射防护委员会对控制区和监督区的定义，结合各项目辐射防护和环境情况特点，将本项目新增使用 C 臂机所在的 3 号手术室内作为控制区，控制室及 3 号手术室防护门外 1m 处的区域划为监督区。

本项目两区划分情况见表 10-1，两区划分示意图见图 10-1。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

项目名称	控制区	监督区
C 臂机	3 号手术室	控制室、3 号手术室防护门外 1m 处

建设单位需加强控制区和监督区的管理，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尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。

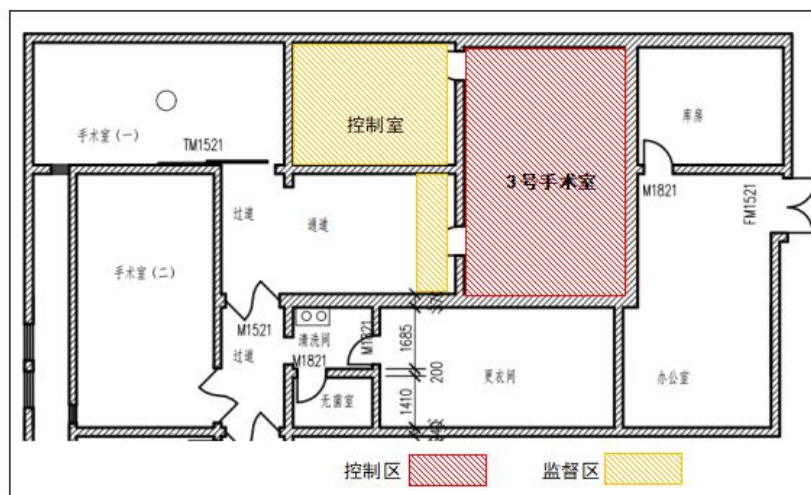


图 10-1 本项目两区划分示意图

(三) 环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目建设单位应做到：

1、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（图 10-2）；

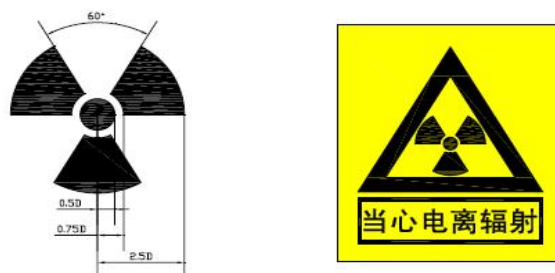


图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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（包括门锁）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、安全措施或该区的边界。

2、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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

（一）辐射屏蔽措施

根据医院提供的资料，3号手术室（29.57m²）：长4.40m，宽6.72m，东侧墙体采用240mm砖墙+30mm硫酸钡砂浆抹面，南侧、西侧及北侧墙体均采用370mm砖墙+30mm硫酸钡砂浆抹面；屋顶及地面均采用200mm混凝土+30mm硫酸钡砂浆抹面。具体情况见表10-2。

表 10-2 本项目实体防护设施对照表

房间名称	面积（m ² ）	四周墙体	屏蔽门	观察窗	屋顶	地板
6层3号手术室	29.57（最小单边长度 4.4m）	东侧 240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面，南侧、西侧及北侧 370mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面（>3mm 铅当量）	3mm 铅当量	3mm 铅当量	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面（>3mm 铅当量）	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面（>3mm 铅当量）
医用 X 射线诊断放射防护的要求	最小有效使用面积20m ² ，最小单边长度3.5m	3mm铅当量				非有用线束2mm 铅当量
备注	满足要求					

（二）辐射防治措施

1、C臂机固有安全性

本项目配备的C臂机已采取如下技术措施：

（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铝过滤板，以消除软X射线以及减少二次散射，优化有用X射线谱。设备提供适应不同应用时所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（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：C臂机配备床下铅帘（0.5mmPb）和悬吊铅帘（0.5mmPb）、铅屏风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；同时在操作台和床体上均设置“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。

2、辐射工作场所防治措施

（1）3号手术室采取屏蔽措施。

（2）3号手术室防护门外设有电离辐射警示标志和工作指示灯箱。

（3）配有铅衣、三角巾、铅围脖、铅帽等防护措施。

（4）门灯联锁：3号手术室防护门外顶部设置工作状态指示灯箱。防护灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。

（5）紧急止动装置：控制台上、手术床旁设置紧急止动按钮。C臂机系统的X射线系统出束过程中，一旦出现异常，按下任意一个紧急止动按钮，均可停止X射线系统出束。

3、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者或患者、本次评价范围内公众。

（1）辐射工作人员

为减少辐射工作人员的照射剂量，防护X射线的主要方法有屏蔽防护、时间防护和距离防护，三种防护联合运用、合理调节。

①距离防护

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

②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，本项目的C臂机主要用于介入手术、血管造影等。

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充分利用各种防护器材：

a.介入手术中手术室内操作者穿铅衣、铅眼镜、铅围脖、铅手套（防护厚度均为0.5mm铅当量）；

b.使用床下铅帘及悬吊铅帘（防护厚度均为0.5mm铅当量）。

⑥在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

⑦个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“5.3 佩戴 5.3.2”中要求“对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计”和“5.3 佩戴 5.3.3”中“对于5.3.2所述工作的情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部”剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）”。

本项目辐射工作人员均应配备有个人剂量计（每名介入治疗医生需配备2套个人剂量计），并要求在上班期间必须佩戴。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

（2）受检者或患者的安全防护

医院应配有三角巾、铅围脖（防护铅当量应不低于0.5mm），用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。另外，在不影响工作质量的前提下，保持与射线装置尽可能大的距离。

（3）机房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，在机房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。

4、与《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

对照《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中人员安全防护的要求，本项目针对介入操作采取的人员安全防护措施的符合性分析见表 10-3。

表 10-3 项目采取的介入操作人员安全防护措施符合性

设备名称	分项		《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）要求	本项目采取措施
C 臂机	辐射工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜。 选配：铅橡胶手套。	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅橡胶手套
		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。	铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏
	患者和陪检者	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、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具。	铅三角巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子

由表 10 - 3 可知，医院拟配置个人防护用品和辅助防护设施情况满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130 - 2020）相关要求。

三、放射性工作场所安防措施

为确保本项目所使用的 II 类射线装置的安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-3。

表 10-3 射线装置工作场所安防措施一览表

工作场	措施类别	对应措施
C 臂机工作场所	防盗和防破坏	①本项目 C 臂机机房及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ③C 臂机机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。 ④C 臂机机房内配置了火灾报警系统及灭火器等。
	防泄漏	①本项目所使用的射线装置购置于正规厂家， 泄漏辐射不会超过国家规定的约束值； ②本项目 C 臂机机房均已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况。

四、辐射安全防护设施对照分析

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号）对Ⅱ类医用射线装置的要求，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 10-4：

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	规定的措施和制度	落实情况	应增加的措施
场所设施	机房防护门	设计中已有 2 扇铅门	设计中已有
	操作位局部屏蔽防护设施	设备自带铅帘	设计中已有
	通风设施	/	需增加
	紧急停机按钮	设备自带	设计中已有
	门灯连锁	/	需配备
	对讲系统	/	需配备
	电离辐射警告标志	/	需配备
	机器工作状态指示灯箱	/	需配备
监测设备	便携式辐射监测仪	/	需配备 1 台
	个人剂量计	/	需配备 8 套
	个人剂量报警仪	/	需配备 4 台
防护器材	医护人员个人防护	/	铅衣、铅帽、铅围脖、铅围裙、铅手套、铅防护眼镜各 4 套，移动铅屏风 1 个
	患者防护	/	铅围裙、铅围脖、铅帽、三角巾 1 套
	灭火器材	/	需配备 2 个

五、环保设施及投资分析

本项目总投资 600 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 10-5。

表 10-5 环保设施及投资一览表

项目		环保设施	数量	投资（万元）
3 号 手术 室	辐射屏蔽措施	铅防护门（3mm 铅当量）	2 扇	***
		铅观察窗（3mm 铅当量）	1 扇	
		东侧 240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面，南侧、西侧及北侧 370mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面	/	
		地面及屋顶均 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面	/	
	安全装置	工作状态指示灯箱	2 个	***
		电离辐射警告标志	2 个	
		紧急止动装置	1 套	
		门灯连锁装置	1 套	
		对讲系统	1 套	
		床下铅帘（机器自带、0.5mm 铅当量）	1 套	
		悬吊铅帘（机器自带、0.5mm 铅当量）	1 套	
	监测仪器及个人防护用品	个人剂量计	8 套	***
		个人剂量报警仪	4 台	
		便携式辐射监测仪	1 台	
		铅衣、铅围脖、铅手套、铅防护眼镜（0.5mm 铅当量）	4 套（医护人员使用）	
		铅围裙、围脖、铅帽、铅屏风	1 套（患者使用）	
		移动铅屏风	1 个	
其他	通排风系统		1 套	***
	灭火器材		2 个	***
	辐射工作人员培训费		-	-
合计				***

今后在实践中，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做相应补充，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和患者产生的生活污水。处理措施：废水经预处理后进入医院原有污水处理站处理达标后排入市政管网，进入成都武侯区污水处理厂进一步处理。

2、废气

C 臂机在曝光过程中臭氧产生量很小，本次将原有 3 号手术室基础建设上在南侧墙体增加机械通排风装置，经手术室墙体外排风管道送至住院楼楼顶外排放，及时将室内的附加臭氧排出室外，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

3、固体废物

① 本项目 C 臂机采用数字成像，不打印胶片，因此不会废胶片产生。

② 介入手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废弃医疗包装物等医用辅料及手术垃圾，采用专门的收集容器收集后与医院医疗废物统一处理。

③ 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、土建、装饰施工的环境影响分析

根据前节工程分析介绍，本项目主要房间改造和装修。施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。项目建设过程中，医院医疗服务工作仍将正常进行。施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对公司自身环境以及周围的环境带来影响。

施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、废气、固体废物等。

（1）扬尘及防治措施

主要为房间的建设及改造时机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，应进行适当的加湿处理。

（2）废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水，依托医院原有污水处理设施处理。

（3）噪声及防治措施

主要来自于房间的改造及现场处理等。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

（4）废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时喷涂等工序产生的废气和装修材料中释放的废气，影响装修人员的身体健康，该废气的排放属无组织排放。在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气一段时间后才能投入使用。

（5）固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响较小。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在调试的 C 臂机机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入 C 臂机所在区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在 C 臂机机房内进行，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。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

本项目涉及 1 台 C 臂机，该 C 臂机的年工作量最大为 600 人次/年，单次手术累计出束时间约为 15min。拍片时 C 臂机的常用管电压为 50~70kV，常用管电流为 100~200mA；透视时 C 臂机的常用最大管电压为 80kV，最大管电流为 100mA；C 臂机主要用于透视和拍片。

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》，C 臂机用于介入治疗时，属 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，其主要危害因素为射线装置工作时产生的 X 射线，出束方向由下向上。

C 臂机在进行曝光时分为两种情况：

拍片：同室操作方式。通过控制 C 臂机的 X 线系统曝光，采集曝光部位图像。

透视：近台同室操作方式。为更了解病人的情况，医生需在机房内对病人进行治疗，会连续曝光并采用连续脉冲透视，此时手术医生身着铅衣、戴铅眼镜等防护用品在手术室内对病人直接进行手术操作。

本环评采用预测方法来分析本项目 C 臂机系统在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响。

(一) 机房屏蔽体厚度合理性分析

本项目依据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 D 中 D.1.2 按以下方法计算不同屏蔽物质的铅当量，计算公示如下：

a)对给定的铅厚度，依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按式（D.1）计算辐射透射因子 B：

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

式中：B—给定铅厚度的屏蔽投射因子；

X—铅厚度；

α —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

β —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

b)依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和 a) 中的 B 值，使用式（D.2）计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

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

式中：X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

B—给定铅厚度的屏蔽投射因子；

α —不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

β —不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数。

铅、混凝土、铁针对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数 α 、 β 、 γ 拟合值取值见表 D.2。

表 D.2 铅、混凝土、铁针对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压	铅			混凝土			砖		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
100（主束）	2.500	15.28	0.7557	0.03925	0.08567	0.4273	0.0352	0.088	1.149
100（散射）	2.507	15.33	0.9124	0.03950	0.08440	0.5191	/	/	/
125（主束）	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.0287	0.067	1.346
125（散射）	2.233	7.888	0.7295	0.03510	0.06600	0.7832	/	/	/

本项目 C 臂机额定管电压为 120 kV，换算铅当量时，管电压保守取表 D.2 中较 120 kV 大的值即 125kV，根据式 D.1 及式 D.2 计算本项目不同屏蔽物质的铅当量，计算结果如下：

表 11-1 本项目 3 号手术室屏蔽防护铅当量计算结果

屏蔽防护设计	材料及厚度	α	β	γ	铅防护当量 (mm)
南墙	240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	0.0287	0.067	1.346	2.56
东墙	370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	0.0287	0.067	1.346	2.56
西墙					
北墙					
屋顶(主射)	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面	0.03502	0.07113	0.6974	3.21
地板		0.03510	0.06600	0.7832	3.09

注：本项目混凝土密度不低于 2.35t/m³；换算铅当量时，管电压保守取表 D.2 中较 120 kV 大的值即 125kV。

本项目 1 号手术室设计屏蔽情况与《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中介入 X 射线设备机房屏蔽防护要求对比见表 11-2。

表 11-2 介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求

防护要求	GBZ130-2013 要求	本项目设计	备注
X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度			
设备类型	单管头 X 射线机	C 臂机	/
机房内最小有效使用面积 (m ²)	不小于 20m ²	3 号手术室内有效使用面积 29.57m ²	满足
机房内最小单边长度 (m)	不小于 3.5m	4.4m	满足
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	介入 X 射线设备机房	3 号手术室	/
有用线束方向铅当量 (mm)	不小于 2mm	常用主射线向上，屋顶为 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面 (约 3.21mm 铅当量)	满足
非有用线束方向铅当量 (mm)	不小于 2mm	3 号手术室南侧墙体为 240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面；东、西、北侧墙体均为 370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面；地板为 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面 (约 3.09mm 铅当量)；防护门及观察窗厚度均为 3mm 铅当量。	满足

备注：

- ①混凝土对应铅当量厚度根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的附录 D；
- ②理论估算时四周墙体保守取值 2.56mm 铅当量厚度进行计算，屋顶保守取值 3.21mm 铅当量厚度、地板保守取值 3.09mm 铅当量厚度进行计算。

由表 11-2 对比可知，本项目 1 号手术室屏蔽设计满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，手术室屏蔽设计合理。

（二）项目正常运行阶段辐射环境影响分析

1、运行工况

C 臂机的 X 线系统在自动透视模式下间隙性运行，运行管电压低于额定电压的 20%~30%。本项目 C 臂机最大管电压为 120kV，最大管电流为 250mA，但实际使用时，为防止球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和功率通常预留 20%~30%的余量，即管电压控制在 100kV 以下。

有用射线出束方向：

本项目 C 臂机的 X 线系统在运行中，向 3 号手术室正上方（住院楼楼顶）出束时间约占 3/4、其他方向出束时间约占 1/4。

2、运行时间

本项目 C 臂机的 X 射线系统的辐射影响进行预测时，主要考虑脉冲透视过程进行保守防护预测。根据医院提供资料，医院预计每年使用本项目 C 臂机的 X 射线系统用于介入治疗每年约有 600 台次，以单台次手术最长出束时间 15min 保守计算，则 C 臂机系统的 X 线装置年出束时间约 150h/a（包含透视和拍片的时间）；对于机房外公众，保守考虑，其年受照时间取 150h。

3、操作方式

C 臂机的 X 射线系统在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：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。医师、操作人员通过电子计算机系统控制的 X 系统曝光，采集造影部位图像。在拍片过程中，由于曝光时间较短且经机房各屏蔽体屏蔽后，对机房外（包括机房楼上）的公众和工作人员基本没有影响。

②脉冲透视过程：为更清楚的了解病人情况，医生需进入手术室内进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师身着铅衣、戴铅眼镜等在机房内对病人进行直接的手术操作。对本项目 C 臂机的辐射影响进行预测时，主要考虑脉冲透视过程进行保守防护预测。

4、3 号手术室外环境影响分析

本项目 3 号手术室东侧墙体采用 240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面，南侧、西侧

及北侧墙体均采用 370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面；屋顶及地面均采用 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面。

(1) 计算模式

①主射束

主射束的屏蔽防护采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式如下：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

式中： D_r —预测点处辐射空气吸收剂量，Gy/a；

D_1 —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，Gy/min；

T —每年工作时间；

μ —利用因子；

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散射线

依据《辐射防护手册》第一分册，采用反照率法估算预测点的辐射空气吸收剂量率：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot \alpha \cdot s \cdot f \cdot T / (d_0)^2 (d_s)^2 \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中： D_r —预测点的辐射空气吸收剂量，Gy/a；

α —受照物体对入射 X 射线的散射比， $\alpha = a/400$ ；

a —相对于 400cm² 散射面积的受照物体对入射 X 射线的散射比，保守取 0.0015（90°散射角）；

s —散射面积，cm²，此处取 400cm²；

d_0 —源与受照体的距离，m，此处取 $d_0 = 1.0\text{m}$ ；

d_s —受照体与预测点的距离；

D_1 —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，Gy/min；

T —每年工作时间；

μ —利用因子，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。

根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2013），有：

$$f = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

其中：X—屏蔽材料厚度；

α, β, γ —拟合参数，详见《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）

附录 D。

③泄漏射线：

泄漏辐射比率为 10^{-3} 。

④本项目 C 臂机最大管电压为 120kV，最大管电流为 250mA，但实际使用时，为防止球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和功率通常预留 20%~30%的余量，即管电压控制在 100kV 以下。根据医院提供信息，隔室拍片时设备的最大运行工况为 100kV/200mA；在透视时设备的最大运行工况为 70kV/100mA。在进行介入手术时，X 线系统通常以透视照射模式运行，因此对 X 线系统的辐射影响进行预测时，主要考虑脉冲透视过程进行保守防护预测。

本次评价按照透视时的常用最大工况进行预测（管电压为 70kV），距靶 1m 处的剂量率取 100mGy/min（来源 GB18871-2002，表 G1.4 中限值）。根据式 11-3 可计算铅、混凝土对 X 射线的减弱因子。

（3）预测结果

根据公式计算，在不考虑床板、人体等吸收射线的情况下，保守计算各预测点的年有效剂量，计算结果列入表 11-3 中。

表 11-3 3 号手术室预测点有效剂量预测结果

位置	预测点		与射线源 距离（m）	设计屏蔽材料 与厚度（mm）	减弱因子 （f）	利用因 子（μ）	照射 类型	年有效剂 量（mSv）
3 号 手术 室	东 侧	控制室	3.0	3mm 铅当量观察窗	1.22×10^{-7}	1	职业	7.32×10^{-3}
		病员通道	3.0	3mm 铅当量屏蔽门	1.22×10^{-7}	1/4	公众	1.83×10^{-3}
		手术室1	12.0	240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	8.19×10^{-8}	1/4	公众	7.68×10^{-5}
		手术室2	15.0	240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	8.19×10^{-8}	1/4	公众	4.91×10^{-5}
	南 侧	污物通道	3.0	370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	1.16×10^{-9}	1/4	公众	1.74×10^{-5}
	西 侧	库房、办公室	3.0	370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	1.16×10^{-9}	1/4	公众	1.74×10^{-5}
		楼梯间	5.0	370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	1.16×10^{-9}	1/4	公众	6.26×10^{-6}

		院内宿舍楼	25.0	370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	1.16×10^{-9}	1/4	公众	2.51×10^{-7}
		行政楼	45.0	370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	1.16×10^{-9}	1/4	公众	7.73×10^{-8}
北 侧		更衣间	3.0	370mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面	1.16×10^{-9}	1/4	公众	1.74×10^{-5}
楼 下		正下方病房	3.0	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面	7.89×10^{-8}	1/4	公众	1.18×10^{-3}
楼 上		正上方屋顶	3.0	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面	6.71×10^{-8}	1	公众	6.71×10^{-3}

从表 11-3 中的预测结果可见：本项目设备全年正常运行，经机房墙体、门屏蔽防护后，控制室内的职业人员受照剂量最大为 $7.32 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，公众受照剂量最大为 $6.71 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作人员年剂量约束值为 5.0mSv，公众的年剂量约束值为 0.1mSv 的规定。

（三）对手术室内医生的影响

1、介入治疗对辐射工作人员的影响

本项目 C 臂机拟配备 4 名工作人员，共配置医生 2 名，技师 1 名，护士 1 名。在使用 C 臂机进行介入手术时，有 1 名医生、1 名技师和 1 名护士在手术室内对患者进行手术。医生和技师在进行介入手术时将穿戴铅衣等防护用品。进行介入手术治疗过程中有时会连续曝光，此时采用脉冲透视，医师距主射束的最近距离约 0.3m，技师和护士距主射束的距离约 1m。

本项目 C 臂机对于手术室内医生和技师的影响采用模式计算进行评价分析。计算模式参考李士骏编著的《电离辐射剂量学》，介入手术对机房内的工作人员所造成的辐射剂量可按式估算：

$$X = I \cdot t \cdot V_{ro} \cdot \left(\frac{r_o}{r} \right)^2 \cdot f \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-4）}$$

$$D = 8.73 \times 10^{-3} \times X \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-5）}$$

$$E = D \cdot W_R \cdot W_T \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-6）}$$

上式中：X—离射线装置 r 米处产生的照射量，R；

D—离射线装置 r m 处产生的空气吸收剂量，Gy；

E—参考点的有效剂量，Sv；

I —管电流 (mA) 或平均电子束流 (μA)；透视取 10mA，拍片取 500mA；
 V_{r0} —在给定的管电压和射线过滤情况下，距射线装置 $r_0\text{m}$ ($r_0=1\text{m}$) 处，
 由单位管电流 (1mA) 造成的照射量率， $\text{R}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ；
 f —防护材料对 X 射线的减弱因子，无量纲；
 t —介入性血管造影的累计出束时间，9000min；（其中透视 7500min，
 拍片 1500min）；

W_R —辐射权重因数，X 射线为 1；

W_T —组织权重因数，全身为 1，皮肤为 0.01。

本项目 C 臂机过滤板采用 2mmAl，据此查得 $v_{r0}=0.8\text{R}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。医生在手术室内操作时须穿联体铅衣、戴铅手套、铅眼镜、铅围脖 (0.5mmPb)，同时手术医生使用铅屏风 and 铅帘进行防护 (0.5mmPb)，设定这些防护用品以及铅帘的有效铅当量厚度为 1mmPb，查《辐射防护手册》（第一分册）图 10.5e，1mmPb 对 X 射线的减弱因子 $f=0.001$ 。由于医生位于 X 射线的漏射方向，因此照射量取主射束方向的 1‰计算。

将上述参数带入上式 (11-4) 和 (11-5)，根据以上配置情况，计算可得手术医生、护士及技师的年有效剂量，见表 11-4。

表 11-4 本项目职业受照人员的最大年有效剂量

职业受照射人员	拍片最大年有效剂量	透视最大年有效剂量	合计
手术医生	0.571mSv/a	2.852mSv/a	3.423mSv/a
护士	0.629mSv/a		
技师	0.629mSv/a		

由以上结果可知：手术医生、护士、技师的年有效剂量均低于职业人员 5mSv/a 的年剂量约束值。

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，手术时医护人员须将个人剂量计佩戴于铅衣内，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。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。

2、介入操作人员手部的皮肤吸收剂量估算

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式估算：

$$D_s = C_{KS}(k \cdot t) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots \text{（式 11-7）}$$

式中： D_s ：皮肤吸收剂量（mGy）；

k ：X- γ 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换系数（Gy/Gy）；

t ：人员累积受照时间，单位为小时（h）。

根据医院提供的资料，床旁透视常用最大工况为 80kV/100mA。床旁透视时入射方式可近似地视为垂直入射，是 AP 入射方式。查《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）中的附录 A 表 A.4 及表 A.5 可查出空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 C_{KS} ，见表 11-5。

根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）第 4.7.5 款 X 射线设备在确保铅屏风和床侧铅挂帘等防护设施正常使用的情况下，按附录 B 中 B.1.2 的要求，在透视防护区测试平面上的空气比释动能率应不大于 400 $\mu\text{Gy/h}$ 。

根据上述给出的参数及式（11-7）进行估算，计算结果列入表 11-5 中。

表 11-5 本项目 C 臂机操作人员手部的皮肤吸收剂量估算

保护目标	空气比释动能率 K ($\mu\text{Gy/h}$)	C_{KS} (mGy/mGy)	累积受照时间 t (h)	年有效剂量 (mSv/a)
医生（女性）	400	1.115	150	66.90
医生（男性）		1.134		68.04

由上表可知，项目投运后，若介入手术为同一组医护人员，主刀医生手部皮肤剂量最大为 68.04mSv/a；对 X、 γ ：WR=1，故操作手部当量剂量为 68.04mSv/a；均符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定四肢（手和足）或皮肤剂量限值（500mSv/a）和本报告执行的四肢（手和足）或皮肤剂量约束值限值（125mSv/a）。

医院应加强对介入手术人员个人剂量的监测与管理，若发现季度有效剂量监测数据超过 1.25mSv，应及时采取相应干预管理措施。医院应加强对介入手术工作人员的个人剂量监测管理，当个人累积剂量将超过年有效剂量 5mSv 时，应及时告知本人，

并减少其辐射工作量或为其调整工作岗位，同时设备应尽可能采用小视野，介入手术工作人员均按照《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）穿戴防护用品（铅衣服、铅帽、铅眼镜、铅手套等），并充分利用自带的悬挂式铅防护屏及床边铅帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

二、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 C 臂机系统设备，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严格执行国家标准 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作好患者非照射部位的保护工作。

三、保护目标环境影响分析

射线装置产生的 X 射线随着距离的增加呈现衰减趋势，因此本次评价以每个方向上距辐射工作场所较近的职业人员或公众作为主要保护目标进行了年剂量估算，同一方向上更远处的保护目标比近处保护目标所受年剂量更低。

表11-6 环境保护目标所受年剂量值

位置	预测点		与射线源距离（m）	照射类型	年有效剂量（mSv/a）
3号手术室院内	手术室内	医生	0.3	职业	3.423
		护士	1.0	职业	0.629
		技师	1.0	职业	0.629
	东侧	控制室	3.0	职业	7.32×10^{-3}
		病员通道	3.0	公众	1.83×10^{-3}
		手术室1	12.0	公众	7.68×10^{-5}
		手术室2	15.0	公众	4.91×10^{-5}
	南侧	污物通道	3.0	公众	1.74×10^{-5}

	西侧	库房、办公室	3.0	公众	1.74×10^{-5}
		楼梯间	5.0	公众	6.26×10^{-6}
		院内宿舍楼	25.0	公众	2.51×10^{-7}
		行政楼	45.0	公众	7.73×10^{-8}
	北侧	更衣间	3.0	公众	1.74×10^{-5}
	楼下	正下方病房	3.0	公众	1.18×10^{-3}
	楼上	正上方屋顶	3.0	公众	6.71×10^{-3}
院外	西南侧	宿舍楼	35.0	公众	1.28×10^{-8}
	东北侧	南充市人民政府驻成都办事处办	45.0	公众	7.73×10^{-8}

从上表可知，职业人员所受照射的年剂量最大值为 3.423mSv，公众所受照射的年剂量最大为 6.71×10^{-3} mSv，分别小于职业年有效剂量管理限值 5.0mSv 和公众年有效剂量管理限值 0.1mSv 的年剂量约束值。

四、臭氧环境影响分析

C 臂机所在的 3 号手术室内空气的氧气受 X 射线电离而产生臭氧，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \quad (\text{式 } 5)$$

式中：

Qo—臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率 $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目 C 臂机取 324；

So—射束在距离源点 1m 处的照射面积 m^2 ，取（最大射野 $40 \times 40 \text{cm}^2$ ） 0.16m^2 ；

R—射束径迹长度 m，取 1m；

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O_3 的分子数，本项目取 10。

经计算，臭氧产率为 3.37mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \quad (\text{式 } 6)$$

式中：

C—室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

Qo—臭氧产额 mg/h；

Tv—臭气有效清除时间，h；

V—治疗室空间体积， 76.88m^3 ；

$$Tv = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad (\text{式 7})$$

t_v —每次换气时间，0.25h；

t_a —臭氧分解时间，取值为 0.83h。

本次建设是在原有 3 号手术室基础建设上在西侧墙体增加机械通排风装置，经手术室墙体外排风管道送至住院楼楼顶外排放，及时将室内的附加臭氧排出室外，确保室内的附加臭氧浓度达到相应的标准要求。预计每小时换气 4 次，每次换气时间均为 5min，则 C 臂机治疗室内臭气平衡浓度为 $8.42 \times 10^{-3} \text{mg/m}^3$ 。

3 号手术室新增加机械通排风装置后产生的 O_3 通过排风管道抽至屋顶排风口排入大气环境后，经自然分解和稀释，对机房周围的环境影响远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ 0.2mg/m^3 ）的要求。

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。处理措施：废水经预处理后进入医院原有污水处理站处理达标后排入市政管网，进入成都武侯区污水处理厂进一步处理。

五、固体废物环境影响分析

（1）本项目 C 臂机采用数字成像，不打印胶片，因此不会产生废胶片。

（2）介入手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，采用专门的收集容器收集后与医院医疗废物统一处理。

（3）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。

六、声环境影响分析

本项目噪声源主要为空调噪声，所有设备选用低噪声设备，通过距离衰减后，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

（一）C 臂机可能发生的事故

根据国家环境保护总局公告 2017 年第 66 号《射线装置分类办法》规定，本项目 C 臂机在用于介入治疗时，属 II 类射线装置，在运行时会产生 X 射线。本项目环境风险因子为 X 射线，根据其工作原理分析，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①装置在运行时，由于安全联锁系统失效，人员误入或滞留在治疗机房内而造成误照射。

②医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射。

③医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射。

三、源项分析及事故等级分析

本项目新增的 C 臂机项目，其风险因子为 X 射线。按照国务院 449 号令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 11-7 中。

表 11-7 项目的环境风险物质、因子、潜在危害及事故等级表

项目名称	环境风险因子	潜在危害	事故等级
C 臂机	X 射线	X 射线装置失控导致人员受超年剂量限值的照射	一般辐射事故

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）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 11-8：

表 11-8 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

四、最大可能性事故分析

（一）C 臂机事故的后果计算

1、介入手术过程中，发生介入手术人员超剂量照射

（1）事故假设

①在介入手术操作中，C 臂机控制系统失灵；

②C 臂机 X 射线源处于“曝光”状态，介入手术人员在距 X 射线管非主射束方向进行介入手术操作；

③假定该名手术人员在此停留时间为 6min，未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）。

（2）剂量估算

在上述条件下，若以《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中表 G1.4 中入射体表剂量率 100mGy/min 估算，得出手术中误照人员受照剂量约为 600mGy/次。

（3）事故后果

在上述事故情景假设条件下，受 X 射线源误照人员年剂量已超过约束值，参照表 11-10，急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率均不足 1%，属于一般辐射事故。

2、维修射线装置时，人员受意外照射

（1）事故情景假设

①设备维护人员在维护 C 臂 X 线机射线管或测量探测器时，突然发现射线管正

处于出束状态，便立即离开中断电源；

②假若维护时，C 臂机以透视模式运行，距靶 1m 处的辐射剂量率为 5.4mGy/min；

③C 臂机上的指示灯箱和声音装置均失效；

④维护人员位于 X 射线主射束方向，距靶 1m 的地方，停留时间 2min，无任何屏蔽措施。

（2）剂量估算

根据上述条件，计算得出维护人员受照剂量为 10.8mGy/人·次。

（3）事故后果

在上述事故情景下，维护人员已受到超过年剂量限值的照射，结合表 11-8，为一般辐射事故。

五、事故防范措施

为了防止事故的发生，要求医院严格执行以下风险预防措施：

①制定 C 臂机操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

②每月检查门灯连锁装置，确保安全连锁装置正常运行；每月对 C 臂机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需及时更换。

③定期对 C 臂机采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

④实施介入诊疗的质量保证。做好医生的个人防护，做好病人非投照部位的防护工作。

⑤加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

⑥制定事故应急预案、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。

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，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

六、其他环境风险分析

外购的造影剂均单独密封保存，储存造影剂的药品柜采用不锈钢药品柜，药品柜均已上锁，钥匙由当班医生保管；进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车对药品进行运送；造影剂的贮存、运输过程均采取了防造影剂泄露的防范与对策措施。

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，最后由泌尿系统排除体外。造影剂不属于重金属和其他持久性有机物，不存在泄露风险。

未注射完的废造影剂、造影剂包装瓶及过期的造影剂等医疗废物采用专门的收集容器暂存，由专人每天到科室收集到院内医疗废物暂存点，按照医疗废物执行转移联单制度，定期由医疗废物处置单位统一收集处置。

七、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）一旦发现有其他无关人员误入手术室内，操作人员应立即利用最近的紧急停止开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射安全事故应急处理小组及上级领导报告。辐射安全事故应急处理小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（应急救援需要除外）。

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

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

（4）事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

按照《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》，《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令）有关规定，开展医院辐射安全管理的综合能力分析，指出不足，进一步完善，做好辐射安全管理工作。

一、辐射防护与安全管理机构

建设单位成立了辐射安全管理领导小组，并建立有领导分管的安全机构（附件4）。辐射防护管理领导小组的职责是：①贯彻落实国家和地方政府、医院有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策；②定期（每季度一次）召开会议，听取辐射安全与环境保护工作情况汇报，讨论决定辐射安全与环境保护工作中的重大问题和采取的措施；③开展射线装置安全检查活动，组织处理、通报事故；④制定和完善射线装置管理制度和操作规程，监督检查各项规章制度的执行，督促整改辐射事故隐患。

公司应进一步完善细化辐射安全与环境保护管理机构的职能，补充小组成员联系方式，若辐射安全与环境保护管理机构人员有调整或变动，应及时更新、修正。每个科室需将各自的职责落到实处。

二、辐射工作人员配置

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

（1）本次项目拟配置辐射工作人员 4 名，已取得《辐射安全培训合格证》并持证上岗。医院可根据承担的调试开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制；

（2）操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术；

（3）辐射工作人员需参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习，今后培训时间超过4年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）；

（4）公司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。

2、辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

(1) 对医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

(2) 医院应加强与当地环保部门的联系，经常关注四川省生态环境厅和当地生态环境局的网站，加强对于辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习。

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

三、报废射线装置处理

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（如拆除电源和拆除高压零部件），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制度

一、档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“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”。

二、医院规章制度建立情况

医院已制定了一系列辐射安全规章制度，具体见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	备注
1	辐射工作场所安全管理要求	已制定
2	辐射工作人员健康及个人剂量管理制度	已制定，应增加“辐射工作人员个人剂量档案应终生保存”，明确介入工作人员个人剂量计佩戴位置
3	辐射工作设备操作规程	已制定，需新增，并悬挂于辐射工作场所墙上
4	辐射工作人员岗位职责	已制定，应增加“辐射工作人员应参加培训、持证上岗”，需悬挂于辐射工作场所墙上
5	监测仪表使用与校验管理制度	已制定，应增加“监测仪表定期送检定或者比对”的相关内容
6	射线装置台账管理制度	已制定

7	分区管理制度	需制定
8	设备运行记录及档案保存制度	需制定
9	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定，应明确“受检者非照射部位所采取的辐射防护措施”
10	辐射安全防护设施维护维修制度	已制定，应明确维修后验收使用审批流程
11	辐射工作人员培训制度	已制定，应明确“所有从事放射诊疗类的工作人员和管理人员，参加辐射安全与防护培训班的学习。培训时间超过4年的辐射工作人员，需进行再培训”的相关内容。
12	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定，监测方案应包含既有辐射工作场所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。
13	辐射事故预防措施及应急处理预案	已制定，预案中应明确“应急物资的准备和应急责任人员、环保主管部门应急电话及射线装置发生事故时的辐射事故处理”的内容，需悬挂于辐射工作场所墙上。

其中《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。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，并且应根据国家发布的新的相关法规内容，结合公司实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

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。

一、工作场所监测

1、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《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、日常自我监测：定期自行监测（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自行监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1 次/月。

二、个人剂量检测

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片，监测周期为 1 次/季。

(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》（GBZ128-2016），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。

(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。公司应当将个人剂量档案保存终身。

三、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

(2) 监测范围：控制和监督区域及周围环境。

(3) 监测布点方案：

表 12-2 工作场所监测计划建议

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
C 臂机 (3号手术室)	X- γ 空气吸收 剂量率	委托有资质的单位监测， 频率为 1 次/年；自行开展 辐射监测，频率为 1 次/月	3 号手术室四周、医生进出防护门， 医护通道，污物通道

(4) 监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

(5) 监测范围：控制和监督区域及周围环境

(6) 监测质量保证：

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

测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度。

此外，建设单位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。

四、年度监测报告情况

建设单位应于每年 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。公司应按照《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》。公司必须在“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。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

一、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，建设单位需完善辐射事故应急预案。

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

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

（3）应急人员的培训；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

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

建设单位须按照环评要求制定应急预案，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，关闭进件门，同时向公司主管领导报告。

（2）建设单位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》，向当地环境保护主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

三、其他要求

（1）辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

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

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新增使用 C 臂机项目

建设单位：成都慈爱医院有限责任公司

建设性质：扩建

建设地点：成都市武侯区洗面桥街 17 号成都慈爱医院院内

本次具体建设内容及规模为：本项目拟在医院住院楼 6 层 3 号手术室新增使用 1 台 C 臂机（属于 II 类射线装置），其额定管电压 120kV、额定管电流 250mA，年诊疗病例 600 例，年曝光时间累计约 150h（拍片 25h，透视 125h），单台手术最长出束时间为 15min，曝光方向由下而上，主要用于介入手术，血管造影等。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目在医院内进行建设，在成都慈爱医院住院楼 6 层 3 号手术室内新增使用 1 台 C 臂机，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，运营对环境基本无影响，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

由监测结果可知，本项目机房所在地及周围室内的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值在 64.0~147.0nSv/h 之间，周围 γ 辐射剂量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取 1，则 3 号手术室周边环境的空气吸收剂量率为（75.1~109）nGy/h，与四川省生态环境厅《2019 年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围（76.8~163）nGy/h 基本一致。综上所述，本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

五、环境影响评价分析结论

（1）施工期环境影响分析

本项目对原有房间进行改造及室内装饰，基本不会造成原有房间的面积变化，工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响较小。

（2）营运期环境影响分析

严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量低于本次确定的5.0mSv剂量约束值；所致公众年剂量低于本次确定的0.1mSv剂量约束值。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

六、事故风险与防范

建设单位制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，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

建设单位现有环保设施配置较全，总体效能良好，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、辐射安全管理的综合能力

建设单位按照环评要求完善相关内容后，对本项目辐射设备和场所而言，其具备辐射安全管理的综合能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位成都慈爱医院有限责任公司在医院官网上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、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，本评价认为在成都慈爱医院有限责任公司住院楼6层3号手术室内新增使用1台C臂机项目，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十一、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		环保设施	数量
3 号 手术 室	辐射屏蔽措施	铅防护门（3mm 铅当量）	2 扇
		铅观察窗（3mm 铅当量）	1 扇
		东侧 240mm 砖墙+30mm 硫酸钡砂浆抹面， 南侧、西侧及北侧 370mm 混凝土+30mm 硫酸钡砂浆抹面	/
		地面及屋顶均 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡 砂浆抹面	/
	安全装置	工作状态指示灯箱	2 个
		电离辐射警告标志	2 个
		紧急止动装置	1 套
		门灯连锁装置	1 套
		对讲系统	1 套
		床下铅帘（机器自带、0.5mm 铅当量）	1 套
		悬吊铅帘（机器自带、0.5mm 铅当量）	1 套
	监测仪器及个人防 护用品	个人剂量计	8 套
		个人剂量报警仪	4 台
		便携式辐射监测仪	1 台
		铅衣、铅围脖、铅手套、铅防护眼镜（0.5mm 铅当量）	4 套（医护人员 使用）
		铅围裙、围脖、铅帽、铅屏风	1 套（患者使用）
		移动铅屏风	1 个
其他	通排风系统		1 套
	灭火器材		2 个
	辐射工作人员培训费		-
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》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

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

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态

环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

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

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

建议和要求

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、公司应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过 4 年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

3、每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估结果报送省生态环境厅和当地生态环境部门，安全和防护状况年度评估报告要按照《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》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）。

4、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

5、公司须重视控制区和监督区的管理。

6、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

7、公司今后在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>），对相关信息进行修改。

8、本次环评仅涉及射线装置及其工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

9、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（kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other）。

（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（调查）报告。

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

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

- ①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；
- ②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；
- ③验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

