核技术利用建设项目

四川省骨科医院
新增移动式 C 臂机使用项目
环境影响报告表

（公示本）

四川省骨科医院

2025 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

四川省骨科医院
新增移动式 C 臂机使用项目
环境影响报告表

建设单位名称：四川省骨科医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省成都市武侯区一环路西一段 132 号

邮政编码：610000　　联系人：*

电子邮箱：*　　联系电话：*

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">四川省骨科医院新增移动式 C 臂机使用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">四川省骨科医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>*</td><td>联系人</td><td>*</td><td>联系电话</td><td>*</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">四川省成都市武侯区一环路西一段 132 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">四川省成都市武侯区一环路西一段 132 号四川省骨科医院武侯院区第一住院大楼 3 层手术室 7</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>*</td><td>项目环保总投资（万元）</td><td>*</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>*</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☐改建 ☑扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐I类☐II类☐III类☐IV类☐V类</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐I类（医疗使用）☐II类☐III类☐IV类☐V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="4">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

项目概述

一、建设单位简介

四川省骨科医院（成都体育医院、成都运动创伤研究所，统一社会信用代码：12510000450751290T，以下简称 “医院”）始建于 1958 年，是中国第一所体育医院、中国第一所三级甲等中医骨科医院、全国中医医院中唯一一所经中国奥委会授予的“国家队运动员指定医院”，是四川省非物质文化遗产“郑氏骨科”唯一传承保护单位。

四川省骨科医院致力于建立专科实力最强的区域性骨伤专科医疗中心，打造中国中医运动医学中心、中西医结合老年骨科中心、中西医结合儿童骨科中心、中西医结合脊柱中心、微创中心、康复中心、保膝保髋中心、中国（中医）紧急医学救援实训基地，按照“一院两区一门诊”模式，精细化管理，科学化发展，努力建设布局合理、环境优

美、功能齐全、中医药特色突出、技术和服务俱佳的精品专科医院。

二、任务由来

为满足日益增长的诊疗需求，四川省骨科医院拟在武侯院区第一住院大楼（已建，地上 15 层，地下 2 层）3 层手术区 7 号手术室内新增使用 1 台 Ziehm Vision RFD 3D 型移动式 C 臂机，该设备最大管电压为 120kV，最大管电流为 250mA，根据该设备使用说明书，该移动式 C 臂机具备有“心血管、外周血管等介入造影”等功能，对照《关于发布<射线装置分类>办法的公告》（2017 年 12 月 5 日起施行）本次新增的移动式 C 臂机属于II类射线装置。

三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位须对本项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中**“使用II类射线装置的”**应编制环境影响报告表。并根据四川省生态环境厅《关于优化调整建设项目环境影响评价文件审批权限的公告》（2023 年第 7 号文），本项目应报成都市生态环境局审查批准，并在取得环评批复后及时办理辐射安全许可证增项。

为此，四川省骨科医院委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书详见附件 1）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

四川省骨科医院新增移动式 C 臂机使用项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：

（一）对新增移动式 C 臂机使用项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。

（二）对项目拟建地址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。

（三）提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。

（四）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

四、项目概况

项目名称：四川省骨科医院新增移动式 C 臂机使用项目

建设单位：四川省骨科医院

建设性质：扩建

建设地点：四川省成都市武侯区一环路西一段 132 号医院内第一住院大楼 3 层

（一）建设内容与规模

本项目拟于四川省骨科医院第一住院大楼（已建，地上 15 层，地下 2 层）3 层手术区内 7 号手术室新增使用 1 台 Ziehm Vision RFD 3D 型移动式 C 臂机，该设备最大管电压为 120kV，最大管电流为 250mA，属II类射线装置。根据医院初步规划用于介入手术约 700 台/年，年出束时间累计约 186.7h（包含透视约 175h/a 及拍片时间约 11.7h/a），常用出束方向由下而上，主要用于介入诊断治疗。

本项目 7 号手术室的室内有效使用面积为 27.56m^2，机房净空尺寸为长 5.3m×宽 5.2m×高 4.6m，其四周墙体均为轻钢龙骨+2mm 铅当量铅板；顶部为 130mm 混凝土楼板+20mm 硫酸钡水泥（约 2.74mm 铅当量）；底部为 120mm 混凝土楼板+15mm 硫酸钡板（约 2.44mm 铅当量）；防护门共 2 扇（患者进出防护门和污物门），均为 2mm 铅当量铅防护门（所有铅防护门上均设置有 2mm 铅当量的铅玻璃观察窗）。

根据现场勘查，四川省骨科医院新增移动式 C 臂机使用项目 7 号手术室属已有机房，机房防护工程机内部装修已完成，拟新增移动式 C 臂机设备未采购及安装。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 新增移动式 C 臂机使用项目情况一览表

序号	名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	类别	工作场所名称	使用情况	备注
1	移动式 C 臂机	Ziehm Vision RFD 3D	1 台	120kV	250mA	II类	武侯院区第一住院大楼三层 7 号手术室	拟购	本次环评

（二）项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	设备名称数量	移动式 C 臂机，1 台，型号：Ziehm Vision RFD 3D	已有机房不存在施工期，仅设备的包装废弃物	X 射线、臭氧及氮氧化物、医疗废物、噪声、生活污水、生活垃圾
	管理类别	II类射线装置		
	使用场所	武侯院区第一住院大楼三层 7 号手术室		
	机房尺寸	7 号手术室的室内有效使用面积为 27.56m^2，机房净空尺寸为长 5.3m×宽 5.2m×高 4.6m		
	屏蔽体结构	手术室四周墙体均为轻钢龙骨+2mm 铅当量铅板；顶部为 130mm 混凝土楼板+20mm 硫酸钡水泥（约 2.74mm 铅当量）；底部为 120mm 混凝土楼板+15mm 硫酸钡板（约 2.44mm 铅当量）；防护门共 2 扇，均为 2mm 铅当量铅防护门（铅防护门上均设置有 2mm 铅当量的铅玻璃观察窗）。		
	年出束时间	年出束时间累计约 186.7h（包含透视约 175h/a 及拍片时间约 11.7h/a）		
辅助工程	依托已有通排风系统、给排水设施等			
环保设施	废气处理：手术室顶内设置通排风系统，手术室产生的臭氧及氮氧化物由排风装置通过排风管道统一抽排至第一住院大楼室外排放。			
	废水处理：本项目产生的医疗废水及生活污水依托医院原有污水处理站处理，该污水处理站采用“格栅+水解酸化/生物接触氧化+沉淀+次氯酸钠消毒”工艺，设计处理能力约为 450m^3/d，医院废水经地埋式污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 中预处理标准经市政污水管网进入成都市第三再生水厂进行处理后排入锦江，该污水处理设施处理能力能够满足生活污水及医疗废水的排放需求。			
	固体废物：主要为介入手术时产生的医疗废物，拟采用专门的收集容器统一收集暂存于手术室南侧已有污物暂存间内，定期转移至医院内医疗废物暂存间内并交由有资质单位定期统一收集、处置；本项目产生的生活垃圾及办公垃圾分类收集后，暂存至医院生活垃圾临时贮存点，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。			
公用工程	依托医院已有的给排水、供电及通风系统等配套设施。		\	\
办公设施	依托医院第一住院大楼已有的医生办公室		\	生活垃圾 生活废水

（三）项目依托工程

1、依托办公设施：

依托医院第一住院大楼已有的医生办公室。

2、依托环保设施：

（1）本项目产生的医疗废水及生活污水依托医院原有污水处理站处理，该污水处理站采用“格栅+水解酸化/生物接触氧化+沉淀+次氯酸钠消毒”工艺，设计处理能力约为 450m^3/d，医院废水经地埋式污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 中预处理标准经市政污水管网进入成都市第三再生水厂进行处理后排入锦江，该污水处理设施处理能力能够满足生活污水及医疗废水的排放需求。

（2）本项目手术室已设置 1 套通排风装置，手术室产生的臭氧及氮氧化物经室内排风口经排风管道引至室外排放。

（3）本项目产生的固体废物主要为介入手术时产生的医用器具、药棉、纱布、废造影剂及废造影剂瓶等医疗废物，拟采用专门的收集容器统一收集暂存于手术区的污物暂存间内，定期转移至医院内医疗废物暂存间内并交由有资质单位定期统一收集、处置；本项目产生的生活垃圾及办公垃圾分类收集后，暂存至医院已建设的生活垃圾临时贮存点，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

（四）主要原辅材料

本项目拟使用的造影剂碘佛醇注射液规格为 50mL/瓶，平均每台介入手术约使用 2 瓶，年使用量约为 70L（每年 700 台手术，每年使用 1400 瓶）。药品由医院统一采购，常温储存，造影剂钥匙交由专人保管，使用后的废包装物按医疗废物处置。

（五）人员配置及工作负荷

1、人员配置

根据医院规划，本项目拟配备辐射工作人员 8 名，均为医院现有辐射工作人员。

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，每天工作 8 小时。

根据本项目投运后，医院计划持续引进技术熟练的医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

2、工作负荷

根据医院规划，本项目移动式 C 臂机设备年工作量预估约 700 台，不同介入手术的平均透视模式运行时间约 10min~15min/台，不同介入手术的平均拍片模式运行时间均不超过 1min，故本项目保守考虑单台介入手术平均透视模式运行 15min，拍片模式运行 1min，则本项目移动式 C 臂机设备年出束时间为 186.7h（包含透视约 175h/a 及拍

片时间约 11.7h/a）。本项移动式 C 臂机年工作负荷见表 1-3。

表 1-3 本项目移动式 C 臂机工作负荷统计表

工作场所	工作模式	单台出束时间（min/台）	年工作量（台）	年累计出束时间（h/a）
7 号手术室	透视	15	700	175.0
	拍片	1		11.7

本项目拟配置 8 名辐射工作人员，共分为 2 组，每组 4 名辐射工作人员（其中医生 2 名，护士 1 名，技师 1 名），各组人员不交叉。本项目每台手术最少由 2 名医生和 1 名护士配合，手术医生及护士透视模式运行时位于手术室内，拍片模式运行时位于控制室内，技师位于控制室内进行隔室操作。

五、项目周边保护目标以及场址选址情况

1、四川省骨科医院武侯院区外环境关系

四川省骨科医院武侯院区位于成都市武侯区一环路西一段 132 号（地理位置示意详见附图 1），医院属医疗卫生用地（详见附件 2），其东侧院界外依次为一环路西段、成都爱尔眼科医院及成都千禧大酒店（距院界约 30m）等；南侧院界外为大石西一街 2 号小区及中铁二院置业索尔国际；西侧院界外为每日大厦、大石西路 3 号院及 5 号院；北侧院界外依次为大石西路及临街商铺（距院界约 30m）。四川省骨科医院外环境关系示意图及总平面示意详见附图 2~3。

四川省骨科医院于 2021 年完成《四川省骨科医院扩建项目环境影响报告表》的环境影响评价并取得成都市武侯生态环境局该项目批复（成武环审〔2021〕22 号，详见附件 3），医院整体项目选址合理性已在上述环评文件中进行了论述。从医院周边外环境关系可知，医院周边规划为市政道路及居民区，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

本项目建设位于院内，不新增用地，医院综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，拟将本项目建于院内第一住院大楼 3 层手术区内 7 号手术室，避开了人流量较大的门诊区域，减少了对公众的不必要照射。

2、辐射工作场所外环境关系

本项目拟建于医院武侯院区院内第一住院大楼 3 层手术区，第一住院大楼位于医院东南部，其东侧、南侧及西侧均为院内道路及绿化，西南侧为院内道路及食堂，北侧为第二住院大楼。医院平面布局示意图见附图 3。

本项目 7 号手术室位于第一住院大楼 3 层手术区东部，其东侧 50m 评价范围内依次为污物走廊、院内室外道路及一环路西段道路部分区域；南侧 50m 评价范围内依次为 4 号、5 号及 6 号手术室等手术室区域、室外道路、食堂部分区域及中铁二院置业索尔国际部分区域；西侧 50m 评价范围内依次为洁净走廊、9 号和 10 号手术室、换车消毒、药品及一次性用品库、更衣室等手术室区域、室外道路及绿化；北侧 50m 评价范围内依次为等 8 号手术室、前室、家属等候及电梯厅等手术室区域、第二住院大楼部分区域及门诊楼部分区域；正上方为库房；正下方为第一住院大楼一层门厅（门厅高度贯穿 1 层~2 层）。详见附图 4。

本项目建设位于医院院内，不新增用地，辐射工作场所具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员及公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

六、项目产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1 条“医疗卫生服务设施建设”，本项目产生的电离辐射经屏蔽体防护及距离衰减后，其所致的周围职业人员和公众的年剂量符合本次评价所确定的剂量约束值要求。因此，本项目属于国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家有关法律法规和现行国家产业政策。

七、实践正当性与利益代价分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当性的。

四川省骨科医院新增移动式 C 臂机使用项目的目的是对病人进行介入诊断治疗。对辐射工作人员和公众的外照射引起的年有效剂量低于根据最优化原则设置的项目剂量约束值，在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

八、项目单位核技术应用现状

（一）核技术应用现状

四川省骨科医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，许可种类和范围为：使用II类、III 类射线装置。辐射安全许可证正副本见详见附件 4。

（二）医院辐射安全管理现状

四川省骨科医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关辐射防护法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施的运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	移动式 C 臂机	II	1	Ziehm Vision RFD 3D	120	250	介入诊断治疗	第一住院大楼 3 层 7 号手术室	本次环评

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧及氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	排风装置通过排风管道统一抽排至第一住院大楼楼顶室外排放，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气，对环境影响较小
介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料	固态	/	/	约 50kg	约 600kg	/	拟采用专门的收集容器统一收集暂存于 7 号手术室南侧污物暂存间内，定期转移至医院内医疗废物暂存间内。	定期委托有资质单位进行处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）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年修正版），2018年12月29日发布施行； （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）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》，生态环境部第16号令，自2021年1月1日起施行； （7）《关于发布<射线装置分类>办法的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告2017年第66号，2017年12月5日起施行； （8）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展和改革委员会2024年令第7号）2024年2月1日起施行； （9）《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施； （10）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行； （11）《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； （12）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021年修改，生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行。
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （2）《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）； （3）《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）； （4）《声环境质量标准》（GB 3096-2008）； （5）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）；

	（6）《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）； （7）《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）； （8）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）； （9）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （10）《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）； （11）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； （12）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （13）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （14）《职业性外照射个人监测规范》 （GBZ 128-2019）； （15）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）。
其他	（1）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行； （2）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019 年第39号，2019年11月1日起启用； （3）《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； （4）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行； （5）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号），2016 年 3 月 7 日起施行； （6）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； （7）生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序； （8）《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）； （9）《辐射防护手册》（第三分册—辐射安全，原子能出版社，1987）； （10）《辐射防护导论》（原子能出版社，1988）； （11）工程设计图纸及相关技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点并参照《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》（HJ 10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：**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**”；确定本项目所在 7 号手术室实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内为评价范围，详见附图 3。

保护目标

本项目 7 号手术室实体屏蔽墙体外 50m 评价范围除东侧及南侧部分区域位于医院院界外，其余范围均位于医院院界内，评价范围内的辐射环境保护目标为医院辐射工作人员、院内其他医护人员、病患、陪同家属及院内及院外公众，详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内敏感保护目标情况一览表

保护目标		7 号手术室周围方位及位置	与屏蔽体最近距离		规模	剂量约束值
			水平	垂直		
院内	职业人员	手术室内第一术者位、第二术者位及护士	手术室内	/	8 人	5mSv/a
	其他医护人员、病患、陪同家属等公众	东侧污物走廊及院内室外道路	紧邻	/	约 20 人	0.1 mSv/a
		南侧 4 号、5 号及 6 号手术室等手术室区域	紧邻	/	约 20 人	
		南侧室外道路	31.6m	/	约 20 人	
		西南侧食堂部分区域	36m	/	约 50 人	
		西侧洁净走廊、9 号和 10 号手术室、换车消毒、药品及一次性用品库、更衣室等手术室区域	紧邻	/	约 20 人	
		西侧室外道路及绿化	20.8m	/	约 50 人	
		北侧 8 号手术室、前室、家属等候及电梯厅等手术室区域	紧邻	/	约 20 人	
		北侧第二住院大楼部分区域	18.8m	/	约 100 人	
		北侧门诊楼部分区域	31m	/	约 100 人	
		正上方 4 层仓库	紧邻	/	约 4 人	
		上方第一住院大楼 5 层~屋面	/	3.6m	约 200 人	
		正下方第一住院大楼一层门厅~负 2 层	/	8.1m	约 20 人	
院外	公众	东侧一环路西段道路部分区域	27.6m	/	约 50 人	
		南侧中铁二院置业索尔国际部分区域	41m	/	约 50 人	

注：第一住院大楼门厅高度贯穿 1 层~2 层，7 号手术室正下方为门厅上空，手术室地面标高 8.1m。

评价标准

一、执行标准

本项目执行标准如下：

（一）环境质量标准

1、地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）III类标准；

2、环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准；

3、声环境：执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准。

（二）污染物排放标准

1、废水：医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 排放标准。

2、废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准。

3、噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011），营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准。

4、辐射：执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的相关规定。

5、废物：医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707-2020）相关规定。

（三）其他标准按照国家有关规定执行。

二、辐射环境评价标准

（一）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：

工作人员职业照射和公众照射剂量限值（摘录部分）

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 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，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，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。

（二）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

6.1.5 除床旁拍片设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和改建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

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
单管头 X 射线机（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
d.机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积		

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

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 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

6.5.3 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。

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		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、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	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：“—”表示不需要求。				

三、辐射环境评价标准限值

（一）电离辐射剂量限值和剂量约束值

1、职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。结合医院已有的核技术利用项目综合取医院辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a；从事介入操作的辐射工作人员四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为 125mSv。

2、公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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。结合医院已有的核技术利用项目综合取公众个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

（二）工作场所控制剂量率

移动式 C 臂机工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）有关规定：“6.3.1 a）具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间”。本项目距手术室墙体、门、观察窗表面外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 处、地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处的辐射剂量率目标控制值均为 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

（一）四川省骨科医院武侯院区外环境关系

四川省骨科医院武侯院区位于成都市武侯区一环路西一段 132 号，其东侧院界外依次为一环路西段、成都爱尔眼科医院及成都千禧大酒店（距院界约 30m）；南侧院界外为大石西一街 2 号小区及中铁二院置业索尔国际；西侧院界外为成都广播电视台、大石西路 3 号院及 5 号院；北侧院界外依次为大石西路及临街商铺（距院界约 30m）。四川省骨科医院武侯院区地理位置示意图、外环境关系示意图及总平面示意图见附图 1~附图 3。

（二）辐射工作场所外环境关系

本项目拟建于医院武侯院区院内第一住院大楼，第一住院大楼位于医院东南部，其东侧、南侧及西侧均为院内道路及绿化，西南侧为院内道路及食堂，北侧为第二住院大楼及门诊楼。医院平面布局示意图见附图 3。

本项目 7 号手术室位于第一住院大楼 3 层东部，其东侧 50m 评价范围内依次为污物走廊、院内室外道路及一环路西段道路部分区域；南侧 50m 评价范围内依次为 4 号、5 号及 6 号手术室等手术室区域、室外道路、食堂部分区域及中铁二院置业索尔国际部分区域；西侧 50m 评价范围内依次为洁净走廊、换车消毒、药品及一次性用品库、更衣室等手术室区域、室外道路及绿化；北侧 50m 评价范围内依次为等 8 号手术室、前室、家属等候及电梯厅等手术室区域、第二住院大楼部分区域及门诊楼部分区域；正上方为库房；正下方为第一住院大楼一层门厅（门厅高度贯穿 1 层~2 层）。本项目第一住院大楼 2 层~4 层平面布局图见附图 4~附图 6。

本项目拟建址现状周边环境现状见图 8-1~图 8-8。

图 8-1　本项目第一住院大楼

图 8-2　7 号手术室现状（3F）

图 8-3 手术室东侧污物通道

图 8-4　手术室南侧 6 号手术室

图 8-5 手术室西侧洁净走廊

图 8-6 手术室北侧 8 号手术室

图 8-7 手术室正上方（4F）

图 8-8 手术室正下方（1F 门厅）

二、辐射环境现状评价

（一）监测项目和监测方法

1、本项目所在地辐射环境现状监测

本项目为使用II类射线装置，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水环境、地下水环境及声环境影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水环境质量、地下水环境质量和声环境质量进行监测评价，重点对评价区域的辐射环境现状进行了监测及评价。

为掌握项目所在地辐射环境现状，南京瑞森辐射技术有限公司委托四川瑞迪森检测技术有限公司于 2025 年 4 月 25 日按照标准规范对本项目 7 号手术室及周边环境进行了环境 γ 辐射剂量率的布点监测，监测报告见附件 5。其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

监测日期：2025 年 4 月 25 日

天气：多云

温度：19℃

湿度：（72~78）%RH

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法及来源	备注
环境 γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标

监测使用仪器见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			
	仪器名称	仪器编号	主要技术指标	校准因子
环境 γ 辐射剂量率	环境监测用 X、γ 吸收剂量率仪（BG9511）	SCRDS-067	能量范围：35keV～3MeV 剂量率范围：0.01～600μGy/h 校准证书编号：2025H21-10-5840177001 校准有效期限：2025.04.10~2026.04.09	1

2、质量保证措施

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，每次监测必须在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测布点：本项目拟建址及其周围环境进行布点监测。

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。

质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等的要求，实施全过程质量控制。监测人员均经过考核并持有合格证书，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过核查，监测报告实行三级审核。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器，一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。由监测设备校准证书可知，设备使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，故空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）取 1.20Sv/Gy。

3、参考标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考成都市生态环境局《2023 成都生态环境质量公报》中成都市环境 γ 辐射剂量率年均值范围：（67.0~119）nGy/h。

4、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；测量方法按国家标准方法实施；测量数据符合统计学要求；布点合理，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：

表 8-3 本项目拟建址及其周围辐射环境 γ 辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果（nGy/h）	备注
1	拟建址东侧		室内
2	拟建址南侧		室内
3	拟建址西侧		室内
4	拟建址北侧		室内
5	拟建址北侧		室内
6	拟建址内		室内
7	拟建址上方		室内

8	拟建址下方		室内
9	拟建址东侧室外入口处广场		室外
10	拟建址南侧室外道路		室外
11	拟建址西南侧食堂		室内
12	拟建址西侧绿化广场		室内
13	拟建址北侧第二住院大楼		室内
14	拟建址北侧门诊大楼		室外
15	拟建址东北侧发热门诊		室外
16	拟建址东侧室外道路		室外
17	拟建址南侧索尔国际		室外

注：1.测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2.检测点位见图 8-9。

图 8-9 本项目拟建址现场检测点位示意图

由表 8-3 可知，本项目拟建址及其周围环境 γ 辐射剂量率与成都市生态环境局《2023 成都生态环境质量公报》中成都市环境 γ 辐射剂量率年均值范围：（67.0~119）nGy/h 基本一致，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

工程设备与工艺分析

一、施工期工艺分析

（一）土建装修施工阶段

本项目 7 号手术室为第一住院大楼 3 层手术部预留机房，机房主体工程及墙体装饰均已完成，不存在施工期的环境影响。

（二）设备安装调试阶段

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置安装及调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

本项目手术室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，射线装置的安装和调试均在机房内进行，机房内移动式 C 臂机设备正常安装和调试，经机房墙体、门屏蔽防护后，机房边界周围剂量率控制水平满足相关标准要求，对环境影响较小。

二、营运期工艺分析

（一）工程设备

本项目拟于四川省骨科医院第一住院大楼 3 层东部 7 号手术室内新增使用 1 台 Ziehm Vision RFD 3D 型移动式 C 臂机，该设备最大管电压为 120kV，最大管电流为 250mA，主要用于介入诊断治疗。

Ziehm Vision RFD 3D 型移动式 C 臂机主要由 X 射线源组件（组合机头包括高压发生器、X 射线管组件、X 射线管和限束器）、数字平板探测器、滤线栅、图像处理系统、监视器、外接监视器、控制屏、脚踏开关、远程控制系统、移动 C 臂支撑架、显示器台车等组成。

Ziehm Vision RFD 3D 型移动式 C 臂机外观图见图 9-1。

图 9-1 Ziehm Vision RFD 3D 型移动式 C 臂机设备外观图

本项目拟配备的移动式 C 臂机设备技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目移动式 C 臂机主要设备技术参数

项目名称	技术参数
型号	Ziehm Vision RFD 3D 型
位置	第一住院大楼三层 7 号手术室
额定管电压	120kV
额定管电流	250mA
常用管电压	70~80kV

（二）工作原理

C 形臂 X 射线机是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其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。通过数字减影血管造影系统处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

（三）操作流程及产污环节

C 形臂 X 射线机的诊断治疗流程及产污图见图 9-2：

图 9-2　C 形臂 X 射线机诊断与介入手术流程及产污环节示意图

1、C 形臂 X 射线机摄影检查

摄影检查：C 形臂 X 射线机检查采用隔室操作方式， 通过控制 C 形臂 X 射线机的 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 形臂 X 射线机介入治疗

介入治疗：近台同室操作方式。通过控制 C 形臂 X 射线机的 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，第一手术操作位医生位于铅屏后身着铅服、戴铅眼镜等在手术室内对病人进行直接的手术操作，距离主射线束距离约为 0.5m；第二手术位的医生身着铅服、戴铅眼镜，距离主射线束约为 1m；护士身着铅服在医生旁边辅助，距离主射线束约为 1.2m。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 形臂 X 射线机的 X 线系统进行透视（C 形臂 X 射线机的 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、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜等）。

3、产污环节：C 形臂 X 射线机设备在出束时产生 X 射线，机房内的空气在电离

辐射作用下产生臭氧及氮氧化物等气体。

（四）手术室人流及物流路径规划

1、患者路径：本项目患者通过手术区专用的患者通道换车后进入手术洁净区，随后经 7 号手术室患者进出防护门进入手术室内接受治疗。

2、工作人员路径：本项目辐射工作人员经更衣室进入手术区，经内部洁净走廊至 7 号手术室。拍片时，医护人员对患者摆位后离开机房，关闭铅门，通过遥控器进行曝光，介入手术医生与技师均位于机房门外进行隔室操作；床旁手术时，介入手术医生根据操作需求，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。

3、污物路径：本项目产生的医疗废物，经手术室东侧污物门及污物走廊，转移至手术区内污物暂存间暂存。

上述人流及物流路径详见图 9-3。

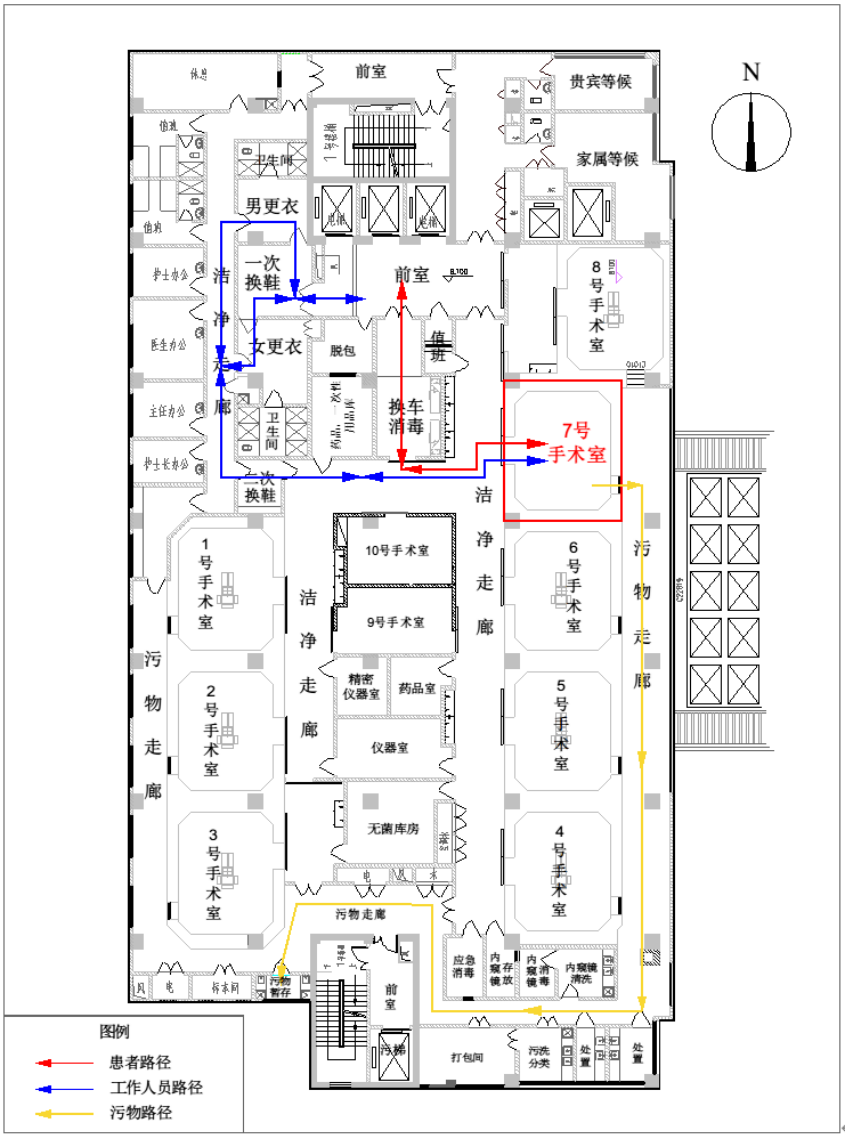


图 9-3 本项目 7 号手术室人流及物流路径示意图

污染源项描述

一、电离辐射

C 臂机在工作状态下会发出 X 射线，设备产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。在开机出束期间，X 射线是主要污染因子。辐射场中的 X 射线包括有用线束（主束）、漏射线和散射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

（一）有用线束

本项目移动式 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%。本项目移动式 C 臂机（Ziehm Vision RFD 3D 型）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，通常透射模式下管电压在 60~80kV、管电流在 5~20mA，摄影模式下管电压在 60~80kV、管电流在 90~100mA。根据医院提供信息，本项目隔室拍片时设备的最大运行工况约为 80kV/100mA；在透视时设备的最大运行工况为 80kV/20mA。

根据医院提供信息，本项目移动式 C 臂机总过滤为：≥4.3 mm 铝等效，包含铜≥0.1 mm，根据《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c（不同管电压对应的 X 射线照射量率）内容，图 4.4c 未给出 4.3mmAl 过滤片对应参数，故本项目保守取 3mmAl 过滤条件下对应的 X 射线照射量率，即当管电压为 80kV（最大运行工况）时，查得 X 射线在 1m 处的照射量率为 $0.5R\cdot mA^{-1}\cdot min^{-1}$。

（二）泄漏射线

根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h。

（三）散射线

本项目移动式 C 臂机的散射线主要考虑有用线束照射到受检者人体产生的侧向散射线，其强度与有用线束的 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射面积和距离等有关。

二、废水

本项目辐射工作人员及患者会产生少量生活污水及医疗废水。

三、废气

本项目设备在开机出束时，机房内空气在电离辐射作用下产生臭氧及氮氧化物等。

四、废物

本项目介入手术时会产生的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂及废造影剂瓶等医疗废物；辐射工作人员工作中会产生的少量的生活垃圾和办公垃圾。

五、噪声

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声主要为排风装置的风机及空调噪声，且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准要求。

六、造影剂的存储、泄漏风险

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

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作区域布局管理

（一）工作场所布局合理性

本项目 7 号手术室位于第一住院大楼 3 层手术部东部，其东侧为污物走廊，南侧为 6 号手术室，西侧为洁净走廊，北侧为 8 号手术室及其缓冲间，正上方为仓库，正下方为门厅。本项目 7 号手术室的室内有效使用面积为 27.56m^2，机房净空尺寸为长 5.3m×宽 5.2m×高 4.6m，其机房面积及单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中“表 2　X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度”要求。

由 7 号手术室平面布局可知，该射线装置有独立的机房，机房位于 3 楼的手术部，限制了无关人员进入（仅允许手术相关人员进入），人流量较少，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、防护门窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能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根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，位于第一住院大楼 3 层手术部，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区，同时兼顾了病人就诊的方便性。

综上分析，本项目 7 号手术室平面布局满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等相关标准要求，布局合理。

（二）两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下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范围。

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

2、控制区与监督区的划分

（1）区域划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1 及图 10-1。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
7 号手术室	7 号手术室内	手术室患者进出防护门外 2m 范围区域、污物门外 1m 范围区域
备注	控制区内禁止无关人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量减小在控制区内停留时间，以减少不必要的照射。	监督区范围内应限制无关人员进入。

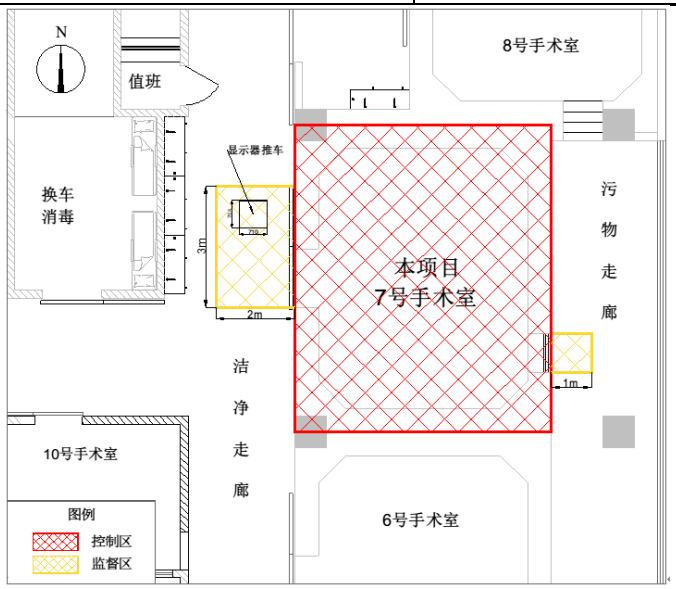
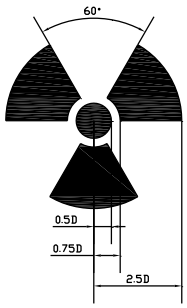


图 10-1 本项目 7 号手术室辐射防护分区示意图

（2）控制区的防护手段与安全措施：

①以红线警示监督区的边界，在病人至机房内防护门外、污物门外及其他醒目的位置设置“当心电离辐射”警告标志。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》（GB 18871-2002）附录 F 要求如图 10-2。



a.电离辐射标志

b.当心电离辐射警告标志

图 10-2 当心电离辐射警告标志

②制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；

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）限制人员进、出控制区；

④定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

（3）监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界，并在醒目的位置设置“当心电离辐射”警告标志，如图 10-2 所示；

②在监督区的入口处的门口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、辐射安全及防护措施

（一）机房屏蔽措施

本项目 DSA 手术室屏蔽设计见表 10-2。

表 10-2 本项目 DSA 手术室防护屏蔽设计一览表

场所	屏蔽防护设计	屏蔽设计参数（厚度及材质）	等效铅当量
7 号手术室	四周墙体		2mm 铅当量
	顶部		约 2.74mm 铅当量
	地面		约 2.44mm 铅当量
	防护门		2mm 铅当量

（二）设备固有安全性

本项目 C 臂机购置于正规厂家，满足国家质检要求，装置泄漏辐射不会超过国家规定的限值。

此外设备自身采取以下安全防护措施：

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铜过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用场所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

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时并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

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

6、远程遥控：本项目移动式 C 臂机配置有无线控制系统，可以实现一定距离无线控制，按下控制按钮后可控制设备进行远程曝光。

7、正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设施无误时，才能由“启动”键启动照射；同时床体上设置有“紧急停机开关”按钮，一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

（三）安全装置

1、电离辐射警告标志

7 号手术室各入口处已设置有“当心电离辐射”警告标志，详见图 10-3。

2、工作状态指示灯及门灯联动装置

7 号手术室防护门上方拟设置工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，且工作状态指示灯和与机房相通的门能有效联动，防护门关闭的情况下，工作状态指示灯才亮。

3、防护门安全装置

本项目 DSA7 号手术室患者进出防护门为电动平移门，防护门设有自动闭门装置且自带防夹装置。闭门装置位于防护门上方，防夹装置设置于门洞两侧。

4、急停按钮

C 臂机设备自带 2 个急停按钮（1 个位于 C 臂系统，1 个位于显示器推车控制面

板），按钮与 X 射线系统连接。出现紧急情况下，按下急停按钮，即可停止 X 射线系统出束。

5、防护门上观察窗

本项目手术室医护人员进出防护门上方设有铅观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开闭情况，如图 10-4 所示。

6、个人防护用品

医院拟为本次 C 臂机项目工作人员配备的辐射防护装置及个人防护用品主要有铅橡胶围裙、铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套、剂量报警仪、个人剂量计等，医院拟购置的介入防护手套防护能力不低于 0.025mm 铅当量外，其余防护用品防护能力均不低于 0.5mm 铅当量。本项目手术室床旁自带一套 0.5mmPb 床侧防护帘（如图 10-5 所示），本次拟于手术室内配置一副不低于 0.5mm 铅当量的移动铅屏风（或铅悬挂防护屏，如图 10-6 所示），能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量。

7、人员监护

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）“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（每名介入手术医生需配备 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，定期安排其在有相应资质医院体检，检测结果存入个人剂量档案。

8、规章制度

建设单位应完善并落实射线装置相关的安全使用制度、管理制度，从事辐射工作的医务人员均须参加放射工作的培训与辐射安全培训考核。医务人员在操作过程中遵守以上制度，严格按操作程序，避免发生事故。

三、人员的安全防护

介入手术需要长时间的透视和大量的拍片，对患者和医务人员来说辐射剂量较高，因此在评估介入手术的效应和操作时，其辐射损伤必须要加以考虑。由于需要医务人员在机房内，X 射线管工作时产生的散射线对医务人员有较大影响，根据辐射防护“三原则”，医院还应在以下方面加强对介入手术的防护工作：

（一）辐射工作人员的安全防护

1、源项控制

在满足治疗要求的前提下，针对不同病人制定最优化的治疗方案，选择能达到治疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化，并通过设备的可调限束装置进行参数设置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射，避免不必要的照射。

2、屏蔽防护

隔室操作：放射技师采取隔室操作方式，通过控制室与机房之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽 X 射线，以减弱或消除射线对人体的危害。

临床介入手术时，介入医生需站在 C 臂机床边操作，操作人员除个人防护用品（铅橡胶围裙、铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜及介入防护手套等）外，应着重考虑设备操作侧的屏蔽，该屏蔽要做到既不影响操作者的操作，又能达到防护目的，且能消毒。本项目手术室床旁自带一套床侧防护帘（0.5mmPb），本次拟于手术室内配置一副不低于 0.5mm 铅当量的移动铅屏风（或铅悬挂防护屏），能够有效降低介入手术医务人员的吸收剂量。

3、时间防护

在满足治疗要求的前提下，在每次使用射线装置进行治疗之前，根据治疗要求和患者实际情况制定最优化的治疗方案，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，减少工作人员的受照时间，也避免患者受到额外剂量的照射。另外，对从事介入手术的医生和护士应采取分组制，以避免某一工作人员因长时间操作所致剂量超标。

4、距离防护

操作中减少透视时间和减少拍片的次数可以显著降低工作人员的辐射剂量，介入人员在操作时应尽量远离检查床。

5、个人剂量监测

本项目辐射工作人员应开展个人剂量监测，医院应结合个人剂量监测的数据采取措施，控制和减少工作人员的受照剂量。本项目辐射工作人员均应配备有个人剂量计（介入手术的医生需配备 2 套个人剂量计），并要求在工作期间必须佩戴。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，监测结果存入个人剂量档案。

（二）患者和陪检者的安全防护

医院拟为患者配有防护围裙或方巾等防护用品（其防护铅当量不低于 0.5mm），用于患者非照射部位的防护。为陪检者至少配备铅三角巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等，以避免受检者受到不必要的照射。此外，在不影响治疗效果的前提下，保持患者与射线装置靶源尽可能远的距离。

（三）手术室周边公众的安全防护

本项目手术室周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和楼板等实体屏蔽设施屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，禁止无关人员进入控制区，限制无关人员进入监督区；在病员进出防护门外、医护人员进出防护门及污物走廊防护门外醒目的位置设置 “当心电离辐射”警告标志；以增加公众与射线源之间的距离，避免受到不必要的照射。

（四）其他

1、一般说来，降低患者剂量的措施可以同时降低工作人员的辐射剂量，应加强对介入人员的培训，包括放射防护的培训，参与介入的人员应该技术熟练、动作迅速，以减少患者和介入人员的剂量。

2、引入的移动式 C 臂机及配套设备必须符合国际的或者国家的标准，满足各种特殊操作的要求，其性能必须与操作性质相符合；设备应该常规调节到满足低剂量的有效范围内，并尽可能提高图像质量。

3、介入人员应该结合移动式 C 臂机设备的特点，了解一些降低剂量的方法，比如脉冲透视、优化滤线器、除滤线栅、图像处理、低剂量透视等方法。

4、加强移动式 C 臂机设备的质量保证工作，设备的球管与发生器、透视和数字成像的性能以及其它相关设备应该定期进行检测。

本项目 7 号手术室辐射安全与防护设施布置图如图 10-7 所示。

图 10-7 本项目 7 号手术室辐射安全与防护设施布置图

四、监测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展放射诊断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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

表 10-3 个人防护用品和辅助防护设置配置符合性

项目	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目拟采取措施
新增移动式 C	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套；选配：铅橡胶帽子	拟配备铅橡胶围裙、铅衣、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子各 3 套，介入防

臂机使用项目				护手套 1 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	手术室床旁自带一套床侧防护帘（0.5mmPb），拟配备一副 0.5mmPb 移动铅屏风（或铅悬挂防护屏）
	受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套；选配：铅橡胶帽子	铅橡胶围裙、铅橡胶围脖、铅橡胶帽子及铅方巾 1 套

注：*本项目手术室床旁自带一套床侧防护帘（0.5mmPb），由于本次新增的移动式 C 臂机具备介入功能，但与常规的介入设备不同，该移动式 C 臂机设备不自带铅帘，医院综合考虑拟配备一副移动式铅屏风（或铅悬挂防护屏）作为辅助防护设施。

医院拟为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅衣、铅防护眼镜（本项目不低于 0.5mm 铅当量）、介入防护手套（不低于 0.025mm 铅当量）等个人防护用品（具体配备情况见表 10-3）；辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计，以监测累积受照情况；并将按相关要求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。医院后期若对儿童进行介入手术，应为儿童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。

五、辐射工作场所安防措施

为确保本项目射线装置的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-4。

表 10-4 辐射工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
7 号手术室	防盗和防破坏	①手术室及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划入重点区域，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，一旦发生盗窃事件，并立即向公安机关报案；③机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①本项目所使用的移动式 C 臂机购置于正规厂家，出厂时设备的杂散辐射和泄漏辐射不会超过国家规定的限值；②本项目机房已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，设备在使用过程产生的泄漏辐射较少，按照设计和环评要求进行落实，对周围环境影响较小。

六、辐射安全防护设施对照分析

根据《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》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），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）要求			拟设置情况	备注
屏蔽防护措施	有用线束方向铅当量不小于 2mm				满足
	非有用线束方向铅当量不小于 2mm				
面积	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。				满足
X 射线设备工作场所防护	机房应设观察窗或摄像监控装置，其设置位置应便于观察受检者状态及防护门开闭情况。				满足
	机房内不应堆放与该设备诊断工作无关杂物。				满足
	机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风				满足
	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。				满足
	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。				满足
	电动推拉门宜设置防夹装置				满足
	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。				满足
防护用品	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。		配备后可满足
		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。		
	患者	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。		
	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。		

七、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-6。

表 10-6 本项目辐射安全防护与环保设施（措施）投资一览表

项目		辐射安全防护设施	数量	投资（万元）
移动式C臂机项目	实体防护			
	安全装置			
	警示措施			
	监测			
	个人防护用品			
	通风系统			
其他	其他环保投资（人员培训、竣工验收及其他应急物资等）			
/	合计			

今后医院在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、设备安装调试阶段

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目设备运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作，设备运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在手术室入

口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

二、营运期

（一）废气治理

本项目移动式 C 臂机在开机出束期间，产生的 X 射线与空气相互作用产生少量的臭氧及氮氧化物。本项目 7 号手术室为万级层流手术室，其送风口位于机房顶板距地面约 3m 处（如图 10-8 所示），4 处回风口分别位于机房东侧及西侧墙面距地面约 20cm 处（如图 10-9 所示），1 处排风口位于南侧机房顶板距地面约 3m 处（如图 10-10 所示），为防止 X 射线泄漏，各通排风管道口与手术室顶部及墙面接口处均已设置 2mm 铅皮进行防护（接口处进行包裹）。

本项目运行期间手术室产生的臭氧及氮氧化物经排风管道引至室外排放，臭氧及氮氧化物经通排风系统排入环境大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小。从保护患者、医护人员的健康安全角度考虑，本项目辐射场所能保持较好的通风，室外排风口周围扩散条件良好，排风口位置附近无门、窗或人流较大的过道等位置，其通风系统进、排风口位置的设置合理。

图 10-8 本项目手术室内送风口

图 10-9 本项目手术室内排风口

图 10-10 本项目手术室回风口

（二）废水

本项目运行期间辐射工作人员和患者产生的生活污水以及项目产生的医疗废水均依托医院污水处理站处理。

（三）噪声

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声主要为排风装置的风机及空调噪声，且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准要求。

（四）固体废物

本项目产生的固体废物主要为介入手术时产生的医用器具、药棉、纱布、废造影剂及废造影剂瓶等医疗废物，介入手术产生的医疗废物拟采用专门的收集容器统一收集暂存于 7 号手术室南侧污物暂存间内，定期转移至医院内医疗废物暂存间内并交由有资质单位定期统一收集、处置。

本项目产生的生活垃圾及办公垃圾分类收集后，暂存至医院已建设的生活垃圾临时贮存点，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

（五）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”。本项目使用的射线装置在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 7 号手术室为四川省骨科医院武侯院区第一住院大楼预留机房，本项目仅涉及设备安装，不存在施工期的环境影响。

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目射线装置设备运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作，设备运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立当心电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在手术室入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

本项目 7 号手术室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，射线装置的安装和调试均在机房内进行，机房内移动式 C 臂机设备正常安装和调试，经机房墙体、门屏蔽防护后，机房周围剂量率控制水平满足相关标准要求，对环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、手术室屏蔽体厚度合理性分析

（一）7 号手术室的屏蔽防护铅当量厚度与标准要求的相符性分析评价

1、评价标准

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 3 规定，主束方向、非有用线束方向屏蔽体的铅当量均应不小于 2.0mmPb。

2、本项目 7 号手术室各屏蔽部位的铅当量厚度核算

本项目依据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中 C.1.2 按以下方法计算不同屏蔽物质的铅当量，计算公式如下：

（1）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 拟合值按公式 11-1 计算辐射透射因子 B：

$$B=\left[\left(1+\frac{\beta}{\alpha}\right)e^{\alpha\gamma X}-\frac{\beta}{\alpha}\right]^{-\frac{1}{\gamma}}\cdots\cdots\text{公式 11-1}$$

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。

（2）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，使用公式 11-2 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

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

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。

根据 GBZ 130-2020 表 C.2~表 C.3 中相关数据，铅及混凝土针对 70kV、80kV 及 125kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数取值详见表 11-1。

表 11-1 铅、混凝土针对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压（kV）	铅			混凝土		
	α	*β*	*γ*	*α*	*β*	*γ*
70						
80（主束）						
125（主束）						

本项目设备最大管电压为 120kV，《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中未给出 120kV 条件下相应数据，故保守按照 125kV 下辐射衰减拟合参数进行混凝土屏蔽体的铅当量换算。

根据公式 11-1、公式 11-2 及《辐射防护手册》（第三分册）表 3.3 内容计算本项目不同屏蔽物质的铅当量，计算结果如下：

表 11-2 本项目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	等效铅当量
四周墙体		2mm 铅当量
顶部		约 2.74mm 铅当量
地面		约 2.44mm 铅当量
防护门		2mm 铅当量

注：本项目核算非有用线束方向屏蔽防护铅当量时，X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数数据保守选取最大管电压 125kV“主束”方向数据。

（二）7 号手术室屏蔽防护设计合理性分析

本项目 7 号手术室措施与设计屏蔽情况与《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中 C 形臂 X 射线设备机房屏蔽防护要求对比见表 11-3。

表 11-3 X 射线设备机房使用面积、单边长度及屏蔽防护铅当量的要求

防护要求	GBZ130-2020 要求	本项目设置	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	7 号手术室	/
机房内最小有效使用面积（m^2）	不小于 $20m^2$	有效使用面积：$27.56m^2$	满足
机房内最小单边长度（m）	不小于 3.5m	最小单边长：5.2m	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	C 形臂 X 射线设备机房	7 号手术室	/
有用线束方向铅当量（mm）	不小于 2mm	主束方向朝上，顶部为 130mm 混凝土楼板+20mm 硫酸钡水泥（约 2.74mmPb）	满足
非有用线束方向铅当量（mm）	不小于 2mm	机房四周墙体均为轻钢龙骨+2mm 铅板（2mmPb）；地面为 120mm 厚混凝土+15mm 硫酸钡板（约 2.44mmPb）；防护门均为 2mm 厚铅板防护门(含 2mmPb 铅玻璃观察窗）	满足

备注：混凝土对应铅当量厚度根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的附录 C 进行估算，核算时按照 125kV 主束方向条件核算；硫酸钡水泥对应铅当量厚度根据《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）表 3.4 估算，核算时按照 150kV 条件核算。

由上表对比可知，本项目 7 号手术室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求，机房屏蔽设计合理。

二、7 号手术室的辐射影响预测

本项目拟购移动式 C 臂机尚未采购到位，故对 7 号手术室周围辐射环境影响采用理论预测的方法进行影响分析。

（一）运行工况

本项目移动式 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%。本项目移动式 C 臂机（Ziehm Vision RFD 3D 型）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，通常透射模式下管电压在 60~80kV、管电流在 5~20mA，摄影模式下管电压在 60~80kV、管电流在 90~100mA。根据医院提供信息，本项目隔室拍片时设备的最大运行工况约为 80kV/100mA；在透视时设备的最大运行工况为 80kV/20mA。

本项目移动式 C 臂机总过滤为：≥4.3 mm 铝等效，包含铜≥0.1 mm，根据《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c（不同管电压对应的 X 射线照射量率）内容，图 4.4c 未给出 4.3mmAl 过滤片对应参数，故本项目保守取 3mmAl 过滤条件下对应的 X 射线照射量率，即当管电压为 80kV（最大运行工况）时，查得 X 射线在 1m 处的照射量率为 $0.5R\cdot mA^{-1}\cdot min^{-1}$。

（二）受照时间

根据医院提供资料，本项目辐射工作人员及公众年受照时间见下表。

表 11-4 本项目辐射工作人员及公众年受照时间

工作场所	受照人员	工作模式	单台出束时间（min/台）	年工作量（台）	年累计出束时间（h/a）
7 号手术室	血管介入手术（脑血管、心血管及四肢血管等）	透视	15	600	150
		拍片	1		10
	非血管介入手术（食管、胆道和肿瘤等）	透视	15	100	25
		拍片	1		1.7
	公众	透视	15	700	175
		拍片	1		11.7

注：根据医院规划，辐射工作人员分为 2 组（每组 4 名辐射工作人员：医生 2 名，护士 1 名，技师 1 名），各组人员不交叉。

（三）操作方式

移动式 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。操作人员采取隔室操作的方式，医生通过铅玻璃观察窗观察手术室内病人情况。在拍片过程中，技师和医生均位于手术室外。

在拍片过程中，由于曝光时间较短且经机房各墙体屏蔽后，对机房外（包括机房

楼上）的公众和工作人员影响较小。

2、脉冲透视过程：为更清楚的了解病人情况，医生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。该手术操作过程中，第一手术操作位医生位于铅屏风后身着铅服、戴铅眼镜等在手术室内对病人进行直接的手术操作，距离主射线束距离约为 0.5m；第二手术位的医生身着铅服、戴铅眼镜，距离主射线束约为 1m；护士身着铅服在医生旁边辅助，距离主射线束约为 1.2m。

本项目移动式 C 臂机投运后，介入手术过程中，手术室外四周、楼下的保护目标均受到 X 射线散射和漏射影响，楼上顶部受到主射影响；手术室内的辐射工作人员受到散射和漏射的影响。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离手术室最近关注点受到的辐射剂量可以代表最大可能受到的辐射有效剂量。

（四）机房外环境影响分析

1、计算模式

（1）关注点处有用线束辐射剂量率计算

根据《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）公式 10.8，关注点周照射量计算公式为：

$$X_w = \frac{\dot{X}}{d^2} \cdot W \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdots\cdots \text{公式 11-3}$$

式中：*Xw*—关注点处周照射量，R；

$\dot{X}$—每 mA 管电流产生的 X 射线在 1m 处的照射量率，$R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$；

W—周工作负荷，mA·min/周；*W*=*I*·*t*，*I* 为管电流；t 为周工作时间；

d—X 射线机至关注点距离；

μ—利用因子；

η—对防护区的占用因子，表示人员在防护区停留的时间；

f—屏蔽墙对初级 X 射线束的减弱因子（或叫透射率）。

根据《放射防护实用手册》（赵兰才、张丹枫著）公式 3-11 可知，空气比释动能 *K* 与照射量 *X* 的转换公式如下：

$$K = 8.76X \cdots\cdots \text{公式 11-4}$$

式中：*K*—空气比释动能，mGy；

X—照射量，R。

综上所述，由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的 X 射线机在关注点的周照射量计算公式 10.8 及《放射防护实用手册》（赵兰才 张丹枫著）公式 3-11 进行推导，得到有用线束在关注点处的辐射剂量率的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{\dot{X}}{d^2} \cdot I \cdot \mu \cdot \eta \cdot B \times 8.76 \times 10^3 \times 60 \times K_a \cdots\cdots \text{公式 11-5}$$

式中：$\dot{H}$—关注点处有用线束辐射剂量率，μSv/h；

$\dot{X}$—每 mA 管电流产生的 X 射线在 1m 处的照射量率，$R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$；

d—关注点至 X 射线源的距离；

I—管电流，mA；本项目透视、拍片模式下正常使用的最大管电流分取 20mA、100mA；

μ—利用因子，取 1；

η—对防护区的占用因子，保守取 1；

B—屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲；计算方法详见公式 11-1，80kV（本项目正常运行最大管电压）时相应的 α、β、γ 数值，具体见表 11-1。

K_a—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy。

（2）关注点处散射辐射剂量率计算

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的 X 射线机散射线在关注点的周比释动能计算公式（公式 10.10）进行推导，得到散射线在关注点处的辐射剂量率的计算公式：

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{X}}{d_0^2 \cdot d_s^2} \cdot I \cdot \mu \cdot \eta \cdot \left(\frac{a}{400}\right) \cdot s \cdot B_s \times 8.76 \times 10^3 \times 60 \times K_a \cdots\cdots \text{公式 11-6}$$

式中：$\dot{H}_s$—关注点处散射辐射剂量率，μSv/h；

I—管电流，mA；本项目透视、拍片模式下正常使用的最大管电流分别取 20mA、500mA；

a—人体对 X 射线的散射照射量与入射照射量之比值，由《辐射防护手册（第一分册）》表 10.1 中查取；

S—主束在受照人体上的散射面积，本项目取 $100cm^2$；

d_0—源至受照点的距离；

d_s—受照体至关注点的距离；

B_s—屏蔽材料对散射线的透射因子，无量纲，计算公式见 11-1；

K_a—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy。

（3）关注点处泄漏辐射剂量率计算

$$H_L = \frac{H_i \cdot B}{r^2} \cdot K_a \cdots\cdots 公式\ 11\text{-}7$$

式中：H_i—距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率，mGy/h；根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h。”。

B—手术室各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子，本项目取 80kV（本项目正常运行最大管电压）工况下机房四周屏蔽墙及地面的泄漏射线屏蔽透射因子；

r—X 射线源至关注点的距离；

K_a—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy。

2、预测参数选取

本项目 7 号手术室预测点选取如下：

1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，污物走廊；

2#-东侧防护门外 30cm 处，污物走廊；

3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，6 号手术室；

4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，洁净走廊；

5#-西侧防护门外 30cm 处，洁净走廊；

6#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲间；

7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，8 号手术室；

8#-楼下距地面 170cm 处，门厅；

9#-楼上距地面 30cm 处，仓库；

10#、11#-第一术者位和第二术者位（手术室内护士保守同第二术者位）。

共设 11 个预测点，预测点布设见图 11-1 及图 11-2 所示。

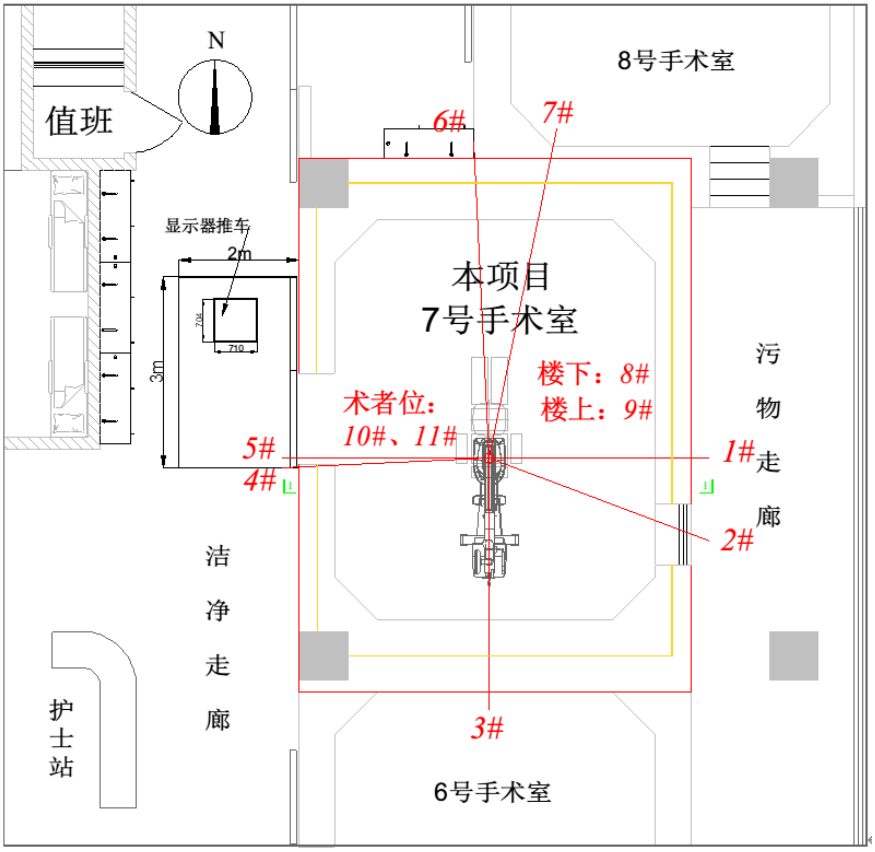


图 11-1 本项目 7 号手术室预测点布设示意图（平面）

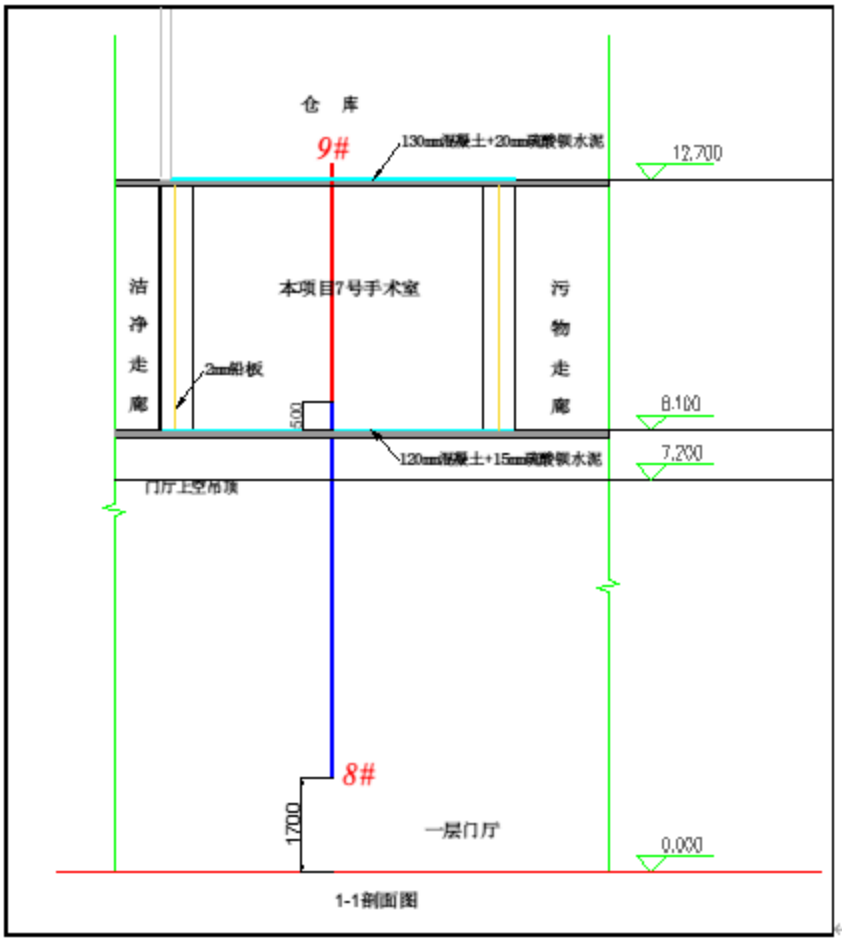


图 11-2 本项目 7 号手术室预测点布设示意图（剖面）

3、预测结果

根据 NCRP147 报告，患者和接收器对初始线束的减弱倍数为 10~100 倍，主射方向照射量率保守取主射束的 10%。根据上述计算公式及预测参数，在不考虑床板、人体等吸收射线的情况下，保守计算机房周围预测点剂量率估算结果，结果见表 11-5。

表 11-5 本项目 7 号手术室周围预测点剂量率估算结果

预测点位	*B*			照射类型	*X** （mm）	模式	*d* （m）	X 射线辐射剂量率（μSv/h）			
	散射线	漏射线	有用线束					散射线	漏射线	有用线束	合计
1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，污物走廊											2.26E-03
											9.08E-03
2#-东侧防护门外 30cm 处，污物走廊											1.98E-03
											7.95E-03
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，6 号手术室											1.73E-03
											6.96E-03
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，洁净走廊操作区											2.53E-03
											1.02E-02
5#-西侧防护门外 30cm 处，洁净走廊操作区											2.53E-03
											1.02E-02
6#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲间											1.10E-03
											4.40E-03
7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，8 号手术室											9.77E-04
											3.93E-03
8#-楼下距地面 170cm 处，门厅											1.49E-04
											3.28E-04
9#-楼上距地面 30cm 处，仓库											0.032
											0.161
10#-第一术者位											11.60
11#-第二术者位											41.42

注：1.*X* 为屏蔽材料的等效铅当量厚度；

2.本项目预测点位为 7 号手术室屏蔽体外 30cm 处，表中距离取值自图 11-1 中射线装置至墙体外 30cm 处距离（CAD 图纸上读出）；

3.第一术者位身着铅衣并立于铅帘后（0.5mmPb+0.5mmPb），距离约 0.5m；第二术者位身着铅衣（0.5mmPb），距离约 1m；护士保守同第二术者位。

从上表中的预测结果可知，本项目 7 号手术室内移动式 C 臂机设备全年正常运行，经机房墙体、门屏蔽防护后，手术室周围剂量率控制水平满足相关标准要求，本项目手术室屏蔽设计能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

4、原有核技术利用项目叠加影响

本项目 7 号手术室南侧为 6 号手术室，北侧为 8 号手术室，该 2 间手术室内原已许可使用移动式 C 臂机，保守考虑 2 间手术室同时运行时的叠加影响，根据 2024 年度辐射工作场所检测报告显示，6 号手术室运行时其机房周围辐射剂量率为（0.134~0.736）μSv/h，8 号手术室运行时其机房周围辐射剂量率为（0.139~0.304）μSv/h，（详见附件**）。

综上所述，本项目保守选取手术室东侧、西侧、上方及下方分别作为辐射工作人员及公众的辐射剂量率叠加分析关注点位，辐射剂量率叠加结果如表 11-6 所示。

表 11-6 本项目辐射剂量率叠加影响估算结果一览表

关注点位	辐射剂量率（μSv/h）				剂量率参考控制水平（μSv/h）	备注
	7 号手术室理论预测值	6 号手术室监测值①	8 号手术室监测值①	总计		
东侧污物走廊				0.941	2.5	满足
西侧洁净走廊				0.314	2.5	
南侧 8 号手术室缓冲间				0.248	2.5	
上方				0.454	2.5	
下方				0.294	2.5	

注：①该监测值取自年度检测报告相应方位最大监测值（均已扣除本底）；

②关注点辐射剂量率保守选取该方位屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率预测值或最大监测值，关注点位距机房墙体相对较远（远大于表面 30cm），故叠加处公众所受的辐射剂量将小于上述理论计算值。

综上所述，本项目手术室及其周围工作场所同时运行时，其周围关注点处辐射剂量率均低于 2.5μSv/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等相关标准要求。由于本项目 50m 评价范围内环境保护目标距 7 号手术室相对较远（远大于表面 30cm），故本项目 50m 评价范围内各环境保护目标处辐射剂量率将远小于上述理论计算值，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求。

（五）辐射工作人员及公众年有效剂量分析

1、计算模式

DSA 手术室周围公众、控制室辐射工作人员年有效剂量计算采用联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 中的计算公式进行估算：

$$H_{Er} = H_r \times T \times t \cdots\cdots \text{公式11-8}$$

式中：H_{Er}—X 射线外照射年有效剂量，mSv/a；

H_r—关注点处剂量率，μSv/h；

T—居留因子；

t—年照射时间，h。

2、预测结果

根据医院规划，本项目移动式 C 臂机设备年工作量预估约 700 台，设备年出束时间为 186.7h（包含透视约 175h/a 及拍片时间约 11.7h/a）。

本项目手术室共设 2 组辐射工作人员，则单名手术医生及护士年最大受照时间保守取 93.35h（包含透视约 87.5h/a 及拍片时间约 5.85h/a），单名技师年最大受照时间保守取 5.85h（拍片模式）；手术室周围公众年最大受照时间保守取 186.7h（包含透视约 175h/a 及拍片时间约 11.7h/a）。

根据表 11-5 计算结果，并结合公式 11-8，本项目辐射工作人员及公众年有效剂量计算结果见表 11-7。

表 11-7 本项目 7 号手术室辐射工作人员及周围公众年有效剂量估算结果

保护目标预测点位	模式	辐射剂量率（μSv/h）	居留因子	受照时间（h）	年有效剂量合计（mSv/a）	受照类型
1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，污物走廊					1.25E-04	公众
2#-东侧防护门外 30cm 处，污物走廊					1.10E-04	
3#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，6 号手术室					1.92E-04	
4#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，洁净走廊操作区					2.81E-04	职业
5#-西侧防护门外 30cm 处，洁净走廊操作区					2.81E-04	
6#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，缓冲间					6.10E-05	公众
7#-北侧屏蔽墙外 30cm					1.08E-04	

处，8 号手术室				
8#-楼下距地面 170cm 处，门厅			2.99E-05	
9#-楼上距地面 30cm 处，仓库			1.87E-03	
第一术者位			1.015	职业
第二术者位			3.624	

注：护士保守同第二术者位。

由上表结果可知，本项目 7 号手术室隔室操作辐射工作人员所受到的最大年有效剂量为 5.79×10^{-3}mSv（以表 11-6 中 4#关注点为例），手术室内第一、第二术者操作位的年有效剂量分别为 1.015mSv 及 3.624mSv（护士保守同第二术者位），机房周围公众所受到的最大年有效剂量为 1.87×10^{-3}mSv（以表 11-6 中 9#关注点为例）。

3、辐射工作人员年有效剂量叠加

本项目拟配置辐射工作人员 8 人，本项目辐射工作人员均为医院武侯院区现有辐射工作人员调配至本项目（包含技师、医生及护士），配备至本项目后，可能仍从事原有辐射工作，故综合考虑辐射工作人员所受年有效剂量，对其进行年有效剂量叠加计算。

根据医院 2024 年年度辐射安全与防护年度评估报告（详见附件 7）中 4 个季度辐射工作人员个人剂量监测统计结果分析：从事介入工作岗位的辐射工作人员个人剂量最大监测值为 0.21mSv/a（工作人员“文武”）；从事放射诊断的辐射工作人员个人剂量最大监测值为 0.93mSv/a（工作人员“陶超”）。 本项目辐射工作人员年有效剂量叠加计算结果如表 11-8 所示。

表 11-8 本项目辐射工作人员年有效剂量叠加估算结果一览表

人员类别	本项目最大理论预测值（mSv/a）	辐射工作人员最大监测值（mSv/a）	合计（mSv/a）
技师			＜0.931
第一术者位			1.225
第二术者位			3.834

综上所述，本项目辐射工作人员所受到的最大年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求的剂量限值，均低于本报告执行的照射剂量约束值（职业：5mSv/a）。

对于介入手术，由于其实际工作中设备透视工况及操作时间的不确定性，辐射工作人员需要依靠佩戴个人剂量计进行跟踪性监测才能准确的测定其受照剂量的大小，

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）要求进行佩戴，开展介入手术的辐射工作人员采用双剂量计监测方法，医院应加强对介入手术工作人员的 个人剂量监测管理，在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。介入手术工作人员均按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）穿戴防护用品（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等），并充分利用自带的铅悬挂防护屏及床侧防护帘等做好自身防护，确保其年有效剂量满足标准限值要求。

4、公众年有效剂量叠加

本项目 7 号手术室南侧为 6 号手术室，北侧为 8 号手术室，故保守考虑其同时运行时对手术室周围公众的影响，保守按照移动式 C 臂机设备年出束时间为 186.7h 进行叠加计算，周围公众年有效剂量叠加计算结果如表 11-9 所示。

表 11-9 本项目公众年有效剂量叠加估算结果一览表

关注点位	辐射剂量率①（μSv/h）	居留因子	受照时间（h）	年有效剂量合计（mSv/a）
东侧污物走廊				0.044
西侧洁净走廊				0.015
南侧 8 号手术室缓冲间				0.012
上方				0.021
下方				0.055

注：①详见表 11-6。

由上表结果可知，本项目周围公众所受到的最大年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求的剂量限值，均低于本报告执行的照射剂量约束值（公众：0.1mSv/a）。

5、汇总

综上所述，本项目 7 号手术室周围辐射工作人员及公众所受年有效剂量汇总如下：

表 11-10 辐射工作人员及公众所受最大年有效剂量汇总表

人员类别		参考位置	所受最大年有效剂量（mSv/a）	照射类型	剂量约束值（mSv/a）
隔室操作工作人员		7 号手术室西侧防护门外 30cm 处，洁净通道操作区	0.931	职业	5
介入操作人员	第一术者位	7 号手术室内	1.225		
	第二术者位		3.834		
公众		8#-楼下距地面 170cm 处，门厅	0.055（已叠加）	公众	0.1

注：辐射工作人员所受年有效剂量均已保守叠加原有工作量，护士保守同第二术者位。

综上所述，根据表 11-7~表 11-9 内容可知，本项移动式 C 臂机投入运行后，本项目 7 号手术室隔室操作辐射工作人员（技师）所受到的最大年有效剂量为 0.931mSv/a（保守剂量叠加后），机房内床旁操作人员（介入手术医生及护士）所受到的最大年有效剂量为 3.834mSv/a（保守剂量叠加后）；手术室周围公众所受到的最大年有效剂量为 0.055mSv（保守剂量叠加后），均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（本项目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）。

由于本项目 50m 评价范围内环境保护目标距 7 号手术室墙体相对较远（远大于表面 30cm），7 号手术室周围公众所受最大年有效剂量为 0.055mSv/a，故本项目 50m 评价范围内公众所受的辐射剂量将小于上述理论计算值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求的剂量限值，低于本报告执行的剂量约束值。

（六）介入操作人员手部的皮肤吸收剂量估算

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017），估算 X 射线所致手部皮肤吸收剂量公式如下：

$$D_s = C_{ks}(k \bullet t) \bullet 10^{-3} \quad \cdots\cdots\text{公式 11-9}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}^*_{(10)}}{C_{KH}} \cdots\cdots\text{公式 11-10}$$

式中：D_s—皮肤吸收剂量，mGy；

k—X 辐射场的空气比释动能率，μGy/h；

t—人员累积受照时间，h；

C_{ks}—空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数，Gy/ Gy，根据 GBZ/T 244-2017 表 A.4 及表 A.5 可查得男性及女性的 C_{ks} 分别为 1.134mGy/mGy 及 1.156mGy/mGy；

$\dot{H}^*_{(10)}$—X 辐射场的周围剂量当量率，μSv/h；

C_{kH}—空气比释动能到周围剂量当量的转换系数，Sv/ Gy，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.9 可得。

本项目移动式 C 臂机床旁透视常用工况为 80kV/20mA，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。医生操作时腕部距非主射束的距离取 0.5m，且考虑介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb 的屏蔽防护。本项目介入医生共分为 2 组，医生手术位腕部皮肤约 1/5 的时间处于受照位置。根据公式 11-6、11-7 及公式 11-10 可计算出手术时腕部位置处的空气比释动能率，表 A.4 及表 A.5 可查得男性及女性的 C_{ks} 分别为 1.134mGy/mGy 及 1.156mGy/mGy。

由上述数据估算可得，本项目 7 号手术室内第一术者位手术医生腕部皮肤受到最大当量剂量为 59.2mSv/a（男性）及 60.4mSv/a（女性）；符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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（125mSv/a）。

（七）保护目标的环境影响分析

根据本项目确定的评价范围，本项目环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外其他公众。

由于本项目院内四周环境保护目标距机房墙体相对较远（远大于表面 30cm），7 号手术室边界外 50m 范围内敏感点处公众所受的辐射剂量将远小于上述理论计算值，其所受年有效剂量同样可以满足本项目管理目标剂量约束值要求。

故本项目保守对院外环境保护目标所受剂量进行理论预测，辐射剂量率叠加结果如表 11-11 所示。

表 11-11 本项目院外保护目标辐射环境影响分析

保护目标 预测点位	模式	与射线装置最近距离（m）①	辐射剂量率（μSv/h）②	居留因子	受照时间（h）	年有效剂量（mSv/a）	受照类型
东侧一环路西段道路部分区域						6.97E-06	公众
南侧中铁二院置业索尔国际部分区域						3.31E-06	

注：①关注点距离=辐射源点到屏蔽体外距离+关注点距机房屏蔽体距离；
②辐射剂量率为该关注点散射线辐射剂量率和漏射线辐射剂量率合计；
③居留因子保守均取 1。

综上所述，由上表可知，医院 7 号手术室周边环境保护目标处的公众所受年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值要求，均低于本报告执行的剂量约束值（公众：0.1 mSv/a）。

（八）机房门缝、通风系统及电缆沟辐射防护评价

本项目 7 号手术室防护门设计制作时，除要考虑足够的防护厚度外，也考虑了防护门与周围屏蔽体及地面的重叠搭接以防止门缝处射线泄漏。本项目机房门与墙之间的间隙小于 1cm，防护门与墙之间搭接不小于 10cm，可有效防止门缝处射线泄漏。

本项目 7 号手术室通风及排风管道口均已设置 2mm 铅皮进行防护（接口处进行包裹）；电缆线布设采用电缆沟，为防止 X 射线泄漏，电缆孔处均拟设置 2mm 铅板进行防护（接口处四周包封）。对通排风管道及电缆沟进行防护后，能够满足辐射防护要求。

三、三废影响分析

（一）大气环境影响分析

本项目 7 号手术室内设有通排风装置，运行期间产生的臭氧及氮氧化物均由通排风装置统一抽排至室外排放，室外排风口周围扩散条件良好，排风口位置附近无门、窗或人流较大的过道等位置，项目产生的臭氧经通排风系统排入环境大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小，其臭氧浓度可满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）中“工作场所空气中臭氧最高容许浓度为 0.3mg/m^3”的要求。

（二）水环境影响分析

本项目运行后，辐射工作人员和患者产生的生活污水均依托医院污水处理站进行处理，处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂处理，对环境产生影响较小。

（三）声环境影响分析

本项目噪声源为机房排风装置，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间工作场所周围噪声可达到相关标准要求，对周围环境产生影响较小。

（四）固体废物影响分析

本项目采用先进的数字成像技术，不使用显影液、定影液和胶片，因此不产生废显影液、废定影液和废胶片。本项目固体废物主要为介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂及废造影剂瓶等医用辅料，采用专门的容器收集后转移至手术室南侧污物暂存间暂存，定期转移至医院内医疗废物暂存间内并交由有资质单位定期统一收集、处置，对周围环境产生影响较小。

本项目辐射工作人员工作中产生的少量的生活垃圾和办公垃圾，分类暂存于医院

生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境产生影响较小。

四、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”。本项目使用的移动式 C 臂机在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

五、介入手术对医生和患者的辐射防护要求

介入手术是一种解决临床疑难病的新方法，但介入手术时 X 射线曝光量大，曝光时间长，距球管和散射体近，使介入手术操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入手术时 X 射线对操作者和其他人员的影响，医院应做到以下要求：

（一）介入手术医生护士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与技术知识；

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，并佩带个人剂量计；

4、定期维护移动式 C 臂机，制订和执行介入手术的质量保证计划。

（二）患者的辐射防护要求

1、采用带有剂量测量系统的设备或购置测量仪器，在操作中对辐射剂量进行实时监测；严格执行国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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，要求在不影响工作质量的前提下，尽可能选择低的射线照射参数，并减少照射时间；

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、将 X 射线管尽量远离患者；

5、做好患者非投照部位的保护工作。

事故影响分析

一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见下表。

表 11-12 辐射事故等级划分表

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

注：本项目仅涉及使用射线装置。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-13 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值（Gy）
骨髓型急性放射病	轻度	1.0~2.0
	中度	2.0~4.0
	重度	4.0~6.0
	极重度	6.0~10.0
肠型急性放射病	/	10~50
脑型急性放射病	轻度	＞50

二、辐射事故识别

（一）介入手术过程中，发生介入手术人员超剂量照射

1、事故情景假设

在介入手术操作中，设备控制系统失灵并 X 射线源处于“曝光”状态，介入手术人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品在距 X 射线管非主射束方向进行介入手术操作。

2、剂量估算

假设考虑该名手术人员在无其它屏蔽的情况下处于 X 射线管非主射束方向 0.5m 或 1m 处，介入手术操作时，移动式 C 臂机以透视模式运行，根据公式 11-6 及 11-7 对事故工况下介入手术操作人员所受辐射剂量进行估算，估算结果详见下表。

表 11-14 事故工况下介入手术操作人员所受剂量估算

与射线装置最近距离（m）	受照时间（min）	人员所受剂量（mSv）
0.5		
1		

注：本项目每台手术透视曝光时间约为 15min。

3、事故后果

在上述事故情景假设条件下，受误照人员在 X 射线管非主射束方向 0.5m 或 1m 处受照 15min（透视模式，未穿戴个人防护用品），其所受剂量均未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值（职业照射：20mSv），但随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值，造成一般辐射事故。

（二）介入手术前，其他人员滞留或误入

1、事故情景假设

在介入手术前，其他工作人员或患者陪护人员滞留或误入手术室，该名人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品，移动式 C 臂机的 X 射线源处于“曝光”状态，误入人员在距 X 射线管非主射束方向未及时离开。

2、剂量估算

假设考虑该名误入人员在无其它屏蔽的情况下处于 X 射线管非主射束方向 1m 或 2m 处，介入手术操作时，移动式 C 臂机以透视模式运行，则事故工况下其他误入人员所受辐射剂量估算详见下表。

表 11-15 事故工况下其他误入人员所受剂量估算

与射线装置最近距离（m）	受照时间（s）	人员所受剂量（mSv）
1		
2		

注：手术过程中，人员误入预估发现时间为 30s，受照时间最长按 30s 考虑。

3、事故后果

在上述事故情景假设条件下，受误照人员在 X 射线管非主射束方向 1m 处受照 30s（透视模式，未穿戴个人防护用品），其所受剂量为 0.052mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值（公众 1mSv/a），不会发生辐射事故。

（三）事故工况辐射影响分析

根据 X 射线机的工作原理可知，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量的事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。本项目数字减影血管造影机属于II类射线装置，其 X 射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射所受剂量不会超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值，但随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将超过 GB 18871-2002 中的剂量限值，造成一般辐射事故。

三、事故防范措施

为了防止事故的发生，要求医院应严格执行以下风险预防措施：

（一）制定移动式 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）。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，做好个人的防护。

（二）不得擅自改变移动式 C 臂机的屏蔽结构；每月检查工作状态指示灯及门灯联动装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对移动式 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。

（三）定期对移动式 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。

（四）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。

（五）加强污物暂存间及清洁人员的管理，加强对污物的收集、转运管控。

（六）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。

四、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：

（一）一旦发生人员误照射等辐射事故时，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。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（紧急救援需要除外）。

（二）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、公安、卫生健康等部门报告。

（三）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。

（四）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健康行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、关于辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用II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，并以文件形式明确管理人员职责。

四川省骨科医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责（详见附件 6）。

二、辐射工作人员配置和能力分析

医院现有辐射工作人员 292 人，辐射工作人员均已进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上岗。本项目移动式 C 臂机拟配置辐射工作人员 8 名，均为医院现有辐射工作人员。医院可根据今后开展的项目和工作量等实际情况适当增减及调配辐射工作人员编制，调配后人员平均分配工作时间，医院应做好辐射工作人员管理工作。

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）报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加“医用 X 射线诊断与介入放射学”专业考核，考核合格后方可上岗。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”。在岗辐射工作人员的辐射安全培训合格证书到期后仍需通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”进行再学习考核，医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

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，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。在此基础上，环评认为，本项目辐射工作人员的配置可满足要求的。

辐射安全管理规章制度

一、规章制度

根据《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）的相关要求中的相关规定，将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明，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	《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求		医院制定情况	备注
	制度	具体制度要求		
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
2	辐射工作场所安全管理规定	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施。	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保射线装置保持良好的工作状态。	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任。	已制定需完善	应包含本项目辐射工作人员
6	射线装置台账管理制度	应记载射线装置台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	已制定需完善	将本项目射线装置纳入其中
8	监测仪器使用与校验管理制度	/	已制定需完善	将本项目监测仪器纳入其中
9	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。	已制定	应包含本项目拟新增辐射工作人员

10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时，操作人员必须佩戴个人剂量计。医院定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。	已制定需完善	应包含本项目辐射工作人员
11	辐射事故应急预案	针对医用射线装置应用可能产生的辐射事故应制订较为完善的事故应急预案或应急措施。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	已制定	/

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。医院应根据本项目的特点及以下内容制定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

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

二、需上墙的规章制度

医院应按照《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）的要求，将《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》悬挂于辐射工作场所并且上墙制度的内容应字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

三、档案管理

四川省骨科医院应建立完整的辐射安全档案。需要归档的材料应包括以下内容：

（一）生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。

（二）设备使用期间射线装置异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，档案资料应按以下几大类分类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”和“废物处置记录”等。

四、年度辐射安全评估制度

四川省骨科医院应建立年度辐射安全评估制度，医院应根据《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格式》的要求，每年根据实际工作情况编制《安全和防护状况年度评估报告》并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

五、核技术利用辐射安全申报系统要求

根据生态环境部信息化管理要求，辐射工作单位办理辐射安全许可证审批环保手续时需在全国核技术利用辐射安全申报系统进行网上申报。

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

（一）年度监测

医院应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》的重要组成内容一并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

四川省骨科医院已委托有资质的检测公司开展了 2024 年度的在用核技术利用项目的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

（二）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。

（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 工作场所及环境监测计划建议

场所名称	监测项目	监测周期	监测点位
7 号	X-γ 空气吸	委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；	四周屏蔽体外 30cm 处、顶部上

手术室	收剂量率	自行开展辐射监测，频率为 1~2 次/月。	方距顶部地面 100cm 处、防护门外（含四周门缝处）、观察窗外及穿线电缆孔等。

4、监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立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医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

（2）医院应安排专人负责自行监测任务；

（3）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；

（4）制定辐射环境监测管理制度。

辐射工作场所环境监测结果应记录，并存档备案，若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。从事自我监测的人员应具有辐射安全及环境监测的相关知识。

二、个人监测

（一）个人剂量监测管理要求

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》的重要组成内容一并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

3、根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）：“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（每名介入手术医生需配备 2 套个人剂量计），并要求在上班期间必须佩戴。医院应定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测。

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

（二）医院个人剂量监测现状

四川省骨科医院已委托有资质的检测公司定期对医院辐射工作人员进行了个人剂量监测，根据医院提供资料，其个人剂量监测结果均符合相关规定。医院在每年的 1 月 31 日前上报的辐射安全和防护状况自查评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。

辐射事故应急

一、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗过程中的事故和突发事件，医院须完善辐射事故应急预案。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

（一）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；

（二）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话；

（三）应急人员的培训；

（四）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（五）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；

（六）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、卫生健康等部门报告。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

（一）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，关闭进出口门，同时向医院主管领导报告；

（二）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；

（三）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健康行政部门报告；

（四）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：四川省骨科医院新增移动式 C 臂机使用项目

建设单位：四川省骨科医院

建设性质：扩建

建设地点：四川省成都市武侯区一环路西一段 132 号医院内第一住院大楼 3 层

建设内容与规模：

本项目拟于四川省骨科医院第一住院大楼（已建，地上 15 层，地下 2 层）3 层手术区内 7 号手术室新增使用 1 台 Ziehm Vision RFD 3D 型移动式 C 臂机，该设备最大管电压为 120kV，最大管电流为 250mA，属II类射线装置。根据医院初步规划用于介入手术约 700 台/年，年出束时间累计约 186.7h（包含透视约 175h/a 及拍片时间约 11.7h/a），常用出束方向由下而上，主要用于介入诊断治疗。

本项目 7 号手术室的室内有效使用面积为 27.56m^2，机房净空尺寸为长 5.3m×宽 5.2m×高 4.6m，其四周墙体均为轻钢龙骨+2mm 铅当量铅板；顶部为 130mm 混凝土楼板+20mm 硫酸钡水泥（约 2.74mm 铅当量）；底部为 120mm 混凝土楼板+15mm 硫酸钡板（约 2.44mm 铅当量）；防护门共 2 扇（患者进出防护门和污物门），均为 2mm 铅当量铅防护门（所有铅防护门上均设置有 2mm 铅当量的铅玻璃观察窗）。

根据现场勘查，四川省骨科医院新增移动式 C 臂机使用项目 7 号手术室属已有机房，机房防护工程机内部装修已完成，拟新增移动式 C 臂机设备未采购及安装。

二、项目产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1 条“医疗卫生服务设施建设”，本项目产生的电离辐射经屏蔽体防护及距离衰减后，其所致的周围职业人员和公众的年剂量符合本次评价所确定的剂量约束值要求。因此，本项目属于国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家有关法律法规和现行国家产业政策。

三、实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护

“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当性的。

四川省骨科医院新增移动式C臂机使用项目的目的是对病人进行介入诊断治疗。对辐射工作人员和公众的外照射引起的年有效剂量低于根据最优化原则设置的项目剂量约束值，在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

四、项目周边保护目标以及场址选址情况

本项目仅对院内原有场所进行，不新增用地，且辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员及公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

五、区域环境质量现状

根据监测结果可知，本项目拟建址及其周围环境γ辐射剂量率与成都市生态环境局《2023成都生态环境质量公报》中成都市环境γ辐射剂量率年均值范围基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

六、环境影响分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目不存在施工期。

（二）营运期正常工况下辐射环境影响

1、辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（本项目职业照射5mSv/a、公众照射0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

2、非放环境影响分析结论

本项目手术室顶部设计有排风装置，本项目运行期间产生的臭氧及氮氧化物均由室内排风装置经排风管道并入第一住院大楼已有的排风管道引至室外排放，排入环境

大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小。

本项目运行后，辐射工作人员和患者产生的生活污水均依托医院污水处理站进行处理，处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂处理，对环境产生影响较小。

本项目噪声源为机房排风装置及空调系统，采用低噪设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间工作场所周围噪声可达到相关标准要求，对周围环境产生影响较小。

本项目产生的医疗废物拟采用专门的收集容器统一收集暂存于手术部的污物暂存间内，定期转移至医院内医疗废物暂存间内并交由有资质单位定期统一收集、处置；本项目产生的生活垃圾及办公垃圾分类收集后，暂存至医院已建设的生活垃圾临时贮存点，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境产生影响较小。

本项目产生的生活垃圾及办公垃圾分类收集后，暂存至医院已建设的生活垃圾临时贮存点，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境产生影响较小。

3、事故工况下环境影响

经事故影响分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。针对本项目可能发生的辐射事故，四川省骨科医院应按相关规定对已制定的辐射事故应急预案和辐射安全规章制度进行补充完善并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、射线装置使用与安全管理的综合能力

四川省骨科医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；已制定《辐射安全管理规定》及《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度，在补充完善本项目相关辐射安全规章制度并实时更新，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对本项目射线装置的使用和安全管理能力。

八、项目环境可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法

等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。

在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量约束值。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

九、项目竣工环境保护验收检查内容

本项目建成后，建设单位应严格按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ 1326-2023）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

（一）验收工作程序：主要包括验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

（二）验收自查：对本项目环境影响报告表及其审批部门审批决定等文件，自查项目建设性质、规模、地点，主要生产工艺、辐射源项、项目主体工程、辅助工程规模等情况；说明施工合同、监理合同中辐射安全与防护设施的建设内容和要求，辐射安全与防护设施建设进度和资金使用内容，项目实际环保投资总额占项目实际总投资额的百分比情况；自查本项目辐射安全与防护设施建成情况；自查本项目辐射安全与防护措施的落实情况；自查法规制度执行情况（包括人员培训考核、个人剂量管理、辐射监测、台账管理等）。

（三）验收监测：建设单位根据验收自查结果，明确实际建设情况和辐射安全与防护设施/措施落实情况，在此基础上确定验收工作范围、验收评价标准，明确监测期间工况记录方法，明确验收监测点位、监测因子、监测方法、频次等。验收单位制定验收监测质量保证和质量控制工作方案。

建设单位在完成验收监测与检查后，建设单位应组织编制验收监测报告（参照 HJ 1326-2023 格式要求），对监测数据和检查结果进行分析、评价并得出结论。结论应明确辐射安全与防护设施运行效果，项目对辐射工作人员、公众和周边环境的辐射影响情况等。

（四）后续工作：验收监测报告编制完成后，进入后续验收工作程序，提出验收意见，编制“其他需要说明的事项”，形成验收报告。验收报告包括验收监测报告、

验收意见和“其他需要说明的事项”三项内容。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、辐射安全与防护设施/措施落实情况、工程建设对环境的影响、验收结论和后续要求。

“全国建设项目竣工环境保护验收信息平台”已于 2017 年 12 月 1 日上线试运行，网址为：http://114.251.10.205，建设单位应将验收报告通过全国建设项目竣工环境保护验收信息系统平台向社会公开及备案，并形成验收档案。

建议和承诺

一、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度，对原有制度进行完善。

二、医院应加强管理，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核，已取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过 5 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。

三、医院应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《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》的重要组成内容一并上传。

四、经常检查辐射工作场所的当心电离辐射警告标志，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。

五、医院须重视控制区和监督区的管理。

六、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”。本项目使用的 DSA 在进行报废处理时，应将该射线装置的高压射线管进行拆卸并破碎处理等去功能化措施并按相应要求执行报废程序。

七、医院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，对相关信息进行修改。

八、本次环评射线装置工作场所，日后如有重大变化，应另作环境影响评价。

九、本项目建成后，医院应严格按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ 1326-2023）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

十、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。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

“三同时”验收一览表

“三同时”验收一览表

项目		设施（措施）	验收要求
辐射安全管理机构		已建立辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式下发	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求
辐射安全与防护措施	屏蔽措施		
	安全措施(联锁装置、警告标志、工作指示灯等)		
通排风系统			
人员配备	辐射防护与安全培训和考核		
	个人剂量监测		
	人员职业健康监护		
监测设备及个人防护用品			
辐射安全管理制度	操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、辐射事故应急措施等		