

核技术利用建设项目
乐山市五通桥区人民医院
迁建及新建数字减影血管造影机（DSA）项
目
环境影响报告表
(送审本)

乐山市五通桥区人民医院
二〇二五年一月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
乐山市五通桥区人民医院
迁建及新建数字减影血管造影机（DSA）项
目
环境影响报告表

建设单位:乐山市五通桥区人民医院
建设单位法人代表（签名或签章）：
通讯地址：四川省乐山市五通桥区竹根镇佑君街北段 72 号
邮政编码：614899 联系人：景刚伦
电子邮件：/ 联系电话：13990665117

建设单位信息



事业单位法人证书

统一社会信用代码 125110124516253688

名称 乐山市五通桥区人民医院
法定代表人 杜建平

宗旨 和为人民身体健康提供医疗与护理保健服务。预防保健科、内科、外科、妇产科、儿科、传染科、五官科、皮肤科、医疗美容科、医技科、口腔科、眼科、耳鼻咽喉科、康复科、体检科、中西医结合科、护理科、急诊科诊疗与护理、医科大学生、中专生临床实习、医学研究、卫生技术人员继续教育、卫生医疗人员培训、保健与健康教育

业务范围 乐山市五通桥区卫生健康局
住所 所五通桥区竹根镇佑君街北段72号

登记管理机关



有效期 自2020年02月24日至2025年02月24日
请于每年3月31日前向登记管理机关报送上年度的年度报告



国家事业单位登记管理局监制

编制单位信息

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 12 -
表 3 非密封放射性物质	- 12 -
表 4 射线装置	- 12 -
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	- 21 -
表 9 项目工程分析与源项	- 26 -
表 10 辐射安全与防护	- 31 -
表 11 环境影响分析	- 47 -
表 12 辐射安全管理	- 62 -
表 13 结论与建议	- 69 -
表 14 审批	- 74 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称	迁建及新建数字减影血管造影机（DSA）项目					
建设单位	乐山市五通桥区人民医院					
法人代表	*	联系人	*	联系电话	*	
注册地址	四川省乐山市五通桥区竹根镇佑君街北段 72 号					
项目建设地点	四川省乐山市五通桥区竹根镇榕景路, 乐山市五通桥区人民医院门诊、医技、行政综合楼 1 楼放射科 DSA 室及 3 楼杂交手术室					
立项审批部门	—		批准文号	—		
建设项目总投资 (万元)	*	项目环保投资 (万元)	*	投资比例	*	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 m ²	*	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 甲 <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类				
其他	无					

1.项目概述

1.1 建设单位基本情况

乐山市五通桥区人民医院位于风景秀丽的茫溪河畔, 始建于 1951 年, 是乐山市五通桥区唯一一家国家三级综合医院, 爱婴医院, 四川省二星级数字化医院, 是五通桥区的医疗、教学、科研、急救中心。医院位于五通桥区佑君街北段 72 号, 占地面积 1.45 万 m², 建筑面积 2.5 万 m², 现有院区开放床位 388 张; 设有 19 个临床一级科室, 6 个医技辅助科室, 拥有万元以上医疗设备 300 余台。全院在岗职工 458 人。医院年门诊急诊量 20 余万人次, 出院 1.3 万人次, 住院手术 6000 余例。建立有医院管理信息系统、电子病历系统、医学影像系统、实验室检验系统。医院消化内科、眼耳鼻咽喉

科、护理学、骨科、妇产科、呼吸内科为市级重点专科，每年开展新技术项目 20 多项。是四川大学华西医院的网络协作医院，远程会诊、远程教学定点医院，乐山市人民医院紧密性医联体单位，是全科医师转岗培训基地，承担了部分院校的实习生教学任务和区境内卫生技术人员的培训任务。2023 年，乐山市五通桥区人民医院为扩充医疗场所、提升医疗技术条件，拟投资 90000 万元于乐山市五通桥区竹根镇幸福村、易坝村建设乐山市五通桥区人民医院建设项目，项目南临体育场路，北临榕景路，东临竹根路，西临国家电网办公楼，新增占地面积约 77 亩，新建建筑面积 75000m²，开放床位 500 张，整个医院由一栋 3 层的门诊、医技、行政综合楼、一栋 10 层的住院楼、一栋 2 层传染门诊、1 栋 1 层制氧站以及 1 栋 1 层垃圾房及污水处理机房组成。项目迁建后设置传染门诊、感染楼（2F，肠道传染病专业、呼吸道传染病 专业、肝炎专业），感染楼收治病人，不将病人转移至专业传染病医院就诊。项目搬迁后，现有院区部分设备、及全部人员均迁至新建医院，现有院区建筑暂不拆除，交由政府统一规划处理。

建设单位现有《辐射安全许可证》，编号为：川环辐证[000839]，许可项目为“使用 II、III 类射线装置”，有效期至：2026 年 03 月 18 日。

1.2 项目由来

乐山市五通桥区人民医院为扩充医疗场所、提升医疗技术条件，拟投资90000万元新建院区，新院区建成后，医院整体搬迁，用地移交政府。涉及搬迁的III类射线装置，建设单位拟在搬迁前在建设项目环境影响登记表备案系统进行备案登记。为更好的满足区域医疗需求，拟在新院区设置 DSA 室用于介入手术治疗。

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《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。根据《四川省生态环境厅关于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），本项目应报乐山市生态环境局审查批准。因此，乐山市五通桥区人民医院委托浙江亿达检测技术有限公司编制本项目的环境影响报告表（委托书见附件3）。

浙江亿达检测技术有限公司接受本项目编制工作的委托后，在进行现场踏勘、现场监测（委托四川致胜创科环境监测有限公司进行监测）、实地调查了解项目所在地周围环境和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行环境影响评价，编制该项目环境影响评价表。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质及建设地点

- (1) 项目名称：迁建及新建数字减影血管造影机（DSA）项目。
- (2) 建设单位：乐山市五通桥区人民医院。
- (3) 建设性质：迁建（将老院区药剂楼现有 1 台 DSA 搬迁至新院区医技楼 1 楼 DSA 室）、新建（医技楼 3 楼杂交手术室新增 1 台 DSA）。
- (4) 建设地点：四川省乐山市五通桥区竹根镇榕景路，乐山市五通桥区人民医院门诊、医技、行政综合楼 1 楼放射科 DSA 室及 3 楼杂交手术室。

1.3.2 项目建设内容及规模

本项目拟在乐山市五通桥区人民医院新院区门诊、医技、行政综合楼（在建，医技楼部分地上 3 层、地下 1 层（本项目所在区域无地下室），楼高 16.8m）1 楼放射科 DSA 室及 3 楼杂交手术室内，各安装使用 1 台数字减影血管造影机（DSA）用于冠脉介入、脑神经介入及肺介入等病症的放射诊断和介入治疗。其中 3 楼杂交手术室内 1 台为老院区在用设备搬迁，型号 CGO-2100，额定管电压为 150kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下而上，属于 II 类射线装置；1 楼放射科 DSA 室需新采购，拟新增 DSA 型号暂未确定，额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下而上，属于 II 类射线装置。医院年诊疗病例约 1240 台，年曝光时间累计约 506.6h（拍片 14.0h、透视 492.6h）。

本项目 **1 楼放射科 DSA 室** 面积 52.35m²（长 8.46m，宽 6.20m，层高 5.00m），配套使用辅房为 1 间控制室（13.60m²）、1 间处置室（5.35m²）、2 间医生更衣室及刷手间（共 23.96m²）、1 间谈话间兼病人准备室（13.80m²）、1 间病人恢复室（7.20m²）及 1 间设备间（6.0m²）。机房四周墙体为 240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥砂浆；顶部为 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥砂浆；观察窗 1 扇，为 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门 3 扇，均为 3mm 铅当量防护铅门。

3 楼杂交手术室面积 75.60m²（长 9.15m，宽 8.60m，层高 5.00m），配套使用辅房为 1 间控制室（12.75m²）及 1 间体外循环间（12.75m²）。机房顶部为 150mm 混凝土+2mmPb 铅板；底部为 150mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥砂浆；四周为 3mmPb 铅板；观察窗 1 扇，为 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门 3 扇，均为 3mm 铅当量防护铅门。

1.3.3 项目组成及主要环境影响

项目组成及主要的环境影响见表 1-1。

表1-1 建设项目组成及主要的环境影响表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	<p>1 楼放射科 DSA 室：面积 52.35m²（长 8.46m，宽 6.20m，层高 5.00m），配套使用辅房为 1 间控制室（13.60m²）、1 间处置室（5.35m²）、2 间医生更衣室及刷手间（共 23.96m²）、1 间谈话间兼病人准备室（13.80m²）、1 间病人恢复室（7.20m²）及 1 间设备间（6.0m²）。机房四周墙体为 240mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥砂浆；顶部为 250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥砂浆；观察窗 1 扇，为 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门 3 扇，均为 3mm 铅当量防护铅门。</p> <p>3 楼杂交手术室：面积 75.60m²（长 9.15m，宽 8.60m，层高 5.00m），配套使用辅房为 1 间控制室（12.75m²）及 1 间体外循环间（12.75m²）。机房顶部为 150mm 混凝土+2mmPb 铅板；底部为 150mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥砂浆；四周为 3mmPb 铅板；观察窗 1 扇，为 3mm 铅当量的铅玻璃；防护门 3 扇，均为 3mm 铅当量防护铅门。</p> <p>设备：1楼放射科 DSA 室及3楼杂交手术室内，各安装使用1台数字减影血管造影机（DSA）。其中3楼杂交手术室内1台为老院区药剂楼在用设备搬迁，型号 CGO-2100，额定管电压为150kV，额定管电流为1000mA，出束方向由下而上，属于II类射线装置；1楼放射科 DSA 室需新采购，拟新增 DSA 型号暂未确定，额定管电压为125kV，额定管电流为1000mA，出束方向由下而上，属于II类射线装置。医院年诊疗病例约1240台，年曝光时间累计约506.6h（拍片14.0h、透视492.6h）</p>		噪声、医疗废物
辅助工程	<p>1 楼放射科 DSA 室：1 间控制室（13.60m²）、1 间处置室（5.35m²）、2 间医生更衣室及刷手间（共 23.96m²）、1 间谈话间兼病人准备室（13.80m²）、1 间病人恢复室（7.20m²）及 1 间设备间（6.0m²）。</p> <p>三楼杂交手术室：1 间控制室（12.75m²）及 1 间体外循环间（12.75m²）。</p>	施工噪声、施工废水、施工扬尘、固体废物	X 射线、臭氧
公用工程	污水处理站、市政水网、市政电网、配电系统、通风系统、通讯系统等。		生活垃圾、生活污水
环保工程	<p>废气处理：</p> <p>放射科 DSA 室：采用净化空调系统，气流组织为送风天花板</p>		废水、固体废物、废气

	<p>集中上送，双侧单层竖向百叶下回（风速 0.2~0.25m/s）；经排风系统排风（排风口位于医技楼顶部，排风口距地面约 19m）；</p> <p>杂交手术室：采用净化空调系统，气流组织为送风天花板集中上送，双侧单层竖向百叶下回（风速 0.2~0.25m/s）；废气经过手术室专用的排风系统排风（距地面约 19m）。</p> <p>废水处理：直接排入污水处理站；污水站工艺为“二级生化处理（生物接触氧化工艺）+消毒工艺（二氧化氯消毒）”，处理规模为 500m³/d，医院废水经处理达 GB18466-2005 中表 2 预处理标准后排入市政污水管网。</p> <p>固废处理：医疗废物分类收集经消毒、毁型后，损伤性、感染性及其他医疗废物、感染楼生活均采用专用包装袋或容器进行收集暂存，病理性医疗废物暂存于专用冰柜内，运至场地南侧设置的医疗废物暂存间暂存（面积 16m²），并定期交由资质单位处置。生活垃圾由垃圾桶收集，暂存在医院，定期交由环卫部门进行清运处置。</p>	
办公、生活设施	办公室、卫生间等依托拟建门诊、医技、行政综合楼内设施	生活垃圾、生活污水

注：①粘土实心砖的密度是 1.9g/cm³，混凝土密度为 2.4g/cm³，铅密度为 11.3g/cm³；

②硫酸钡砂的标称密度是 3.80g/cm³，其中铅当量测试配比为水泥:硫酸钡砂=1:2.5。

1.3.4 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

类别	名称	年耗量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	造影剂	248L	招标采购	碘克沙醇
能源	电(kW·h)	3300 度	市政电网	—
水量	水	330m ³	市政水网	—

碘克沙醇注射液：分子式 C₃₅H₄₄I₆N₆O₁₅，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压为 290mOsm/kg·H₂O (37°C)，粘度为 11.4mPa · s (37°C)，pH 值为 6.8-7.6。本品为无色或淡黄色的澄明液体。活性成分为碘克沙醇，辅料为氯化钙、氯化钠、氨丁三醇、依地酸钙钠，包装为中性硼硅玻璃输液瓶。规格为 100ml/瓶，平均每台介入手术使用 2 瓶，每年约 1240 台手术，年使用量约为 248L。残留有废弃造影剂的输液瓶将作为医疗废物处置。

1.3.5 本项目主要设备配置及技术参数

本项目使用的 2 台 DSA 射线装置位于医院新院区医技楼，1 台位于 1 楼放射科 DSA 室，1 台位于 3 楼杂交手术室，由内科一、内科二、及内科三进行使用及日常管理。根据医院提供资料，本项目 DSA 主要用于冠脉介入、脑神经介入及肺介入等病症

的放射诊断和介入治疗。医院年最大手术台数约 1240 台，2 台设备年最大出束时间为约 519.9h。本项目设备参数及技术参数见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置相关参数

设备名称	型号	数量及位置	最大管电压	最大管电流	管理类别	射线方向
数字减影血管造影机 (DSA)	待定	1 台位于 1 楼放射科 DSA 室	125kV	1000mA	II	由下向上
数字减影血管造影机 (DSA)	CGO-2100	1 台位于 3 楼杂交手术室	150kV	1000mA	II	由下向上
设备使用情况						
使用场所	使用及管理科室	常用拍片工况			常用透视工况	
		电压	电流	电压	电流	
放射科 DSA 室	内科一、内科二、内科三	60kV~100kV	100mA~500mA	60kV~90kV	3mA~30mA	
DSA 复合手术室	内科一、内科二、内科三	60kV~100kV	100mA~500mA	60kV~90kV	3mA~30mA	
设备出束时间						
使用科室及手术类型	单台手术最长曝光时间		年手术量	年出束时间		
	拍片	透视		拍片	透视	
内科一 (肺介入)	1min	39min	40 台	0.7h	26.0h	
内科二 (脑神经介入)	3min	40min	200 台	5.0h	133.3h	
内科三 (冠脉介入)	0.5min	20min	1000 台	8.3h	333.3h	

1.3.6 工作人员配置情况

劳动定员：本项目拟配置 14 名辐射工作人员，包含手术医生 4 名（1 名来自内科一，1 名来自内科 2，2 名来自内科三）、护士 2 名，技师 2 名，均为医院新增辐射工作人员。其中内科一有 1 名主刀医生，2 名助手医生；内科二有 1 名主刀医生，2 名助手医生；内科三有 2 名主刀医生，2 名助手医生。各科室手术时，手术室内配备 2 名医生（1 名主刀医生、1 名助手医生），1 名护士；控制室内 1 名技师。今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置。针对本项目所有拟配备的辐射工作人员，医院承诺在上岗前将安排其自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。医院拟在本项目辐射工作人员上岗前为每人建立职业健康档案以及个人剂量监测档案，届时若有新增辐射工作人员的科室医生需参与治疗手术，同样要求其取得辐射安全与防护考核合格证明，并为其建立个

人剂量监测档案以及职业健康档案。

1.3.7 依托环保设施情况

1、废水处理：直接排入污水处理站；污水站工艺为“二级生化处理（生物接触氧化工艺）+消毒工艺（二氧化氯消毒）”，处理规模为 500m³/d，医院废水经处理达 GB18466-2005 中表 2 预处理标准后排入市政污水管网。

2、固废处理：医疗废物分类收集经消毒、毁型后，损伤性、感染性及其他医疗废物、感染楼生活均采用专用包装袋或容器进行收集暂存，病理性医疗废物暂存于专用冰柜内，运至场地南侧设置的医疗废物暂存间暂存（面积 16m²），并定期交由资质单位处置。生活垃圾由垃圾桶收集，暂存在医院，定期交由环卫部门进行清运处置。

2.本项目产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类第三十七项“卫生健康”第 1 条“医疗服务设施建设”，符合国家产业发展政策。

3.本项目选址合理性分析

3.1 外环境关系分析

3.1.1 医院外环境关系

乐山市五通桥区人民医院位于乐山市五通桥区竹根镇佑君街北段 72 号，医院南临体育场路，北临榕景路，东临竹根路，西临国家电网办公楼。医院外环境比较单一，主要为城居环境。医院周围路况良好，交通便捷，有利于医院和外界的联系；所在区域城市基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件，医院外环境关系见附图 2。

3.1.2 项目外环境关系

1、放射科 DSA 室外环境关系

放射科 DSA 室位于医技楼 1 楼东南侧，以机房四周墙体为边界：北侧 0m~39m 为医技楼内、39m~50m 为院区内绿化及道路；东侧 0m~29m 为医技楼内、29m~50m 为院区内绿化及道路；南侧 0m~38m 为庭院及医技楼、38m~50m 范为住院楼；西侧 50m 内均为医技楼内；正下方无地下室；正上方为检验中心临检区。详见附图 3-1。

2、杂交手术室外环境关系

杂交手术室位于医技楼 3 楼东北侧，以机房四周墙体为边界：北侧 0m~12m 为医

技楼内、12m~46m 为院区内绿化及道路、46m~50m 为榕景路；东侧 0m~13m 为医技楼内、13m~39m 为院区内绿化及道路、39m~50m 为竹根路；南侧 50m 内均为医技楼内；西侧 50m 内均为医技楼内；正下方为检验中心培养检定实验室；正上方为屋顶。详见附图 3-2。

3.2 项目选址合理性分析

根据医院提供的国有土地使用证，新院区用地属于“医疗卫生用地”，因此本项目建设符合乐山市总体规划要求。乐山市五通桥区人民医院新院区已获得乐山市生态环境局关于《乐山市五通桥区人民医院建设项目环境影响报告书》的审批意见：乐市环审五字【2023】21 号。

医院位于乐山市五通桥区竹根镇佑君街北段 72 号，医院外环境比较单一，主要为城居环境，交通便捷，有利于医院和外界联系。项目选址城市基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

根据医院提供的相关设计资料，放射科规划在门诊、医技、行政综合楼的医技楼 1 楼，CT、DR 等射线装置集中布置，便于医院对射线装置的集中管理也便于患者就诊；本项目新建放射科 DSA 室位于门诊医技楼 1 楼东南角落无关工作人员及公众无需从此处经过，楼上为检验中心实验室，仅有少量检验检测人员驻留；本项目杂交手术室位于 3 楼东北侧手术中心内，无关人员不得入内，区域内人流相对较少，楼上为屋顶无人员长期驻留；DSA 室及杂交手术室所在楼层避开了人流量较大的门诊（位于门诊医技楼 2 楼），有利于减少对公众的影响。本项目选址时已充分考虑周围保护目标最少化，且 DSA 室为专门的辐射工作场所，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。

3.3 与周边环境的兼容性分析

根据乐山市生态环境局关于《乐山市五通桥区人民医院建设项目环境影响报告书》的审批意见：乐市环审五字【2023】21 号，本项目施工期废水、运营期医疗废水依托医院新建的污水管道和污水处理站（处理能力 500m³/d），采用“二级生化（生物接触氧化工艺）+消毒工艺（二氧化氯消毒）”工艺处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，排入市政污水管网。

介入手术时产生的药棉、纱布、手套和废造影剂瓶。造影剂具有一定毒性，不能

被人体吸收也不能被人体分解，参考《关于在医疗机构推进生活垃圾分类管理的通知》（国卫办医发〔2017〕30号）残留有一定造影剂的输液瓶属于《医疗废物分类目录》中的药物性废物（医疗废物），各类废物采用专门的收集容器集中收集后，先转移至污物暂存间暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。

本项目产噪设备不多，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境质量。

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

3.4 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在放射诊断和介入治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。符合辐射防护“实践的正当性”原则。

3.5 原有核技术利用情况

3.5.1 辐射安全许可证及主体建筑环评审批情况

目前，建设单位已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证【00839】”，种类和范围为“使用II类、III类射线装置”，有效期至：2026年03月18日。

本项目所在的主体建筑所在院区已获得乐山市生态环境局关于《乐山市五通桥区人民医院建设项目环境影响报告书》的审批意见：乐市环审五字【2023】21号，在已审批的院区整体环评中，有严格的污染控制措施要求以及完善的处理设施。本项目将依托院区拟建的污染控制处理措施的处理系统。

3.5.2 原有射线装置情况

建设单位许可使用1台II类射线装置及6台III类射线装置，经核查建设单位《2023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》，同时，经建设单位证实，医院开展放射诊断工作截至目前未发生

过辐射安全事故。医院原有核技术利用情况见表1-4。

表 1-4 建设单位辐射安全许可证登记的现有核技术利用项目一览表

序号	装置名称	型号	管电压(kV)	管电流(mA)	类别	工作场所	活动种类	备注
1	医用诊断X射线机	uDR588i	150	630	III	摄片室	使用	在用
2	联影CT	uCT510	140	420	III	CT室2	使用	在用
3	西门子CT机	Spirit CT	130	180	III	CT室1	使用	闲置
4	牙科X射线机	FT-C	70	7	III	摄片室	使用	在用
5	C臂X射线机	PLX118F/a	120	100	III	手术室5	使用	在用
6	医用血管造影X射线机	CGO-2100	150	1000	II	药剂楼	使用	在用
7	医用诊断X射线机	uDR266i	150	500	III	体检中心	使用	在用

3.5.3原有辐射场所环境监测

根据医院 2024 年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知, 目前各院区各辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求, 机器符合仪器相关质控评价标准。建设单位已配备有便携式辐射监测仪及足够数量的个人剂量报警仪。

3.5.4 原有辐射人员工作情况

医院原有登记在册的辐射工作人员 52 名, 现有 25 名辐射工作人员持有有效期内的辐射安全与防护培训考核证书或自主考核证书, 其中 7 名辐射工作人员从事介入放射工作。其余操作III类射线装置的辐射工作人员均已开展自主考核, 自主考核结果均已存档。建设单位对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并分档管理, 目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。所有辐射工作人员最新四个季度个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中剂量限值情况。部分人员非全年在岗或已离岗, 故无部分季度剂量监测。持证情况和个人剂量统计结果见附件 8。

3.5.5 年度评估报告

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位, 应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估, 并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年

度的评估报告。乐山市五通桥区人民医院已编制《2023年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp> 在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。

现医院辐射安全管理情况如下：

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

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	数字减影血管造影机 (DSA)	II类	1 台	SRT-100	150	800	放射诊断/介入治疗	放射科 DSA 室	迁建
2	数字减影血管造影机 (DSA)	II类	1 台	型号待定	125	1000	放射诊断/介入治疗	杂交手术室	新建
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
医疗废物	固态	/	/	/	有少量废造影剂的输液瓶（250kg/a）、废药棉（100kg/a）、废纱布（80kg/a）、废手套（100kg/a）	/	暂存于医疗废物暂存间	定期委托有资质单位进行处置
生活垃圾	固态	/	/	/	0.3t/a	/	暂存于院区垃圾房	由院区统一收集后交由环卫部门统一清运
医疗废水	液态	/	/	/	合计 1500m ³ /a	/	不暂存	依托院区在建的污水处理站处理
生活废水	液态	/	/	/		/		

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订本），中华人民共和国 2014 年主席令第 9 号，自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正本），中华人民共和国 2018 年主席令第 24 号，自 2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国 2003 年主席令第 6 号，自 2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订本），中华人民共和国 2020 年主席令第 43 号，自 2020 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正本），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，2019 年 3 月修订；</p> <p>(8) 《射线装置分类》，原环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月起实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第 18 号令，2011 年 5 月起实施；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》；环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订；</p> <p>(11) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日起实施；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162 号，2015 年 12 月实施；</p> <p>(13) 《关于建设放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(14) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发</p>
------	--

	<p>[2012]77号, 环境保护部文件, 2012年7月3日;</p> <p>(15) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告, 公告2019年第57号;</p> <p>(16) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》, 生态环境部公告 公告2021年第9号, 自2021年3月15日起施行;</p> <p>(17) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号, 自2019年11月1日起施行; 关于发布《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》配套文件的公告, 中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号, 自2019年11月1日起施行;</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016) ;</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) ;</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) ;</p> <p>(4) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ244-2017) ;</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) ;</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) ;</p> <p>(7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) ;</p> <p>(8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) ;</p> <p>(9) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017) ;</p> <p>(10) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算》(GBZ/T301-2017) ;</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护手册》第一、三分册, 李德平、潘自强主编;</p> <p>(2) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局)) ;</p> <p>(3) 《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);</p> <p>(4) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号);</p> <p>(5) 院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围							
根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)中的相关要求,结合项目特点和现场实际情况(本项目为II类医用射线装置应用项目,且项目所在场所有实体边界)确定辐射环境影响评价的范围为:拟建各DSA室屏蔽墙体边界外50m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,由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减,因此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。本项目评价范围内保护目标与项目的相对空间位置关系见附图 2。							
项目位置	保护目标	相对方位	距辐射源最近距离(m)		人流量	照射类型	剂量约束值(mSv/年)
1楼 DSA室	介入手术医生	紧邻	0.5	0			
	介入手术护士	紧邻	1.0	0	共 2 名护士, 通常 1 人/天	职业	5.0
	放射技师	东侧 控制室	6.2	0	共 2 名技师, 通常 1 人/天	职业	5.0
	库房、洗手池、更衣室	东侧	8.6	0	共 14 名工作 人员, 通常 4 人/天	职业	5.0
	值班室、走廊	东侧	16.1	0	预计 20 人/天	公众	0.1
	院内道路、绿化	东侧	29.0	0	预计 50 人/天	公众	0.1
	医技楼走廊、绿化、住院 楼走廊	南侧	3.7	0	预计 50 人/天	公众	0.1
	设备间、病人准备间	西侧	3.9	0	预计 4 人/天	公众	0.1
	DR 机房	西侧	11.8	0	预计 20 人/天	公众	0.1
	放射科大厅、空调机房	西侧	26.2	0	预计 30 人/天	公众	0.1
	走廊、MRI 机房	北侧	2.7	0	预计 20 人/天	公众	0.1
	急诊	北侧	13.9	0	预计 50 人/天	公众	0.1
	院内道路、绿化	北侧	43.7	0	预计 50 人/天	公众	0.1
3楼杂 交手术	检验中心等候区	楼上	0	5.0	预计 50 人/天	公众	0.1
介入手术医生	介入手术医生	紧邻	0.5	0	共 10 名医生, 通常 2 人/天	职业	5.0

室	介入手术护士	紧邻	1.0	0	共 2 名护士， 通常 1 人/天	职业	5.0
	放射技师	南侧 控制室	5.1	0	共 2 名技师， 通常 1 人/天	职业	5.0
	手术室、库房、办公室、 治疗室	南侧	8.5	0	预计 20 人/天	公众	0.1
	走廊、手术室	西侧	4.5	0	预计 10 人/天	公众	0.1
	设备间、清洁间、走廊	北侧	4.5	0	预计 10 人/天	公众	0.1
	院内道路、绿化	北侧	43.7	-11.6	预计 50 人/天	公众	0.1
	走廊、库房	东侧	4.4	0	预计 5 人/天	公众	0.1
	院内道路、绿化	东侧	16.6	-11.6	预计 50 人/天	公众	0.1
	竹根路	东侧	42.0	-11.6	预计 20 人/天	公众	0.1

评价标准

1.环境质量标准

- (1) 大气: 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。
- (2) 地表水: 《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)III类标准。
- (3) 声环境: 《声环境质量标准》(GB3096-2008)2类标准。

2.污染物排放标准

(1) 废气: 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2中最高允许排放浓度和最高允许排放率二级标准。

(2) 废水: 医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中的预处理排放标准。

(3) 噪声:

- ①施工期: 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB15023-2011)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。

(4) 固废: 一般工业固体废物贮存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)、医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB39707-2020)。

3.电离辐射剂量限值和剂量约束值

电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

职业照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第4.3.2.1条的规定, 对任何工作人员, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平

均) 20mSv。四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。眼晶状体的年当量剂量不超过 150mSv。

本项目评价取四肢(手和足)或皮肤年当量剂量的 1/4(即 125mSv/a)作为职业人员四肢(手和足)或皮肤年当量剂量约束值。取眼晶状体连续 5 年眼晶体接受的年平均当量剂量不超过 20mSv, 并且任何单一年份内当量剂量不超过 50mSv 作为职业人员眼晶状体年当量剂量约束值。

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。

本项目评价取上述标准中规定的公众年有效剂量限值的 1/10(即 0.1mSv/a)作为公众的年剂量约束值。

4. 辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 评价标准:

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求:

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$; 测量时, X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

5. 放射诊断放射防护要求

《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 评价标准:

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外, 对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房, 其最小有效面积、最小单边长度要求见表 7-2。

表 7-2 X 射线设备机房(照射室)使用面积、单边长度的要求

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

6.2.2 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 7-4 要求。

表 7-4 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

设备类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
单管头 X 射线机	2	2

6.臭氧排放标准

根据《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019/XG1-2022)室内臭氧符合最高允许浓度0.30mg/m³的要求；根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012)室外臭氧小时平均浓度符合二级标准(0.20mg/m³)的要求。

表8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1.项目地理和场所位置

本项目位于四川省乐山市五通桥区竹根镇榕景路乐山市五通桥区人民医院在建新院区内，乐山市五通桥区人民医院目前处于基坑施工阶段，所有土建工程尚未建成，详见图8-1，根据设计图纸及现场勘察可知：

放射科DSA室位于拟建医技楼1楼东南侧，以拟建机房四周墙体为边界：北侧0m~39m为医技楼内、39m~50m为院区内绿化及道路；东侧0m~29m为医技楼内、29m~50m为院区内绿化及道路；南侧0m~38m为庭院及医技楼、38m~50m为住院楼；西侧50m内均为医技楼内；正下方无地下室；正上方为检验中心临检区。

杂交手术室位于拟建医技楼3楼东北侧，以拟建机房四周墙体为边界：北侧0m~12m为医技楼内、12m~46m为院区内绿化及道路、46m~50m为榕景路；东侧0m~13m为医技楼内、13m~39m为院区内绿化及道路、39m~50m为竹根路；南侧50m内均为医技楼内；西侧50m内均为医技楼内；正下方为检验中心培养鉴定实验室；正上方为屋顶。

本项目周围医院周围主要为道路、空地、施工营地、居民小区、幼儿园和办公区等，评价范围内没有其他电离辐射，周围辐射环境趋于一致。主要植被为人工种植的花草树木外，无农作物和野生动植物。本项目评价区域范围内尚未发现受保护的文物和古迹。



图 8-1 本项目拟建址现状

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

本项目为II类医用射线装置应用项目，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，本次评价不对区域环境空气质量、声环境、地表水和地下水环境质量进行监测评价（环境空气质量、声环境、地表水和地下水环境质量现状详见《乐山市五通桥区人民医院建设项目环境影响报告书》），本次评价仅对射线装置评价区域开展了辐射环境现状监测。

为掌握项目拟建地辐射水平，本次评价委托四川致胜创科环境监测有限公司于2024年11月11日对本项目拟建址进行了辐射环境质量现状监测（监测报告见附件12）。辐射监测情况和结果如下：

2.1 监测方法及监测时间

受乐山市五通桥区人民医院的委托，四川致胜创科环境监测有限公司于2024年11月11日按照要求对迁建及新建数字减影血管造影机（DSA）项目拟建场所周围，进行了辐射环境现状布点监测，其监测项目、分析方法及来源见表8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
------	------	------

X- 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

2.2 监测仪器及环境条件

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			现场使用环境状态
	名称及编号	技术指标	校准情况	
环境 X- γ 辐射剂量率	名称: X/ γ 剂量率仪 型号: XH-3512E 编号: H01	仪器检测下限: 10nSv/h; 量程: 10nSv/h-200 μ Sv/h	证书编号: 校准字第 202312002647 号 校准因子: 1.01 校检有效期: 2024.12.12	温度: 20.3°C 相对湿度: 78.9%

2.3 监测因子及监测点位

本项目正常运行时, 对环境影响的污染因子主要为 DSA 曝光时高压射线管发出的 X 射线, 由此确定本项目现状监测因子为 X- γ 辐射剂量率。

根据现场实际情况结合建设单位提供的设计图纸, X- γ 辐射剂量率监测点位主要包括介入手术室、介入手术室四周及评价范围内的敏感点。监测点位涵盖了本项目介入手术室拟建位置和四周的区域及评价范围内的院内和院外环境。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律, 以上监测布点能够科学地反映该射线装置工作场所周围的现状辐射水平, 点位布设符合技术规范要求。共计 15 个监测点, 具体点位见图 8-2。

3. 监测方案及质量保证措施

3.1 监测方案

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 在该项目拟建址及四周评价范围内的敏感位置布设监测点位, 测量拟建址内及周围的天然贯穿辐射剂量率。

3.2 质量保证

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

四川致胜创科环境监测有限公司质量管理体系：

（1）计量认证

四川致胜创科环境检测有限公司于 2021 年 8 月通过了四川省市场监督管理局组织的检验检测机构计量认证，其证书编号为：212312050163，有效期至 2027 年 8 月 15 日，现场监测时处于有效期内。

（2）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（3）记录与报告

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

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。

3.3 环境现状监测结果与评价

为了解拟建地环境辐射剂量本底值，在手术室拟建位置及周围敏感点对辐射环境进行了现状布点监测，共布设15个监测点位，监测一天。

表 8-3 拟建项目周围环境 X-γ 辐射剂量率

注：1、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。2、以上数据均未扣除宇宙射线响应值。3、监测布点图见图 8-1。

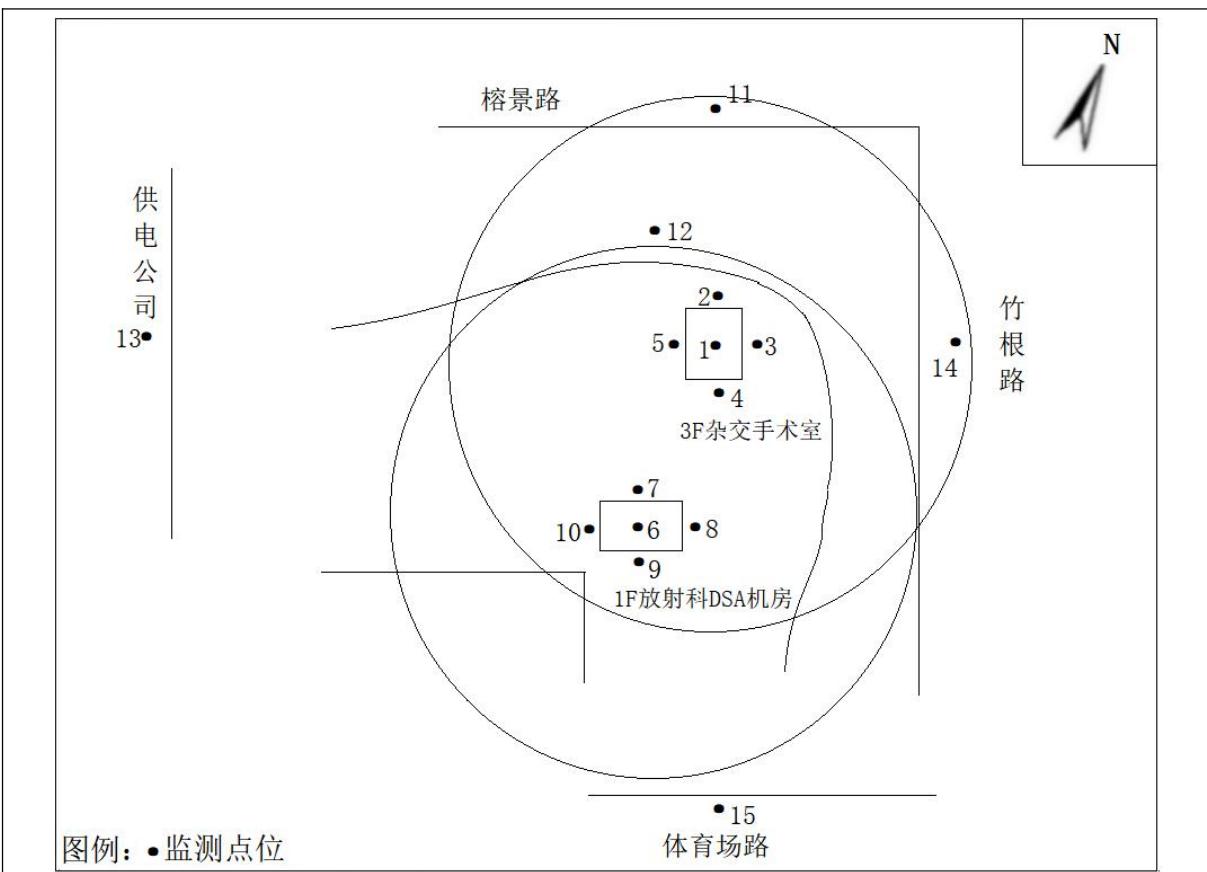


图 8-2 监测布点图

由监测报告得知, 本项目所在区域的环境 X - γ 辐射剂量率为 $77.4\sim101.6\text{nGy/h}$ 。在中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果 ($61.9\sim151.8\text{nGy/h}$) 范围内, 总体来, 本项目所区域属于地正常天然本底辐射水平。

表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析
<h3>1.工程设备</h3> <p>本项目1楼DSA室辐射工作场所由1间设备间、1间谈话兼病人准备室、1间病人恢复室、1间控制室、1间处置室、1间刷手准备间、2间医护更衣室、医护通道及病患通道构成；3楼杂交手术室辐射工作场所由1间控制室、1间体外循环间、1间设备间、1间清洁间、1间应急消毒间、1间无菌库房、医护通道、患者通道及污物通道构成。</p> <p>设备组成：本项目DSA由X线发生装置，包括X线球管及其附件、高压发生器、X线控制器等，和图像检测系统，包括光栅、影像增强管、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。</p>
<h3>2.工艺分析</h3> <h4>2.1 施工期工艺分析</h4> <p>通过现场勘查核实可知，新院区目前处于基坑施工阶段，本项目所在建筑的主体工程在已获得批复的院区环评中已进行分析，本项目施工期工艺分析仅包括通风系统、房间隔断、防护工程、表面装修、机器安装和调试。</p> <p>在施工过程中，本项目DSA室装修时，应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，避免各屏蔽体间有漏缝产生。土建施工必须符合其建设设计要求，混凝土施工过程中，对混凝土剪力墙及屋面屏蔽墙混凝土浇筑应连续整体灌注，避免间断性施工作业，不留施工缝，防止屏蔽墙出现缝隙和气泡等现象，以防出现射线外泄；地面也要为混凝土地平；穿过屏蔽体的各种管道、电缆不得影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，其预留孔洞不得正对工作人员经常停留的地点。本项目在施工期间，主要环境影响为扬尘、废气、噪声、废水、固体废物。因施工期较短施工量较小，对周围环境影响较小。</p> <p>本项目杂交手术室装修时，应在机房四周搭设钢结构龙骨架，而后用自攻螺丝在龙骨架上安装3mm铅板，最后采用铝塑板进行表面装修工作；地面为150mm混凝土，在此基础上涂抹30mm硫酸钡防护涂层，最后做PVC胶地板面层；顶板为150mm混凝土，在此基础上涂抹30mm硫酸钡防护涂层，最后采用铝塑板进行表面装修工作。</p> <p>施工期工艺流程及产污环节见图9-1。</p>

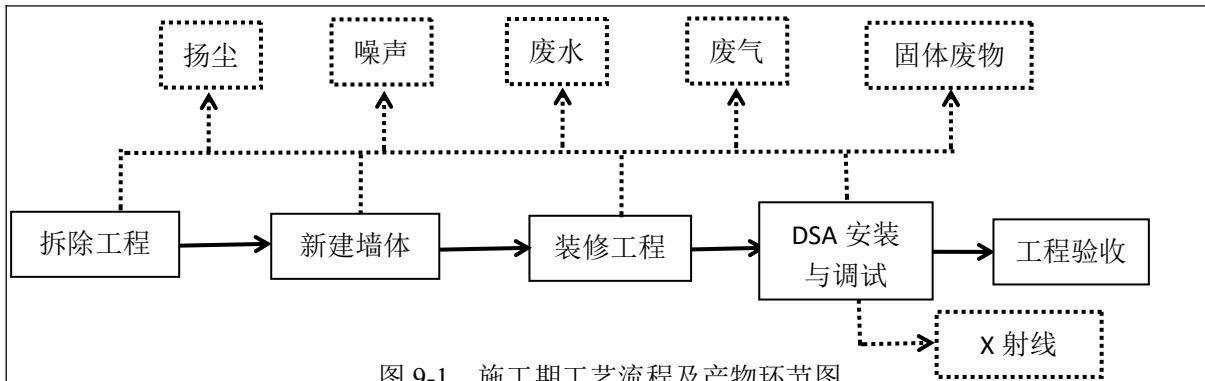


图 9-1 施工期工艺流程及产物环节图

由以上可知，施工过程以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有废气、建筑垃圾及废包材等固废、施工废水和噪声，会对周围声环境质量产生一定影响。以上污染因素将随建设期的结束而消除。

本项目射线装置的安装调试阶段会产生 X 射线，可能造成一定的辐射影响，因此要求本项目的安装和调试应在辐射防护设施建设完成后进行。设备安装好后，应先启动安全联锁装置，并经确认系统正常后才可启动射线装置。在射线装置进行调试期间，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线开关钥匙应安排专人看管；安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

2.2 运营期污染源项分析

2.2.1 设备组成及工作原理

DSA (X 线数字减影血管造影机) 为采用 X 射线进行摄影的技术设备，主要有以下结构：X 射线管、高频逆变高压发生器、影像增强器、数据图像处理器、床体系统等。前述设备产生 X 射线的结构主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，详见图 9-2。

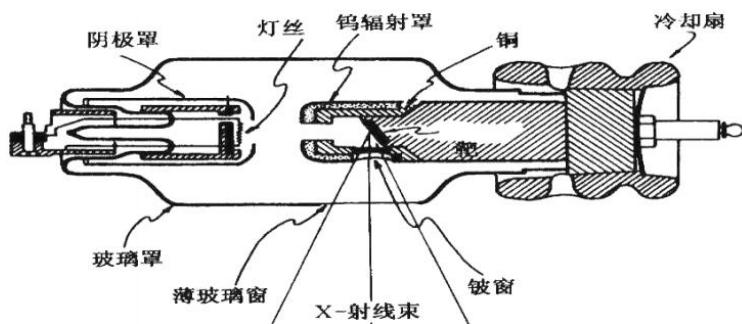


图 9-2 典型 X 线球管示意图

数字减影血管造影技术 (Digital Subtraction Angiography, 简称 DSA) 是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 的成像基本原理为：将受检

部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂（含有有机化合物，在 X 射线照射下会显影）后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排出的路径及快慢推断有无异常通道和血液动力学的改变，因此进行介入手术时更为安全。数字 X 线系统原理图见图 9-3。

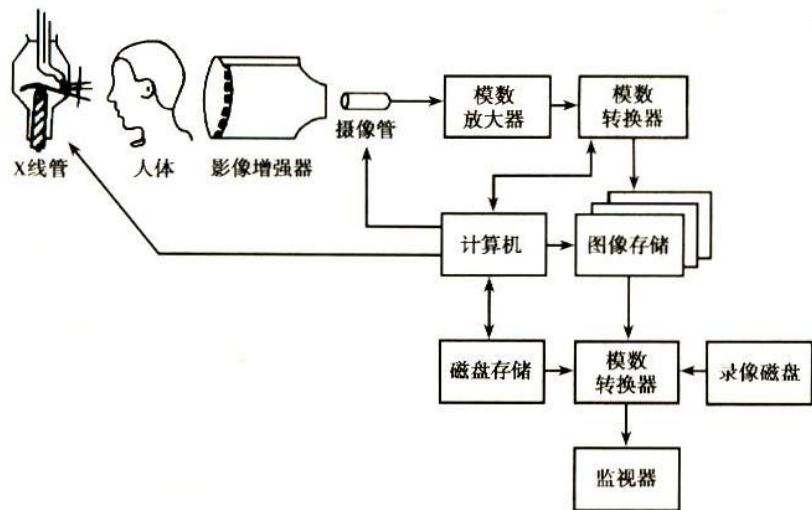


图 9-3 数字 X 线系统原理图

2.2.2 诊断及治疗流程简述

本项目放射介入诊疗流程如下所示：

- (1) 病人经医生诊断、确定需要介入治疗的病人进行手术前洁净准备；
- (2) 医生向病人告知可能受到的辐射危害；
- (3) 设置参数，病人进入 DSA 室，摆位；
- (4) 根据不同的治疗方案，医师及护士密切配合，完成介入手术或检查。DSA 在进行曝光时分为两种情况：
 - ①摄影：DSA 检查采用隔室操作方式（医护人员及技师均位于控制室内），通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，

医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入控制室，关好防护门。技师通过控制室的计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

②透视：患者进行介入手术治疗时，手术医生采取近台同室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医生位于手术床旁第一手术位，距 DSA 的 X 线管约 0.3~0.8m 处（本评价以 0.5m 计）。介入治疗中，医生根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视，通过显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。手术助手（护士）位于百级 DSA 手术室内、手术医生附近的第二手术位，距 DSA 的 X 线管约 0.8~1.0m 处（本评价以 1.0m 计），介入治疗中，通过观察各类监控屏辅助开展治疗。

DSA 诊疗流程见图 9-4。

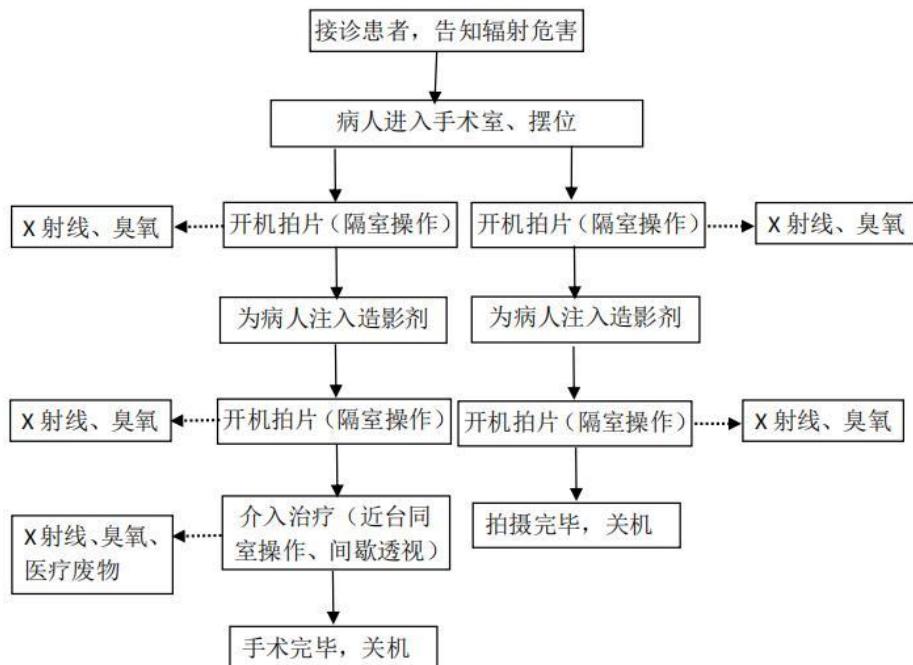


图 9-4 DSA 治疗流程及产污环节示意图

2.2.3 营运期产污情况

本项目共使用 2 台 DSA 用于介入治疗，均属于 II 类射线装置。产污环节为：DSA 检查、DSA 治疗过程曝光产生的 X 射线、微量的臭氧及氮氧化物。在手术时，产生医疗包装物和容器和药棉、纱布、手套等医疗废物。注入的造影剂不含放射性，同时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。

2.2.4 本项目医护人员、患者、污物路径分析

本项目人员路径见表 9-1。

表 9-1 本项目介入手术室人员路径一览表

1 楼 DSA 室	
医 师	医师在确认手术流程并与病人家属进行术前沟通后,于手术当日通过放射科大厅走廊进入 DSA 室东侧更衣室,在更衣室内更衣后经西侧刷手间进入控制室及机房进行手术;手术室结束后,医师原路返回离开
护 士	当日手术前护士通过放射科大厅走廊进入更衣室,在更衣室内更衣后经西侧刷手间进入控制室及机房进行术前准备工作;手术结束后,护士和护工将病人送至病人恢复室
技 师	每日手术前技师通过放射科大厅走廊进入 DSA 室东侧更衣室,在更衣室内更衣后经西侧刷手间进入控制室及机房进行机器预热和调试;每次手术全部结束后,确认射线装置及配套设备关闭后从原路返回
患 者	手术当日,护工带领病人从医技楼与住院楼间的连廊进入医技楼,并在等候区等待,在 DSA 室西侧谈话间进行手术风险及放射性危害告知后,患者更衣经患者防护门进入 DSA 室进行手术;手术结束后,由护士和护工送至病人恢复室,待麻醉解除后送回病区
3 楼杂交手术室	
医 师	医师在确认手术流程并与病人家属进行术前沟通后,手术当日通过手术室医护专用电梯进入医技楼 3 楼大厅上空西侧电梯厅,经走廊通过手术区门禁后进入更衣室,更衣后经走廊进入杂交手术室控制室及机房进行手术;手术室结束后,医师原路返回离开
护 士	当日手术前护士通过医护专用电梯进入医技楼 3 楼大厅上空西侧电梯厅,经走廊通过手术区门禁后进入更衣室,更衣后经走廊进入杂交手术室控制室及机房进行术前准备工作;手术结束后,护士和护工将病人送至麻醉恢复室
技 师	每日手术前技师通过医护专用电梯进入医技楼 3 楼大厅上空西侧电梯厅,经走廊通过手术区门禁后进入更衣室,更衣后经走廊进入杂交手术室控制室及机房进行机器预热和调试;每次手术全部结束后,确认射线装置及配套设备关闭后从原路返回
患 者	手术当日,病人经医用电梯到达手术区西侧谈话间,在谈话间进行手术风险及放射性危害告知后,患者进入病人更衣室更衣,更衣后经手术区过道从患者防护门进入杂交手术室进行手术;手术结束后,由护士和护工送至麻醉恢复室,待麻醉解除后送回病区

本项目污物路径见表 9-2。

表 9-2 本项目介入手术室污物路径一览表

手术室	路径
1 楼 DSA 室	每场手术结束,技师确认关机后通知清洁人员,清洁人员经东侧污物通道将医疗废物暂存到处置室。在一天工作结束后,清洁人员将通过处置室南侧的通道将当日污物运至院区南侧的垃圾房集中处置分类暂存,定期交由有资质单位处置
3 楼杂交手术室	每场手术结束,技师确认关机后通知清洁人员,清洁人员经西侧污物通道将医疗废物运出,送至北侧污物暂存间。在一天工作结束后,清洁人员将通过污物暂存间西南侧的污梯将手术层污物运至院区南侧的垃圾房集中处置分类暂存,定期交由有资质单位处置

综上所述，本项目时间上整体实现了辐射工作人员、患者、医疗废物的路线分流。本项目人流物流示意图见附图 4-1 及附图 4-2。

污染源项

1. 电离辐射污染源分析

由 DSA 工作原理可知，其只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故在 DSA 开机期间，X 射线是项目主要污染物。利用 X 射线束对病人进行诊断和手术的同时，射线装置产生的主射线、泄漏射线及散射射线也可能会穿透手术室的六面屏蔽体、观察窗、防护门等对手术室外的职业人员产生辐射影响。一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小；而介入手术则需要长时间的透视和大量的摄片，对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

主要辐射危害因素可分为两个类别：初级辐射和次级辐射。次级辐射为两项：散射辐射和泄漏辐射。初级辐射直接由 X 射线球管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。由于本项目拟使用的 DSA 装置 X 射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。散射辐射取决于受检者受照范围、初级辐射能量和受照角度。电子作用于靶向各方向发射 X 射线，泄漏辐射是从含有铅屏蔽防护的管套透射出的射线。

2. 其它污染源分析

废气：射线装置工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。为了避免交叉感染，净化空调系统维持合理的气流流向和气流组织。

废水：本项目射线装置采用数字成像，无废显影液和定影液产生，注入的造影剂亦不含放射性；工作人员工作中产生的生活污水以及项目产生的医疗废水量较小，少量生活污水及医疗废水进入医院生活污水处理系统预处理后排入市政管网。

固体废物：本项目 DSA 均采用数字成像，它根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理，故不产生废胶片。本项目介入手术时产生的有少量废造影剂的输液瓶 (250kg/a)、废药棉 (100kg/a)、废纱布 (80kg/a)、废手套 (100kg/a) 为医疗废物，项目相关人员产生的生活垃圾产生量约 0.3t/a。

噪声：本项目噪声源主要为空调噪声、进出医院的机动车辆产生的交通噪声及就诊病人及家属产生的人群活动噪声。

表 10 辐射安全与防护

1. 辐射工作场所布局

1.1 辐射工作场所布局及两区划分

1.1.1 辐射工作场所布局

本项目 2 台 DSA 所在辐射工作场所布局如表 10-1 所示。

表 10-1 工作场所布局

辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
1 楼 DSA 室	控制室、处置室	走廊	设备间、谈话间兼病人准备室	医护工作走廊	检验中心 临检区	/
3 楼杂交手术室	洁净通道	体外循环间、控制室	污物通道	清洁间、设备间、应急消毒间	/	检验中心 培养鉴定实验室

1.1.2 布局合理性分析

以上各 DSA 工作场均至少由手术室、控制室和设备间组成，上述配置能够满足各 DSA 的安装和功能实现需求。手术过程中手术材料暂存库与控制室相邻，能快速传递物资。

本项目 1 楼 DSA 室位于放射科东南角，与周围环境交互相对较少且周围除南侧走廊外均为辐射工作人员专用区域或放射科机房，所在区域无地下室，楼上为检验中心临检区，仅有少数工作人员进行样品前处理；3 楼杂交手术室位于手术区东北侧，除西侧为腔镜手术室外，周围均为手术区配套用库房、清洁间、设备间等少有人员居留房间，楼上为屋顶，楼下为检验中心培养鉴定实验室仅有少数工作人员进行样品检测；本项目 DSA 所在机房均通过合理布置有效减少了公众误入的可能性。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，所以其平面布置是合理的。

1.1.3 辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，根据国际放射防护委员会第 103 号出版物和《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，以便于辐射防护管理和职业照射控制。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。

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设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平、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（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：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电离辐射警示标识；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。

结合项目诊疗、辐射防护和环境情况特点，本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，图 10-1 及图 10-2。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

工作场所	控制区	监督区
1楼放射科 DSA 室	DSA 室	控制室、处置室、谈话间兼病人准备室、设备间
3楼手术区杂交手术室	杂交手术室	控制室、体外循环间、污物通道

备注：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除进行必要操作外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。

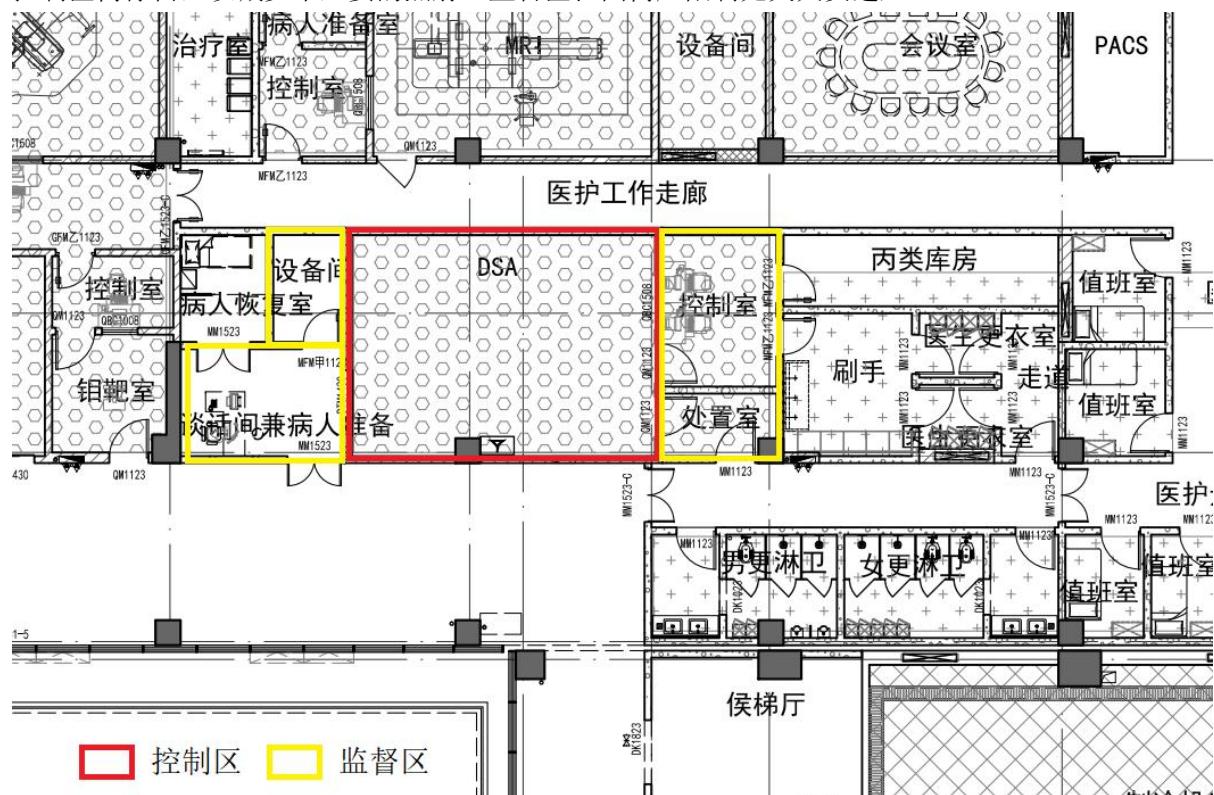


图 10-1 1 楼 DSA 室两区划分示意图

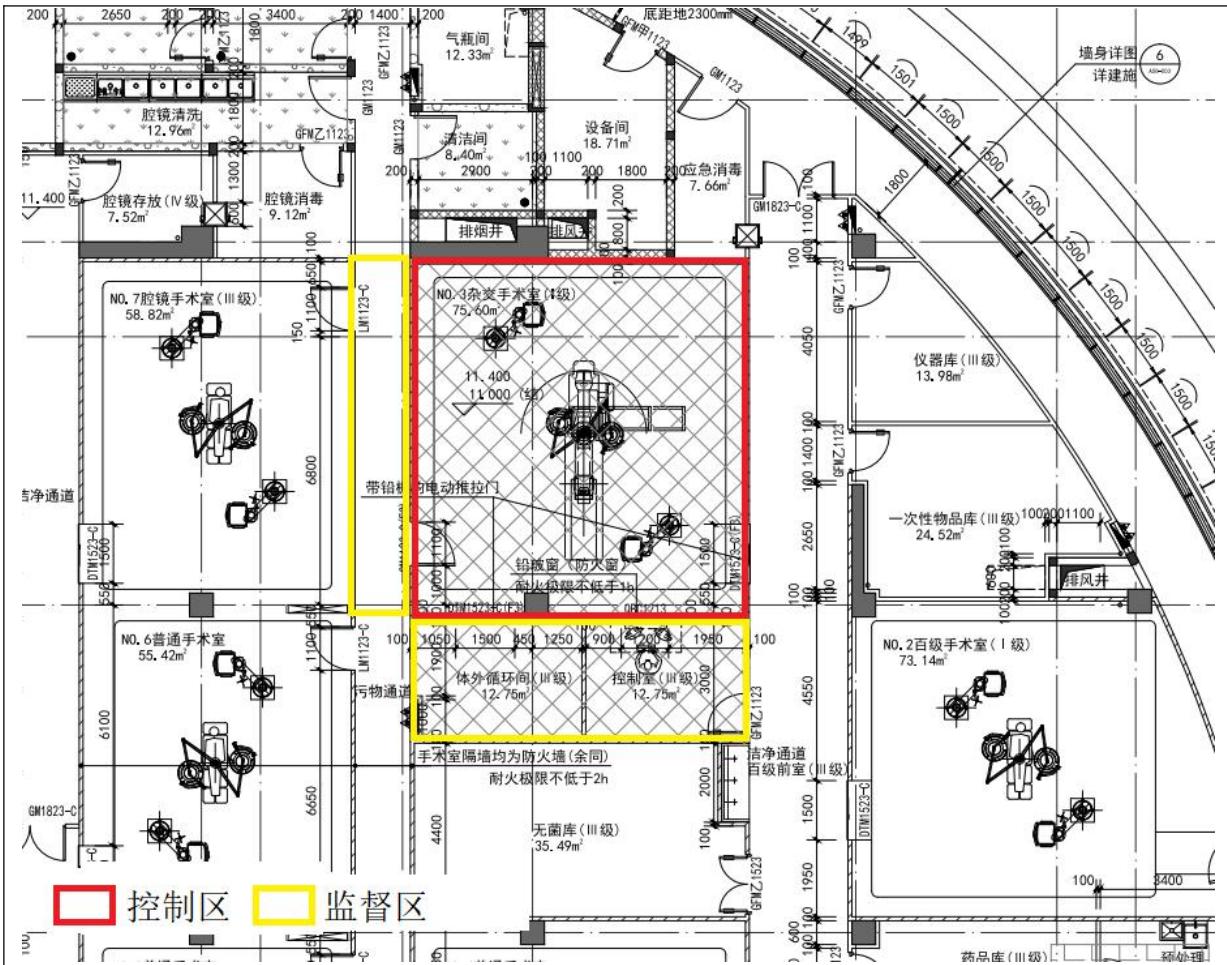


图 10-2 3 楼杂交手术室两区划分示意图

建设单位应严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求,结合医院实际情况,加强控制区和监督区的监管。

2.项目辐射安全与防护措施

在利用 X 射线进行放射检查和介入治疗的同时,在无任何屏蔽设施的情况下,会对辐射源的周围环境及人员造成不应有的危害。为了减少这种辐射危害,以及避免辐射事故的发生,医院针对数字减影血管造影机(DSA)的特点,采取了相应的辐射安全防护措施。

2.1 数字减影血管造影机(DSA)的固有安全性

本项目 DSA 均拟购自技术成熟的厂家,该设备采用大量内部联锁和外部联锁,以避免在可能对患者或操作者造成风险的情况下进行操作,或对设备本身造成损坏。本项目配备的数字减影血管造影机(DSA)拟采取如下技术措施:

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

②采用光谱过滤技术：在X射线管头或影像增强器的窗口处放置合适过滤板，以消除软X射线以及减少二次散射，优化有用X射线谱。设备提供适应C型臂不同应用时可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视，改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

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

⑤配备有相应的表征剂量的指示装置，当曝光室内出现超剂量照射时会出现报警。

⑥设备的手术室内操作台和床体上设有“紧急停机”按钮各一个，在机器故障时可按下，避免意外照射。

⑦配备辅助防护设施：包括铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏（防护厚度均为0.5mm铅当量）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补充放射防护与安全措施。

⑧装置装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。有用线束主要为从下往上，即使旋转机头，考虑到DSA安放位置，也不会直接照射门、窗和管线口位置。同时，也要求建设单位定期按照规章制度对于设备进行维护检修。

2.2 屏蔽防护措施

根据医院提供的设计方案，对新建数字减影血管造影机（DSA）机房进行辐射防护施工。1楼DSA室内拟使用数字减影血管造影机（DSA）最大管电压为150kV、最大管电流为800mA；3楼杂交手术室内拟使用数字减影血管造影机（DSA）最大管电压为125kV、最大管电流为1000mA。

混凝土的铅当量参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C的X射线防护中不同屏蔽物质的铅当量公式C.1、C.2以及附录表C.2。

屏蔽减弱因子B：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (10-1)$$

式中，B—给定屏蔽材料厚度的屏蔽减弱因子；

β —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

γ —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X—屏蔽材料厚度。

铅当量厚度 X:

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln\left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}\right) \quad (10-2)$$

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——铅厚度 (mm)；

α ——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数；

β ——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压X射线衰减的有关的拟合参数。

虽然根据机器特性，针对数字减影血管造影机 (DSA) 主要考虑散射线和泄漏射线影响，但保守估计，在折合铅当量时，仍按照主射线管电压 (125kV和150kV) 进行铅当量折算。

表10-2 屏蔽材料对X射线的辐射衰减拟合参数

管电压 125kV			
材料	α	β	γ
铅	2.219	7.923	0.5386
混凝土	0.03502	0.07113	0.6974
管电压 150kV			
材料	α	β	γ
铅	1.757	5.177	0.3156
混凝土	0.03243	0.08599	1.467

硫酸钡防护涂料及150kV管电压时实心砖根据《辐射防护手册》(第三分册，李德平、潘自强主编)P62-P63表3.3和表3.4不同屏蔽材料在不同管电压的X射线下对应的铅当量数据，本项目机房墙体防护铅当量均采用125kV及150kV，本项目DSA机房实体屏蔽与标准进行对照，折算结果见表10-3。

表 10-3 治疗室的实体防护设施铅当量折合对照表

1 楼 DSA 室				
屏蔽位置	设计屏蔽材料及厚度	等效铅当量	标准要求	结果
四周墙体	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡水泥砂浆	2.44mmPb+1.60mmPb =4.04mmPb	2mmPb	达标

屏蔽门	内含 3mmPb 铅板	3mmPb	达标
观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb	
防护门	3mmPb 防护门	3mmPb	
屋顶	250mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥砂浆	2.92mmPb+1.60mmPb =4.52mmPb	

3 楼杂交手术室

四周墙体	3mmPb 铅板	3mmPb	2mmPb 达标
屏蔽门	内含 3mmPb 铅板	3mmPb	
观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb	
防护门	3mmPb 防护门	3mmPb	
屋顶	150mm 混凝土+2mmPb 铅板	1.87mmPb+2mmPb=3.87mmPb	
地面	150mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥砂浆	1.87mmPb+2.65mmPb =4.52mmPb	

注：本项目使用MU10页岩实心砖的密度为 $1.9\text{g}/\text{cm}^3$ ，C25细石混凝土密度为 $2.4\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅密度为 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ 。所用材料密度均大于等于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C 表C.1中材料的常用密度，为保守按照表C.1中提供的衰减参数计算。

本项目手术室的四周墙壁、顶板、地面、防护门窗防护效果均不低于2mm铅当量，最小单边长度均大于3.5m，最小有效使用面积均大于 20m^2 ，符合上述相关要求。

本项目穿墙线管均布置于机房夹层内，穿越顶板管道设置为“L”型管道，在管线洞口下方设置3mm铅板进行补偿防护，铅板为边长为洞口尺寸+两侧各加650mm的正方形（俯视图见图10-3），铅板安装钉头处均采用100*100的铅板包裹；管线穿越四周墙体时，采用专用3mmPb当量的异性铅防护板包裹穿越处的墙体及管道，墙体的包裹长度为50mm，管道的包裹长度为2倍穿越口长边长度，包裹均从DSA机房内部包裹，并做好搭接，详见图10-3。射线经多次散射不影响墙体的屏蔽防护效果，故本项目穿墙线管的补充措施可行。

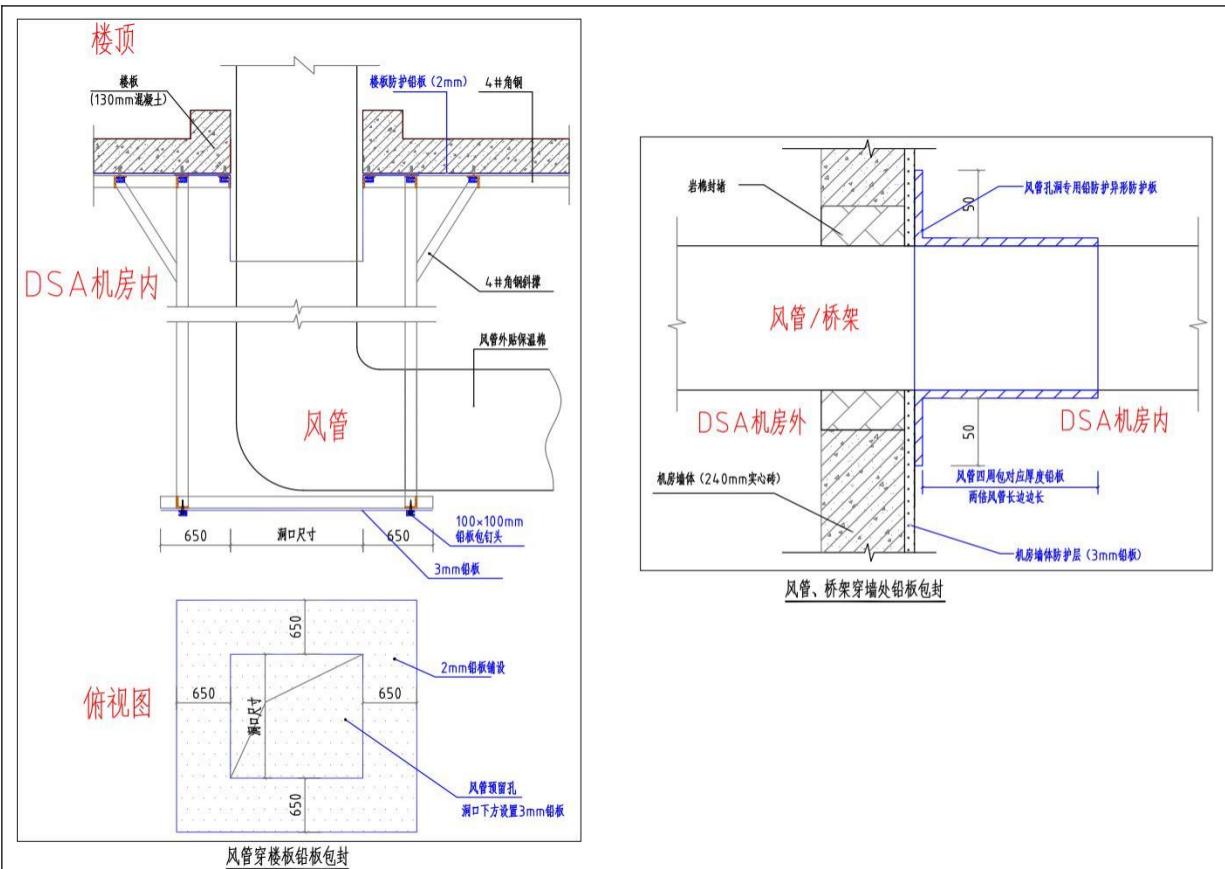


图 10-3 本项目 DSA 机房穿墙线管处补充防护措施结构示意图

2.3 辐射安全措施

(1) 警示标志及设施: 在所有防护门朝向室外的一面均将张贴电离辐射警告标志, 防护门上方将设置醒目的工作状态指示灯, 灯箱上有“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句, 工作状态指示灯能与防护门有效关联。将在监督区入口地面张贴警戒线, 各介入手术室室外通道就近位置张贴或悬挂《放射防护注意事项告知栏》。

(2) 急停按钮: 本项目除开室内DSA自带的停机按钮及操作台自带的停机按钮外, 拟在介入手术室内墙上各增设一个“急停按钮”, 在机器故障时可摁下避免意外照射。射线装置启动软件自带安全登录系统, 只能通过账户密码安全身份登录才能开启设备。

(3) 闭门装置及开门按钮: 各个介入手术室平开房门将安装有自动闭门装置; 针对推拉式机房门拟在制度中的操作规程章节强调曝光时应关闭防护门。在各介入手术室内侧靠近手术室电动推拉防护门位置设置有开门按钮, 如有事故发生时, 能够按下按钮从内部离开手术室。

(4) 防夹措施: 所有的电动推拉门将设置防夹装置。

(5) 对讲装置：所有使用DSA的介入手术室与控制室内拟设置对讲装置，便于介入手术室内的人员与操作室内技师沟通与交流。

(6) 防护用品：DSA手术室内开展介入手术或检查时，通常室内只有医师和患者，一般介入手术室内医护人员为2人，因此建设单位将为各介入手术室的医护人员配备2套0.5mm铅当量的防护铅衣、防护铅围脖、铅帽、铅眼镜以及0.025mm铅当量铅手套（另多备一套）；另每间DSA手术室均将为患者配备1套0.5mm铅当量的防护设备。本项目DSA自带第一、第二术者位防护铅帘，铅当量为0.5mm。以上防护用品配备情况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，因此预计上述措施能够有效降低手术室内辐射工作人员和病人的吸收剂量，起到屏蔽防护效果。

(7) 监测仪器：建设单位凡是有核技术利用项目的院区均单独配备有便携式辐射监测仪器用于各院区各辐射工作场所的自行监测，高新院区建成后，建设单位拟配1台便携式辐射监测仪器。原有所有辐射工作人员均已配备个人剂量计并定期送检，定期参加职业健康体检，建设单位已为所有辐射工作人员建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案。本项目开展前将为新增的每间介入手术室各配备2台个人剂量报警仪。建设单位未来亦将继续为所有调配到本项目的人员安排个人剂量监测和职业健康体检。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）建议院方考虑为本项目辐射工作人员增配腕部或指部剂量计。

(8) 管理机构：乐山市五通桥区人民医院已建立以院领导为组长的放射诊疗质量（辐射安全）管理委员会。

(9) 管理制度：本项目建设单位涉及使用II类X射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-3，目前建设单位已按照要求制定原有核技术利用项目相应制度并下发至全院，本项目开展前应补充针对本项目涉及的相关章程加以完善。

(10) 制度悬挂：建设单位原有辐射工作场所均已按照《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）要求张贴符合尺寸的各项制度。本项目开展前将完善后的规章制度在本项目辐射工作场所合适位置进行张贴。

(11) 灭火器材：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）》《核技术利用辐射安全和防护监督监测大纲》（NNSA/HQ-08-JD-PP-020）《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）要求，将为各介入手术室配备灭火器材。

2.4 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。

2.4.1 辐射工作人员

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取防护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

DSA手术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。

(3) 屏蔽防护

隔室操作：本项目操作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自身的危害。

介入治疗：本项目在机房内进行介入治疗的医护人员，通过DSA配置的防护铅屏及防护铅帘进行屏蔽并穿戴个人防护用品，以减弱射线对自身的危害。

(4) 个人剂量监测

医院为本项目辐射工作人员配备个人剂量计，并要求上班期间必须佩戴。医院拟为本项目DSA手术室每名医生及护士配备2个个人剂量计（铅围裙内1个、铅围裙外锁骨对应的领口位置1个，建议再配置1个腕部或指部剂量计），并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。

2.4.2 受检者或患者的安全防护

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求,按照表10.3-5为患者配备铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套,用于成人和儿童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(DSA)尽可能大的距离。

2.4.3 机房周边公众的安全防护

机房周围公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和楼板屏蔽射线。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,定期对辐射安全设施的进行维护,确保实时有效。

3.工作场所辐射安全防护设施

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局))和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函[2016]1400号)对II医用射线装置的要求,根据建设单位拟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 医用辐射安全防护设施对照分析表

序号	项目	规定的措施和制度	设计措施	应增加的措施
1	1楼 DSA 室	观察窗屏蔽	1块铅玻璃防护窗,防护厚度为3mmPb当量	设计中已有
		机房防护门	3扇防护铅门,均为3mmPb当量	设计中已有
		通风设施	设计中已有通风系统	设计中已有
		操作位局部屏蔽防护设施	设备自带铅悬挂防护屏、床侧防护帘,均为0.5mmPb当量。	设备自带
		紧急停机按钮	控制室操作面板1个,机房内床旁1个	设备自带,需在机房内墙上新增1个
		闭门装置(控制室平开门)	/	需在控制室与机房的连接门上配备1个
		防夹装置(电动推拉门)	/	需在患者进出门上配备1个
		门灯连锁	/	需配备3套(3扇防护门各安装1套)
		对讲系统	/	需配备1套
		入口处电离辐射警告标志	/	需配备1套(3扇防护门各一个)

		放射防护注意事项告知栏	/	介入手术室室外通道就近位置张贴或悬挂《放射防护注意事项告知栏》	
		入口处机器工作状态指示灯箱	/	需配备 3 个 (3 扇防护门各一个)	
2 3 楼杂 交手 术室		观察窗屏蔽	1 块铅玻璃防护窗, 防护厚度为 3mmPb 当量	设计中已有	
		机房防护门	3 扇防护铅门, 均为 3mmPb 当量	设计中已有	
		通风设施	设计中已有通风系统	设计中已有	
		操作位局部屏蔽防护设施	设备自带铅悬挂防护屏、床侧防护帘, 均为 0.5mmPb 当量。	设备自带	
		紧急停机按钮	控制室操作面板 1 个, 机房内床旁 1 个	设备自带, 需在机房内墙上新增 1 个	
		闭门装置 (控制室平开门)	/	需在控制室与机房的连接门上配备 1 个	
		防夹装置 (电动推拉门)	/	需在患者进出门上配备 1 个	
		门灯连锁	/	需配备 3 套 (3 扇防护门各安装 1 套)	
		对讲系统	/	需配备 1 套	
		入口处电离辐射警告标志	/	需配备 1 套 (3 扇防护门各一个)	
3 监测 设备		放射防护注意事项告知栏	/	介入手术室室外通道就近位置张贴或悬挂《放射防护注意事项告知栏》	
		入口处机器工作状态指示灯箱	/	需配备 3 个 (3 扇防护门各一个)	
		便携式辐射剂量监测仪	/	需配备 1 台	
4 防护 器材		个人剂量报警仪	/	需配备 2 台	
		个人剂量计	/	需配备 26 个	
5		医护人员个人防护	/	需配备铅橡胶围裙 6 件、铅橡胶颈套 6 个、铅防护眼镜 6 副、介入防护手套 6 双	
		患者防护	/	患者配不小于 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子 2 套	
4.三废的治理					
4.1 施工期三废治理					
4.1.1 废气					
施工过程中产生的废气, 属于无组织排放, 主要通过施工管理和采取洒水等措施					

来进行控制。

4.1.2 噪声

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

4.1.3 废水

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

4.1.4 固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、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，施工垃圾和生活垃圾均已由医院统一收集并移交环卫部门清运。

4.2 运营期三废治理

4.2.1.废水

本项目射线装置采用先进的实时成像系统，注入的造影剂不含放射性，无废显影液和定影液产生；未使用已过期的造影剂（输液瓶包装）为药物性废物，按照流转送至高新院区东侧医疗废物暂存间作为医废暂存，由乐山市净源垃圾处理有限公司统一运出；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：非感染性医疗废水、生活污水经管道收集后进入综合污水处理站，感染性医疗废水经预消毒装置消毒处理后进入院区综合污水处理站：然后经“格栅+调节池+水解酸化池+接触氧化池+斜管沉淀池+混凝沉淀池+接触消毒池+脱氯池”处理工艺处理，出水可达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的表2中预处理标准后，排入市政管网。

4.2.2 废气

本项目使用的 DSA 装置不涉及放射性废气的产生，仅 X 射线与空气接触产生少量的臭氧及氮氧化物。参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等标准规定的“治疗室应设置机械通风装置，其通风换气能力应达到治疗期间使室内空气每小时交换不小于 4 次”的要求，本项目 DSA 手术室内部采用新风系统进风（新风风量为 12500m³/h），独立的排风系统（排风风量 300m³/h）排风，设备运行产生的臭氧、氮氧化物经排风管道引至综合楼裙房楼顶（屋顶高 23.8m）排放。臭氧、氮氧化物经自然分解和稀释，预

计可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准要求。

4.2.3 固废

本项目运行后不会产生放射性固体废物，预计产生含有少量废造影剂的输液瓶（1500kg/a）、废药棉（600kg/a）、废纱布（500kg/a）、废手套（500kg/a）等医疗废物。本项目射线装置采用数字成像，将根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理，不产生废胶片。介入手术时产生的医疗废物将采用专用容器集中收集后转移至各层的污物暂存间暂存，再转移至院区东侧的医疗废物暂存间暂存，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地乐山市净源垃圾处理有限公司定期处置。本项目辐射工作人员和患者产生的生活垃圾（预计1.0t/a）分类统一集中收集后，由当地环卫部门统一清运。

4.3 噪声

本项目运行后噪声源主要为空调噪声、进出医院的机动车辆产生的交通噪声及就诊病人及家属产生的人群活动噪声，声级较小，噪声影响不大。所有设备选用低噪声设备，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声预计可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

4.4. 射线装置报废处理

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

环评要求：本项目使用的数字减影血管造影机（DSA）在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

5. 环保投资估算

本项目环保投资10.5万元，具体环保设施及投资见下表10-5。

表10-5 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施	投资金额（万元）
辐射屏蔽措施	1楼DSA室四周、顶板和地面的防护工程及装修工程；3楼杂交手术室四周修建；四周、顶板和地面的防护工程及装修工程	*
	铅玻璃观察窗2扇（3mm铅当量）	*
	患者进出防护门2扇，污物通道防护门2扇，控制室防护门2扇	*
通排风系统	机房设置独立机械排风系统，设置新风系统，共2套	*

安全装置	工作状态指示灯箱 6 个 (6 扇防护门各一个)	*
	2 间介入手术室共计 6 套门灯联锁 (6 扇防护门各一个)	*
	所有 DSA 床体/机身和操作台各自带 1 个急停按钮, 拟在 2 间介入手术室内各增设 1 个急停按钮, 共增设 2 个急停按钮	*
	闭门装置 4 个 (2 扇污物通道门及 2 扇控制室门各 1)	*
	开门按钮 2 个 (2 间手术室各 1 个)	*
	对讲装置 2 套 (2 间手术室各 1 套)	*
	防夹装置 2 个 (2 扇患者进出门各 1 个)	*
	电离辐射警告标志 6 个 (6 扇门各 1 个)	*
	灭火器 2 套 (2 个手术室各 1 套)	*
	放射防护注意事项告知栏和制度牌 2 套 (2 个手术室外走廊各 1 套)	*
监测仪器和 个人防护用品	个人剂量计 26 个	*
	个人剂量报警仪 2 台	*
	便携式辐射剂量监测仪 1 台	*
	辐射工作人员防护用品 (配备 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜, 0.025mmPb 介入防护手套)	*
其它	患者防护用品 (配备不小于 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子)	*
	辐射工作人员、管理人员及应急人员培训考试费用	*
	医疗废物处理	*
合计		*

定期投入部分需在符合国家法律法规要求的情况下在未来投入, 在今后实践中, 医院应根据国家发布的法规内容, 结合自身实际情况对环保设施做相应补充, 使之更能满足实际需要和法规要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

1.施工期的环境影响分析

施工期主要为房间隔断、防护工程、表面装修、设备装置安装与调试，可能的污染因素主要为常规环境要素（施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响）。射线装置安装时不通电源，因此不会对周围环境产生辐射污染，但在调试时将产生一定辐射污染，设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

1.1 施工期大气环境影响分析

建设阶段的大气污染源主要为装修阶段产生的扬尘，但影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染已（拟）采取以下措施：

- (1) 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- (2) 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- (3) 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

1.2 施工期废水环境影响分析

施工期间，有一定量含有泥浆的建筑装修废水产生，项目施工期施工人员污水产生量很少。施工人员产生的少量生活废水进入建设单位原有的污水处理系统处理后进入城市污水管网，项目施工期废水对外环境影响较小。

1.3 施工期噪声环境影响分析

施工期的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生，声源强度在 65~95dB(A)，会造成局部时段边界噪声超标，因此，项目拟加强管理，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

1.4 施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。其中生活垃圾约 5kg/d。建设单位已在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利用部分重新利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门指定的垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

2. 安装调试期的环境影响分析

安装调试期对于环境主要影响为 X 射线辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目射线装置的搬迁、安装与调试均要求在项目辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，避免发生辐射事故。

由于设备的安装和调试均在手术室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料及其他固体废物，作为一般固体废物进行处置。

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

运行阶段对环境的影响

1. 辐射环境影响分析

由表 10-4 可知，本项目 DSA 手术室设计的六面防护的等效铅当量厚度、手术室设计的有效使用面积及最小单边长均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，因此本项目 DSA 机房屏蔽措施能够满足防护要求。

2. 辐射环境影响预测

2.1 辐射种类和计算方法

据中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《射线装置分类》，数字减影血管造影机（DSA）属于 II 类射线装置，这类射线装置工作时主要环境影响因素为工作时产生的 X 射线，包含主射线、散射线和泄漏射线。考虑到使用方法，主射线方向主要为从下往上。

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

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

2.2 计算条件

2.2.1 运行工况评估

本项目拟在 1 楼 DSA 室 3 楼杂交手术室增设 1 台 DSA 装置，额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，主束方向为自下而上。为了防止数字减影血管造影系统的 X 射线系统球管烧毁并延长其使用寿命，管电压和功率通常预留 30% 的余量。DSA 的 X 射线系统在自动透视模式下间歇性运行，DSA 通常透视模式下管电压在 60kV~100kV、管电流在 5mA~30mA；摄影模式下管电压在 80kV~100kV、管电流在 100mA~600mA。根据医院提供信息，本项目按最大工况（透视模式：100kV、30mA，摄影模式：100kV、600mA）进行预测。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“5.1 一般要求 c)除牙科摄影和

乳腺摄影用 X 射线设备外, X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过, 应不小于 2.5mmAl”可知, 设计要求 X 射线管/准直器的最低固有过滤当量是 2.5mmAl。为进行保守预计, 本项目按照过滤材料为 2.5mmAl 进行计量估算。结合 ICRP33 号报告 P32 图 2 从而可知各手术室内射线装置距离机头 1m 处空气比释动能率如表 11-1 所示。

表 11-1 本项目射线装置辐射源强

辐射源	距靶 1m 处的发射率 (mGy/mA·min)	评价电流 (mA)		空气比释动能率 (μ Gy/h)
DSA	7.8	透视	30	1.40E+07
		拍片	600	2.81E+08

2.2.3 关注点透射因子

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录文献可得不同管电压下不同材质的拟合参数, 见表 11-2。

表 11-2 铅、混凝土、砖对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数

管电压 100kV (主射/漏射)			
材料	α	β	γ
铅	2.500	15.28	0.7557
混凝土	0.03925	0.08567	0.4273
管电压 100kV (散射)			
材料	α	β	γ
铅	2.507	15.33	0.9124
混凝土	0.03950	0.08440	0.5191

由公式 1, 表 10-3 以及表 11-3 中数据可以得出本项目屏蔽体及防护设备的透射因子, 见表 11-3。

表 11-3 各手术室屏蔽参数及辐射透射因子一览表

2.2.4 利用因子和居留因子

计算时按照射线装置机头拟放置位置确定到达关注点距离, 根据《放射医学中的辐射防护》(Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010, p300) 对于利用因子一律取 1。另根据 GBZ121-2020 附录 A 对本项目保护目标所在场所的居留因子进行取值。

2.2.5 计算公示

(1) 主射线辐射影响计算公式

本项目手术室上方主要考虑主射线影响, 四周主要考虑散射线和泄漏射线影响。

采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中 10.3 对于 X 射线机的屏蔽计算公式 10.8 和 10.10 进行推导：

$$H_{pr} = \frac{H_{1m} \cdot B}{r_x^2} \quad \text{-----公式 4}$$

式中：

H_{pr} ：关注点处的主射线的空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

H_{1m} ：距离靶点 1m 处空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，

B：屏蔽透射因子；

r_x ：球管至关注点的距离， m 。

（2）散射线辐射影响计算公式

散射线在关注点的造成的空气比释动能率计算，可参照《辐射防护手册》（第一分册）公式 10.10 采用以下公式：

$$H_{sr} = \frac{H_{1m} \cdot \mu \cdot (s/400) \cdot \alpha \cdot s \cdot B}{(d_0)^2 (d_s)^2} \quad \text{-----公式 5}$$

H_{sr} ：关注点处的散射线的空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

H_{1m} ：距靶点 1m 处空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

μ ：利用因子，它表示射线被利用的程度，也就是有用射线束指向有关照射点的工作负荷分数；

B：屏蔽墙对散射线的屏蔽透射因子；

α ：相对于 400cm^2 散射面积的受照物对入射 X 射线的散射比，根据《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中表 10.1 对于 100kV 的 X 射线取 $1.3\text{E-}03$ ；

s ：散射面积，此处保守参考标准水模尺寸取 400cm^2 ；

d_0 ：源与受照体的距离；

d_s ：受照体距离关注点的距离。

（3）泄漏射线辐射影响参数

泄漏射线对于屏蔽体外关注点的辐射影响计算公式为：

$$H_{LR} = \frac{H_L \bullet B}{r^2} \quad \text{公式6}$$

式中：

H_{LR} ：关注点处的泄漏辐射空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

H_L ：距靶点1m处泄漏射线的剂量率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ；

B：屏蔽透射因子；

r：至关注点的距离，m。

根据上述公式计算各手术室周围关注点和术者位在开机时的周围剂量当量率，结果见表 11-4 和表 11-5，关注点位图见图 11-1 及图 11-2。

(4) 关注点辐射剂量率综合分析

本项目所致保护目标最大辐射剂量率理论预测结果见表 11-6。

表 11-6 本项目各预测点保护目标最大辐射剂量率表

由表 11-8 可知，本项目数字减影血管造影机（DSA）介入治疗室周围最大辐射剂量率为 $2.05 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{h}$ （北侧操作位），小于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）导出的剂量率控制水平： $T > 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

2.2.6 辐射工作人员及周围公众年有效剂量评估

(1) 计算公式

人员所受年有效剂量估算按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000 年报告附录 A 公式计算手术室周围各关注点辐射工作人员和公众受到的 X 射线产生的外照射人均年有效剂量：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \times K \quad \text{公式7}$$

H_{Er} : X射线外照射人均年剂量, mSv/a;

D_r : 关注点处空气吸收剂量率, $\mu\text{Gy}/\text{h}$;

T: 居留因子;

t: 年照射时间, h;

K: 空气比释动能率与吸收剂量转换系数, 100kV 下, $k=1.65$ 。

术者位腕部剂量估算:

医生腕部皮肤受照剂量计算模式参考《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》

(GBZ/T244-2017) 4.3, 用下式进行估算:

$$D_s = C_{KS} \cdot (k \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad \text{公式 8}$$

$$k = \frac{H'(0.07, 0^\circ)}{C_{KH'}} \quad \text{公式 9}$$

D_s : 皮肤吸收剂量 (mGy) ;

k : X- γ 辐射场的空气比释动能率 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$) ;

C_{KS} : 空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数 (mGy/mGy), 根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) 表 A.4 进行取值 (本项目保守按照术者位医师均为男性取值), (100kV) $C_{KS}=1.123\text{mGy/mGy}$;

t: 人员累积受照时间, 单位为小时 (h), 取术者位受照的透视时间;

$H'(0.07, 0^\circ)$: 定量剂量当量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$) ;

$C_{KH'}$: 空气比释动能到定量剂量当量率的转换系数 (Sv/Gy) 。

(2) 计算结果

术者位腕部剂量估算

理论计算: 医生操作时腕部 (手腕面积取 0.01m^2) 距主射束的距离取 0.45m 且佩戴防护手套 (0.025mm), 腕部在患者体表操作时主要受到散射线和泄漏射线影响, 预计在透视时有 $1/4$ 时间在进行插入导管等操作。本项目射线装置可近似地视为垂直入射, 而且是 AP 入射方式。因此算得第一术者位使用 DSA 时腕部所受剂量预计最大为 106.3mSv/a , 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 4.3.2.1 条的规定, 对任何工作人员, 四肢 (手和足) 或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv , 也

满足本项目对于辐射工作人员四肢（手和足）或皮肤当量剂量通常管理限值，即不超过125mSv/a的要求。

术者位眼晶体年当量剂量估算

本项目参考《直读式剂量计用于介入职业人员眼晶状体剂量实时监测方法的研究》（中华放射医学与防护杂志，2016年12月第36卷第12期，黄卓、范瑶华、李文炎、欧向明、岳保荣、徐辉，中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所辐射防护与核应急中国疾病预防控制中心重点实验室；基金项目：国家科技支撑计划项目（2014BAI12B04））中测量的眼晶体数据进行类比预测。

该文献中剂量计选择：采用美国 Fluke 公司生产的型号为 RaySafe i2 的直读式电子剂量计。该剂量计是半导体个人剂量计。该研究涉及的大多数病例的曝光参数（70kV~100kV）范围内，本项目常用工况恰好属于该范围内。作为比较研究的 TLD 探测元件为 LF（Mg, Cu, P）。

剂量计刻度：根据国际辐射单位与测量委员会（ICRU）的建议， $H_p(3)$ 是最适合评价眼晶状体受照剂量的实用量。因此，该研究中采用欧盟辐射防护最优化项目（Optimization of Radiation Protection for Medical Staff, ORAMED）推荐的刻度方法结合 $H_p(3)$ 与空气比释动能的转换系数，对选用的直读式电子剂量计进行 $H_p(3)$ 刻度。刻度在中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所国家二级标准剂量学实验室进行。作为比较研究的热释光剂量计（TLD）采用相同的刻度方法对其进行 $H_p(3)$ 刻度。

剂量计佩戴和数据测读：将直读式电子剂量计固定在弹性可伸缩绷带上佩戴于介入手术职业人员的头部左侧，TLD 同样悬挂在介入手术职业人员头部左侧，两种剂量计相互紧贴。在不影响术者操作的情况下，将剂量计尽可能靠近术者左眼。为每例介入手术的第一术者和第二术者佩戴剂量计。个别手术类型由唯一术者完成，则只记录第一术者剂量。一些手术病例需要 3 名术者共同完成，则也为第三术者佩戴剂量计。将直读式电子剂量计与电子显示屏通过蓝牙配对连接，在手术过程中通过电子显示屏实时观察和读取术者的瞬时剂量率，在手术结束后读取该例手术的术者累积剂量。

介入手术设备选择：该研究选取了临床使用较多的 2 台单 X 射线管和 3 台双 X 射线管 DSA 设备。所有设备均配备悬吊式铅防护屏和床侧铅防护帘。

介入手术类型选择：临幊上介入手术应用较多的为心血管系统和脑血管系统疾病的诊断和治疗。该研究选取了冠状动脉造影术、冠状动脉支架植入术、脑部血管支架植入

术、脑部血管栓塞术、神经系统血管造影 5 类介入术类型。以上手术类型与本项目数量最多的手术类型相似。

表 11-10 5 种介入手术类型测得介入职业人员眼晶体个人剂量当量 Hp (3) (μSv)

介入手术类型	介入职业人员	例数	直度式剂量计	每例手术个人剂量当量	热释光剂量计	每例手术个人剂量当量
冠状动脉造影	第一术者位	29	10.82	0.3731	11.04	0.3807
	第二术者位	21	7.39	0.3519	10.39	0.4948
神经系统血管造影	第一术者位	54	12.36	0.2289	13.90	0.2574
	第二术者位	22	16.03	0.7286	23.21	1.055
脑部血管栓塞术	第一术者位	21	13.73	0.6538	15.20	0.7238
	第二术者位	16	23.04	1.440	24.26	1.516
脑部支架植入术	第一术者位	19	31.76	1.672	32.09	1.689
	第二术者位	9	14.74	1.638	22.79	2.532
冠状动脉支架植入术	第一术者位	12	23.55	1.963	22.10	1.842
	第二术者位	13	10.78	0.8292	17.35	1.335

参考表 11-10 中每例手术个人剂量当量 Hp (3) 最大值 2.532μSv/例, 结合本项目医师年最大手术量, 预计本项目辐射工作人员眼晶体年度个人剂量当量约为 0.284mSv (已根据《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128—2019) 乘以转换系数)。满足本项目职业人员眼晶体的年当量剂量约束值 37.5mSv 要求。

保护目标年有效剂量

根据公式 7 可得本项目辐射工作人员及周围公众年有效剂量, 预测结果见表 11-11。下表与表 7-1 对应, 房间内周围剂量当量率参考点取自房间内周围剂量当量率最大值, 50m 范围保护目标参考点取自距离最近关注点周围剂量当量率。根据医院提供资料显示, 医院内科三冠脉手术一年预计手术量为 1000 台, 单人年手术量最多能达到 500 台, 所以下文将保守按照年手术量 500 台作为对医师年有效剂量评价依据。

因此综合来看, 本项目运行后, 相关的辐射工作人员以及周围公众受到的年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 中对职业人员和公众受照剂量限值的要求, 并满足本项目管理目标值。本项目各射线装置在现有屏蔽条件下, 其屏蔽体外周围剂量当量率、屏蔽体铅当量、手术室有效使用面积和最小单边长均能够满足《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 相应要求。

2、射线装置报废

射线装置在报废, 应采取去功能化的措施 (如拆除电源、拆除高压零部件), 确保装置无法再次通电使用。

二、大气环境影响分析

本项目在运行过程中，主要大气污染因子为 数字减影血管造影机（DSA） 机房内空气中氧受 X 射线电离而产生的臭氧。项目产生的臭氧经治疗室排风管道外排（排风量 $1080\text{m}^3/\text{h}$ ），管道穿墙处采用 4mm 铅当量的铅罩进行包裹封堵，排风管道从治疗室内引出后在室外排放，排风口位于治疗室东侧朝向停车场（排风口距地面约 3.5m），周围主要为流动人群，避开了人经常活动的区域。产生的臭氧通过排风管引出后在室外排放，经自然分解和稀释，对周围环境影响较小。

空气中的氧受 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。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} G \times S_o \times R \times g \quad (11-7)$$

式中：

Q_o —臭氧产额 mg/h ；

G —射束在距离源点 1m 处的剂量率 $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目取 30；

S_o —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，臭氧产额为 $0.00312\text{mg}/\text{h}$ 。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \times T_v / V \quad (11-8)$$

式中：

C —室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

Q_o —臭氧产额 mg/h ；

T_v —臭气有效清除时间， h ；

V —治疗室空间体积， 79m^3 ；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \quad (11-9)$$

t_v —每次换气时间，取值为 0.25h ；

t_a —臭氧分解时间，取值为 0.83h 。

治疗室采用排风管道排换气，每小时换气4次，每次换气时间为0.25h，则治疗室内臭氧平衡浓度为 $7.59\times10^{-6}\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019/XG1-2022）室内臭氧符合最高允许浓度 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。排出机房后经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 的二级标准限值要求，不会对环境空气造成明显影响。

三、废水环境影响分析

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以及地面清洗废水。产生的污水进入医院生活污水处理系统，预处理达标后排入城南驿站小区预处理池处理后排入市政污水管网，经成都市第九再生水厂处理后排入府河。

四、声环境影响分析

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

五、固体废物影响分析

治疗时会产生少量的医用器具、消毒药品、药棉、纱布和手套等，与医院医疗废物统一请有资质的单位回收处理；辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾及办公垃圾，由环卫部门统一定期清运至指定的垃圾回收点。

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

本项目使用的数字减影血管造影机（DSA）属于II类射线装置，属中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，大剂量照射甚至可导致死亡。数字减影血管造影机（DSA）不运行时不可能发生放射性事故，也不存在影响辐射环境质量的事故，只有当机器运行期间才会产生X射线等危害因素，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①门灯联锁、门机联锁失效

联锁装置失效，X射线治疗过程仍在进行，人员误进入机房而受到误照射。

预防处理措施：按操作规程定期对联锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在门外警示灯失效的情况下违规操作。

②人员留在机房内未作防护

工作人员或病员陪伴进入机房后，未全部撤离，仍有人员滞留在机房内，且没有采取辐射防护措施，放射设备开始出线后，滞留人员受到不必要的照射。

处理措施：撤离机房时清点人数，必须按程序对机房进行全视角搜寻，在开机之前将未作辐射防护的人员请出机房外。一旦运行时发现有人员滞留机房内，控制室工作人员应立即按下停机开关；机房内的人员也可按下拟设在墙壁上的紧急开关，可将辐射危险的严重程度降至最低限度。

③人误

由于工作人员缺乏防护知识，安全观念淡薄、无责任心；违反操作规程和有关操作失误；管理不善、领导失察等，是人为造成辐射事故的最大原因。特别是对育龄妇女、孕妇、儿童等敏感人群照射前，没有按照规定告知、说明或者没有对敏感器官进行必要的屏蔽防护，造成辐射事故。

处理措施：放射工作人员必须加强防护知识培训，提高防护技能，避免犯普通错误；加强职业道德修养，增强责任感；严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

④医疗照射不正当化

对不符合使用射线进行治疗的病人使用，正当化判断失误，造成人员受到不必要的照射。

处理措施：放射工作人员必须认真考虑，只有确认该项检查、治疗对受检者的病情诊治和健康有好处时才进行射线治疗。

⑤工作人员业务技能不高

放射工作人员业务技能差，经验不足，摆位不正、大视野，操作不熟练等，致使患者和医生受到超剂量照射。

处理措施：医院应定期组织放射工作人员学习专业业务知识，不断提高业务水平。

⑥放射工作人员、公众成员意识不强

放射工作人员由于意识不强，在进入治疗房后不注意自身的防护，在非必要的情况下长时间的停留在机房内，受到不必要的照射。

预防措施：加强培训和学习，提高工作人员的辐射防护意识；建立管理制度，规定无关人员不得进入 X 射线放射治疗系统机房；确实需要，应穿戴好防护服，进入机房后，尽量远离 X 射线管，并快速完成工作，尽快离开，减少受照剂量。

三、源项分析及事故等级分析

本项目医用 X 射线装置主要的环境风险因子为工作时产生的 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 11-10 中。

表 11-10 项目的环境风险物质、因子、潜在危害及事故等级表

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，或者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。

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（表 11-11）：

表 11-11 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、事故类型

本项目使用的数字减影血管造影机（DSA）属于Ⅱ类射线装置。对于X射线装置，当设备关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量的事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。其X射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目主要存在事故工况：

①在使用数字减影血管造影机（DSA）发射X射线进行皮肤浅层放射治疗时，人员误入治疗室引起误照射（射线束是垂直向下）；②维修或检修时，有关人员处于主射束下误照射。

五、事故后果计算

（一）人员误入

本项目数字减影血管造影机（DSA）在对患者开机治疗时，距源点1m处泄漏辐射空气比释动能率按1.0mGy/h计，与源点不同距离上X射线吸收剂量率可由下式估算。

$$D=D_0/R^2 \quad (11-10)$$

式中：

D —距焦点R处的X射线的吸收剂量率（Gy/h）；

D_0 —距焦点1m处泄漏辐射空气比释动能率，为1.0mGy/h（根据《医用X射线治疗放射防护要求》（GBZ131-2017）的规定，对X射线管额定电压≤150kV，治

疗状态下, 距 X 射线管焦点 1m 处, 泄漏辐射空气比释动能率不超过 1.0mGy/h (对于 X 射线, Gy 与 Sv 转换系数取 1)) ;

R —估算点与设备焦点的距离, m。

$$E=D \cdot W_T \cdot W_R \cdot T \quad (11-11)$$

式中:

E —受照人员的有效剂量 (mSv) ;

D —距焦点 R 处的 X 射线的吸收剂量率 (Gy/h) ;

T —受照时间 (h) ;

W_T —组织权重因数, 本项目取 1;

W_R —辐射权重因数, 本项目取 1。

根据 (11-10) 和 (11-11), 将与数字减影血管造影机 (DSA) 源点不同距离的 X 射线吸收剂量的估算结果列于表 11-12。

表11-12 事故情况下不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位: mSv

事故情景假设:

安全联锁装置失效, X 射线持续出束, 防护门打开, 公众人员误入放射治疗室, 在距 X 射线管 0.3m 处, 误照射时间取 1min, 根据上述条件, 对照上表 11-12, 得出误照人员受照有效剂量约为 0.185mSv。

事故后果: 在上述事故情景假设条件下, 受 X 射线源误照人员年有效剂量已超过年剂量约束值, 属于一般辐射事故。

(二) 维修或检修误照射

本项目数字减影血管造影机 (DSA) 维修或检修误照射, 有关人员处于主射束下误照射。假定在发生事故的时候, 工作人员在机房内停留时间为 1min, 并且机器一直处于开机治疗的状态, 未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品, 直至一个治疗流程完结后才停止。

剂量估算: 设备最大 X 射线输出剂量率为 140.6mGy/min, 在上述事故状态下, 得出误入治疗室的工作人员或公众受照剂量最大约为 140.6mSv/次。

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公众或职业人员年剂量约束值, 属于一般辐射事故。

综上: 本项目发生辐射事故属于一般辐射事故。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。乐山市五通桥区人民医院已经成立放射诊疗质量（辐射安全）管理委员会，并由副院长为第一责任人，对其下设机构的工作人员进行指导和监督，以确保辐射安全防护工作能够有序展开，同时保证应急工作顺利进行。

一、放射诊疗质量（辐射安全）管理委员会成员

主任委员：余路

副主任委员：高雷

委员：杨玉惠、赵文博、孔强宏、田雪梅、景刚伦、韩静、徐利、罗智、吴登贵、何金晶、张德伦、朱晓燕、杨宁、许斌、张勇、王学良、廖杨、吴御宇、管静

二、工作职责

1.负责贯彻执行《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》《放射诊疗管理规定》《放射工作人员职业健康管理规定》等法规和技术管理规范，具体负责医院放射防护与辐射安全管理工作。

2.认真履行职责，负责制定本院有关辐射安全的管理规则制度并组织实施；做好“放射性”安全防护工作，检查辐射安全落实情况，保障病人及辐射场所公众的辐射防护安全；协调解决我院有关放射装置的安全使用中的重大问题，督查放射科设备的使用。

3.定期邀请上级部门检测我院辐射设备，确保辐射设备符合国家辐射防护安全要求。

4.组织放射人员参加辐射安全与防护考核及放射防护相关法律法规知识的培训工作。

5.负责放射工作人员的职业健康管理等工作。

6.对相关科室的放射防护与辐射安全管理制度执行情况进行监督考核，对存在问题进行分析总结，提出改进措施。

7.每年召开一次会议，研究、协调和解决有关放射防护与辐射安全的问题，由放射科负责辐射安全委员会日常工作，所有会议及其决议均应书面记录并保存，以保证辐射安全工作质量。

8.完成医院安排的其他指令性任务。

二、辐射工作位人员配置

本项目配置辐射工作人员 14 人，均已完成辐射安全和防护知识培训并考核合格。

医院应持续管理，安排证书到期人员复训，新增辐射工作人员需参加辐射安全和防护知识培训，并取得辐射安全培训合格证后再上岗。在此基础上，环评认为，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

三、辐射安全档案资料管理和规章管理制度

1、档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，包括以下九大类：“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”。

2、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修改）（环境保护部第 3 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关管理要求，射线装置的使用单位应当具备有健全的操作规程、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。并根据《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）的相关要求，将建设单位需要制定的列于表 12-1。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	检查项目	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构	已制定	要求把本项目纳入管理
2	操作规程	已制定	根据本项目设备情况，更新操作规程
3	辐射安全和防护设施的维护与维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定	要求把本项目纳入管理

4	场所及环境监测方案	已制定	要求把本项目纳入管理
5	监测仪表使用管理制度	已制定	要求把本项目纳入管理
6	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定	本项目辐射工作人员应按制度 严格执行
7	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	
8	辐射工作人员岗位职责	已制定	
9	射线装置台帐管理制度	已制定	要求把本项目纳入管理
10	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	要求把本项目纳入管理
11	辐射事故应急预案	已制定	应做好应急人员的组织培训和应急及 救助的装备、资金、物资准备，并将本 项目射线装置纳入应急适用范围。

目前建设单位已制定了：《辐射安全管理规定》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装台账管理制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急响应程序》、《辐射事故应急预案》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》等制度。

建设单位需根据具体实践过程中出现的问题对原有规章的不足之处进行及时修订，以更适应后期运行需求，并且指定专门的人员监督各相关部门和人员对规章制度的执行情况。建设单位定期对设备操作人员进行培训，强化操作人员的辐射安全意识。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

3、需要上墙的规章制度

（1）《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。

（2）上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

4、人员培训

本项目共设置辐射工作人员 14 人，均为医院现有辐射工作人员，新聘辐射工作人员应在国家生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并考核合格，做到持证上岗。本项目辐射工作人员除操作本项目设备外，不再从事其他辐射工作，因此不存在剂量叠加。

四、辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《辐射安全许可证发放条件》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原环保部第 31 号令，2021 年修订），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表 12-2。

表 12-2 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	原环保部第 31 号令要求	项目实际情况	评价结果
1	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	医院已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，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	满足要求
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	医院需尽快组织未考核辐射工作人员通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	人员通过考核后，满足要求
3	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	医院需配置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等	配置后满足要求
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射测量仪器等。	医院需配备便携式 X- γ 辐射监测仪、需配备个人剂量报警仪、铅防护衣、铅橡胶帽子、铅橡胶围裙等	配备后满足要求
5	有健全的操作规程、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	医院已制定各项规章制度	满足要求
6	有完善的辐射事故应急措施	医院已制定有制定应急响应程序，需补充本项目辐射事故应急措施	满足要求
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	/	/
8	使用射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	医院已制定《质量保证大纲和质量控制检测计划》，并需配备 1 名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	配备后满足要求

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用 II 类射线装置的许可条件。建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到发证机关申请办理相关业务。

五、辐射监测

1、工作场所监测

年度监测：医院每年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《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

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

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

2、监测内容和要求

（1）监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

（2）监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）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。

表12-3 工作场所监测计划建议

设备名称	监测项目	监测类别及周期	监测点位
数字减影血管造影机(DSA)	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测1次	铅窗，操作位，防护门及门缝、管线穿墙孔洞、治疗室四周、楼上平台、楼下库房等。
		委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年	对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，每年1次； 对产生辐射的仪器设备进行防护监测，包括仪器设备防护性能的检测，每年1次。
		自行开展辐射监测，建议监测周期为1次/月	制定定期监测制度，监测数据存档。

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测质量保证

①落实辐射剂量监测仪器使用、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；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/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完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，

监测数据及报送情况存档备查。

3、个人剂量检测

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

医院须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确配戴个人剂量计，每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，并将个人剂量档案终生保存。对于每季度检测数值超过1.25mSv的，医院要及时进行干预，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人积剂量检测数值超过5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故应急处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

五、年度监测报告情况

医院应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《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。

六、辐射事故应急

1、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

（1）医院现有辐射事故应急预案内容

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

查、预案管理。

（2）本项目辐射事故应急预案可行性分析

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

①增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。

②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。

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

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

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

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

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、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，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

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

（3）事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门公安部门报告。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。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：乐山市五通桥区人民医院迁建及新建数字减影血管造影机（DSA）项目

建设单位：乐山市五通桥区人民医院

建设性质：迁建及新建

建设地点：四川省乐山市五通桥区竹根镇榕景路

本次具体建设内容及规模为：拟在乐山市五通桥区人民医院新院区门诊、医技、行政综合楼（在建，医技楼部分地上 3 层、地下 1 层（本项目所在区域无地下室），楼高 16.8m）1 楼放射科 DSA 室及 3 楼杂交手术室内，各安装使用 1 台数字减影血管造影机（DSA）用于冠脉介入、脑神经介入及肺介入等病症的放射诊断和介入治疗。其中 3 楼杂交手术室内 1 台为老院区在用设备搬迁，型号 CGO-2100，额定管电压为 150kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下而上，属于II类射线装置；1 楼放射科 DSA 室需新采购，拟新增 DSA 型号暂未确定，额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下而上，属于II类射线装置。医院年诊疗病例约 1240 台，年曝光时间累计约 506.6h（拍片 14.0h、透视 492.6h）。

二、本项目产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号，2021 年 12 月 30 日实施），本项目使用 数字减影血管造影机（DSA）为医院医疗基础建设内容，属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第 5 款“医疗卫生服务设施建设”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目位于乐山市五通桥区人民医院医技楼 1 楼 DSA 室及 3 楼杂交手术室，项目运营对环境基本无影响，本评价认为其选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川致胜创科环境监测有限公司的监测报告，项目所在地的 X- γ 辐射空气吸收剂量率背景值属于四川省正常天然本底涨落范围。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

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

（二）营运期环境影响分析

本项目投入运营后，本项目控制室最大值为 $5.13 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，公众所受照射的年剂量最大为 $6.63 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 剂量限值，也均低于职业人员 5mSv/a ，公众 0.1mSv/a 的管理约束值。

本项目数字减影血管造影机（DSA）投入运营后，本项目产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后，对机房外保护目标影响更小。

六、事故风险与防范

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

七、环保设施与保护目标

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

八、医院辐射安全管理的综合能力

经过医院的不断完善，医院安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，有应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为在乐山市五通桥区人民医院门诊二楼建设本项目，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

建议和承诺

一、要求

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度。
- 2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 3、医院应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人

员到生态环境部网上学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。

4、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。

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

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

二、项目竣工验收检查内容

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

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施
辐射屏蔽措施	1楼 DSA 室四周、顶板和地面的防护工程及装修工程； 3楼杂交手术室四周修建；四周、顶板和地面的防护工程及装修工程
	铅玻璃观察窗 2 扇（3mm 铅当量）
	患者进出防护门 2 扇，污物通道防护门 2 扇，控制室防护门 2 扇
安全装置	通排风系统 机房设置独立机械排风系统，设置新风系统，共 2 套
	工作状态指示灯箱 6 个（6 扇防护门各一个）
	2 间介入手术室共计 6 套门灯联锁（6 扇防护门各一个）
	所有 DSA 床体/机身和操作台各自带 1 个急停按钮，拟在 2 间介入手术室内各增设 1 个急停按钮，共增设 2 个急停按钮
	闭门装置 4 个（2 扇污物通道门及 2 扇控制室门各 1 个）
	开门按钮 2 个（2 间手术室各 1 个）
	对讲装置 2 套（2 间手术室各 1 套）
	防夹装置 2 个（2 扇患者进出门各 1 个）

监测仪器和 个人防护用 品	电离辐射警告标志 6 个（6 扇门各 1 个）
	灭火器 2 套（2 个手术室各 1 套）
	放射防护注意事项告知栏和制度牌 2 套（2 个手术室外走廊各 1 套）
	个人剂量计 26 个
	个人剂量报警仪 2 台
	便携式辐射剂量监测仪 1 台
	辐射工作人员防护用品（配备 0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜，0.025mmPb 介入防护手套）
患者防护用品	患者防护用品（配备不小于 0.5mmPb 的铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子）
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：	
<p>（1）本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3 个月内完成本项目自主验收；</p> <p>（2）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。</p> <p>（3）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。</p> <p>（4）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。</p>	
2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号）规定：	
<p>（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（http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other）。</p> <p>（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。</p> <p>（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</p>	

者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

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

(5) 建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人:

单位盖章

年 月 日

审批意见:

经办人:

单位盖章

年 月 日