

编号：*****

核技术利用建设项目
遂宁市第一人民医院
搬迁数字减影血管造影机使用项目
环境影响报告表
(公示本)

遂宁市第一人民医院

2023年12月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

遂宁市第一人民医院

搬迁数字减影血管造影机使用项目

环境影响报告表

建设单位名称：遂宁市第一人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省遂宁市船山区问陶路 2 号

邮政编码：629000

联系人

电子邮箱

联系电话

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 8 -
表 3 非密封放射性物质	- 8 -
表 4 射线装置	- 9 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 10 -
表 6 评价依据	- 11 -
表 7 保护目标与评价标准	- 13 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 16 -
表 9 项目工程分析与源项	- 19 -
表 10 辐射安全与防护	- 26 -
表 11 环境影响分析	- 36 -
表 12 辐射安全管理	- 55 -
表 13 结论与建议	- 61 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		遂宁市第一人民医院搬迁数字减影血管造影机使用项目				
建设单位		遂宁市第一人民医院				
法人代表	陶春潮	联系人		联系电话		
注册地址		四川省遂宁市船山区问陶路 2 号				
项目建设地点		四川省遂宁市船山区问陶路 2 号遂宁市第一人民医院高新院区 1 号楼 3 层				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)			项目环保总投资 (万元)		投资比例 (环保投资/总投资)	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他	/				

项目概述

一、建设单位简介

遂宁市第一人民医院（统一社会信用代码：125108004513132092，以下简称“医院”）1926 年建院，2007 年由遂宁市红十字医院增名为遂宁市第一人民医院；经过近百年发展，形成 5 大院区（油坊街院区、高新院区、河东院区、南津路院区、富源路院区）、4 大城市医联体分院和 3 大专科联盟分院组成的 1+N 医疗集团，一体（油坊街院区）（河东消化病医院和高新医院总部）成为医院核心。

遂宁市第一人民医院是集医教研防于一体的国家三级综合医院，全国管理创新单位、四川省抗击新型冠状病毒疫情先进集体、四川省首批建立健全现代医院管理制度

试点医院、四川省城市医联体先行先试单位，是西南医科大学在遂唯一临床实践教学基地医院。2019 年全国公立医院绩效考核（二级）全省第一；2020 年度全国三级公立医院绩效考核全国中位；2021 年度全国三级公立医院绩效考核较 2020 年上升 120 位，处于全国中上位。

二、任务由来

遂宁市第一人民医院油房院区及高新院区现分别有 1 台 DSA 设备正在运行，由于业务发展需要，医院拟将手术科室从油房院区搬迁至高新院区，为满足工作开展需要，更好地服务于患者群众，医院拟将油房院区内现有的 1 台 DSA 设备搬迁至高新院区内使用。

本项目拟将遂宁市第一人民医院高新院区院内 1 号楼 3 层手术区内 OR5 手术室扩建为 1 座数字减影血管造影机（Digital Subtraction Angiography，以下简称“DSA”）杂交手术室及其配套用房，并将油房院区南楼一楼现有的 1 台 DSA 设备（型号为 Optima IGS 330，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置）搬迁至高新院区 1 号楼 3 层此次扩建的 DSA 杂交手术室内开展介入治疗。

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与防护条例》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“生产、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），本项目应报遂宁市生态环境局审查批准，并在取得环评批复后及时重新申领辐射安全许可证。

为此，遂宁市第一人民医院委托四川瑞迪森检测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）。四川瑞迪森检测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。

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，建设单位已在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息（详见附件 8）。

遂宁市第一人民医院搬迁数字减影血管造影机使用项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：

- 1、对搬迁数字减影血管造影机使用项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。
- 2、对项目拟建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。
- 3、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”。
- 4、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：遂宁市第一人民医院搬迁数字减影血管造影机使用项目

建设单位：遂宁市第一人民医院

建设性质：扩建

建设地点：四川省遂宁市船山区问陶路 2 号遂宁市第一人民医院高新院区

1、建设内容与规模：

本项目位于四川省遂宁市船山区问陶路 2 号遂宁市第一人民医院高新院区，医院拟将高新院区院内 1 号楼（已建，地上 12 层，地下 2 层建筑）3 层手术区 OR5 手术室扩建为 1 座 DSA 杂交手术室及其配套用房，并搬迁使用 1 台 DSA 开展介入诊断治疗。

(1) DSA 杂交手术室及其辅助用房

本项目 DSA 杂交手术室位于高新院区院内 1 号楼 3 层手术区，该手术室为一处预留场所，现为空置房间。

本次拟建 DSA 杂交手术室的室内有效使用面积为 68.31m²，机房净空尺寸为长 9.9m×宽 6.9m×高 4.8m，其四周墙体均为轻钢龙骨+4mm 铅当量铅板+1.2mm 电解钢板+12mm 石膏板；顶部及底部均为 120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板；观察窗采用 3.5mm

铅当量的铅玻璃（1扇）；防护门共3扇，均为3.5mm铅当量铅防护门。DSA杂交手术室配套有1间操作间（面积约20.2m²）及1间设备间（面积约10.9m²）。

（2）射线装置

本次拟搬迁设备现位于遂宁市第一人民医院油房院区南楼一楼 DSA 机房内，医院于 2019 年 7 月对该项目进行了环境影响评价，并于 2019 年 8 月取得遂宁市生态环境局关于该项目批复，于 2019 年 9 月完成竣工环境保护验收。

本次拟搬迁 DSA 设备型号为 Optima IGS 330，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属II类射线装置。本项目 DSA 设备主射方向朝向上，搬迁至高新院区后主要用于院内介入医学科、脑血管病科、心内科及肿瘤科的介入诊断治疗，年工作量约 500 台，DSA 年出束时间约 112.6h（包含透视模式 104.2h 及摄影模式 8.4h）。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 搬迁数字减影血管造影机使用项目情况一览表

射线装置									
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	DSA	Optima IGS 330	1 台	125kV	1000mA	II类	高新院区 1 号楼 3 层 DSA 杂交手术室	已有，搬迁	单球管

2、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	土建及装修工程	医院拟将高新院区院内 1 号楼 3 层手术区 OR5 手术室扩建为 1 座 DSA 杂交手术室及其配套用房。DSA 杂交手术室的室内有效使用面积约为 68.31m ² ，其四周墙体均为轻钢龙骨+4mm 铅当量铅板+1.2mm 电解钢板+12mm 石膏板；顶部及底部均为 120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板；观察窗采用 3.5mm 铅当量的铅玻璃（1 扇）；防护门共 3 扇，均为 3.5mm 铅当量铅防护门。	施工废气、施工噪声、施工废水、固体废物、生活污水、生活垃圾	X 射线、臭氧及氮氧化物、噪声、生活污水、生活垃圾、医疗废物
	射线装置	医院拟将油房院区南楼一楼 DSA 机房内已有的 1 台 DSA 设备搬迁至高新院区院内 1 号楼 3 层拟建的 DSA 杂交手术室内开展介入诊断治疗，该 DSA 设备型号为 Optima IGS 330，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属II类射线装置，DSA 年出束时间约 112.6h（包含透视模式 104.2h 及摄影模式 8.4h）。		

	设备安装调试	本项目设备安装和调试均由销售单位专业人员进行操作。		
辅助工程	本次拟建操作间及设备间等配套用房			
环保设施	废气处理：本项目 DSA 杂交手术室已设置 1 套通排风系统，其室内送风口设置在机房中部距地约 3m 处，室内排风口位于机房南侧距地面约 3m 处。本项目 DSA 杂交手术室室内气体由室内排风内经排风管道引至室外排放。			废水、废气、固体废物、生活垃圾、生活污水
	废水处理：本项目产生的废水依托医院已建的污水管道和污水处理站，处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中处理标准后，通过市政污水管网进入城市污水处理厂处理达标后排放。		\	
	固废处理：医疗废物依托手术区已有污物暂存间及医院已有医疗废物暂存间进行暂存，并统一交由有相应资质的单位收运处置；办公、生活垃圾均分类暂存至院内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。		\	
公用工程	依托医院排水、给水、供电、通风等配套设施。		\	
办公生活设施	依托手术区更衣室、医生办公室、卫生间		\	

3、项目依托工程

①依托办公设施：医生办公室依托已有的医生办公室。

②依托环保设施：医院已建污水处理站一座，医院废水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466—2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入城市污水处理厂处理后排放。医院污水处理站设计处理能力能够满足本项目生活污水及医疗废水产生量和排放量的排放需求。

本项目 DSA 杂交手术室已设置 1 套通排风系统，手术室内气体由室内排风内经排风管道引至室外排放。

本项目拟在 DSA 杂交手术室及其辅助机房内设置生活垃圾桶，用于分类暂存本项目产生的生活垃圾，医院已设置有生活垃圾暂存间，本项目产生的生活垃圾转运至生活垃圾暂存间内进行集中分类暂存，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

本项目拟在 DSA 杂交手术室内设置医疗废物垃圾桶，用于暂存本项目产生的医疗废物，医疗废物在手术结束后由专人经打包后转移至手术区污物暂存间及院内医疗废物暂存间内集中暂存，并交由有资质单位定期统一收集、处置。

4、人员配置

本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，每天工作 8 小时。

本项目拟配置辐射工作人员 10 人，其中医生 6 名，护士 2 名，技师 2 名，6 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。本项目辐射工作人员均为医院原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，仍从事原有辐射工作。后期随着工作量的变动，医院也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。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员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。

五、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（2019 年本）》（2021 年修改），属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 5 条“医疗卫生服务设施建设”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为遂宁市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平的重要内容，本项目具有实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

六、实践正当性

遂宁市第一人民医院搬迁数字减影血管造影机使用项目的目的是为了对病人进行介入治疗。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。

七、项目周边保护目标以及场址选址情况

1、遂宁市第一人民医院高新院区外环境关系

遂宁市第一人民医院高新院区位于四川省遂宁市船山区问陶路2号，医院东侧依次院外绿化及七里桥小区，南侧依次为市政规划道路及空地，西侧依次为问陶路及遂宁绿然国际学校，北侧依次为西宁大道及空地。遂宁市第一人民医院地理位置示意图及医院周围环境示意图见附图1~附图2。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，将本项目DSA杂交手术室建于高新院区院内1号楼3层，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DSA杂交手术室拟建于遂宁市第一人民医院高新院区院内1号楼，1号楼位于医院东南部，其东侧依次为院内道路、院界及院外绿化，南侧依次为院内道路及花园，西侧为院内3号楼及4号楼，北侧为室外道路及绿地。遂宁市第一人民医院高新院区外环境关系及平面布局示意图见附图2。

本项目DSA杂交手术室50m范围内除东侧及北侧部分位于医院院界外，其余方向均位于医院院界内，根据本项目确定的评价范围，本项目辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外其他公众。

本项目建设位于院内，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。

八、项目单位核技术应用现状

遂宁市第一人民医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，其证书编号为：*，许可种类和范围为：使用I类放射源；II类、III类射线装置。辐射安全许可证正副本见详见附件3。

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》(GB18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (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	DSA	II	1	Optima IGS 330	125	1000	介入治疗	高新院区 1 号楼 3 层 DSA 杂交手术室	本次环评（拟搬迁），单球管

(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	通过排风系统排入外环境，臭氧常温 50 分钟下可自行分解为氧气。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、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾	固态	/	/	/	/	/	暂存在机房内的废物桶，手术结束后集中收集暂存至污物暂存间	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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(4) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，2022年6月5日起实施；</p> <p>(5) 《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；</p> <p>(6) 《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；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021年修改，生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(9) 《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；</p> <p>(10) 《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；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改，国家发展和改革委员会2021年令49号）2021年12月30日起施行；</p> <p>(12) 《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；</p> <p>(13) 《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；</p> <p>(14) 《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；</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(3) 《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</p>

	<p>内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>（4）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；</p> <p>（5）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>（6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>（7）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>（8）《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）；</p> <p>（9）《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）。</p>
其他	<p>（1）《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；</p> <p>（2）《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</p> <p>（3）《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。</p> <p>（4）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>（5）《生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告》，生态环境部，公告2021年第9号，2021年3月15日起施行。</p> <p>（6）生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序；</p> <p>（7）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；</p> <p>（8）《NCRP REPORT No.147 Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities》；</p> <p>（9）工程设计图纸及相关技术资料；</p> <p>（10）《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）；</p> <p>（11）《辐射防护手册》（第三分册—辐射安全，原子能出版社，1987）；</p> <p>（12）《辐射防护导论》（原子能出版社，1988）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
<p>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》（HJ10.1-2016）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：<u>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</u>”；确定本项目 DSA 杂交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。</p>						
保护目标						
<p>本项目 DSA 杂交手术室 50m 范围内除东侧及北侧部分位于医院院界外，其余方向均位于医院院界内。根据本项目确定的评价范围，本项目辐射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、陪同家属及院内公众，详见表 7-1。</p>						
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	方位	与机房最近距离	规模	照射类型	剂量约束值	
院内	职业人员	机房内医生护士		职业	5mSv/a	
		南侧操作间及东侧设备间				
	其他医护人员、病患、陪同家属及院内公众	东侧前室、楼梯间及 OR6 手术室等 1 号楼 3 层手术区部分区域			公众	0.1 mSv/a
		南侧无菌库、洁净走廊、一次性物品间及工具间等 1 号楼 3 层手术区部分区域				
		南侧室外道路及花园				
		西侧预麻复苏室				
		西侧换车后室及护士站等 1 号楼 3 层手术区部分区域				
		西侧中心供应室等 4 号楼部分区域				
		北侧 OR2~4 手术室等 1 号楼 3 层手术区其他区域				
		北侧室外道路				
		北侧高压氧舱				
		上方为主任办公室、医患沟通室、医生办公室及屋面（4 层）				
		下方为办公室、分子病理室及疏散走道（2 层）				
50m 范围内室外道路等其他						
院外	东侧及北侧院外绿化					

评价标准

一、环境质量标准

本项目执行标准如下：

- (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）标准，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) 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。

(5) 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。

三、辐射环境评价标准限值

1、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。

本项目环评取上述标准中规定的职业照射剂量限值的 1/4 作为职业人员的剂量约束值，即辐射工作人员职业照射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）或皮肤的剂量当量约束值为 125mSv/a。

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。本项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 1/10 执行，即

0.1mSv/a。

2、工作场所周围剂量率

DSA 杂交手术室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》（GBZ130-2020）有关规定，本项目距 DSA 杂交手术室墙体、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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所外环境关系

1、遂宁市第一人民医院高新院区外环境关系

遂宁市第一人民医院高新院区位于四川省遂宁市船山区问陶路 2 号，医院东侧依次院外绿化及七里桥小区，南侧依次为市政规划道路及空地，西侧依次为问陶路及遂宁绿然国际学校，北侧依次为西宁大道及空地，详见附图 2。

2、1 号楼外环境关系

本项目 DSA 杂交手术室拟建于遂宁市第一人民医院高新院区院内 1 号楼，1 号楼位于医院东南部，其东侧依次为院内道路、院界及院外绿化，南侧依次为院内道路及花园，西侧为院内 3 号楼及 4 号楼，北侧为室外道路及绿地。遂宁市第一人民医院高新院区外环境关系及平面布局示意图见附图 2。

3、辐射工作场所外环境关系

本项目 DSA 杂交手术室位于 1 号楼 3 层手术区，其东侧 50m 范围内依次为设备间、污物通道、前室、楼梯间及 OR6 手术室等 1 号楼 3 层手术区部分区域、室外道路及院外绿化；南侧 50m 范围内依次为操作间、无菌库、洁净走廊、一次性物品间及工具间等 1 号楼 3 层手术区部分区域、室外道路及花园；西侧 50m 范围内依次为预麻复苏室、洁净走廊、换车后室及护士站等 1 号楼 3 层手术区部分区域、中心供应室等 4 号楼部分区域；北侧 50m 范围内依次为洁净走廊、OR2~4 手术室等 1 号楼 3 层手术区其他区域、室外道路、高压氧舱及院外绿化；上方为主任办公室、医患沟通室、医生办公室及屋面，下方为办公室、分子病理室及疏散走道。详见附图 3~附图 6。

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。

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司于 2023 年 11

月 28 日按照标准规范对本次拟建搬迁数字减影血管造影机使用项目现场及周边环境进行了 γ 辐射剂量率的布点监测，监测报告见附件 4。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	监测方法及来源
γ 辐射剂量率	1.《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 2.《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

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
γ 辐射剂量率				

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。

3、参考标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告（生态环境部，2023 年 07 月 23 日发布）》中四川省环境 γ 辐射剂量率自动监测结果。

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 8-4 本项目拟建址 γ 空气吸收剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	DSA 杂交手术室拟建址东侧		
2	DSA 杂交手术室拟建址南侧		
3	DSA 杂交手术室拟建址西侧		
4	DSA 杂交手术室拟建址北侧		
5	DSA 杂交手术室拟建址内		
6	DSA 杂交手术室拟建址上方		
7	DSA 杂交手术室拟建址下方		
8	DSA 杂交手术室拟建址东侧室外道路		
9	DSA 杂交手术室拟建址南侧室外道路		
10	DSA 杂交手术室拟建址西侧 4 号楼		
11	DSA 杂交手术室拟建址北侧室外道路		
12	DSA 杂交手术室拟建址北侧高压氧舱		

- 注：1.检测结果未扣除宇宙射线响应值；
2.东侧及北侧院外绿化邻近河堤，无规划道路，人员不可达。
3.检测点位见图 8-9。



图 8-9 本项目核技术利用项目拟建址现场检测点位示意图

由监测结果可知，本项目拟建址现场及周边环境的 γ 辐射剂量率与生态环境部与生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》（生态环境部，2023 年 07 月 13 日发布）中四川省环境 γ 辐射剂量率年均值范围（61.9~151.8）nGy/h 基本一致。

综上所述，本项目拟建址区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

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

本项目拟将医院高新院区 1 号楼 3 层手术区 OR5 手术室扩建为 1 间 DSA 杂交手术室及其配套辅助机房，OR5 手术室为预留机房，其基础墙体及楼板已随 1 号楼同步建设完成，本项目主要的施工为机房顶部、底部、观察窗及防护门等辐射防护屏蔽体建设及室内墙体装饰，施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生。

1、扬尘

土建运输车辆装卸材料和行驶时产生的扬尘；建筑材料的现场搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘；人来车往造成的现场道路扬尘。由于施工范围小，施工期较短，施工扬尘对周围环境的影响较小。

2、噪声

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，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。

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，生活污水产量较小，依托医院已有环保设施处理。

4、废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时产生的废气和装修材料中释放的废气。

5、固体废物

施工中固体废物主要为隔断产生的废砖头、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等，可回收的废砖头可进行回收利用，不可回收的建筑垃圾及时清运至当地指定的建筑垃圾堆放场进行处理，生活垃圾集中分类暂存于院区内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

(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。

二、营运期工艺分析

1、工程设备

遂宁市第一人民医院拟将高新院区院内 1 号楼 3 层手术区 OR5 手术室扩建为 1 间 DSA 杂交手术室及其配套用房，并搬迁使用 1 台 DSA 开展介入诊断治疗。本次拟搬迁设备现位于遂宁市第一人民医院油房院区南楼一楼 DSA 机房内，该 DSA 设备型号为 Optima IGS 330，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置。

DSA 因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂 X 光机，DSA 由 X 线发生装置（包括 X 射线球管及其附件、高压发生器、X 射线控制器等）和图像检测系统（包括光栅、平板探测器、影像增强器、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等）组成。常见的 DSA 外观图见图 9-2。



图 9-2 本项目 DSA 外观图

本项目拟配备的 DSA 设备技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 DSA 主要设备技术参数

项目名称	技术参数
型号	Optima IGS 330

2、工作原理

数字减影血管造影（Digital Subtraction Angiography, DSA）是 20 世纪 80 年代继 CT 之后出现的一项医学影像学新技术，是电子计算机图像处理技术与传统 X 线血管造影技术相结合的一种新的检查方法。可以满足心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入检查与治疗。介入诊断与治疗是指医生在 DSA 图像的引导下，通过皮穿刺途径或通过人体原有孔道将导管或器械插入病变部位或注射造影剂，进行诊断和治疗。

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

3、操作流程及产污环节

患者在进行 DSA 诊断和在 DSA 引导下进行介入治疗时，先仰卧进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺动脉，送入引导钢丝及扩张血管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达静脉，顺序取血测定静、动脉，并留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。本项目 DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况：血管减影检查。操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在操作间内对患者进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内患者情况，并通

过对讲系统与患者交流。

第二种情况：DSA 介入治疗。采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 射线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。受检者位于手术床上，介入手术医生位于手术床一旁，距 DSA 的 X 射线管 0.5~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等）。同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘，介入治疗手术中，医生根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 射线系统进行透视（DSA 的 X 射线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入手术操作。

本项目采用先进的数字显影技术，电脑成像，不使用显（定）影液，不产生废显影液、废定影液和废胶片。注入的造影剂不含放射性。设备运行过程中产生的污染物主要为 X 射线、少量臭氧和氮氧化物以及手术过程中产生的医疗废物。

本项目 DSA 工作流程及产污环节如下图 9-3 所示。

4、DSA 杂交手术室人流及物流路径规划

本项目人流及物流规划如下：

（1）工作人员路径：本项目辐射工作人员在患者到达前，经电梯到达 1 号楼 3 层手术区医生入口，经入口处换鞋区、更衣室、工作走廊及缓冲区进入手术区内洁净区域（该路径设置门禁系统），随后向北到达 DSA 杂交手术室外洁净走廊，经洁净走廊进入 DSA 杂交手术室，经手术室进入操作间进行术前准备。介入手术医生经操作间至 DSA 杂交手术室铅防护门进入机房内进行床旁手术操作，放射技师在操作间内对 DSA 设备进行隔室操作。

（2）患者路径：本项目患者经 1 号楼患者电梯到达其 3 层手术门厅，工作人员术前准备就绪后，患者经手术区入口处换车前室及后室换床后进入手术区内洁净区域（该路径设置门禁系统），随后向东到达 DSA 杂交手术室外洁净走廊，从 DSA 杂交手术室北侧防护门进入手术室内接受治疗。

（3）污物路径：本项目产生的医疗废物，经 DSA 杂交手术室南侧防护门转移至手术区污物暂存间内暂存。

上述人流及物流路径详见图 9-4。



图 9-4 本项目 DSA 杂交手术室人流及物流路径示意图

污染源项描述

一、施工期污染源

1、废水

施工期废水主要为建筑施工产生的生产废水及施工人员生活污水。

2、废气

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时产生的废气和装修材料中释放的废气。

3、噪声

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声。

4、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要为施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾。

5、扬尘

施工产生的扬尘主要来自土建运输车辆装卸材料和行驶时产生的扬尘；建筑材料的现场搬运及堆放扬尘；施工垃圾的清理及堆放扬尘；人来车往造成的现场道路扬尘。

二、营运期污染源

1、电离辐射

DSA 在开机出束状态下产生 X 射线，主要辐射污染途径为外照射，设备未开机状态不产生 X 射线。

2、废气

在 DSA 设备开机出束过程中，机房内的空气在电离辐射作用下产生臭氧及氮氧化物等有害气体。

DSA 曝光过程中臭氧产生量很小，本项目 DSA 杂交手术室内依托原有通排风系统，该手术室采用百级层流天花，上送下回的气流形式，并设置顶部排风，其室内送风口设置在机房中部距地约 3m 处，室内排风口位于机房南侧距地面约 3m 处。本项目 DSA 杂交手术室内气体由室内排风口经排风管道引至室外排放，排风管道从 DSA 机房东侧引出，随后向东引至手术区东侧室外排放。

3、固体废物

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，每年 DSA 介入室预计手术量为 500 台，则每年固体废物产生量约为 1000kg。项目产生的医疗废物经打包后与医院其他医疗废物一起在医院既有医疗废物暂存间暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置。

③本项目拟配置 10 名辐射工作人员，其中 6 名医生，2 名护士，2 名技师。每人每天产生办公垃圾和生活垃圾约 0.5kg，则每年办公垃圾和生活垃圾产生量约 1.25t。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

4、废水

本项目产生的废水依托医院已建的污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入城市污水处理厂处理后排放。

5、噪声

本项目所有设备选用低噪声设备，噪声主要为空调和风机噪声，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）中相关标准要求。

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

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 DSA 杂交手术室建设于高新院区 1 号楼 3 层手术区。本项目 DSA 设备设置有独立的机房，其室内有效使用面积约为 68.31m²，机房净空尺寸为长 9.9m×宽 6.9m×高 4.8m，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 DSA 杂交手术室平面布局可知，与射线装置相关的辅助用房紧密布置于射线装置机房周围，整体布局紧凑，既便于医疗工作，又利于辐射防护。各用房之间采用墙体分隔，墙体、防护门窗的屏蔽防护厚度充分考虑了电离辐射效应，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

本项目辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，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；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。

综上所述，本项目 DSA 杂交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》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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

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

2、控制区与监督区的划分

(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

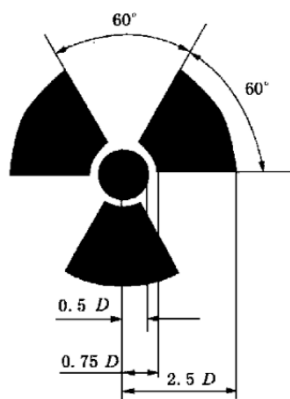
科室名称	控制区	监督区
DSA 杂交手术室	DSA 杂交手术室	操作间、设备间
备注	控制区内禁止无关人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量减小在控制区内停留时间，以减少不必要的照射。	监督区范围内应限制无关人员进入。



图 10-1 本项目 DSA 杂交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在病人至机房内防护门外、操作间至机房防护门外、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》（GB18871-2002）附录 F 要求，如图 10-2 所示。



a) 电离辐射标志



b) 当心电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射标志和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；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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

二、辐射安全及防护措施

(一) 机房屏蔽措施

本项目 DSA 杂交手术室屏蔽设计见表 10-2。

表 10-2 本项目 DSA 杂交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）	GBZ130-2020 要求	评价
DSA 杂交	四周墙体 顶部及		有用线束方向铅当量不小于 2mm，非有用线束方向铅当	满足

手术 室	底部		量不小于 2mm
	观察窗		
	防护门		
	机房面积		机房内最小有效使用面积不 小于 20m ² ，机房内最小单边 长度不小 3.5m

注：1. 铅密度应不低于 11.3g/cm³，混凝土密度应不低于 2.35g/cm³；2. 保守忽略四周墙体电解钢板及石膏板的屏蔽。

由上表对比可知，本项目 DSA 杂交手术室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，机房屏蔽设计合理。

（二）设备固有安全性

本项目 DSA 购置于正规厂家，满足国家质检要求，装置泄露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、配备辅助防护设施：本项目 DSA 配有铅悬挂防护屏及床侧防护帘（防护铅当量均不低于 0.5mm 铅当量），在设备运行中可加强对医护人员的辐射防护。

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；本项目 DSA 设备床侧设置有“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) 辐射安全设施

1、电离辐射警告标志

DSA 杂交手术室各入口处拟设置有“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。

2、工作状态指示灯及门灯联动装置

DSA 杂交手术室患者入口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，防护门关闭时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。平开机房门拟设有自动闭门装置，推拉式机房门拟设有曝光时关闭机房门的管理措施,电动推拉门拟设置防夹装置。

3、急停按钮

DSA 操作间的控制台拟设置 1 个急停按钮，DSA 杂交手术室内的治疗床边操作面板自带 1 个急停按钮，各按钮分别与 X 射线系统连接，在出现紧急情况下，按下急停按钮，即可停止 X 射线系统出束。

4、观察窗及对讲装置

DSA 操作间墙体上设置有观察窗，可有效观察到患者和受检者状态防护门开闭情况。DSA 杂交手术室操作间拟设置对讲装置，方便机房外工作人员与患者交流。

5、个人防护用品

医院拟为本次新建的 DSA 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，医院拟购置的各类防护用品除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。

6、人员监护

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

本项目辐射工作人员均应配备有个人剂量计（每名介入治疗医生需配备 2 套个人

剂量计），并要求在上班期间必须佩戴。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，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。

三、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
搬迁数字减影血管造影机使用项目	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	
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	
	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	
		辅助防护设施	/	

建设单位拟为本项目配备便携式 X- γ 辐射监测仪 1 台及个人剂量报警仪 2 台。医院拟为辐射工作人员配备铅橡胶围裙、铅防护眼镜（不低于 0.25mm 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戴个人剂量计，以监测累积受照情况。医院拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，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。

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
DSA 工作场所	防盗和防破坏	
	防射线泄漏	

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	应具备条件	落实情况	备注
DSA 项目	场所设施	机房墙体、屋顶、门窗等实体防护措施	/
		通排风设施	/
		紧急停机开关	/
		门灯联动装置	/
		对讲系统	/
		入口处电离辐射警告标志	/
		入口处机器工作状态显示	/
	监测设备	便携式 X-γ 辐射监测仪	/
		个人剂量计	/
		个人剂量报警仪	/
	个人防护	医护人员个人防护	/
		患者防护	/
灭火器材		/	

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）
DSA 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	
/		

本项目总投资*万元，环保投资*万元，占总投资的*。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、施工期

1、施工扬尘

本项目施工期短，拟采取扬尘治理措施包括：①安排人员在干燥天气洒水降尘；②及时清运施工场地建筑废渣，避免二次起尘；③对施工车辆进出口路面进行清扫。

2、废水

施工期间产生废水主要为施工人员生活污水，施工人员生活污水利用已有污水处理设施处理。

3、废气

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

4、施工噪声

项目施工期拟采取降噪措施如下：①合理安排施工时间，夜间禁止施工；②选用低噪施工设备；③运输车辆必须限速、严禁鸣笛。

5、固体废物

施工期产生的固体废物主要包括房屋改造装修过程产生的建筑垃圾、施工人员产

生的生活垃圾及设备安装后产生的废包装材料。不可回收的建筑垃圾及时清运至指定的建筑垃圾堆放场进行处理，设备安装产生的废包装材料、生活垃圾交由市政环卫部门统一清运、处理。

6、电离辐射

DSA 设备出束调试时必须确保各屏蔽体屏蔽到位，在进出口门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

二、营运期

1、废气治理

在 DSA 设备开机出束过程中，机房内的空气在电离辐射作用下产生臭氧及氮氧化物等有害气体。

DSA 曝光过程中臭氧产生量很小，本项目 DSA 杂交手术室内依托原有通排风系统，手术室采用百级层流天花，上送下回的气流形式，并设置顶部排风，设计排风量为 650m³/h，其室内送风口设置在机房中部距地约 3m 处，室内排风口位于机房南侧距地面约 3m 处。本项目 DSA 杂交手术室室内气体由室内排风口经排风管道引至室外排放，排风管道从 DSA 机房东南侧引出，随后向东引至手术区东侧室外排放，其室外排风口避开了人员经常活动的区域，臭氧经自然分解和稀释，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.2mg/m³）的要求。

2、废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水以及项目产生的医疗废水。本项目产生的废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（设计处理能力为 400m³/d），通过“一级强化+二氧化氯消毒”处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入城市污水处理厂处理后排放。

3、噪声

本项目噪声源为 DSA 杂交手术室通排风装置，该装置采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到相关标准要求。

4、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、废手套、药棉、纱布、废造影剂及废造影剂瓶等医疗废物，产生量约为 2kg/台（年产生量约为 1000kg）。介

入手术产生的医疗废物采用专门的收集容器内暂存，由专人每天到科室收集到院内医疗废物暂存间，按照医疗废物执行转移联单制度，定期由有资质的医疗废物处置单位统一收集处置。

本项目工作人员产生的生活垃圾均分类暂存于院区内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

5、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

一、施工阶段

项目施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生。本项目施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院已有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

1、大气污染防治措施

- ①及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- ②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；
- ③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；
- ④加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

2、水污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依托医院已有的污水处理设施处理。

3、噪声防治措施

整个建筑施工阶段，如载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如需连续施工，在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

4、固废防治措施

项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

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，射线源开关键匙应安排专人看管，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 DSA 杂交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 DSA 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。

运行阶段对环境的影响

一、DSA 杂交手术室屏蔽体厚度合理性分析

（一）DSA 杂交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 DSA 杂交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》（GBZ130-2020）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：

a) 对给定的铅厚度，依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值按公式 11-1 计算辐射透射因子 B：

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

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。

b) 依据 NCRP 147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 α 、 β 、 γ 拟合值和 a) 中的 B 值, 使用公式 11-2 计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X:

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

- 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。

由 GBZ 130-2020 中表 C.2 查取 125kV 及 70kV 管电压工况下 X 射线(主束)辐射衰减的有关的拟合参数, 列于表 11-1。

表 11-1 铅、混凝土及实心砖针对不同管电压 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			实心砖		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
70									
80									
125									

注: 本项目铅、混凝土及实心砖针对 70kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数保守选取 GBZ130-2020 表 C.2 中相关数据。

由表 10-2 可知, 本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外, 还涉及顶面(有用线束投射方向)的混凝土、机房四侧(非有用线束投射方向)的铅玻璃和地面(非有用线束投射方向)的混凝土防护材料。本项目按最大管电压 125kV 主束方向的极端条件核算 DSA 机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度, 根据公式 11-1、公式 11-2 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 DSA 杂交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 (mm)
四周墙体	轻钢龙骨+4mm 铅当量铅板+1.2mm 电解钢板 +12mm 石膏板	4.00
顶部	120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板	1.44+3.00=4.44
地面	120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板	1.44+3.00=4.44

(二) DSA 杂交手术室屏蔽防护设计合理性分析

本项目 DSA 杂交手术室设计屏蔽情况与《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

中 C 形臂 X 射线设备机房屏蔽防护要求对比见表 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	本项目设计	备注
X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度			
设备类型	单管头 X 射线机	DSA	/
机房内最小有效使用面积（m ² ）	不小于 20m ²	有效使用面积：68.31m ²	满足
机房内最小单边长度（m）	不小 3.5m	最小单边长：6.9m	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	DSA	/
有用线束方向铅当量（mm）	不小于 2mm	主束方向朝上：顶板为 120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板（约 4.44mm 铅当量）	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+4mm 铅当量铅板+1.2mm 电解钢板+12mm 石膏板（约 4mm 铅当量）；底部为 120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板（约 4.44mm 铅当量）；观察窗采用 3.5mm 铅当量的铅玻璃；防护门均为 3.5mm 铅当量铅防护门。	满足

备注：1.混凝土对应铅当量厚度根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的附录 C 及《辐射防护手册》（第三分册）表 3.3 进行估算；2. 核算时，均按照大管电压 125kV 主束方向的极端条件核算，保守忽略四周墙体电解钢板及石膏板的屏蔽。

由上表对比可知，本项目 DSA 杂交手术室屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，机房屏蔽设计合理。

二、DSA 杂交手术室的辐射影响预测

本项目拟购 DSA 尚未采购到位，故对 DSA 杂交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

为防止烧毁球管、延长其使用寿命，实际工作时，DSA 管电压和管电流通常都留有较大的余量。DSA 的 X 线系统在自动透视模式下间隙性运行，DSA 的最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，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较大的余量，DSA 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 100~300mA。根据医院提供信息，本项目按透射模式（80kV、20mA）、摄影模式（80kV、300mA）进行预测。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“5.1.5 c)”要求：“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 2.5 mmAl”。本项目 DSA 型号为 Optima IGS 330，其过滤板为 3mmAl+其他附加过滤，本项目采用 3mmAl 进行估算，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，当管电压为 80kV（最大运行工况）时，查得照射量率 \dot{X} 。

（二）运行时间

根据医院规划，本项目 DSA 设备年工作量约 500 台，其中介入医学科及肿瘤科手术约 250 台，脑血管病科及心内科手术约 250 台， DSA 设备年出束时间约为 112.6h（包含透视模式 104.2h 及摄影模式 8.4h）。

（三）操作方式

①造影摄影过程：

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，通过对讲系统与病人交流。在摄影过程中，医生及护士位于操作间内。

DSA 摄影时间由于不同部位的手术时长不同，单次出束时间为毫秒（ms）级别，出束范围约为为 2~60s 之间，进行辐射环境预测时保守取开展单台介入手术的累积最长曝光时间。

②透视过程：

为更清楚的了解病人情况，医生需进入机房内进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视。该手术操作过程共需两名医生，此时第一手术操作位医师位于铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作，距离主射线束距离约为 0.5m；第二手术位的医师身着铅服、戴铅眼镜，距离主射线束约为 1m。

本项目 DSA 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）机房外环境辐射影响分析

本项目 DSA 杂交手术室四周墙体均为轻钢龙骨+4mm 铅当量铅板+1.2mm 电解钢板+12mm 石膏板；顶部及底部均为 120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板；观察窗采用 3.5mm

铅当量的铅玻璃，防护门均为 3.5mm 铅当量铅防护门。第一、二术者位医生身着铅衣并立于铅帘后（0.5mmPb+0.5mmPb）。

1、计算模式

(1) 关注点处有用线束辐射剂量率计算

由《辐射防护手册（第一分册）》（李德平 潘自强著）给出的 X 射线机在关注点的周照射量计算公式 进行推导，得到有用线束在关注点处的辐射剂量率 H 的计算公式：

式中： \dot{H} —关注点处有用线束辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{X} —每 mA 管电流产生的 X 射线在 1m 处的照射量率， $\text{R}\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ；本项目 DSA 过滤板采用 3mmAl，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；根据 NCRP147 报告，患者和接收器对初始线束的减弱倍数为 10 倍~100 倍，因此本次预测主射方向照射量率保守取主射束的 10%；

d —关注点至 X 射线源的距离；

I —管电流，mA；

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；

K_a —有效剂量与空气比释动能转换系数。

(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 \dot{H}_s 的计算公式：

式中： \dot{H}_s —关注点处散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

I —管电流，mA；

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，根据设备参数确定；

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；

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

泄漏辐射剂量率采用下式计算：

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

式中： H_i —距靶 1m 处泄漏射线的空气比释动能率， mGy/h ；

B —DSA 机房各屏蔽体的泄漏射线屏蔽透射因子；

d —关注点至 X 射线源的距离；

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

DSA 杂交手术室预测点选取如下：

- 1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，楼梯间；
- 2#-东侧防护门外 30cm 处，污物通道；
- 3#-南侧观察窗外 30cm 处，操作间；
- 4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，操作间；
- 5#-南侧防护门外 30cm 处，操作间；
- 6#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，预麻复苏室；
- 7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，洁净走廊；
- 8#-北侧防护门外 30cm 处，洁净走廊；
- 9#-楼下距地面 170cm 处，疏散走道及办公室等；
- 10#-楼上距地面 30cm 处，屋面及办公室等；
- 11#-第一术者位；
- 12#-第二术者位（手术室内护士保守参照第二术者位）。

共布设 12 个预测点，预测点布设见图 11-1 所示。



图 11-1 DSA 杂交手术室预测点布设示意图

3、预测结果

根据上述给出的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 DSA 杂交手术室周围预测点剂量率估算结果，计算结果见表 11-5。

表 11-5 DSA 杂交手术室周围预测点剂量率估算结果

预测点位	减弱因子	模式	距离	X 射线辐射剂量率 (μSv/h)			
				散射线	漏射线	有用线束	合计
1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处, 楼梯间;	1	透视	30cm	0.000000	0.000000	0.000000	6.42E-07
		摄影					8.04E-07
2#-东侧防护门外 30cm 处, 污物通道;		透视					1.74E-06
		摄影					2.58E-06
3#-南侧观察窗外 30cm 处, 操作间;		透视					2.00E-06
		摄影					2.96E-06
4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处, 操作间;		透视					2.61E-07
		摄影					3.27E-07
5#-南侧防护门外 30cm 处, 操作间;		透视					1.69E-06
		摄影					2.51E-06
6#-西侧屏蔽墙外 30cm 处, 预麻复苏室;		透视					6.13E-07
		摄影					7.68E-07
7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处, 洁净走廊;		透视					5.87E-07
	摄影	7.35E-07					
8#-北侧防护门外 30cm 处, 洁净走廊;	透视	3.39E-06					
	摄影	5.02E-06					
9#-楼下距地面 170cm 处, 疏散走道及办公室等;	透视	1.66E-07					
	摄影	2.73E-07					
10#-楼上距地面 30cm 处, 屋面及办公室等	透视	5.10E-05					
	摄影	7.65E-04					
12#-第一术者位	透视	18.95					
13#-第二术者位	透视	4.74					

从上表中的预测结果可知, 本项目机房内 DSA 全年正常运行, 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, 本项目 DSA 杂交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。

(五) 辐射工作人员及公众年有效剂量分析

1、计算模式

根据辐射安全手册，X射线产生的外照射人均年有效剂量计算公式如下：

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \cdots \cdots \text{公式11-6}$$

式中： E —X射线外照射年有效剂量，mSv/a；

H —关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

q —居留因子，全部居留取1，部分居留取1/4，偶尔居留取1/16；

h —年照射时间，h；

W_T —组织权重因子，取1。

2、预测结果

根据表 11-5 计算结果，并结合公式 11-6，本项目辐射工作人员及公众年有效剂量计算结果见表 11-6。

表 11-6 DSA 杂交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 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	受照时间 ^① (h)	年有效剂量合计 (mSv/a)	受照 类型		
1#-东侧屏蔽墙外 30cm 处，楼梯间；	透视	6.42E-07			1.84E-08	公众		
	摄影	8.04E-07						
2#-东侧防护门外 30cm 处，污物通道；	透视	1.74E-06			5.07E-08		1.37E-07	职业
	摄影	2.58E-06						
3#-南侧观察窗外 30cm 处，操作间；	透视	2.00E-06			1.77E-08		1.16E-07	职业
	摄影	2.96E-06						
4#-南侧屏蔽墙外 30cm 处，操作间；	透视	2.61E-07			1.76E-08	1.68E-08	公众	
	摄影	3.27E-07						
5#-南侧防护门外 30cm 处，操作间；	透视	1.69E-06			9.89E-08	1.96E-08	公众	
	摄影	2.51E-06						
6#-西侧屏蔽墙外 30cm 处，预麻复苏室；	透视	6.13E-07			1.17E-05	1.17E-05	职业	
	摄影	7.68E-07						
7#-北侧屏蔽墙外 30cm 处，洁净走廊；	透视	5.87E-07	1.17E-05	1.17E-05	职业			
	摄影	7.35E-07						
8#-北侧防护门外 30cm 处，洁净走廊；	透视	3.39E-06	1.17E-05	1.17E-05	职业			
	摄影	5.02E-06						
9#楼下距地面 170cm 处疏散走道、办公室等	透视	1.66E-07	1.17E-05	1.17E-05	职业			
	摄影	2.73E-07						
10#-楼上距地面 30cm 处，屋面及办公室等	透视	5.10E-05	1.17E-05	1.17E-05	职业			
	摄影	7.65E-04						
12#-第一术者位	透视	18.95			1.18	职业		

13#-第二术者位	透视	4.74		0.30
-----------	----	------	--	------

注：①技师位于控制室内，手术室内护士保守参照第二术者位。

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 10 人，辐射工作人员均为医院原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，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，对其所受年有效剂量进行叠加计算。根据医院提供的 2022 年度个人剂量监测结果，医院从事介入工作的辐射工作人员个人剂量最大监测值为 []（详见附件 5）。

本项目辐射工作人员年有效剂量叠加计算结果如表 11-7 所示。

表 11-7 本项目辐射工作人员年有效剂量叠加结果

[]				
-----	--	--	--	--

综上所述，本项目辐射工作人员所受最大年有效剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值，均低于本报告执行的剂量约束值（职业：5mSv/a）。

4、辐射工作人员与公众年有效剂量汇总

综上所述，本项目 DSA 杂交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 11-8 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	3#-DSA 杂交手术室南侧观察窗外 30cm 处，操作间	<0.40	职业	5
介入操作人员	DSA 杂交手术室内	<1.58		
		<0.70		
公众	10#-楼上距地面 30cm 处，屋面及办公室等	1.17E-05	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。

由上表结果可知，本项目 DSA 全年正常运行，隔室操作辐射工作人员（技师）所受最大年有效剂量不超过 0.40mSv/a，第一、第二术者操作位辐射工作人员所受最大

年有效剂量分别不超过 1.58 mSv/a 及 0.70 mSv/a，周围公众所受最大年有效剂量为 (1.17E-05) mSv/a，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求的剂量限值，均低于本报告执行的剂量约束值(职业: 5mSv/a, 公众: 0.1 mSv/a)。

由于本项目 50m 评价范围内环境保护目标距 DSA 杂交手术室墙体相对较远(远大于表面 30cm)，DSA 杂交手术室周围公众所受最大年有效剂量为(1.17E-05) mSv/a (DSA 杂交手术室楼上距地面 30cm 处)，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》(GB18871-2002) 要求的剂量限值，低于本报告执行的剂量约束值。

综上所述，根据上述理论估算结果，本项目 DSA 杂交手术室在经实体屏蔽后，对辐射工作人员和周围公众的环境影响较小，在开展介入工作时，在采取有效的辐射防护措施和医院良好的管理情况下，辐射工作人员及公众的年有效剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 要求的剂量限值，均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：

$$D_s = C_{ks}(k \cdot t) \cdot 10^{-3} \dots\dots\text{公式 11-8}$$

$$\dot{k} = \frac{H^*_{(10)}}{C_{KH}} \dots\dots\text{公式 11-9}$$

式中： D_s ——皮肤吸收剂量，mGy；

k ——X 辐射场的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

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；

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

C_{KH} ——空气比释动能到周围剂量当量的转换系数，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，本项目取 1.72。

本项目 DSA 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 1/4 的时间处于受照位置。

由上述数据估算可得，本项目 DSA 机房内手术医生腕部皮肤受到最大剂量为 43.2mSv/a（男性）及 44.1mSv/a（女性），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定四肢（手和足）或皮肤剂量限值（500mSv/a）和本报告执行的四肢（手和足）或皮肤剂量约束值（125mSv/a）。

三、三废影响分析

1、大气环境影响分析

本项目 DSA 杂交手术室内设有通排风装置，本项目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，排入环境大气后，经自然分解扩散，对环境产生影响较小。

2、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及医疗废水均依托医院污水处理设施进行处理，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。

3、声环境影响分析

本项目噪声源为机房通排风系统，该系统采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到相关标准要求，对周围环境影响较小。

4、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医院内医疗废物暂存间暂存，医院拟委托有资质单位定期进行统一收集、清运和处置，

对周围环境影响较小。

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，均分类暂存于院区内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境影响较小。

四、射线装置报废

本项目 DSA 设备报废时，必须进行去功能化（如拆解或者拆卸球管，把球管电线插头或接头剪断），确保装置无法再次通电使用，并按相应要求执行报废程序，将设备处理去向记录备案。

五、介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

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

1、介入治疗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 DSA，制订和执行介入治疗的质量保证计划。

2、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 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平，保证患者的入射体表剂量率不超过 100mGy/min。

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

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

④将 X 射线球管尽量远离患者。

⑤作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《放射性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 11-9 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

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见下表。

表 11-10 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

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

二、辐射事故识别

1、介入手术过程中，发生介入手术人员超剂量照射

本项目家属及其他陪护人员在 DSA 杂交手术室东侧等候区等待，无特殊情况不得进入手术区域及 DSA 杂交手术室内，故对此类人员造成误照射的可能性极小。

(1) 事故情景假设

①在介入手术操作中，DSA 控制系统失灵；

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

③假定该名手术人员未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

(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，DSA 以透视模式运行。

(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），其所受剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值（职业人员 20mSv/a），不会发生辐射事故，但是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》（GB18871-2002）中的剂量限值，也可能造成辐射事故。

2、维修射线装置时，人员受意外照射

(1) 事故情景假设

①设备维护人员在维护 DSA 射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态；

②DSA 上的指示灯和声音装置均失效；

③DSA 设备摄影模式运行时单次出束时间为毫秒（ms）级别，对受误照人员产生的影响将小，故本项目保守仅对其透视模式运行时人员受意外照射情况进行估算；

④本项目手术床旁及操作间内设置有“紧急停止”按钮，只要按下此按钮就可以停机，故受照时间保守取 30s。

(2) 剂量估算

假设考虑该名维护人员在无其它屏蔽的情况下处于 X 射线管主射束方向，假设维修时，DSA 以透视模式运行（常用工况）。

(3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下，受误照人员所受剂量将超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值（职业人员 20mSv/a），属于一般辐射事故，但是随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。

4、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，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见下表。

表 11-14 本项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
DSA	X 射线	超剂量照射	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

根据分析，本项目 DSA 可能发生的事故为一般辐射事故。若随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，可能造成更大的辐射事故。

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：

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

②不得擅自改变 DSA 的屏蔽结构；每月检查工作状态指示灯及门灯联动装置，确保安全连锁装置正常运行；每月对 DSA 的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

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

④加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

⑥制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

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

四、其他环境风险分析

本项目外购的造影剂均采用不锈钢药品柜单独密闭并加锁保存，药品柜均已上锁，钥匙交专人保管；进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车对药品进行运送；造影剂的贮存、运输过程均采取了防造影剂泄露的防范与对策措施。

未注射完的废造影剂及造影剂包装瓶等医疗废物采用专门的收集容器暂存，由专人每天到科室收集到院内医疗废物暂存点，按照医疗废物执行转移联单制度，定期由医疗废物处置单位统一收集处置。同时，本项目机房及辅助用房已采取了相应的防渗措施，本项目可能产生的造影剂泄露事故不会对项目区域的地下水环境造成影响。

五、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1)一旦发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）。

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

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

(4)事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

一旦发生辐射事故，医院应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管

部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

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。

遂宁市第一人民医院已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责（详见附件 6），医院辐射安全与环境保护管理领导小组办公室设在公共卫生管理科，负责领导小组办公室日常工作，主要职责如下：

1、认真贯彻执行辐射安全与环境保护相关法律法规，制定医院核辐射安全与环境保护相关制度并监督实施。

2、负责辐射安全与环境保护工作的日常监督与检查。

3、负责核辐射安全与环境保护应急工作的日常监督以及现场应急响应。

4、负责核辐射安全与环境保护管理的申报许可事宜，负责相关设施的设计、安装、转运活动的日常监督。

5、定期督查、协调和解决有关医院核辐射安全与环境保护管理方面的问题。

6、负责其他有关核与辐射安全与环境保护管理的相关事宜。

二、辐射工作人员配置和能力分析

根据遂宁市第一人民医院《2022 年度安全和防护状况年度评估报告》：医院目前共有 99 名辐射工作人员，均取得了辐射安全和防护知识培训合格证，持证上岗。

本项目拟配置辐射工作人员 10 人，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》等要求，本项目辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习并参加考核，考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员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，需完善	将本项目纳入其中
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	辐射工作人员应包含本项目配备工作人员
6	放射源与射线装置台账管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账，记载射线装置及非密封放射物质的名称、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	/
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	已制定，需完善	根据最新的辐射工作人员培训要

		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。		求进行完善
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	已制定，需完善	辐射工作人员应包含本项目配备工作人员
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，需完善	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，需完善	/

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”。遂宁市第一人民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

遂宁市第一人民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：

- （1）生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。
- （2）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”、“监测和检查纪录”、“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

遂宁市第一人民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

1、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》的重要组成部分一并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

2、日常自我监测

定期自行监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期自行监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为1次/季。

3、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
DSA 杂交手术室	X- γ 空气吸收剂量率	委托有资质的单位监测，频率为1次/年；自行开展辐射监测，频率为1次/季	距 DSA 杂交手术室墙体、门（及其门缝）、观察窗表面外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm 处、地面

(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

4、医院年度监测现状

遂宁市第一人民医院已委托*****开展了 2022 年度的在用核技术利用项目的辐射安全与防护年度监测，监测结果符合国家相关标准要求。

二、个人监测

1、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) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“5.3 佩戴 5.3.2”中要求“对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计”和“5.3 佩戴 5.3.3”中“对于 5.3.2 所述工作的情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部”剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）”。本项目辐射工作人员均应配备有个人剂量计（每名介入治疗医生需配备 2 套个人剂量计），并要求在上班期间必须佩戴。医院应定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测。

(2) 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。

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

(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。

2、医院个人剂量监测现状

遂宁市第一人民医院已委托*****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,2022年度辐射工作人员个人剂量监测结果均符合相关规定。医院在上报的2022年度辐射安全和防护状况自查评估报告中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

建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保护部令第18号)第六章第四十三条规定,结合本项目实际情况制定辐射事故应急预案,辐射事故应急预案应包括:

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

(2) 应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

(3) 应急人员的培训;

(4) 环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容;

(5) 辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话;

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

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:

(1) 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。

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

(3) 事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》, 向当地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。

(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：遂宁市第一人民医院搬迁数字减影血管造影机使用项目

建设单位：遂宁市第一人民医院

建设性质：扩建

建设地点：四川省遂宁市船山区问陶路 2 号遂宁市第一人民医院高新院区

建设内容与规模：

本项目位于四川省遂宁市船山区问陶路 2 号遂宁市第一人民医院高新院区，医院拟将高新院区院内 1 号楼（已建，地上 12 层，地下 2 层建筑）3 层手术区 OR5 手术室扩建为 1 座 DSA 杂交手术室及其配套用房，并搬迁使用 1 台 DSA 开展介入诊断治疗。

本项目 DSA 杂交手术室位于高新院区院内 1 号楼 3 层手术区，该手术室为一处预留场所，现为空置房间。

本次拟建 DSA 杂交手术室的室内有效使用面积为 68.31m²，机房净空尺寸为长 9.9m×宽 6.9m×高 4.8m，其四周墙体均为轻钢龙骨+4mm 铅当量铅板+1.2mm 电解钢板+12mm 石膏板；顶部及底部均为 120mm 混凝土+3mm 铅当量铅板；观察窗采用 3.5mm 铅当量的铅玻璃（1 扇）；防护门共 3 扇，均为 3.5mm 铅当量铅防护门。DSA 杂交手术室配套有 1 间操作间（面积约 20.2m²）及 1 间设备间（面积约 10.9m²）。

本次拟搬迁设备现位于遂宁市第一人民医院油房院区南楼一楼 DSA 机房内，医院于 2019 年 7 月对该项目进行了环境影响评价，并于 2019 年 8 月取得遂宁市生态环境局关于该项目批复，于 2019 年 9 月完成竣工环境保护验收。

本次拟搬迁 DSA 设备型号为 Optima IGS 330，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置。本项目 DSA 设备主射方向朝向上，搬迁至高新院区后主要用于院内介入医学科、脑血管病科、心内科及肿瘤科的介入诊断治疗，年工作量约 500 台，DSA 年出束时间约 112.6h（包含透视模式 104.2h 及摄影模式 8.4h）。

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

(2019 年本)》(2021 年修改), 属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 5 条“医疗卫生服务设施建设”, 是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为遂宁市及周边病人提供诊疗服务, 是提高人民群众生活质量, 提高全市医疗卫生水平的重要内容, 本项目具有实践的正当性, 符合现行的国家产业政策。

三、实践正当性

遂宁市第一人民医院搬迁数字减影血管造影机使用项目的目的是为了对病人进行介入治疗。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

1、遂宁市第一人民医院高新院区外环境关系

遂宁市第一人民医院高新院区位于四川省遂宁市船山区问陶路 2 号, 医院东侧依次院外绿化及七里桥小区, 南侧依次为市政规划道路及空地, 西侧依次为问陶路及遂宁绿然国际学校, 北侧依次为西宁大道及空地。。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, 将本项目 DSA 杂交手术室建于高新院区院内 1 号楼 3 层, 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 DSA 杂交手术室拟建于遂宁市第一人民医院高新院区院内 1 号楼, 1 号楼位于医院东南部, 其东侧依次为院内道路、院界及院外绿化, 南侧依次为院内道路及花园, 西侧为院内 3 号楼及 4 号楼, 北侧为室外道路及绿地。

本项目 DSA 杂交手术室 50m 范围内除东侧及北侧部分位于医院院界外, 其余方向均位于医院院界内, 根据本项目确定的评价范围, 本项目辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外其他公众。

本项目建设位于院内, 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。

五、区域环境质量现状

根据监测结果可知,本项目拟建址周边环境的 γ 辐射剂量率与生态环境部《2022年全国辐射环境质量报告》中四川省环境 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

1、施工期环境影响分析

本项目施工工程量比较小,施工时间较短,故施工期的环境影响是短暂的,施工结束后影响即可消除,对周围环境影响较小。

2、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及周围公众年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)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(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 DSA 杂交手术室内设有通排风系统,本项目运行期间产生的臭氧及氮氧化物均由通排风系统统一抽排至室外排放,排入环境大气后,经自然分解扩散,对周围环境影响较小。

本项目运行后,辐射工作人员和患者产生的生活污水及医疗废水均依托医院污水处理设施进行处理,处理后的废水经市政污水管网排入城市污水处理厂处理,对周围环境影响较小。

本项目噪声源为机房通排风系统,该系统采用低噪声设备,经建筑物墙体隔声及医院场址内的距离衰减后,运行期间厂界噪声可达到相关标准要求,对周围环境影响较小。

本项目产生的医疗废物采用专门的容器收集后转移至医院内医疗废物暂存间暂存,医院拟委托有资质单位定期进行统一收集、清运和处置,对周围环境影响较小。

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，分类暂存于院区内生活垃圾暂存间，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置，对周围环境影响较小。

3、事故工况下环境影响

经分析，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，遂宁市第一人民医院应按照相关法律法规要求，制定相应的辐射事故应急预案和辐射安全规章制度并认真贯彻实施，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

遂宁市第一人民医院拥有专业的放射性医护人员和辐射安全管理机构，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；在补充完善《辐射安全管理规定》及《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度并及时更新，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》（GB18871-2002）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。

建议和承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、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。

3、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》的重要组成部分一并上传。

4、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。

5、医院须重视控制区和监督区的管理。

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

7、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。

8、本次环评射线装置工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

9、本项目建成后，医院应严格按照原国家环境保护部（现国家生态环境部）“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告”（国环规环评〔2017〕4号）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。