

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	1
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 保护目标及评价标准	18
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	29
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	52
表 12 辐射安全管理	79
表 13 结论与建议	90

附表：

附表 1：三同时措施一览表

附表 2：基础信息表

附件：

附件 1：委托书

附件 2：投资项目备案证

附件 3：事业单位法人证书

附件 4：医疗机构执业许可证

附件 5：DSA 装置技术信息

附件 6：双柏县中医院建设项目环评批复

附件 7：关于双柏县中医院项目使用的情况说明

附件 8：辐射安全许可证

附件 9：项目辐射现状本底监测

附件 10：类比监测报告

附件 11：医院辐射安全管理制度

附件 12：2023 年年度评估报告

附件 13：医疗废物合同

附件 14：两级审核表及项目进度表

附件 15：内部审查意见

附件 16：内部技术审查专家签字表

附件 17：内部审查意见修改对照表

附图：

附图 1：项目地理位置图

附图 2：医院平面布置及评价范围图

附图 3：医技楼 1 楼平面布置图

附图 4：医技楼 2 楼平面布置图

附图 5：项目总平面布置图

表 1 项目基本情况

建设项目名称	双柏县人民医院数字减影血管造影（DSA）核技术利用项目				
建设单位	双柏县人民医院				
法人代表	王正富	联系电话	13887891078		
注册地址	双柏县城西城社区彝源路北段				
项目建设地点	双柏县城西城社区彝源路北段双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼介入手术室				
立项审批部门	双柏县发展和改革局	批准文号	2411-532322-04-03-205197		
建设项目总投资	800 万元	项目环保投资	62.5 万元	投资比例（环保投资/总投资）%	7.81
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				
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I（医疗使用） <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V		
	非密封放射物质	<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 <input type="checkbox"/> III		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III			
其他	/				

项目概述

1、建设单位简介

双柏县人民医院始建于 1942 年，历经多年的发展，现已成为集医疗、预防、教学为一体的公立性二级甲等综合医院。全院下设 29 个科室，其中临床科室 13 个（即：内一科、内二科、外一科、外二科、妇科、产科、中医科康复科、眼耳鼻喉科、口腔科、麻醉科、急诊科、重症医学科、血透室），医技科室 6 个（即：药剂科、放射科、功能科、消毒供应室、病案科、检验病理输血科）；行政及其他科室 10 个，现有职工 462 人，建筑面积 19836.32 平方米，业务用房 19448.32 平方米；编制床位 200 张。

出于优化双柏县医疗卫生资源配置的考虑，2016年双柏县卫生和计划生育局申报了“双柏县中医院建设项目”，并于2016年12月12日取得双柏县发展和改革局出具的企业投资项目备案证（双发改备案〔2016〕169号）。2017年6月委托煤炭科学技术研究院有限公司编制完成了《双柏县中医院建设项目环境影响报告书》，于2017年7月12日取得了原双柏县环境保护局下发准予行政许可决定书，双环许准〔2017〕8号（详见附件）。项目于2017年8月开工建设，至2024年12月，项目主体工程已基本完工，现正进行室内装修及院区绿化等工程，项目至今未投入使用，因此该项目暂未进行竣工环保验收，待项目正式运行后进行竣工环保验收。双柏县在此之前未成立双柏县中医医院，根据双柏县委政府部署安排，双柏县人民医院搬迁至新建的双柏县中医医院院区（本报告简称双“柏县人民医院新院区”），与成立的双柏县中医医院整合为双柏县医疗医学中心，实行“一班人马，两块牌子”的运营管理模式，实现统一管理。项目新增DSA射线装置归属于双柏县人民医院，最终由双柏县医疗医学中心组织成立医疗组操作DSA射线装置开展介入治疗。

2、任务由来

为更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，根据双柏县人民医院规划，双柏县人民医院利用新院区医技楼1楼新建的介入手术室及配套辅助用房，进行防辐射装修后，新增1台DSA装置，型号待定。根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，用于心血管介入术、外周血管介入术、神经介入术等的X射线装置，以及含具备数字减影（DSA）血管造影工程的设备属于血管造影用X射线装置，属于II类射线装置。本项目所处的双柏县人民医院新院区现正在建设中，本项目供水、供电依托建好后的医院设施接入；本项目工作人员均为在职员工，不会导致新增生活污水，项目介入手术及器械清洗时产生的少量医疗废水依托医院建好后污水处理站处理达标后排入彝源路市政污水管网；生活垃圾由建好后医院设置的垃圾桶集中收集后委托环卫部门定期清运；手术产生的医疗废物经收集后暂存于医院医疗废物暂存间，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置。因此，项目依托双柏县人民医院新院区进行建设是可行的。

为加强核技术应用医疗设备的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保相关医疗设备的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，同时也为了给辐射安全许可证办理提供依据。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》、《放射性同位素与射线装

置安全和防护条例》、《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规要求，本项目新增 DSA 射线装置须进行环境影响评价，编制环境影响评价文件。

根据中华人民共和国生态环境部第 16 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)，本项目属于“五十五、核与辐射”中“第 172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置的，应编制环境影响报告表”。

我公司接受双柏县人民医院的委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成《双柏县人民医院数字减影血管造影（DSA）核技术利用项目环境影响报告表》，供建设单位上报审批。

3、建设项目概况

(1) 项目名称：双柏县人民医院数字减影血管造影（DSA）核技术利用项目

(2) 建设单位：双柏县人民医院

(3) 建设性质：新建

(4) 建设地点：双柏县城西城社区彝源路北段双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼介入手术室

4、建设内容及规模

本项目 DSA 布置于双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼介入手术室，占地面积 166.1m²，主要包含 DSA 手术室 1 间、操作间 1 间、设备间 1 间、谈话间 1 间、药品存储间 1 间、换鞋间 1 间、男更衣室 1 间、女更衣室 1 间、换鞋间 1 间、缓冲及苏醒间 1 间、污物打包间 1 间，医护人员通道、病人通道、污物通道。本项目医护人员办公室、值班室位于本楼层，与其他手术室共用。其中医护人员由项目区西侧通道进入，经换鞋间、更衣室后进入操作间及 DSA 手术室；病人由项目区东侧通道进入，经患者缓冲、苏醒区后进入 DSA 手术室就诊，术后原路返回；术后污物经污物从 DSA 手术室东侧经污物处理间打包暂存后通过东侧污物通道离开。医技楼共 5 层（无地下室）。拟配备的 DSA 射线装置型号待定，最大管电压均为 125KV，最大管电流均为 1000mA，属于 II 类射线装置。

医院在医技楼 1 楼新建的手术室进行防护辐射装修后用于布置本项目 DSA 介入手术室及配套辅助用房，现项目尚未进行防辐射装修，设备也尚未安装。本项目所产生废

水与固废均依托医院环保措施进行处理。项目建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目组成表及可能产生的环境问题

工程类别	工程名称	工程内容及规模	可能产生的环境问题		备注
			施工期	运行期	
主体工程	DSA 手术室	<p>拟在医技楼 1 楼新增 1 台 DSA，型号待定，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA，属于 II 类射线装置。</p> <p>拟建的 DSA 手术室有效使用面积为 52.85m²，长×宽×高=7.55m×7.0m×4.5m。</p> <p>墙体：四周墙体采用 240mm 厚实心砖墙+2mm 厚铅板满铺，综合防护水平折合 4.28mm 铅当量。</p> <p>屋顶：120mm 厚混凝土+45mm 厚硫酸钡防护涂料层满铺，综合防护水平折合 4.46mm 铅当量。</p> <p>防护门（3 套）：操作间防护门 1 套、患者通道防护门 1 套、污物通道防护门 1 套均为 50mm 厚的防护铅门，内置 4mm 铅板，综合防护水平折合 4.0mm 铅当量防护水平。</p> <p>观察窗：位于机房西侧墙体（长 1.5m、高 1.0m），采用 20mm 厚铅玻璃，综合防护水平折合 4.0mm 铅当量防护水平。</p> <p>操作位：床侧铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平，防护屏蔽吊架铅板具有 0.5mm 铅当量防护水平。</p>	<p>施工废水、扬尘、建筑垃圾、装修废气、施工机械噪声等以及安装调试中的噪声、包装废物、X 射线、臭氧及氮氧化物</p>	X 射线、少量臭氧及氮氧化物、生活垃圾、医疗废物、生活污水、医疗废水等。	新建
	操作间	<p>拟建操作间 1 间：有效使用面积 25.34m²，长×宽×高=5.84m×5.45m×4.5m。</p>		生活垃圾	新建
辅助工程	其他辅助用房	<p>设备间 1 间，建筑面积 7.25m²；药品存储间 1 间，建筑面积 3.25m²；谈话间 1 间，建筑面积 5.23m²；换鞋间 1 间，建筑面积 5.25m²；男更衣室 1 间，建筑面积 7.18m²；女更衣室 1 间，建筑面积 3.43m²；缓冲、苏醒间 1 间，建筑面积 22.15m²；污物打包间 1 间，建筑面积 7.8m²。</p>		/	新建
	通风系统	<p>本项目 DSA 手术室内采用上进下排的通风系统。DSA 手术室进风管道从南侧穿墙引入，进风口位于手术室中部吊顶处；DSA 手术室排风口设于 DSA 手术室东侧墙上，排风口离地约 0.2m 处，通过排风管引至东北侧排风井中，最终引至医技楼楼顶排放，进风量及出风量为 1100m³/h。通风管道采取倾斜 45 度穿墙体，采用 3mm 铅皮对风管与墙面防护层搭接，搭接长度为 30cm，并对介入手术室内延伸 1m 的管道采用 3mm 铅皮包裹进行屏蔽补偿，经过铅皮等防护措施处理后，能够有效防止射线直接从风管照射出机房。因此穿墙部分不影响墙体整体的防护性能和机房外的辐射水平。</p>		噪声	新建
	电缆系	<p>本项目控制电缆从设备基座下方设置电缆</p>		/	新建

	统	沟(200mm 宽×100mm 深), 电缆沟布设于混凝土及装修找平层中, 电缆沟从介入手术室西侧水平倾斜 45 度穿墙进入操作间, 再由操作间连线去往设备间。操作间穿墙两侧外延 0.5m 的电缆采用 3mm 铅皮包裹, 防护墙下方电缆沟的坑道用硫酸钡填充作为屏蔽补偿, 硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm ³ , 介入手术室内延伸的电缆沟顶部铺设一层 3mm 厚铅皮, 上方再用 5mm 厚钢板做盖板。拟采用的屏蔽防护措施满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的屏蔽防护要求。			
公用工程	供水	供水依托医院供水设施接入	/	/	依托
	供电	供电依托医院供电设施接入	/	/	依托
	通道	分别设置有医护人员通道、病人通道、污物通道	/	/	依托
环保工程	生活污水、医疗废水	项目生活污水及医疗废水依托医院已建的处理规模为 300m ³ /d 的污水处理站预处理达标后排入城市污水管网, 最终排入双柏县污水处理厂。	/	/	依托
	医疗废物	本项目医疗废物采用专门的收集容器收集后, 转移至医院已建的 20m ² 的医疗废物暂存间, 定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司进行清运处置。	/	/	依托
	生活垃圾	本项目工作人员产生的生活垃圾集中收集后依托医院生活垃圾收集系统统一清运。	/	/	依托
	电磁辐射	本项目 DSA 手术室四周墙体、顶棚、防护门及观察窗屏蔽厚度均不低于 2mm 铅当量, 能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求。设备自带有辐射防护设备, 医务人员工作时穿戴铅衣、铅手套、铅围脖、铅眼镜等防护用品, 通过以上各项防护措施的综合使用, 可有效防止 X 射线产生的辐射影响。另外, 本项目操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门处设计有工作状态指示灯, 门灯能有效联动; 操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门表面以及过道外墙上设计有电离辐射警告标志及中文警示说明; DSA 手术室设备上及操作室控制台处各设计有 1 个急停按钮; DSA 手术室内安装 1 套监控和对讲系统, 可实时监控 DSA 介入室内情况。	/	/	新增

5、设备情况

表 1-2 DSA 主要技术参数

设备名称	数量	规格(型号)	生产厂家	主要技术参数		出束方向	用途
				最大管电压	最大管电流		
DSA	1 台	待定	待定	125kV	1000mA	由下往上	影像诊断和介入治疗

根据医院提供的资料, 本项目 DSA 使用科室有内一科、内二科、急诊科、放射科,

设备拟使用情况见表1-3、表1-4。

表 1-3 DSA 拟使用情况

科室	单台手术平均时间 (h)	单台手术平均曝光时间 (min)		年手术台数 (台)	年出束时间 (h)	
		拍片	透视		拍片	透视
内一科	1.5	1	13	250	4.17	54.17
内二科	1.5	1	13	250	4.17	54.17
急诊科	1.5	1	15	200	3.33	50
放射科	1.0	1	15	300	5	75
合计				1000	16.67	233.34

表 1-4 DSA 拟运行情况

设备名称	拍片		透视	
	实际运行时管电压 (kV)	实际运行时管电流 (mA)	实际运行时管电压 (kV)	实际运行时管电流 (mA)
DSA (型号待定)	65~95	200~600	60~75	5~15

6、原辅材料消耗情况

项目主要原辅材料消耗情况详见下表：

表 1-5 主要原辅材料消耗情况一览表

序号	名称	单位	年用量
1	药棉	kg	100
2	纱布	kg	100
3	一次性手套等一次性防护用品	kg	200
4	水	m ³	20
5	电	KW·h	6500

7、劳动定员及工作制度

(1) 劳动定员

本项目DSA由医院放射科负责管理，内一科、内二科、急诊科、放射科开展介入手术。每个科室成立1个医疗组，每个医疗组医师2人、护士1人，另配备技师2人，本项目共配置14名辐射工作人员，均由医院其他科室人员调配，以往及之后均不操作院内其他辐射装置。项目劳动定员分配详见表1-5。

表 1-5 项目劳动定员分配表

使用科室	医师	护士	技师	备注
内一科	2	1	2	均由医院其他科室调配，以往及之后
内二科	2	1		

急诊科	2	1		
放射科	2	1		

注：项目手术时一般为2名医师+1名技师+1名护士为一组，技师及护士采取轮班制。

DSA操作时技师在控制室内操作，不进入介入手术室内，也不交叉操作院内其它射线装置。各科室医师在介入手术室内负责手术，不交叉操作院内其它射线装置。护士主要负责介入手术前的准备工作及术后患者的监护，曝光时不在机房内停留，不操作射线装置。

根据生态环境部《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函[2019]853号）和《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），医院尽快组织本项目所有辐射工作人员在生态环境部培训平台(<http://fushe.mee.gov.cn>)上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

（2）工作制度

每天工作8小时，每年工作250天。

8、产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中第十三项医药中第4款：“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

9、项目规划符合性

本项目位于双柏县城西城社区彝源路北段双柏县人民医院新院区医技楼1楼介入手术室。该用地属于双柏县已规划的医疗卫生用地，本项目不涉及新增占地，因此项目符合双柏县国土空间规划。

10、项目选址合理性与平面布置合理性分析

（1）选址合理性分析

双柏县人民医院新院区位于双柏县城西城社区彝源路北段，本项目DSA手术室及配套用房拟建位置为双柏县人民医院新院区医技楼1楼介入手术室（经度：101°37'36.012"；纬度：24°42'9.421"）。新院区医技楼北侧为住院楼、食堂，与DSA手术室距离为26m、

104m；西侧为院内道路、停车区，距离DSA手术室距离分别为22m、36m；南侧为门诊楼，距离DSA手术室距离分别为41m；东侧为综合楼、宿舍楼、传染科楼，距离DSA手术室距离分别为71m、135m、143m。DSA手术室墙体外延50m范围内均为医院内部建筑物、道路、景观绿化区、停车场等。本项目50m范围之内无自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，也未紧邻产科、儿科等。本项目DSA手术室进行了相应的辐射屏蔽设计，根据表11环境影响分析可知，经采取相应防护治理措施后，项目设备电离辐射对周围环境影响较小，选址合理。周边环境关系见附图2。

（2）平面布置和人员通道合理性分析

本项目DSA手术室拟建位置为医技楼1楼北侧。DSA手术室北侧为卫生间、候诊区、室内过道、院内道路、住院楼；DSA手术室南侧为室内过道、CT检查室、钼靶检查室、DR检查室、资料室、配电房、卫生间、电梯间、院内道路、门诊楼；DSA手术室西侧隔本项目谈话间、操作间、设备间、药品存储间、更衣室、换鞋间外为室内过道、更衣室、餐厅、院内道路、停车区；DSA手术室东侧隔本项目污物打包间、缓冲及苏醒间外室内过道、院内道路；项目DSA手术室下方无楼层；项目DSA手术室上方为检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）。本项目医护人员办公室、值班室位于本楼层，与其他手术室共用。其中医护人员由项目区西侧通道进入，经换鞋间、更衣室后进入操作间及DSA手术室；病人由项目区东侧通道进入，经患者缓冲、苏醒区后进入DSA手术室就诊，术后原路返回；术后污物经污物从DSA手术室东侧经污物处理间打包暂存后通过东侧污物通道离开，区域划分明确，且项目区避开了人群较为集中的区域，所处位置相对独立，医护人员通道、患者通道和污物通道都是独立设施、有利于病人流通且避免不同人员的交叉影响。同时，DSA手术室采取了有效屏蔽措施后对周围产生的环境影响是可以接受的，因此，项目平面布局合理。医技楼1楼平面布置图见附图3、医技楼2楼平面布置图见附图4。

11、实践正当性分析

本项目 DSA 在运行期间将会产生一定的电离辐射，虽然会增加机房周围的电离辐射水平，但是项目对手术室四周墙体、顶棚、防护门及观察窗采取了屏蔽措施，屏蔽厚度均不低于 2mm 铅当量，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求；设备自带辐射防护设备，医务人员工作时穿戴铅衣、铅手套、铅围脖、铅眼镜等防护用品；项目操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门处设计有工作状态指示灯，门灯

能有效联动；操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门表面以及过道外墙上设计有电离辐射警告标志及中文警示说明；DSA 手术室设备上及操作室控制台处各设计有 1 个急停按钮；DSA 手术室内安装 1 套监控和对讲系统，可实时监控 DSA 介入室内情况。采取上述各种屏蔽措施和管理措施后项目产生的辐射可得到有效的控制，根据预测可知，项目职业人员及周围公众所受有效剂量满足管理限值要求。项目投入使用不仅满足患者就医需求，还将给医院带来更多的经济效益和社会效益，项目产生的效益远大于电离辐射导致的危害，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

12、与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

(1) 辐射安全许可证许可核技术应用项目情况

双柏县人民医院于 2024 年 3 月 25 日取得了楚雄彝族自治州生态环境局最新颁发的辐射安全许可证，证书编号为：云环辐证[E0072]，使用种类和范围为：使用 III 类射线装置，有效期至 2029 年 3 月 24 日。

双柏县人民医院共有两个院区（老院区及新院区），本项目位于双柏县人民医院新院区。目前，双柏县人民医院在用的射线装置共 7 台，均为 III 类射线装置，现有射线装置均位于双柏县人民医院老院区。根据核查，双柏县人民医院在用的辐射装置种类、数量未超出现有辐射安全许可证，设备使用地点与辐射安全许可证一致，且从当地生态环境局了解，医院未发生过辐射安全事故及环保投诉，医院不存在超辐射安全许可证使用辐射装置的情况。具体情况见表 1-7。

表 1-7 双柏县人民医院老院区现有核技术一览表

序号	装置名称	数量	规格型号	射线类型	使用场所	备注
1	X 射线计算机体层摄影装置 (CT)	1	Optima CT520	III 类	老院区医技楼一楼放射科 16 排 CT 检查室	均已登记在辐射安全许可证上，正常使用
2	医用数字 X 射线摄影系统 (DR)	1	idc-DRExplorer-1600	III 类	老院区医技楼一楼放射科 DR 检查室	
3	医用 X 射线机 (移动式 C 型臂)	1	Cios Select S1	III 类	老院区院住院楼 8 楼麻醉科手术室 (1)	
4	医用牙科 X 射线机 (口腔全景机)	1	SS-X9010DPro-2DE	III 类	老院区医院门诊楼 4 楼口腔科口腔全景机机房	
5	医用数字 X 射线摄影系统 (移动 DR)	1	BRT-MW400	III 类	老院区医院医技楼 1 楼放射科移动 DR 机房	
6	X 射线计算机体层摄影装置 (CT)	1	Hispeed Dual	III 类	老院区医技楼一楼放射科双排 CT 检查室	2024 更新设备

7	医用数字 X 射线摄影系统（DR）	1	PLD7300D	III类	老院区医技楼一楼放射科第二 DR 检查室
---	-------------------	---	----------	------	----------------------

(2) 年度监测情况分析

双柏县人民医院老院区每年都委托有资质的单位对双柏县人民医院已有核技术利用项目的安全和防护状况进行监测。

2023 年 2 月 2 日云南国之检科技有限公司对双柏县人民医院在用的射线装置进行 X- γ 辐射剂量率监测(监测报告编号为：YGJ/HJ-2023-0037、YGJ/HJ-2023-0047、YGJ/HJ-2023-0048、YGJ/HJ-2023-0049、YGJ/HJ-2023-0051、YGJ/HJ-2024-0107、YGJ/HJ-2024-0108，根据监测可知，医院在用的射线装置机房周围 X- γ 空气吸收剂量率监测结果均符合标准限值。

(3) 年度评估情况

医院编制了《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（2023 年度）》并提交至楚雄州生态环境局，评估结果均满足管理要求。年度评估报告包括基本信息、射线装置台账及年度增减情况、辐射安全和防护设施的运行与维护情况、辐射安全和防护制度的制定与落实情况、辐射工作人员变动、培训情况、工作场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据、辐射事故及应急响应情况、核技术利用项目本年度新建、改建、扩建和退役情况、存在的安全隐患及其整改情况。医院辐射安全管理情况如下：

- ①辐射安全许可证所规定的活动种类及范围未发生改变。
- ②年度射线装置更新了两台，在用射线装置未超出现有辐射安全许可证。
- ③个人剂量档案和职业健康档案齐全。
- ④放射防护与设施运行、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。
- ⑤医院按要求委托有资质的单位进行了年度监测和个人剂量检测，且检测结果未超出管理限值要求。
- ⑥医院自从事辐射诊疗以来，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。
- ⑦环保部门检查过程未发现安全隐患。

经单位自查，2023 年度单位辐射防护工作自查结果良好。原有辐射项目至今未发生过辐射安全事故及环保投诉。

（4）双柏县人民医院现有从事辐射工作职业人员 12 人，2023 年未发生人员变动。根据医院放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2023 年度），医院现有辐射工作人员均佩戴了剂量计并定期送检，没有出现个人剂量超标情况。根据 2021 年 3 月 15 日起实施的中华人民共和国生态环境部 2021 年第 9 号公告：“仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。双柏县人民医院现有从事辐射工作的 12 人已参加集中考核，并将考试成绩存档。当培训有效期即将届满时，医院应及时组织相关人员进行再培训和考核。

（5）双柏县人民医院严格遵守《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许可管理办法》、《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和防护管理办法》等相关放射性法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

双柏县人民医院已成立了辐射安全与环境保护管理委员会，明确了机构成员组成以及职责。医院已安排专人兼职负责医院辐射安全管理工作；并制定了较为完善的规章制度：《X 射线诊断中受检者防护规定》、《辐射安全管理制度》、《辐射工作场所监测制度、方案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《射线装置定期检查和维修制度》、《辐射工作人员资质管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射工作人员培训、再培训制度》、《质量保证大纲和质量控制计划》、《监测仪器检验与刻度管理》、《辐射事故应急预案》等规章制度，并严格按照规章制度执行。

（5）原有辐射项目依托双柏县人民医院老院区内医技楼、住院楼、门诊楼进行建设。医院各医疗建筑建设时已配套建设了给排水系统、污水处理系统及相关配套设施，工作人员产生的生活污水和生活垃圾、病人产生的生活污水、手术产生的医疗废物的处理依托各医疗建筑配套的环保设施。工作人员及病人产生的生活污水依托双柏县人民医院老院区已建的污水处理站处理达标后排入市政污水管网；生活垃圾由医院现有的垃圾桶集中收集后委托环卫部门定期清运；手术产生的医疗废物经收集后暂存于医疗废物暂存间，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置。

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
	本项目不涉及							

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)	年最大量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	本项目不涉及								

注:日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 1887 1-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	本项目不涉及									

（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	待定	125kV	1000mA	影像诊断和介入治疗	新院区医技楼 1 楼介入手术室	新增
	以下空白								

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电 流 (μ A)	中子强 度 (n/s)	用途	工作 场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	本项目不涉及												

（四）其他

序号	名称	型号	数量 (台)	主要技术指标	用途	工作场所	备注
	本项目不涉及						

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
	本项目不涉及							

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m³，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、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》（2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修改实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院第 682 号令，自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院第 449 号令，2019 年 3 月 2 日修正，自 2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年，国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改)；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），自 2017 年 12 月 6 日起施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国环境保护部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号）；</p> <p>(11) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》（环境保护部环发[2008]13 号）；</p> <p>(12) 《云南省环保局关于《在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示》的复函》云南省环境保护局，云环函〔2006〕727 号（2006.12）；</p> <p>(13) 《云南省人民政府办公厅关于印发<云南省核事故应急预案>的通知》（云政办发〔2024〕5 号）；</p> <p>(14) 《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》</p>
------	--

	<p>（中 12 人民共和国生态环境部，2019 年第 57 号）；</p> <p>（15）《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 日施行；</p> <p>（16）《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 10 月 24 日；</p> <p>（17）《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 10 月 25 日；</p> <p>（18）《生态环境部（国家核安全局）核技术利用监督检查技术程序》（2020 发布版）；</p> <p>（19）《云南省生态环境厅核技术利用监督检查技术程序》（2021 年版）</p> <p>（20）云南省生态环境厅关于委托开展辐射安全许可的通知，云环发〔2019〕6 号，2019 年 04 月 25 日；</p> <p>（21）云南省生态环境厅关于发布《云南省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录（2024 年本）》的通知，2024 年 11 月 13 日。</p>
技术标准	<p>（1）《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）；</p> <p>（2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>（3）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>（5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>（6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>（7）《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》（T/B SRS 052-2021）。</p>
其他	<p>（1）《电离辐射剂量学》，李士骏编（原子能出版社，1986，第二版）；</p> <p>（2）联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告；</p> <p>（3）《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）；</p> <p>（4）《辐射防护手册》（第三分册，原子能出版社，李德平，潘自强）；</p> <p>（5）《放射防护使用手册》（赵兰才、张丹峰主编）</p>

	<p>(6) 建设单位提供资料：</p> <ul style="list-style-type: none">① 《委托书》② 医院提供的其他资料
--	--

表 7 保护目标及评价标准

7.1 评价范围

本项目购入 DSA 射线装置属于II类射线装置。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）评价范围和保护目标，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。因此，确定本项目辐射环境影响评价的范围为 DSA 介入室防护屏蔽墙外 50m 的区域。影响评价范围见附图 2。

本评价关注的评价因子主要为 X 射线，同时兼顾施工期、运营期的废水、废气、噪声、固废分析。

7.2 保护目标

项目评价范围内的主要环境保护目标为职业人员及公众，其中，职业人员主要为 DSA 设备配备工作人员，公众人群主要为 DSA 介入室防护屏蔽墙外 50m 范围内的其他工作人员及公众，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标信息表

保护对象	方位	位置	人数 (人)	与 DSA 设备最近距离(m)		保护要求	
				水平	垂直		
DSA 手术室	职业人员	DSA 手术室	14	/	0	5mSv/a	
		西侧		控制室	紧邻		0
	公众	DSA 手术室北侧	卫生间、候诊区、室内过道	流动	紧邻	0	0.25m Sv/a
			院内道路	流动	12	0	
			住院楼	80	26	0	
		DSA 手术室东侧	室内过道	流动	4.3	0	
			院内道路	流动	11	0	
		DSA 手术室西侧	室内过道	流动	9	0	
			更衣室、餐厅	3	13	0	
			院内道路、停车区	流动	22	0	
		DSA 手术室南侧	室内过道	流动	紧邻	0	
			CT 检查室、钼靶检查室、DR 检查室、资料室、配电房、卫生间、电梯间	20	3.5	0	
			院内道路	50	32		

		门诊楼	5	41	0
	DSA 手术室上面	检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	6	0	4.7
	DSA 手术室下面	无楼层	/	/	/

备注：①DSA 配套设施只为开展介入手术服务，在手术期间其他无关人员是不能进入的，介入治疗医务人员术前术后在上述区域活动，手术期间各司其职；因此，本项目操作间、设备间、谈话间、药品存储 1 间、换鞋间、男更衣室、女更衣室、换鞋间、缓冲及苏醒间、污物打包间不作为保护目标。

②由于本项目屋顶采取了辐射屏蔽措施，且屏蔽设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中防护设施的技术要求。根据类比预测分析可知，在采取辐射屏蔽措施后项目 DSA 装置对上一楼层的影响较小，满足公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a 的要求，因此本评价只分析对上一楼层的影响（医技楼 2 楼），不再分析对更上面楼层（医技楼 3~5 楼）的影响。

7.3 评价标准

(1) 国家标准限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv。

第 B1.2 款公众照射

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下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

(2) 行政管理限值

根据《云南省环保局关于〈在辐射安全许可工作中确定电离项目辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函[2006]727 号）中的规定，单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的四分之一。

本次评价采用行政管理限值，即：

职业照射个人受照剂量管理限值取 5mSv/a；

公众照射个人受照剂量管理限值取 0.25mSv/a。

(3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

6.1X 射线设备机房布局

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

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，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-2 的规定。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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 a	20	3.5
a 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个管球各安装在 1 个房间内。		

备注：本项目 DSA 属于单管头 X 射线机。

6.2X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于下表要求：

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

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

备注：本项目 DSA 属于 X 射线设备。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.10 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

注：“——”表示不要求。

(4) 非辐射类污染物排放标准

①废气

施工期无组织粉尘排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)

表 2 无组织排放监控浓度限值，颗粒物 $\leq 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

②噪声

施工期噪声执行 GB12523-2011《建筑施工场界环境噪声排放标准》（昼间 $\leq 70\text{dB}(\text{A})$ ，夜间 $\leq 50\text{dB}(\text{A})$ ）。

运营期项目区执行 GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》中 2 类标准，（昼间 $\leq 60\text{dB}(\text{A})$ ，夜间 $\leq 50\text{dB}(\text{A})$ ）。

③废水

项目运营过程中不产生放射性废水及含重金属废水，在手术过程中产生的废水，通过院内医疗废水收集系统排入依托的污水处理站，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。

④固体废物

a、医疗废物

运营期产生医疗废物执行《医疗废物管理条例》、《医疗废物集中处置技术规范（试行）》（环发[2003]206 号）、《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》（HJ421-2008）、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

b、生活垃圾

生活垃圾按照《生活垃圾处理技术指南》遵循无害化、减量化、资源化的原则，在厂区内设置垃圾收集点，实行生活垃圾袋装收集和分类收集。

表 8 环境质量和辐射现状**8.1 环境质量现状**

双柏县是云南省楚雄彝族自治州下辖县，位于云南省中部，楚雄南部，哀牢山脉以东，金沙江与红河水系分水岭南侧，北纬 $24^{\circ} 13' \sim 24^{\circ} 55'$ 、东经 $101^{\circ} 03' \sim 102^{\circ} 02'$ 之间。地处楚雄、玉溪、普洱三州市交界处，东与易门、禄丰毗邻，南与新平、峨山交界，西与景东、镇沅相连，北与楚雄接壤，行政区域面积 4045 平方千米。

双柏县人民医院新院区位于双柏县县城西北部，本项目位于双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼介入手术室，项目中心地理坐标为：东经 $101^{\circ} 37' 38.532''$ ，北纬 $24^{\circ} 42' 8.671''$ 。项目地理位置详见附图 1。

8.1.1 空气环境质量状况

本项目位于双柏县城西城社区彝源路北段，根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中功能区划分原则及项目周围环境情况，项目区环境空气质量属二类区，执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单二级标准。

根据《双柏县 2023 年度环境质量状况公报》，2023 年双柏县空气环境监测自动站有效运行天数为 362 天，监测项目为：一氧化碳、臭氧、二氧化硫、PM_{2.5}、PM₁₀、氮氧化物，其中 232 天为“优”，121 天为“良”，9 天为“轻度污染”，首要污染物为臭氧（O₃-8h），环境空气质量综合指数 2.12，环境空气质量优良率为 97.5%，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。因此判定，本项目所在区域为环境空气质量达标区，环境空气质量状况良好。

8.1.2 地表水环境质量状况

项目雨水顺地表冲沟向东南方向流淌约 1.8km 后排入东侧的河尾河，最终汇入绿汁江，绿汁江属红河水系，属元江右岸一级支流。项目所在流域属于红河水系沙甸河支流河尾河流域。根据《云南省水功能区划（2014 年修订）》：所在河段位于沙甸河双柏-禄丰保留区：由双柏县河源至禄丰县入绿汁江口，全长 89.0km。现状水质为 II 类，规划水平年水质目标为 II 类。因此执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

根据公布的“楚雄州长江流域、红河流域国控及省控地表水监测断面（点位）监测结果”可知 2023 年 9 月~2024 年 9 月绿汁江—绿汁江大桥国控断面（位于

本项目区下游）监测结果均达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II类标准，满足规划水平年水质目标要求。

8.1.3 声环境质量状况

项目位于位于双柏县城西城社区彝源路北段，区域内噪声源主要为周边道路产生的交通噪声，无其他大的噪声源存在，项目区域声环境功能属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类区，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。根据《双柏县2023年度环境质量状况公报》，双柏县县城布设区域声环境监测点位103个，2023年昼间平均等效声级为47.4dB(A)；夜间平均等效声级为40.9dB(A)，项目所处区域声环境质量状况良好。

8.1.4 辐射现状

8.1.4.1 项目区域辐射现状

在现场调查期间，评价人员首先根据建设单位工作人员介绍，对照设计图纸，确立了本项目监测方案。2024年9月19日云南正毅环境监测有限公司对拟建DSA手术室区域辐射环境现状进行了监测，监测期间本项目手术室尚未建成，设备尚未安装。

监测环境：天气：晴，温度：25℃，湿度：52%，监测点位距墙体、门、窗表面30cm，顶棚上方（楼上）距顶棚地面100cm；本底及墙体、门、窗表面监测高度距地面100cm。

监测对象：DSA手术室及周边位置。

监测因子：X- γ 辐射剂量率。

监测点位：如图8-1、图8-2所示。

监测方法：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的规定监测。

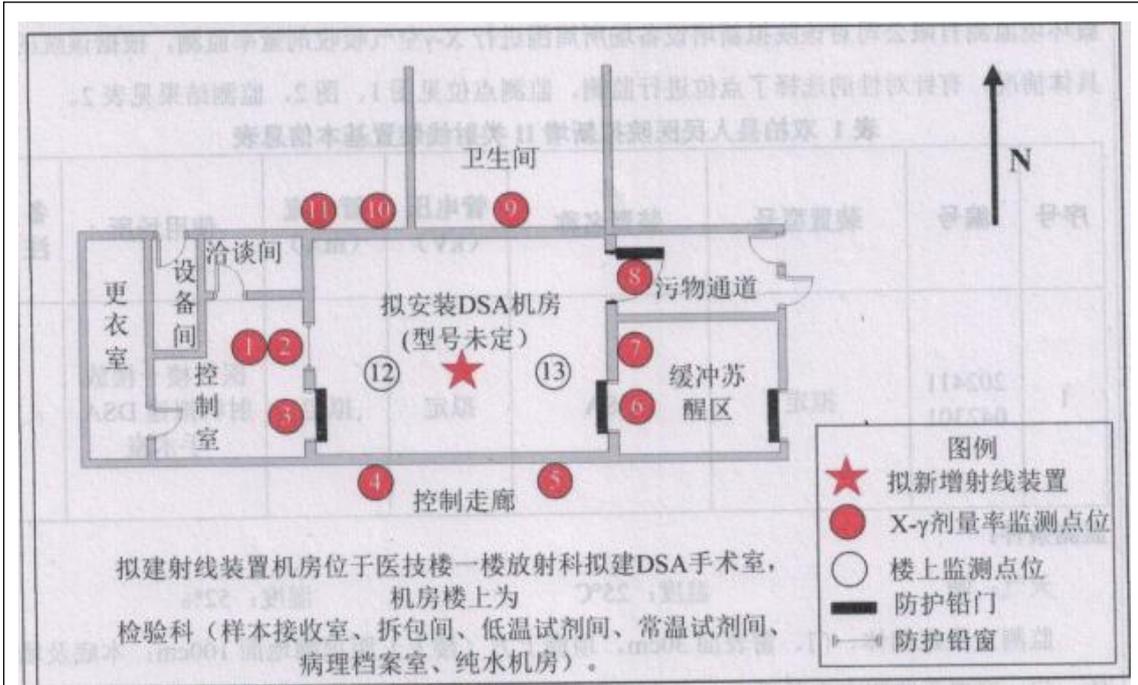


图 8-1 拟新增II类射线装置机房区域周围 X-γ辐射剂量率监测点示意图

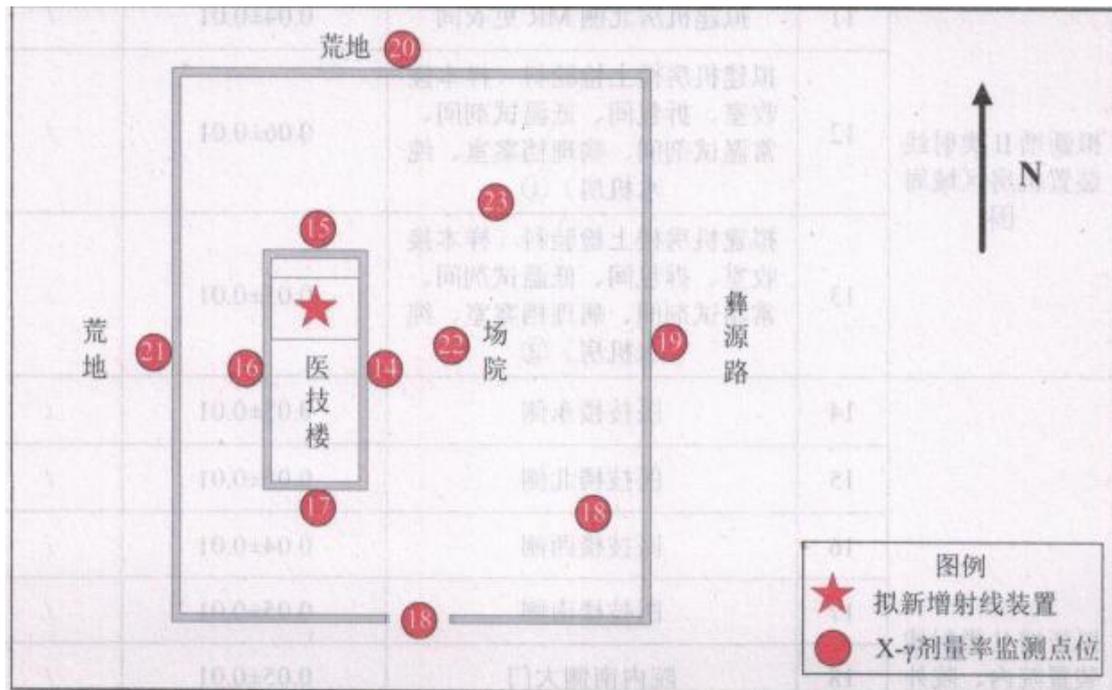


图 8-2 拟新增II类射线装置院内区域周围 X-γ辐射剂量率监测点示意图

监测点位合理性分析：本次监测在 DSA 手术室四周、楼上，项目所在的医技楼四周、院区四周布置了相应的监测点位，上述点位能够反映本项目辐射环境现状水平，因此，监测点位布置合理。

表 8-1 监测仪器

仪器名称及编号	仪器量程	检定/校准证书编号	检定/校准日期	检定/校准单位
BG9521 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪 (2020005#)	0.01-250 0 μ SV/h	2023H21-20- 4963764001	2023 年 11 月 27 日	上海市计量测试技术研究院

(1) 监测质量保证措施

①本项目监测单位为云南正毅环境监测有限公司，已通过云南省质量技术监督局（CMA 认证），证书编号：202512050115。该公司具有完整、有效的质量控制体系。

②根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）制定监测方案及实施细则；

③严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作；

④监测仪器每年经计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并对仪器进行校验；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑥根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），监测高度为 1m，合理布设监测点位置，兼顾监测技术规范和实际情况，监测结果具有代表性和针对性，每个测点连续测量 5 次，每次测量时间不小于 15 秒，并读取稳定状态的最大值；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

(2) 辐射现状监测与评价

为掌握项目所在地 X- γ 辐射环境水平，云南正毅环境监测有限公司于 2024 年 9 月 19 日对拟建地的辐射环境本底进行了监测，监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟新增 DSA 设备介入手术室及院内区域周围 X- γ 辐射剂量率监测结果

装置	点位编号	监测点位描述	监测数据（校正 \pm 标准差）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
拟新增II类射线装置机房区域周围	1	拟建操作位	0.05 \pm 0.01
	2	拟建窗洞	0.05 \pm 0.01
	3	拟建医生铅门	0.05 \pm 0.01
	4	拟建机房南侧控制走廊①	0.05 \pm 0.01
	5	拟建机房南侧控制走廊②	0.05 \pm 0.01
	6	拟建受检者铅门	0.05 \pm 0.01
	7	拟建机房东侧缓冲苏醒区	0.05 \pm 0.01
	8	拟建机房东侧污物通道铅门	0.06 \pm 0.01
	9	拟建机房北侧卫生间	0.04 \pm 0.01
	10	拟建机房北侧 MR 等候区	0.06 \pm 0.01
	11	拟建机房北侧 MR 更衣间	0.04 \pm 0.01
	12	拟建机房楼上检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）①	0.06 \pm 0.01
	13	拟建机房楼上检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）②	0.05 \pm 0.01
拟新增II类射线装置院内院外区域周围	14	医技楼东侧	0.05 \pm 0.01
	15	医技楼北侧	0.05 \pm 0.01
	16	医技楼西侧	0.04 \pm 0.01
	17	医技楼南侧	0.05 \pm 0.01
	18	院内南侧大门	0.05 \pm 0.01
	19	院外东侧彝源路	0.05 \pm 0.01
	20	院外北侧荒地	0.05 \pm 0.01
	21	院外西侧荒地	0.05 \pm 0.01
	22	院内中心场院	0.05 \pm 0.01
/	23	周围环境值（院内中）	0.07 \pm 0.01

注：1、以上监测数据均已扣除宇宙射线响应值；

（3）评价结果

由表 8-2 可知，本项目 DSA 手术室拟建区域周围环境（1-13 号监测点）的 X- γ 辐射剂量率在 0.04~0.06 $\mu\text{Sv/h}$ 范围内，DSA 手术室拟建场所周围院内院外区域环境（14-22 号监测点）的 X- γ 辐射剂量率在 0.04~0.05 $\mu\text{Sv/h}$ 范围内，与本次监测的医院背景值（23 号监测点）的 X- γ 辐射剂量率 0.07 $\mu\text{Sv/h}$ 水平相当，本项

目拟建场所及周围环境的 X- γ 辐射剂量率处于医院所在区域正常辐射水平范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期污染源项描述

一、施工期工艺分析

本项目位于双柏县城西城社区彝源路北段双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼介入手术室。本项目依托的污水处理站、医疗废物暂存间等设施均包含在医院建设设施中，本项目利用双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼新建的介入手术室及配套辅助用房，进行防辐射装修后，新增 1 台 DSA 装置。本次环评介入时，医院医技楼内部尚在施工中，项目 DSA 手术室尚未进行相关的辐射防护工程施工及设备安装。预计于 2025 年 1 月开始进行房间防辐射装修，整个工期为 1 个月。

本项目主要是在建筑内部进行施工，根据设计方案先进行房间水电、通排风等基装，机房内部墙体安装屏蔽材料、安装防护铅门、观察窗及装修工程，然后进行视频、监控、对讲以及联锁装置等安全装置安装，配套用房装修、DSA 的安装调试等。环评要求：施工单位严格按照设计方案进行防护施工，隐蔽工程需留下影像资料，以备后期验收。

本项目 DSA 手术室施工流程及产污环节如下图：

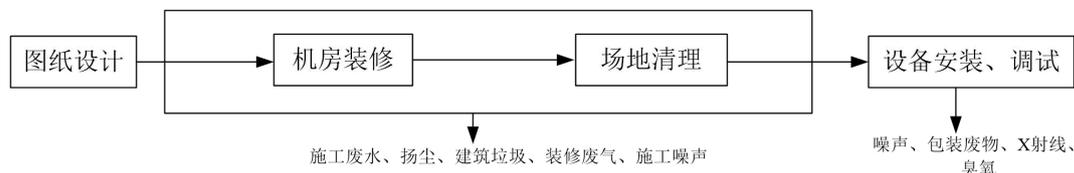


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节

二、施工期污染源项分析

(1) 废气

本项目在施工装修阶段会有粉尘及涂料废气产生，其中粉尘主要产生于室内凿电缆沟、通风管道过墙凿洞、四周墙体及顶部装修等过程，由于工程量较小，粉尘产生量较少，且该过程进行喷雾洒水抑尘，采取湿式作业，一方面给切割机、电钻降温，一方面减少粉尘产生量，同时将施工场地四周用彩条布围挡，经洒水降尘后的少量扬尘通过门窗自然通风排出。根据市场调查，涂料废气中有害气体。该废气的排放属无组织排放，因项目工期短，施工量小，故涂料废气排放量较少。废气通过自然通风排出室外。

（2）废水

本项目 DSA 手术室和相应配套场所施工量较少，施工期短，施工过程中仅切割机、电钻降温、降尘洒水使用少量的水，该部分水最终蒸发不产生废水。项目施工人员很少，所产生的生活污水量很少。施工期间生活污水进入医院已建污水处理站预处理达标后排入邻近的城市污水管网，最终排入双柏县污水处理厂进行处理。

（3）固体废弃物

①建筑垃圾

建筑固废产生量与施工水平、建筑类型等多种因素有关。项目用房为利用医院医疗用房装修后使用，因此建筑垃圾主要来自于装修材料，后续装修期间开孔、凿沟、装修材料边角料等，根据项目工程特点，项目建筑垃圾产生量较少，均由施工方统一收集后，能回收利用的尽量回收利用，不能回收利用的清运至住建部门指定堆放点。

②生活垃圾

本项目施工量少，施工期短，施工人员数量少，故生活垃圾产生量也很少。生活垃圾经医院已设置的垃圾桶集中收集后交由环卫部门统一清运。

（4）施工噪声

机房装修时的噪声源主要有电锯、电钻、角磨机、电焊及切割机等，产生的噪声在 70dB（A）~95dB（A）之间，项目装修施工均在室内进行，墙体可起到衰减噪声的作用。主要施工机械的噪声源强见表 9-1。

表 9-1 主要施工机械设备的噪声声级

序号	施工机械	声级[dB（A）]
1	电锯	90~95
2	电钻	85~90
3	角磨机	90~95
4	电焊机	80~85
5	切割机	90~95

（5）设备安装调试

本项目 DSA 安装及调试由设备供货方专业人员进行，院方不得自行安装及调试设备。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行，在此过程中各屏蔽体屏

蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。设备安装过程中会产生废包装纸/袋、X射线、微量臭氧及氮氧化物。因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X射线将即时消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境影响很小。

9.1.2 运营期工艺及污染源项描述

一、运营期设备及工艺分析

（1）设备参数及使用情况

本项目拟配备1台DSA设备，最大管电压为125kV、最大管电流为1000mA，出束方向为由下往上。使用科室有内一科、内二科、急诊科、放射科用于各科室开展各专科影像诊断及介入治疗。年最大拍片时间16.67h，年最大透视时间为233.34h。

（2）设备组成

数字减影血管造影机（DSA）主要组成部分：X射线发生装置、图像检测系统、图像显示/处理系统、检查床等部件组成。其中，X射线发生装置包括X射线球管及其附件、高压发生器、X射线控制器等。DSA靶头位于C型臂上，C型臂可自由全角度旋转，手术时主射方向为由下往上。透视时靶头存在旋转的情况，角度为30°，旋转时均未朝向医师所在方向。

（3）工作原理

数字减影血管造影系统(Digital Subtraction Angiography, DSA)是一种新的X射线成像系统，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的成像基本原理是将受检部位没有注入对比剂和注入对比剂后的血管造影，经计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，去除骨骼、肌肉和其它软组织，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，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。目前DSA已广泛应用在全身各部位的血管和肿瘤的检查 and 介入治疗。DSA检查不但能清晰明确地了解影像病变，而且在造影过程中就可了解血管内血流、血管壁等情况，全面判断血管结构及功能变化，为确诊和治疗提供了可靠的依据。

DSA是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是运用计算机程序进行两次程序完成的。工作原理为注入造影剂之前，首先进行第一次X射线

成像，X 射线穿过人体各解剖结构形成荧光影像，经过影像增强器后为电视摄像机采取而形成视频影像，再经过对数增幅和模/数转换形成数字影像，这些数据信息输入计算机处理后并进行贮存。注入造影剂后，再次成像并转换为数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得到一个只有造影剂的血管图像，再经减影、对比度增强和数/模转换，产生数字减影图像。这种图像较以往所用的常规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；在进行介入手术时更为安全。

X 射线产生原理：X 射线由 X 射线机产生，X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，其中 X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚集杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能（其中的 1%）会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轭致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。通过加大加速电压，电子携带的能量增大，则有可能将金属原子的内层电子撞出，于是内层形成空穴，外层电子跃迁回内层填补空穴，同时放出波长在 0.1 纳米左右的光子，形成 X 光谱中的特征线，此称为特性辐射。从 X 射线管阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线管两极上的高压即为管电压。X 射线机产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。所以，X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉。

（4）操作流程

①诊疗时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 射线透视下将导管送达指定位置，并留 X 射线片记录，探查结

束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。

②DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时 2 名操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作。该情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，拍片。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在操作间内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。

本项目 DSA 的年总出束时间为 250.01h，其中，拍片操作年出束时间为 16.67h，透视操作年出束时间为 233.34h。

③靶头旋转操作流程：

全自动悬挂 C 臂轴、具有智能床旁控制系统可以控制机架和导管床的运动，机架立柱和底盘可分离运动，从而使 C 臂既可垂直于导管床横向水平移动，也可沿导管床纵向移动，机架偏心安装，C 臂沿导管床纵向移动，覆盖范围>210cm，准直器和平板探测器具备自动跟踪旋转技术，无论 C 臂机架与检查床投照角度如何，平板探测器始终与检查床保持相对静止，实时图像始终保持正直向上无偏转。

二、运营期污染源项分析

项目 DSA 治疗流程及产污环节示意图 9-2。

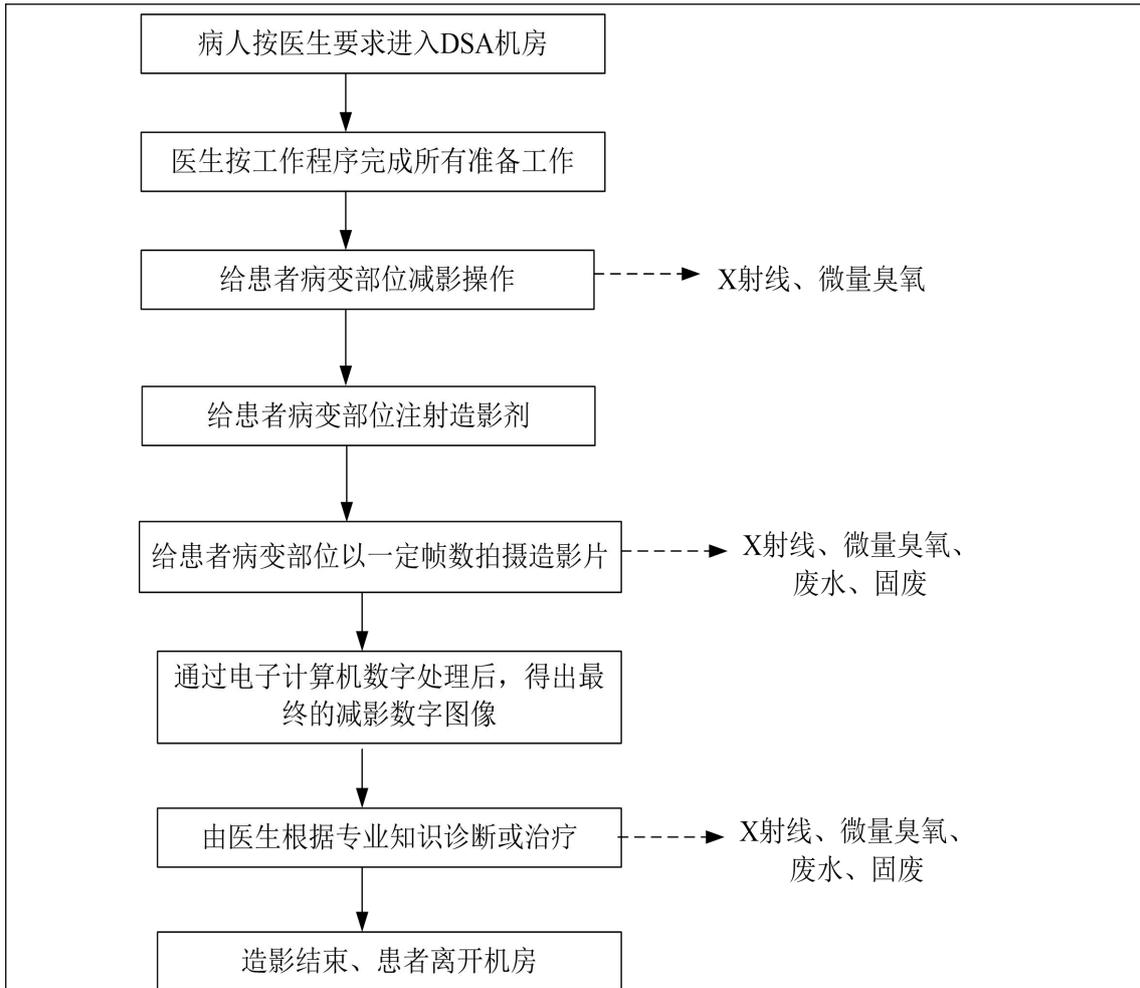


图 9-2 DSA 治疗流程及产污环节示意图

根据图 9-2，项目主要污染因子为 DSA 工作时产生的 X 射线、臭氧及氮氧化物，医护人员产生的生活污水、生活垃圾、治疗过程产生的医疗垃圾、手术及器械清洗时产生少量的医疗废水等。

(1) 废水治理措施

本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生。由于本项目员工均为医院在职员工，因此本项目不会导致新增生活污水量，仅在介入手术及器械清洗时会产生少量的医疗废水。根据《云南省地方标准用水定额》（DB53/T168-2019），本项目介入手术的用水量按照“医院—医院门诊—20L/（人·次）”计算，介入手术每年约进行 1000 人次，则介入手术用水量为 0.08m³/d，20m³/a（年工作 250 天），产污系数按 0.8 计，则产生医疗废水约 0.06m³/d，16m³/a。项目产生的废水进入医院已建污水处理站处理后外排至临近的彝源路市政污水管网，最终排入双柏县污水处理厂处理。

（2）废气治理措施

X 射线机曝光状态下，X 射线在穿透空气时会与空气中的氧和氮分子发生作用，产生臭氧和氮氧化物，反应如下：



臭氧是强氧化剂，浓度大时对人的呼吸道有损伤作用。但本项目射线装置曝光时间很短，臭氧和氮氧化物的产生量很少，项目 DSA 手术室内安装通风系统，采取连续通风换气，产生的臭氧及氮氧化物可通过楼内排风管道引致楼顶排放。

（3）噪声治理措施

本项目运营期噪声主要来源于通风系统的风机，机房所使用的风机均为低噪声设备，其噪声值一般低于 60dB(A)。

（4）固体废弃物治理措施

①本项目 DSA 采用数字成像，成像结果刻入光盘内由病人带走，无废胶片产生。

②本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉 0.1kg，纱布 0.1kg，手套 0.2kg，一年最多 1000 台手术，则一年约产生医疗废物药棉 100kg，纱布 100kg，手套 200kg，总共每年约产生医疗废物 400kg，采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置。

③医护人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医护人员生活垃圾产生系数按 0.5kg/（人·天）计，则本项目职工生活垃圾产生量约为 1.75t/a。生活垃圾集中收集并交由环卫部门统一清运。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

本项目污染物产排情况详见下表。

表 9-2 项目污染物产生及排放情况一览表

内容 类型		排放源	污染物 名称	处理前产生 浓度及产生 量（单位）	排放浓度及 排放量（单位）
大气 污染 物	施工期	施工场地	粉尘、涂 料废气	少量	洒水降尘、彩条布围挡，加强室内 通风
	运营期	DSA 设备	臭氧、氮 氧化物	少量	经机房设置的排风管道引至医技 楼楼顶排放
水污	施工期	施工场地	施工废水	/	施工过程中仅切割机、电钻降温、 降尘使用少量的水，该部分水最终

染物					蒸发不产生废水
		施工人员	生活废水	少量	经医院污水处理站处理达标后排入邻近的城市污水管网，最终排入双柏县污水处理厂处理。
	运营期	手术及器械清洗、医护人员	医疗废水、生活污水	16m ³ /a	经医院污水处理站处理达标后排入邻近的市政污水管网，最终排入双柏县污水处理厂处理。
固体废物	施工期	施工人员	生活垃圾	少量	经医院设置的垃圾桶集中收集后交由环卫部门统一清运，处置率100%。
		施工场地	建筑垃圾	少量	统一收集后，能回收利用的尽量回收利用，不能回收利用的清运至住建部门指定堆放点，处置率100%。
	运营期	医疗废物	废药棉、纱布、手套等	0.38t/a	采用专门的收集容器收集后，依托医院医疗废物暂存间暂存，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置，处置率100%。
		医护人员	生活垃圾	1.75t/a	集中收集并交由环卫部门统一清运，处置率100%
噪声	施工期	施工设备	主要的施工机械噪声，源强为70~95dB(A)		
	运营期	风机	本项目主要来源于通风系统的风机，其噪声源强一般低于60dB（A）。		

2、事故状态下的污染源项分析

本项目可能发生的事故情况：

（1）患者通道开关装置和报警系统发生故障，导致无关人员误入正在运行的射线装置机房受到照射；

（2）在患者通道防护门未关闭时即进行曝光，造成防护门附近人员受到照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施

10.1.1 辐射防护分区管理

本项目 DSA 手术室位于位于新院区医技楼 1 楼北侧，DSA 手术室的四面及楼上下房间功能如表 10-1 所示。具体布局见图 10-1 所示。

表 10-1 DSA 手术室六面房间功能一览表

机房名称	方位	房间功能	备注
DSA 手术室	东	污物打包间、缓冲苏醒间	/
	南	室内过道	/
	西	谈话间、操作间	/
	北	卫生间、候诊区、室内过道	/
	楼上	样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房	/
	楼下	无楼层	/

(1) 分区依据和原则

本项目 DSA 手术室位于双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼北侧，DSA 手术室东侧为污物打包间、缓冲苏醒间；南侧为室内过道；西侧为谈话间、操作间；北侧为卫生间、候诊区、室内过道。本项目 DSA 手术室上方（医技楼 2 楼）样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房；下方无楼层 DSA 手术室与控制室等其他房间分开单独设置。患者、医护人员及污物设有独立的通道，区域划分明确。

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

控制区：在正常工作情况下控制区正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。应用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽(包括门锁和连锁装置)限制进出控制区，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辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本次环评中结合项目诊疗、辐射防护和环境情况特点，将 DSA 手术室划为控制区，控制室、谈话间、污物打包间、缓冲苏醒间及手术室周边过道划为监督区。控制区入口处设置工作信号指示灯和电离辐射警示标志，DSA 装置处于工作状态时，工作指示灯运行以警示不得进入控制区；在监督区设立警告标识和标牌，仅允许患者和相关医护人员进入，其余无关人员均不得随意进入。本项目控制区和监督区划分情况详见图 10-1。

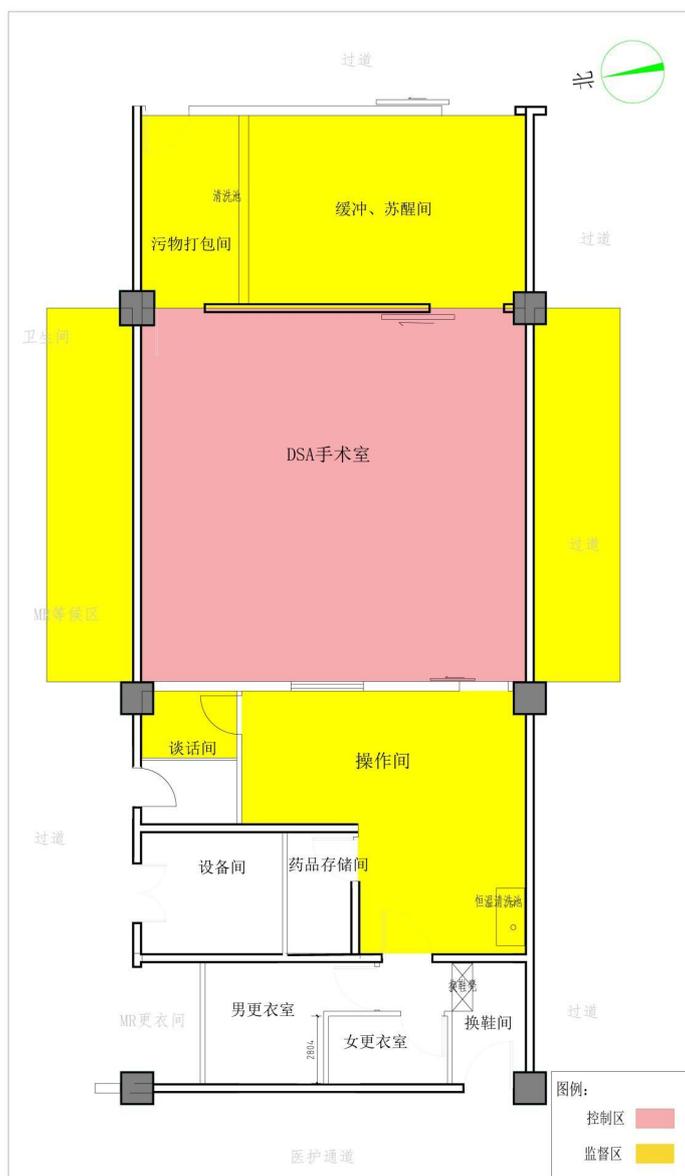


图 10-1 本项目两区划分示意图

(3) 医患及污物路径

本项目 DSA 工作区域设有医护人员通道、患者通道及污物通道。医护人员由项目区西侧通道进入，经换鞋间、更衣室后进入操作间及 DSA 手术室；病人由项目区东侧通道进入，经患者缓冲、苏醒区后进入 DSA 手术室就诊，术后原路返回；术后污物经污物从 DSA 手术室东侧经污物处理间打包暂存后通过东侧污物通道离开。医护人员、患者及污物在 DSA 工作区域的运行线路详见图 10-1。

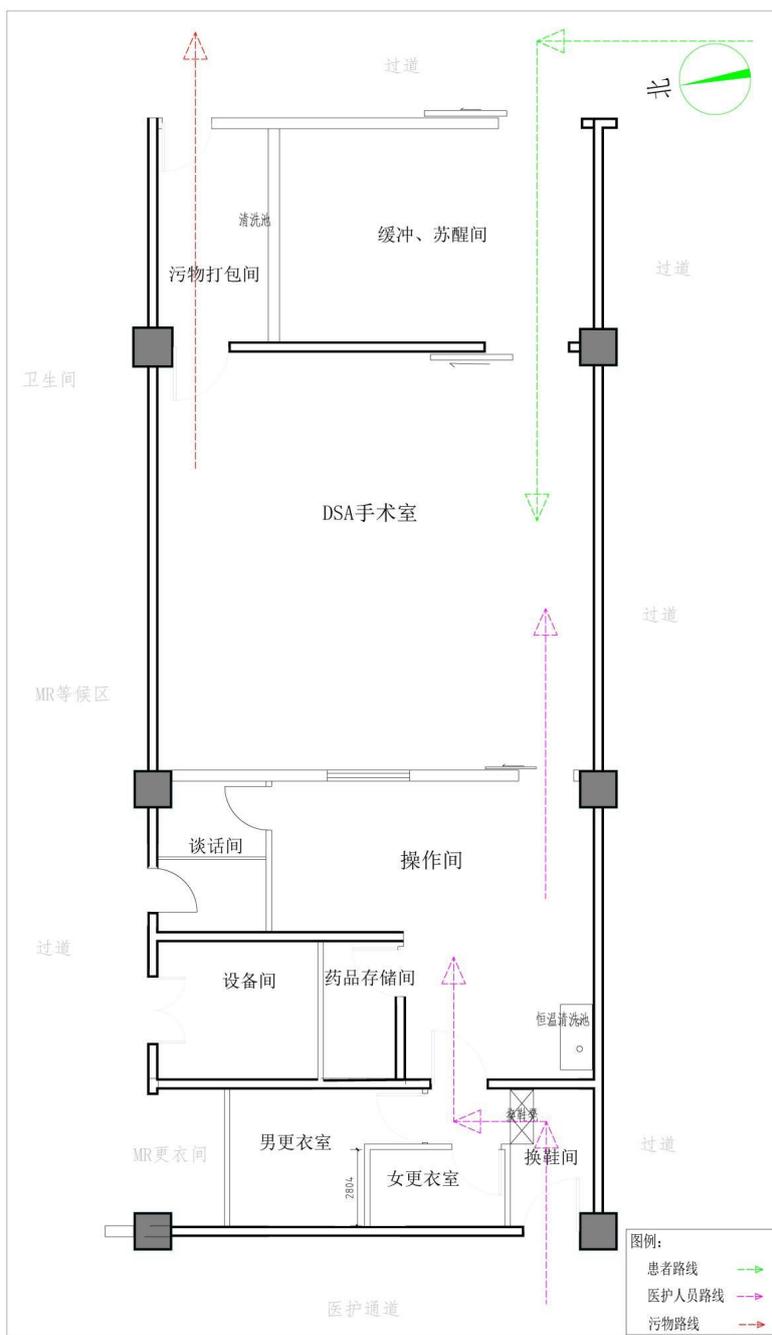


图 10-1 本项目医护人员、患者、污物运行线路图

10.1.2 DSA 手术室辐射屏蔽设计

依据医院提供的 DSA 手术室防护设计方案，将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 X 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度要求，对本评价项目屏蔽措施进行对照分析。

表 10-2 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	总铅当量	标准要求	是否符合要求
DSA 手术室	四周墙体	240mm 厚实心砖墙+2mm 厚铅板满铺	4.28mmPb	2.0mmPb	符合
	屋顶	120mm 厚混凝土+45mm 厚硫酸钡防护涂料层满铺	4.46mmPb	2.0mmPb	符合
	防护门（3 套）	50mm 厚的防护铅门，内置 4.0mm 铅板	4.0mmPb	2.0mmPb	符合
	观察窗	20mm 厚铅玻璃	4.0mmPb	2.0mmPb	符合

注：根据医院和施工单位提供的资料，本项目采用的各种防护材料中混凝土密度为 2.35g/cm³，实心砖墙密度为 1.65g/cm³，硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm³，铅板密度为 11.3g/cm³。混凝土，砖根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质的铅当量，管电压（有用线束）为 125kV 时，采用附录 C 中的 C.1、C.2 公式进行拟合计算，计算公式如下：

对给定的铅厚度，依据 NCRP147 号报告中给出的不同管电压 X 射线辐射在铅中衰减的 α、β、γ 拟合值按式（C.1）计算屏蔽透射因子 B：

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

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

β——铅对不同管电压 x 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

α——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；

X——铅厚度。

b) 依据 NCRP147 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 C.2 公式的 B 值，使用式（C.2）计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

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

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

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；

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；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

表 10-3 铅、混凝土、砖对 125 管电压下 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			砖		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346

已知墙面为 240mm 厚实心砖墙，屋顶为 120mm 厚混凝土，将混凝土的厚度以及相应的 α、β、γ 拟合值带入 C.1 公式中及可得出相应厚度的屏蔽透射因子（B），将 B 值和铅的 α、β、γ 拟合值带入 C.2 中可得出不同屏蔽物质的铅当量厚度。

因此可得 240mm 砖相当于 2.28mm 铅当量，120mm 混凝土相当于 1.46mm 铅当量。硫酸钡防护涂料根据《X 射线和 γ 射线防护手册》第 73 页表 10，若按 150kV 条件进行铅当量换算，则 45mm 硫酸钡防护涂料相当于 4.02mm 铅当量。出于保守换算考虑，所以本项目按 75kV 条件下进行换算，45mm 硫酸钡防护涂料相当于 3.0mm 铅当量。

表 10-4 本项目机房规格与标准对照表

机房名称	机房尺寸	有效使用面积/ 最小单边长	标准要求		是否符合要求
			最小有效使用面积	最小单边长	
DSA 手术室	7.55m×7.0m	52.85m ² /7.0m	20m ²	3.5m	符合

通过表 10-2~10-4 可知，本项目的 DSA 手术室面积、最小单边长度均满足标准要求，其墙体、屋顶、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目 DSA 手术室的屏蔽设计的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关防护设施的技术要求。

10.1.3 辐射防护施工工艺

项目所在楼层高度为 4.5m，屋顶防护铅板紧贴楼顶铺设，采用 40×60 方管焊接吊架进行吊顶处理，吊顶距地面高度 4.0m。机房防护见图 10-2、10-3。

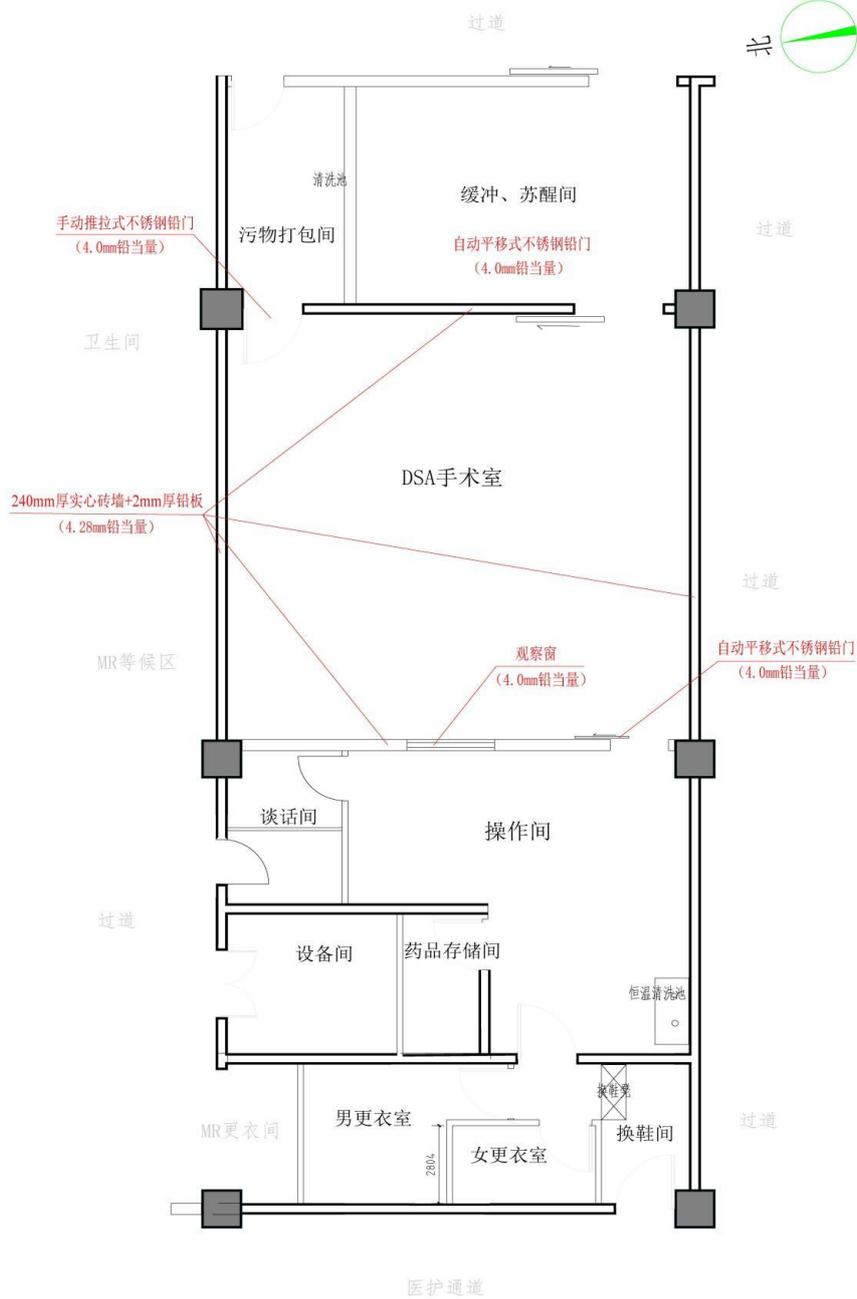


图 10-2 机房屏蔽防护平面图

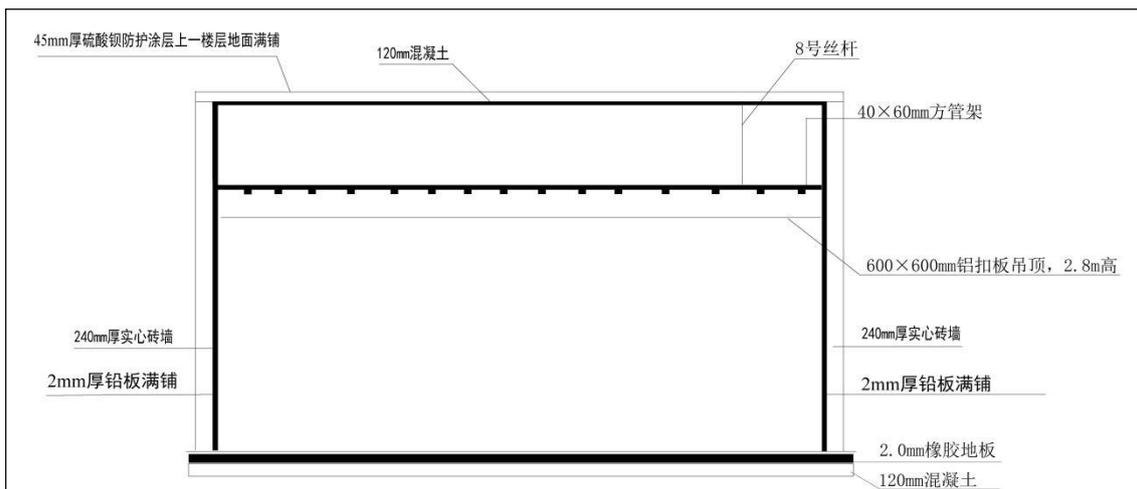


图 10-3 机房屏蔽防护剖面图

10.1.4 其他防护措施

X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离辐射源以及进行必要的屏蔽。本项目 DSA 手术室对 X 射线外照射采取了以下辐射安全与防护措施：

(1) 设备固有措施

本项目 DSA 从正规厂家购买，设备本身采取了多种固有安全防护措施：

①设备具有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；

②采取栅控技术：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和余辉，起到消除软 X 射线，提高有用射线品质并减少脉冲宽度；

③采取光谱过滤技术：在 X 射线管头放置合适的铝过滤板，以消除软 X 射线及减少二次散射，优化有用 X 射线谱；

④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，可减少透视剂量；

⑤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在监视器上显示，即称之为图像冻结，此技术可缩短总透视时间，达到减少不必要的照射；

⑥本项目 DSA 透视开关为常断式，并配有透视限时装置；机房内具有工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键；

⑦配备个人防护用品和辅助防护设施，配置如下表：

表 10-5 个人防护用品和辅助防护设施配置

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护用品	个人防护用品	辅助防护用品
介入放射学操	铅橡胶围裙、铅	铅悬挂防护屏、	铅橡胶性腺防护	——

作	橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜各 3 套	床侧防护屏各 1 块	围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具各 2 套	
注：“—”表示不需要；防护用品铅当量为 0.5mmPb。				

(2) 场所设计安全措施

①机房采取实体屏蔽措施，DSA 手术室设计的防护能力和评价依据对照情况见表 10-2，屏蔽设计满足 GBZ130-2020 标准相关要求，可以保证机房周围（含观察窗、楼上）及防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h，且工作人员和公众的受照剂量满足环评文件提出的剂量约束要求。

②操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门处均设计有工作状态指示灯，设置门灯联锁装置，工作状态指示灯与各自的防护门能有效联动，当防护门关闭时，指示灯亮起，防止无关人员误入机房，导致误照射。手术室患者通道防护门为电动平移门，设有脚触感应式开门、并有延时自动关闭功能，防夹装置为红外感应；

③操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门表面以及过道外墙上设计有电离辐射警告标志、中文警示说明，提醒人员注意射线，防止误照射；

④DSA 手术室设备上及操作室控制台处各设计有 1 个急停按钮，当设备误照射或故障时能够及时的中断照射；

⑤DSA 手术室内安装 1 套监控和对讲系统，可实时监控 DSA 介入室内情况；

⑥本项目辐射工作人员须配备双剂量计。DSA 项目介入工作人员应在铅围裙外锁骨对应的领口位置及铅围裙内躯干上各佩带一个剂量计，剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反，每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案。拟采取的辐射安全措施详见图 10-4。

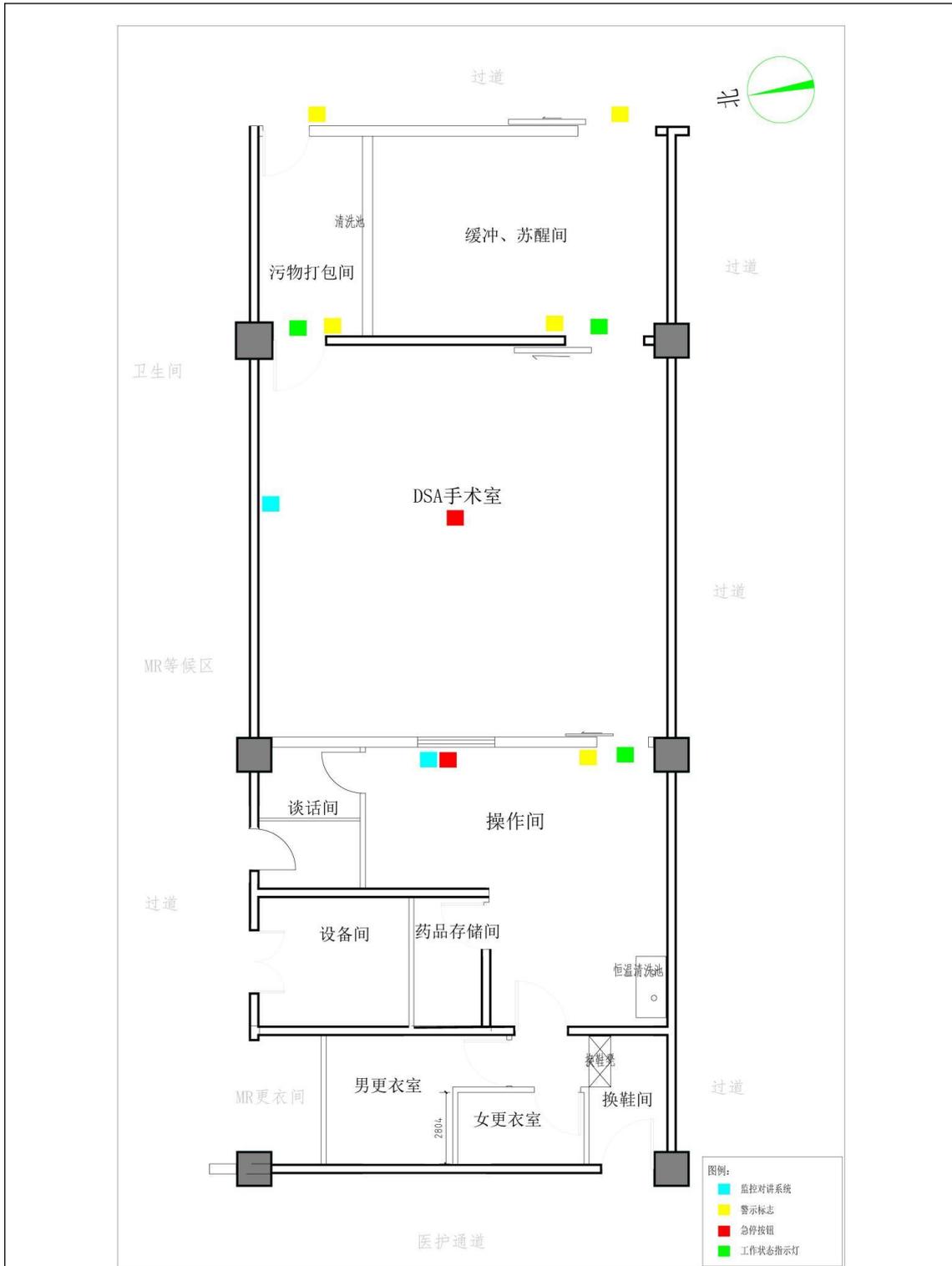


图 10-4 辐射安全措施平面布置图

(3) 医疗照射防护的最优化制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“医疗防护最优化”的要求，环评要求建设方制定医疗照射防护最优化制度，从医用放射设备要求、操作要求和医疗照射的治疗保证三个方面加强防护最优化。医疗放

射性设备严格落实医用放射设备的要求：操作方面，做到使用合格设备，合理控制剂量，加强应急准备，严格执行放射诊断、放射治疗的操作要求。医疗照射的质量保证，严格落实医疗照射质量保证大纲的要求，加强临床剂量学工作，校准和给准辐射剂量。

①设备要求：应当将医疗照射所使用的系统设计成可及时发现系统内单个部件的故障，以使对患者的任何非计划医疗照射降至最小，并有利于尽可能避免或减小人为失误。

②操作要求：应辨明各种可能引起非计划医疗照射的设备和人为失误；旋转操作过程中尽量减少对医务人员的直射照射；参与介入手术的医生在不影像手术的同时，应尽量与放射源保持一定距离，以减少电磁辐射影响；将放射治疗可能产生的危险通知患者。

③医疗照射的质量保证：根据标准所规定的质量标准要求和和其他有关医疗照射质量保证的标准制定一个全面的医疗照射质量保证大纲，制定这种大纲时应邀请诸如放射物理等有关领域的合格专家参加；放射性治疗临床剂量测定应形成文件制度，记录患者每次治疗的剂量。

（4）时间防护

在满足诊疗要求的前提下，在每次使用 DSA 射线装置诊疗之前，根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外的照射。

（5）辐射安全管理措施

医院成立了放射防护安全管理委员会，制定了辐射事故应急管理制度及方案、放射防护与安全保卫（防盗、防破坏、防泄漏）、设备定期校正、维护、保养制度、检测方案、放射科监测仪器检验与刻度管理制度、辐射工作人员职业健康管理、辐射工作人员培训、DSA 安全操作规程等制度。

（6）电缆沟布设

本项目控制电缆从设备基座下方设置电缆沟(200mm 宽×100mm 深)，电缆沟布设于混凝土及装修找平层中，电缆沟从介入手术室西侧水平倾斜 45 度穿墙进入操作间，再由操作间连线去往设备间。操作间穿墙两侧外延 0.5m 的电缆采用

3mm 铅皮包裹，防护墙下方电缆沟的坑道用硫酸钡填充作为屏蔽补偿，硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm^3 ，介入手术室内延伸的电缆沟顶部铺设一层 3mm 厚铅皮，上方再用 5mm 厚钢板做盖板。拟采用的屏蔽防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的屏蔽防护要求。

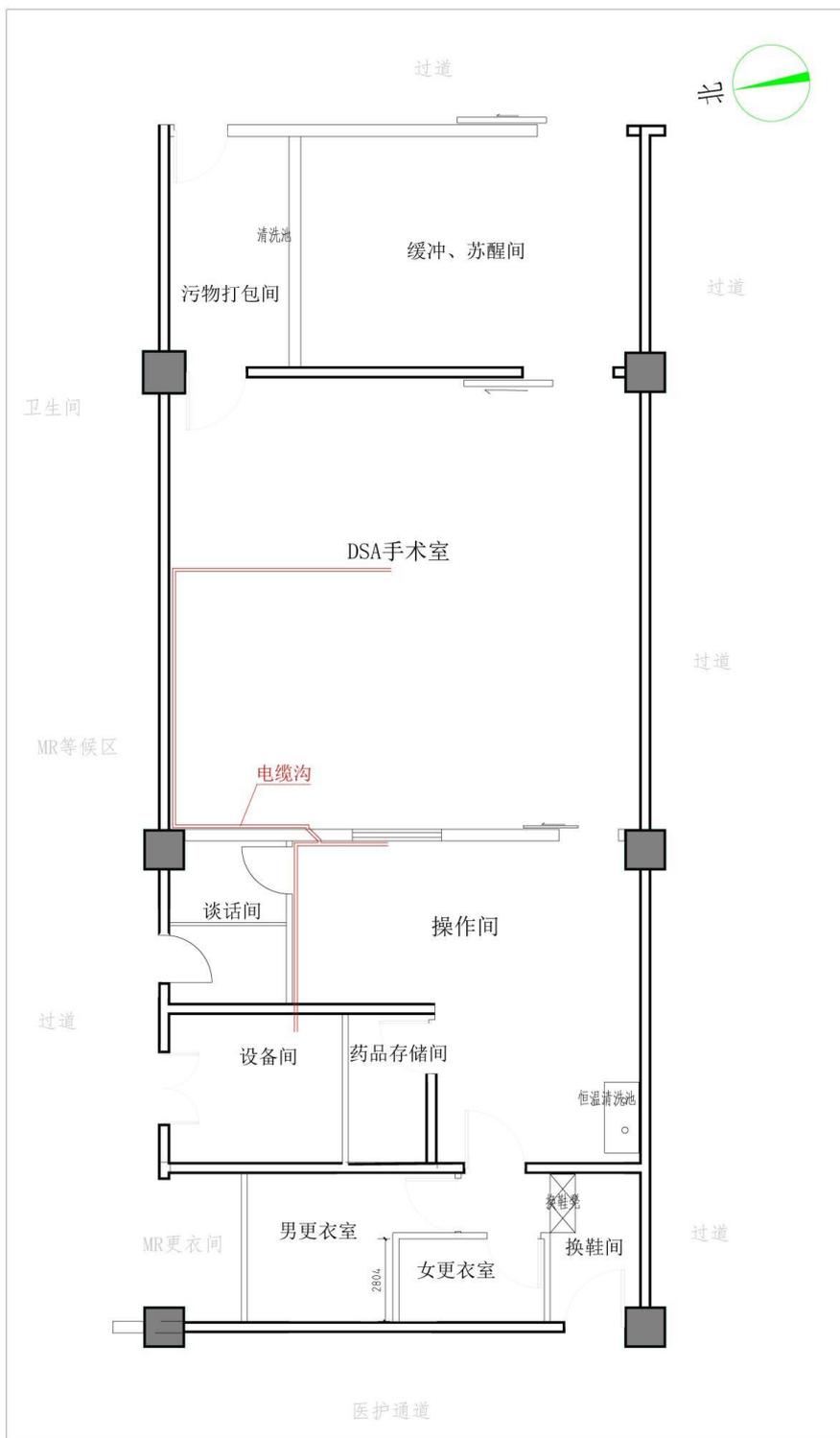


图 10-5 电缆沟平面布置图

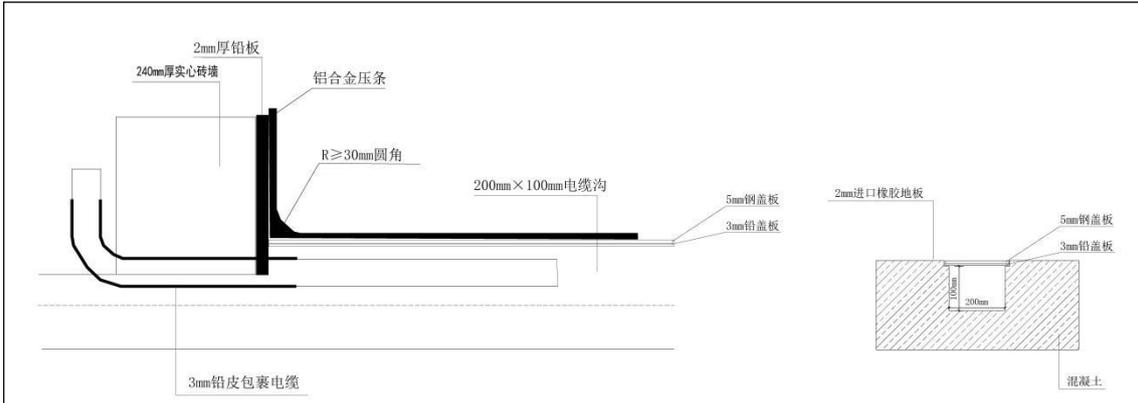
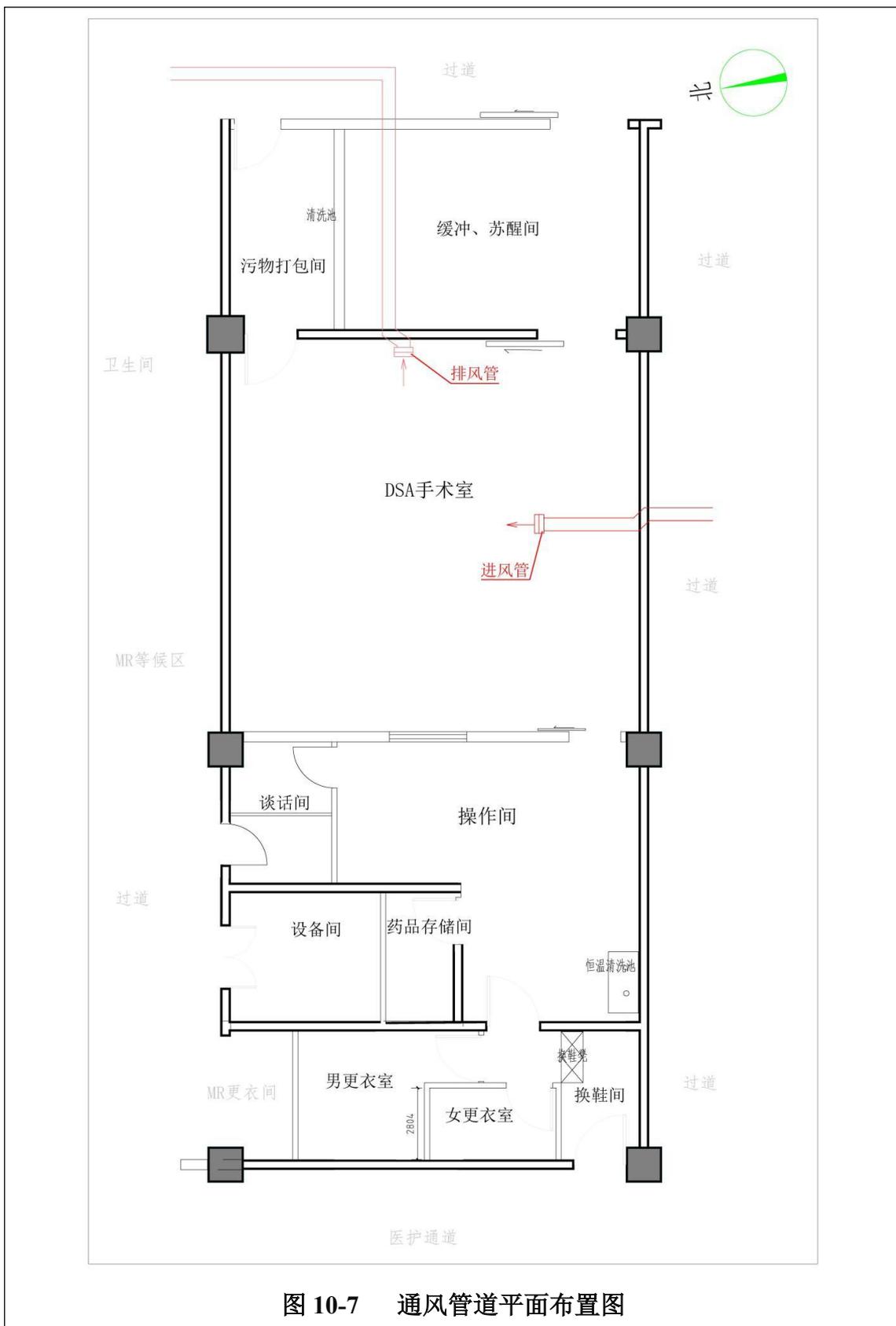


图 10-6 电缆沟设计及穿墙示意图

(7) 通风管道布设

本项目 DSA 手术室内采用上进下排的通风系统。DSA 手术室进风管道从南侧穿墙引入，进风口位于手术室中部吊顶处；DSA 手术室排风口设于 DSA 手术室东侧墙上，排风口离地约 0.2m 处，通过排风管引至东北侧排风井中，最终引至医技楼楼顶排放，进风量及出风量为 1100m³/h。通风管道采取倾斜 45 度穿墙体，采用 3mm 铅皮对风管与墙面防护层搭接，搭接长度为 30cm，并对向介入手术室内延伸 1m 的管道采用 3mm 铅皮包裹进行屏蔽补偿，经过铅皮等防护措施处理后，能够有效防止射线直接从风管照射出机房。因此穿墙部分不影响墙体整体的防护性能和机房外的辐射水平。



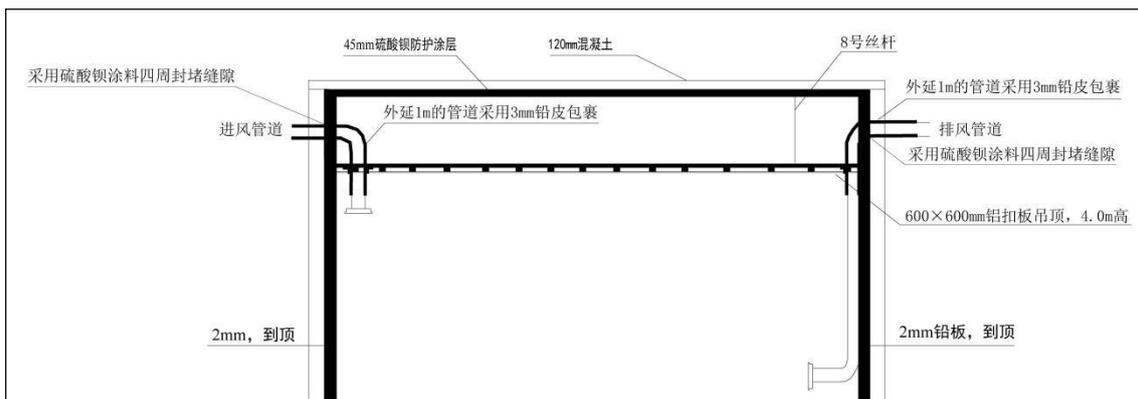


图 10-8 通风管道剖面图

10.2 三废的治理

(1) 废水治理措施

本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。医护人员产生的生活污水及手术器械清洗产生的医疗废水进入医院污水处理站预处理达标后排入邻近的市政污水管网，最终进入双柏县污水处理厂。

(2) 废气治理措施

本项目运营过程会产生少量的臭氧及氮氧化物，项目 DSA 手术室内设有通风系统，产生的臭氧及氮氧化物通过楼内排风管道引致医技楼楼顶排放，常温下臭氧自行分解为氧气，废气再经稀释扩散后对环境影响很小。

(3) 噪声治理措施

本项目运营期噪声主要来源于 DSA 设备、通风系统的风机，机房所使用的射线装置、风机均为低噪声设备，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声较小，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

(4) 固体废弃物治理措施

①本项目 DSA 采用数字成像，无废胶片产生。

②介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的容器集中收集后，转移至医院已建的医疗废物暂存间，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置。

③工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，集中收集后交由环卫部门统一清运。

综上所述，DSA 手术室采取的污染防治措施均符合国家相关标准的要求。

(5) 环保设施及投资分析

本项目总投资预计为 800 万元，其中辐射环保投资 62.5 万元，占总投资的 7.91%。本项目环保投资一览表详见表 10-5。

表 10-6 辐射防护（措施）及投资概算一览表

设备	项目	环保及安全防护措施名称	内容	投资额 (万元)
DSA	辐射安全防护措施和环保治理措施	屏蔽措施	自动防护门（嵌 4.0mm 厚铅板）3 套、1500×1000×20mm 高铅玻璃观察窗 1 扇、墙面防护铅板、楼顶硫酸钡防护涂层、电缆及通风管道包裹铅皮、填充硫酸钡的购买与施工。	25.0
		安全措施	门灯联锁 3 套，急停按钮 2 个，监控和对讲系统 1 套，工作指示灯 3 套等。	5.5
		废气治理	通风系统 1 套	9.0
		固废处置	在介入手术室内设置医疗废物收集桶、在其他办公地点设置生活垃圾分类收集桶。	0.5
	人员防护措施	防护用品	拟为辐射工作人员配备 3 套 0.5mm 铅当量的铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅围裙、铅帽、铅手套等个人防护用品。拟为患者配备 2 套 0.5mm 铅当量的铅围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子等个人防护用品。手术室内配备 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏、床侧防护帘各 1 件。	4.5
	警示标识	电离辐射警示标志 5 副，控制区、监督区标示牌等。	1.5	
	环境监测	竣工环保验收	7.0	
	监测仪器	便携式辐射巡测仪 1 台，应配备 2 台个人剂量报警仪，28 枚个人剂量计。	6.5	
	环境风险防范	购买应急物资，开展辐射事件应急演练等	3.5	
	合计			62.5

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 机房施工的环境影响

本项目 DSA 手术室所在的双柏县人民医院新院区医技楼正在建设中，本次利用双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼新建的介入手术室及配套辅助用房，进行防辐射装修后，新增 1 台 DSA 装置。本项目施工期间所产生的废水与固废均依托医院建设的环保措施进行处理。本项目施工期间主要产生的污染物主要为扬尘、废水、噪声、固废和装修废气等。

（1）大气环境影响分析

本项目施工期产生废气主要为粉尘及装修废气等。在凿电缆沟、通风管道过墙凿洞、四周墙体及顶部装修等过程会有一定施工扬尘产生，采取洒水降尘，彩条布围挡、加强通风透气，降低扬尘的影响。严格按《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表 2 无组织排放监控浓度限值控制，将装修废气的影响降至最低，项目装修过程对周围环境影响较小。

综上所述，本项目工程量较小，施工期大气污染物对项目所在地环境空气质量影响较小。

（2）声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要有施工机械和设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用较少，且装修施工均在室内进行，项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。施工期间采取的措施为：

①合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，并尽量避开周边人员休息时间，12:00~14:00 及 22:00~6:00 禁止施工作业。

②合理安排施工机械安放位置，施工机械应尽可能放置于场界外造成影响最小的地点。

③优先选用低噪声设备，以减少施工噪声。

④对高噪声设备采取隔声、隔振或消声措施，如在声源周围设置掩蔽物、加隔振垫、安装消声器等，可降低噪声源强 30~50dB(A)。

⑤日常应注意对施工设备的维修、保养，使各种施工机械保持良好的运行状

态。

⑥对施工人员进场进行文明施工教育，施工中或生活中不准大声喧哗。

⑦施工单位应处理好与施工场界周围居民的关系，避免因噪声污染引发纠纷，影响社会稳定。

⑧有关施工现场声环境保护的其它措施按照“建设工程施工现场环境保护工作基本标准”执行。

经采取上述有效措施后，大大降低了本项目施工过程中噪声对周围的影响，项目施工期噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），施工期噪声对周围环境影响较小。

（3）水环境影响分析

本项目施工期间，切割机、电钻降温、降尘用水蒸发不产生废水，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水，主要依托医院污水收集处理系统收集处理，经处理后污水排入城市污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（4）固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。

①生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由环卫部门统一清运。

②建筑垃圾

项目产生建筑垃圾主要是施工过程及装修过程产生的建筑垃圾，拆除墙体时产生的建筑垃圾、装修时产生的包装袋、包装箱、碎木块、铅板及钢板边角料等。施工期对其中可回收利用部分（如铅板、钢材等建筑材料）进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，运至住建部门指定的堆放点。

本项目施工期较短，施工量不大，在建设单位的严格监督下，施工方严格落实各项环保措施，对环境的影响不大。

11.1.2 设备安装调试的环境影响

本项目设备的安装应请专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，

在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过防护设施的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目 DSA 位于双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼介入手术室，DSA 设备尚未安装投入使用，因此，对 DSA 手术室周围辐射环境影响评价采用类比分析结合模式预测的方法进行影响分析。

11.2.1 类比分析预测对项目周边人员的影响

1、类比项目可行性分析

本项目 DSA 射线装置额定参数为管电压 125kV，管电流 1000mA，主射方向朝上。为了分析 DSA 装置建成投入运行后对周围工作人员所造成的影响，本评价选取寻甸回族彝族自治县第一人民医院介入中心一楼的 1 台佳能 Alphenix INFX-9000F 型 DSA 正常使用情况下的监测结果（详见附件 10）作为类比对象，类比可行性分析见表 11-1、11-2、11-3。

表 11-1 本项目 DSA 与类比 DSA 技术参数一览表

设备名称	规格(型号)	射线类型	主要技术参数				主射束方向	备注
			最大管电压	最大管电流	实际透视工况时管电压(kV)	实际透视工况时管电流(mA)		
本项目 DSA	待定	II类	125kV	1000mA	75	15	向上照射	本项目
类比 DSA	佳能 Alphenix INFX-9000 F	II类	125kV	1000mA	80	15.1	向上照射	寻甸回族彝族自治县第一人民医院

表 11-2 本项目 DSA 介入室与类比 DSA 介入室屏蔽防护参数一览表

项目	本项目 DSA 介入手术室	类比 DSA 介入手术室	比较结果
四周墙体	采用 240mm 厚实心砖墙+2mm 厚铅板满铺，综合防护水平折合 4.28mm 铅当量。	四周墙体均为 240mm 厚实心砖+30mm 厚硫酸钡防护涂料，具有 4mm 铅当量防护水平	防护水平优于类比对象
屋顶	120mm 厚混凝土+45mm 厚硫酸钡防护涂料层满铺，综合防护水平折合 4.46mm 铅当量。	采用 30mm*50mm 方钢做框架，吊筋螺丝自顶棚下吊至 90cm，框架上交错铺放 4mmPb 防护板，综合具有 4mm 铅当量的辐射防护水平	防护水平优于类比对象
地面	/	20mm 钢筋混凝土 +15mm 厚硫酸钡防护	/

		涂料,具有 4mm 铅当量防护水平	
防护铅门	50mm 厚的不锈钢套门 (内衬 4.0mm 厚的铅板),具有 4.0mm 铅当量防护水平	50mm 厚的不锈钢套门 (内衬 4mm 厚的铅板),具有 4mm 铅当量防护水平	相当
观察窗	20mm 厚铅玻璃,具有 4mm 铅当量防护水平	20mm 厚铅玻璃, 4mm 铅当量	相当
介入手术室净空尺寸及面积	净空尺寸: 7.55m (长) × 7.0m (宽) × 4.5m (高), 净空面积 52.85m ²	长 8.944m、宽 5.307m, 机房面积 47.46m ²	本项目介入手术室净空面积大于类比对象,且满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的技术要求
操作位	床侧铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平, 悬挂式铅吊屏具有 0.5mm 铅当量防护水平	床侧铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平, 悬挂铅屏具有 0.5mm 铅当量防护水平	相当

表 11-3 本项目 DSA 介入室与类比 DSA 介入室安全设施、布局一览表

本项目 DSA 介入室	类比项目 DSA 介入室	类比结果
本项目操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门处设计有工作状态指示灯,且工作状态指示灯与各自的防护门能有效联动;操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门口均设计有电离辐射警告标志及中文警示说明;介入手术室 DSA 设备上及控制室控制台处各设计有 1 个急停按钮;介入手术室内将安装有监控和对讲系统。	类比 DSA 介入室医护人员通道防护门、患者通道防护门和污物通道防护门上方设计有工作状态指示灯,且工作状态指示灯与各自防护门能有效联动;介入室医护人员通道防护门、患者通道防护门和污物通道防护门口均设计有电离辐射警告标志及中文警示说明;介入室内及控制台处各设计有 1 个急停按钮;介入室内安装 1 套监控和对讲系统。	安全设施设置相当
介入手术区域除手术相关医护人员及病患外对进入区域人员进行严格限制,并在机房门外设计固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯,将介入手术室划定为控制区,严格操作规程,限制无关人员受到不必要的照射。介入手术室、操作间分开单独设置;线束不直接照射门、窗和管线口位置;患者和受检者不在手术室内候诊。介入手术室单独设置了医护人员通道、患者通道、污物通道,候诊病人从患者通道进入手术室,医护人员从医生通道进入控制室和手术室,手术或检查产生的污物从污物通道运出,各通道设置独立,便于管理。病	类比 DSA 介入室、控制室分开单独设置;患者和受检者不在机房内候诊;DSA 介入室单独设置了医护人员通道、病人通道、污物通道,候诊病人从病人通道进入手术室,医护人员从医生通道进入控制室和手术,污物从污物通道运出介入室,各通道设置独立,便于管理。	布局合理性一致

人通道的宽度满足病人手推车的通行,通道畅通无阻,便于治疗和管理。		
----------------------------------	--	--

由表 11-1、11-2、11-3 可知，本项目 DSA 射线装置设备参数管电压、管电流、出束方向与类比对象一样，本项目 DSA 平时开机运行工况与类比 DSA 平时开机运行工况基本一致；本项目 DSA 手术室四周墙体、屋顶防护能力优于类比 DSA 手术室；本项目 DSA 手术室铅门、观察窗辐射防护能力与类比 DSA 手术室相同；本项目手术室内有效使用面积大于类比介入手术室，且满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的技术要求；本项目 DSA 介入手术室与类比 DSA 介入手术室安全设施设置相当，布局合理性一致。因此，本项目 DSA 对环境辐射影响可参照类比 DSA 的监测数据。

此外，根据类比 DSA 的监测报告可知，其透视情况下，管电压：80kV，管电流：15.1mA，本项目运营期最大透视工况下管电压 75kV、管电流 15mA，本项目运行工况与类比 DSA 相近，且本项目透视工况下最大管电压、管电流较类比对象低，因此具有可类比性。

综上所述，寻甸回族彝族自治县第一人民医院的 1 台佳能 Alphenix INFX-9000F 型 DSA 作为本项目类比对象是可行的，本项目 DSA 对 DSA 介入室周围环境的辐射影响可参照类比 DSA 的监测数据

2、类比监测结果分析

2023 年 4 月 27 日云南核瑞环境检测有限公司对寻甸回族彝族自治县第一人民医院介入中心一楼的 1 台佳能 Alphenix INFX-9000F 型 DSA 进行了验收监测，并出具了《辐射环境监测报告》（云辐监[2023]第 110082 号）；监测工况为：减影：94kV，320mA；透视：80kV，15.1mA；详细监测报告见附件 10，类比监测结果见表 11-4。监测点位分布见图 11-1。

表 11-4 类比对象 DSA 射线装置工作场所 X-γ辐射剂量率监测结果

点位编号	监测点位描述	X-γ辐射空气吸收剂量率监测结果 (nGy/h)		备注
		未出束	出束	
1	操作位（铅玻璃左侧）	76±2	78±1	减影
	操作位（铅玻璃中部）		79±1	减影
	操作位（铅玻璃右侧）		77±2	减影
	操作位（铅玻璃上部）		81±3	减影
	操作位（铅玻璃下部）		79±3	减影

2	右下方线孔	76±2	81±1	减影
3	左侧墙面	76±2	79±2	减影
4	医生入口左侧	76±2	75±3	减影
	医生入口中部		77±2	减影
	医生入口右侧		78±1	减影
	医生入口上部		80±3	减影
	医生入口下部		312±7	减影
5	北侧过道	83±2	87±1	减影
6	北侧女更衣室	83±2	86±4	减影
7	西侧污物通道门	94±3	96±2	减影
8	西侧设备间	87±2	91±4	减影
9	病人入口左侧	89±2	93±2	减影
	病人入口中部		92±5	减影
	病人入口右侧		90±3	减影
	病人入口上部		90±1	减影
	病人入口下部		93±4	减影
10	南侧绿化带	81±2	82±4	减影
11	第一术者位	66±2	20702±450	透视
12	第二术者位		16471±772	透视
13	房顶	83±2	936±35	减影
14	环境值（停车场）	85±2		/

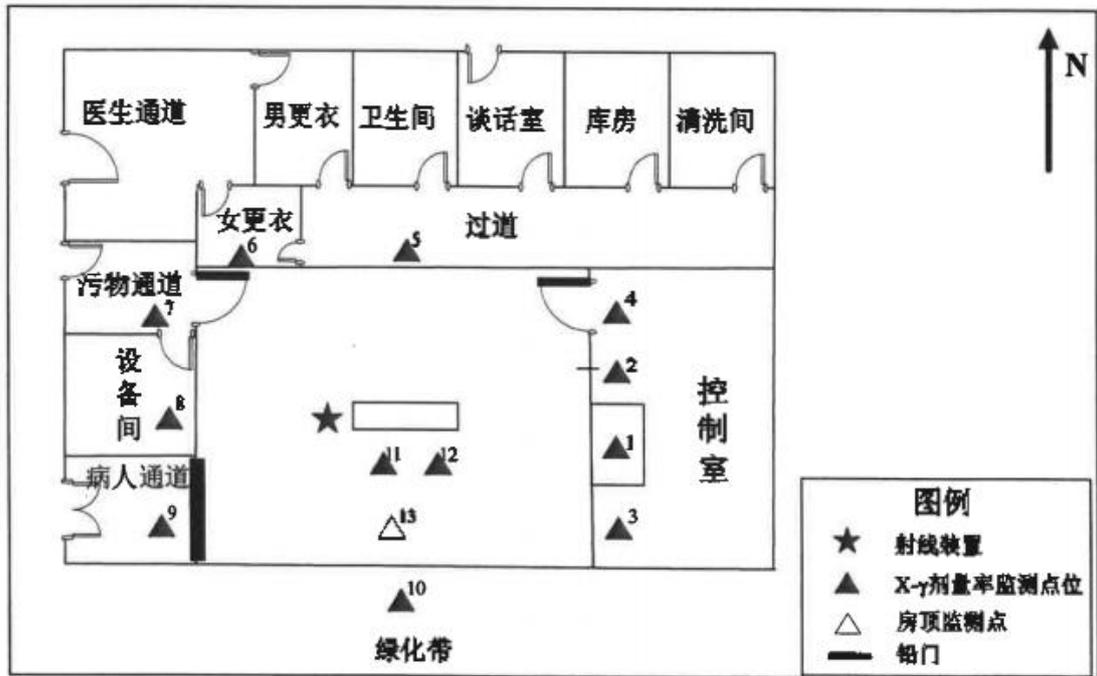


图 11-1 类比项目介入室周围监测布点示意图

由表 11-4 可以看出：

① 位于 DSA 曝光室内的 11#~12# 监测点 X-γ 辐射剂量率分布在 16471nGy/h~20702nGy/h 之间，其中最大值 20702nGy/h（20.702μSv/h）出现在 DSA 机房第一术者位。

② 1#~10#、13# 监测点正常工况条件下 X-γ 辐射剂量率分布在 75~936nGy/h 之间，其中最大值 936nGy/h（0.936μSv/h）出现在房顶处，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5μSv/h 的要求。

③ 1#~10#、13# 监测点曝光前后的数据可以看出，介入手术室外各点在曝光之前与曝光时的 X-γ 辐射剂量率相差不大，说明该机房经过屏蔽后辐射泄漏较小，机房屏蔽效果良好。远低于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）规定的 2.5μSv/h 控制目标值。本项目 DSA 介入室的整体屏蔽防护能力优于类比 DSA 机房屏蔽防护能力，本项目机房内使用面积大于类比介入手术室，且满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的技术要求，由此可推断，本项目正常运行时满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求的 X 射线设备机房屏蔽体外表面 30cm 处的辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 的要求，对周围辐射环境影响在可接受范围内。

3、本项目辐射工作人员剂量类比预测分析

根据类比 DSA 监测报告得出 X-γ 空气吸收剂量率附加值，并根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A 中公式，对各点位处公众及辐射工作人员的年有效剂量进行计算。X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下：

$$H_{Er}=D_r \times t \times 10^{-3} \times \mu \times T \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

- 式中：H_{Er}—X-γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；
- D_r—X-γ 射线空气吸收剂量率附加值，μGy/h；
- t—X-γ 照射时间，h；
- μ—转换因子，此处取 1
- T—居留因子。

根据医院提供资料，本项目 DSA 年最大出束时间为 250.01h（拍片 16.67h，

透视 233.34h），对于机房外公众以及控制室操作台职业人员，保守考虑，其年有效剂量按 250.01h 全部为出束工况来计算；机房内医生操作位只存在透视情况，因此保守考虑，内一科医生透视时间为 54.17h；内二科医生透视时间为 54.17h；急诊科医生透视时间为 50h；放射科医生透视时间为 75h。对于居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/16。

按上述条件，并根据类比 DSA 监测结果的 X-γ吸收剂量率附加值计算得到本项目 DSA 对职业及公众人员所致年有效剂量见表 11-6。

表11-6 本项目 DSA 手术室四周公众及其职业人员所致年有效剂量

序号	本项目机房各点位	类比测量点		居留因子	类别	空气吸收剂量率增幅 nGy/h	照射时间 (h/a)	有效剂量(mSv/a)	
		测点编号	测量点位置						
1	DSA 手术室铅窗外操作间操作台处	1	操作位（铅玻璃上部）	1	职业人员	5	250.01	1.25×10 ⁻³	
2	操作间内	3	左侧墙面	1	职业人员	3	250.01	7.50×10 ⁻⁴	
3	操作间铅门门缝处	4	医生入口下部	1	职业人员	236	250.01	5.90×10 ⁻²	
4	患者通道铅门门缝处	9	病人入口左侧	1/4	公众	4	250.01	2.50×10 ⁻⁴	
5	手术室东侧缓冲苏醒间	5	北侧过道	1	公众	4	250.01	1.0×10 ⁻³	
6	污物通道铅门门缝处	7	西侧污物通道门	1/4	公众	2	250.01	1.25×10 ⁻⁴	
7	手术室南侧室内道路	10	南侧绿化带	1/4	公众	1	250.01	6.25×10 ⁻⁵	
8	手术室北侧 MR 等候区	5	北侧过道	1/4	公众	4	250.01	2.50×10 ⁻⁴	
9	机房上方检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	13	房顶	1	公众	853	250.01	0.213	
10	本项目拟建机房点位	内一科	11	第一术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	20636	54.17	1.118
11			12	第二术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	16405	54.17	0.889
12		内二科	11	第一术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	20636	54.17	1.118
			12	第二术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	16405	54.17	0.889

14	急诊科	11	第一术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	20636	50	1.032
15		12	第二术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	16405	50	0.820
16	放射科	11	第一术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	20636	75	1.548
17		12	第二术者位（铅屏风加铅衣内）	1	职业人员	16405	75	1.230

由表 11-6 可知，针对本项目 DSA 手术室内工作人员，本次类比监测设置了 1#、3#、4#、11#、12# 监测点位，通过类比监测结果计算，本项目各科室职业人员受到的附加有效剂量内一科最大为 1.118mSv/a；内二科为 1.118mSv/a；急诊科为 1.032mSv/a；放射科为 1.548mSv/a，项目区内职业人员最大为 5.90×10^{-2} mSv/a，均低于本次评价的职业有效剂量管理限值 5mSv/a。DSA 手术室周边公众类比了 5#、7#、8#、9#、10#、13# 监测点。项目选取的类比计算点与本项目条件相似，附加剂量包括了类比监测公众最大值，通过类比监测结果计算，本项目所致公众受到的附加有效剂量最大为 0.213mSv/a，该值低于本次评价的公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a。

11.2.3 理论预测对周围环境的影响

(1) 本项目 DSA 机房的辐射环境影响

本建设项目运营期的主要环境问题是电离辐射污染，即 DSA 开机曝光时产生的 X 射线。本项目手术室尚在建设中，DSA 装置尚未安装，本次环评通过理论预测的评价方法进行辐射环境影响分析。

为分析拟建 DSA 项目的辐射环境影响分析，根据建设单位提供的相关技术参数和设计方案，对射线装置运行后辐射环境影响进行理论预测。本项目 DSA 主束方向向上，四周屏蔽体外及对应正上方和正下方各关注点考虑漏射和散射影响。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、具有代表性的关注点进行分析。

本项目 DSA 采用全自动悬挂 C 臂轴、具有智能床旁控制系统可以控制机架立柱和底盘可分离运动，从而使 C 臂既可垂直于导管床横向水平移动，最大移动距离为距导管床中心两侧 60cm，同时靶头可在 C 臂内侧滑动做垂向移动，当靶头移至最低点时，距地面 50cm，沿 C 臂内侧上移距离最大为 100cm。

在本次散射漏射屏蔽计算时，本项目实际运行时透视模式下最大管电压 75kV、最大管电流 15mA；减影模式下最大管电压 95kV、最大管电流 600mA；

保守取设备球管靶点到四周墙壁最近处、观察窗和防护门外 0.3m 处，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm，人员受照剂量当量可能最大的位置作为关注点。DSA 机房外各关注点位置，见图 11-2～图 11-3。

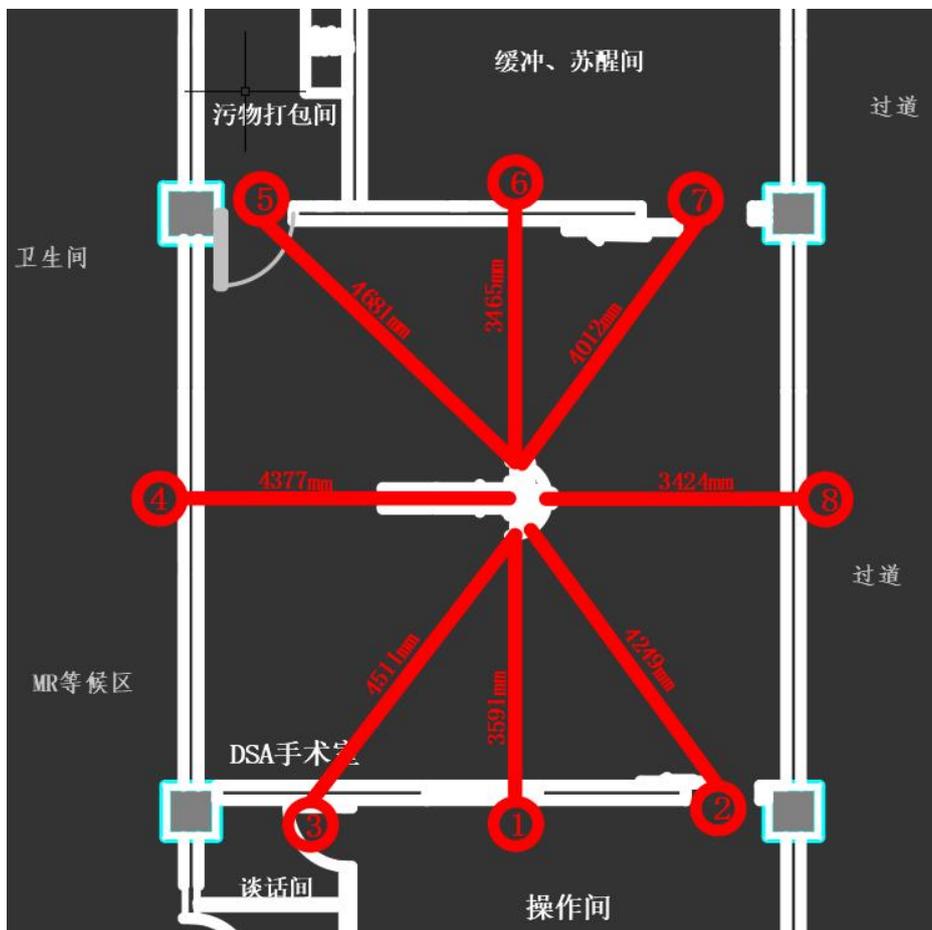


图 11-2 DSA 手术室外四周各关注点位置

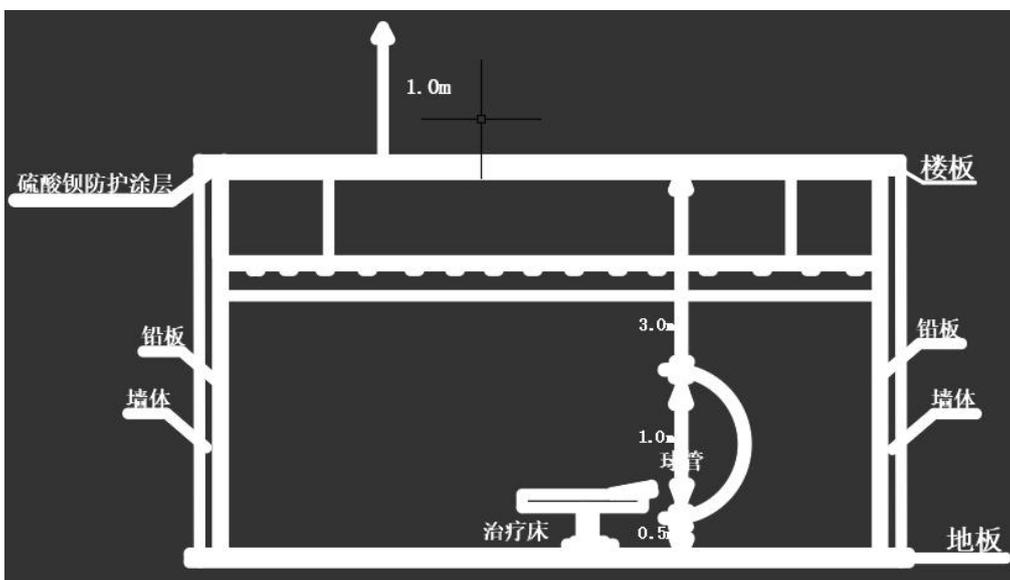


图 11-3 DSA 手术室楼上关注点位置

根据 DSA 手术室外各关注点位置、距离见表 11-7。

表 11-7 DSA 机房外各关注点距离

关注点编号	关注点位置	靶距防护墙或防护门外距离 (m)	防护墙或防护门外关注点的距离 (m)	靶距防护墙或防护门外关注点的距离 (m)
①	DSA 手术室西侧铅窗外 30cm 处（操作台）	3.591	0.3	3.891
②	DSA 手术室西侧医护通道防护门外 30cm 处	4.249	0.3	4.549
③	DSA 手术室西侧墙体外 30cm 处（谈话间）	4.511	0.3	4.811
④	DSA 手术室北侧墙体外 30cm 处（卫生间）	4.377	0.3	4.677
⑤	DSA 手术室东侧污物通道防护门外 30cm 处	4.681	0.3	4.981
⑥	DSA 手术室东侧墙体外 30cm 处（缓冲、苏醒间）	3.465	0.3	3.765
⑦	DSA 手术室东侧患者通道防护门外 30cm 处	4.012	0.3	4.312
⑧	DSA 手术室南侧墙体外 30cm 处（过道）	3.424	0.3	3.724
⑨	DSA 机房正上方检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	3.0	1.12	4.12

① 散射辐射剂量率估算

按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130—2020）附录 C 计算，见公式 11-2。

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{(式 11-2)}$$

式中：

B：透射因子；

X：铅厚度；

α、β、γ：铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关拟合参数。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 表 C.2 及公式 11-2，DSA 手术室周围各关注点散射透射因子计算结果见表 11-8。

表 11-8 DSA 各关注点散射透射因子结果

模式	关注点编号	关注点位置	屏蔽铅当量	α	β	γ	B
75KV 透视 模式	①	DSA 手术室西侧铅窗外 30cm 处（操作台）	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	②	DSA 手术室西侧医护通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	③	DSA 手术室西侧墙体外 30cm 处（谈话间）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	④	DSA 手术室北侧墙体外 30cm 处（卫生间）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	⑤	DSA 手术室东侧污物通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	⑥	DSA 手术室东侧墙体外 30cm 处（缓冲、苏醒间）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	⑦	DSA 手术室东侧患者通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	⑧	DSA 手术室南侧墙体外 30cm 处（过道）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	⑨	DSA 机房正上方检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	4.46mmPb	3.067	18.83	0.7726	9.0E-08
95kV 减影 模式	①	DSA 手术室西侧铅窗外 30cm 处（操作台）	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
	②	DSA 手术室西侧医护通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
	③	DSA 手术室西侧墙体外 30cm 处（谈话间）	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06
	④	DSA 手术室北侧墙体外 30cm 处（卫生间）	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06
	⑤	DSA 手术室东	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06

	侧污物通道防护门外 30cm 处					
⑥	DSA 手术室东侧墙体外 30cm 处（缓冲、苏醒间）	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06
⑦	DSA 手术室东侧患者通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
⑧	DSA 手术室南侧墙体外 30cm 处（过道）	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06
⑨	DSA 机房正上方检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	4.46mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.62E-06

注：《放射诊断放射防护要求》（GBZ130—2020）中无 75kV 和 95kV 工况下α、β、γ X 射线辐射衰减的有关拟合参数，透视模式下保守取 90kV 工况拟合参数，减影模式下保守取 100kV（散射）工况拟合参数。

根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册）计算公式（10.10），患者体表散射屏蔽估算，并进行单位换算，公式如下式 11-3

$$X_{ws} = \frac{\dot{X}_{10} W u \eta \alpha s f}{(d_0)^2 (d_s)^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

X_{ws}——预测点处的周照射剂量，μGy/h，（1R/mA·min=8.72×10⁻³Gy/h）。

\dot{X}_{10} ——恒定电压 X 射线机的输出量，根据查阅《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c（恒定电压为 50-200KV 的 X 射线机的输出量）可知，本项目 DSA 射线装置采用 3mmAl 过滤板，则可知透视模式 75KV 电压下 X₁₀=0.48R/mA·min⁻¹，减影模式 95KV 电压下 X₁₀=0.75R/mA·min⁻¹。

W——X 射线机的每周工作负荷，透视模式下 W=4200mA.min；减影模式下 W=12002mA.min。

u——利用因子，取 u=1。

η——防护区占用因子，在“全居住”的情况下，η=1。

α——患者（照射体）对 X 射线的散射比，α=a/400 查《辐射防护手册 第一分册》P437 表 10.1，摄影和透视保守按 100kV 下取值：a=0.0013(90°散射)。

s——散射面积， cm^2 ，根据医院提供使用技术参数取 400cm^2 。
 d0——源与患者（照射体）的距离，m，根据医院提供使用技术参数取 0.8m。
 ds——患者（照射体）与预测点的距离，m。
 f——屏蔽透射因子；取表 11-8 中 B 值。

据公式 11-3 和表 11-8 中 DSA 各关注点漏射透射因子值，本项目 DSA 手术室各关注点散射辐射剂量率计算参数及结果列表见表 11-9。

表 11-9 各关注点散射辐射辐射剂量率计算参数及结果

模式	关注点编号	关注点位置	\dot{X}_{10} (R/mA·min)	W (mA·min)	α	s (cm^2)	d0 (m)	ds (m)	f	Xws ($\mu\text{Gy/h}$)
透视	①	DSA 手术室 西侧铅窗外 30cm 处(操作台)	0.48	4200	0.0013	400	0.8	3.891	3.69E-07	1.14E-02
	②	DSA 手术室 西侧医护通道防护门外 30cm 处	0.48	4200	0.0013	400	0.8	4.549	3.69E-07	8.37E-03
	③	DSA 手术室 西侧墙体外 30cm 处(谈话间)	0.48	4200	0.0013	400	0.8	4.811	1.56E-07	3.17E-03
	④	DSA 手术室 北侧墙体外 30cm 处(卫生间)	0.48	4200	0.0013	400	0.8	4.677	1.56E-07	3.35E-03
	⑤	DSA 手术室 东侧污物通道防护门外 30cm 处	0.48	4200	0.0013	400	0.8	4.981	3.69E-07	6.98E-03
	⑥	DSA 手术室 东侧墙体外 30cm 处(缓冲、苏醒间)	0.48	4200	0.0013	400	0.8	3.765	1.56E-07	5.17E-03
	⑦	DSA 手术室 东侧患者通道防护门外 30cm 处	0.48	4200	0.0013	400	0.8	4.312	3.69E-07	9.32E-03
	⑧	DSA 手术室 南侧墙体外 30cm 处(过道)	0.48	4200	0.0013	400	0.8	3.724	1.56E-07	5.28E-03
	⑨	DSA 机房正 上方检验科	0.48	4200	0.0013	400	0.8	4.12	9.0E-08	2.48E-03

		(样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房)								
减影	①	DSA 手术室西侧铅窗外30cm 处(操作台)	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	3.89 1	5.14E-0 6	0.63
	②	DSA 手术室西侧医护通道防护门外30cm 处	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	4.54 9	5.14E-0 6	0.52
	③	DSA 手术室西侧墙体外30cm 处(谈话间)	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	4.81 1	2.55E-0 6	0.23
	④	DSA 手术室北侧墙体外30cm 处(卫生间)	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	4.67 7	2.55E-0 6	0.24
	⑤	DSA 手术室东侧污物通道防护门外30cm 处	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	4.98 1	5.14E-0 6	0.43
	⑥	DSA 手术室东侧墙体外30cm 处(缓冲、苏醒间)	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	3.76 5	2.55E-0 6	0.38
	⑦	DSA 手术室东侧患者通道防护门外30cm 处	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	4.31 2	5.14E-0 6	0.58
	⑧	DSA 手术室南侧墙体外30cm 处(过道)	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	3.72 4	2.55E-0 6	0.39
	⑨	DSA 机房正上方检验科(样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房)	0.75	1200 2	0.001 3	400	0.8	4.12	1.62E-0 6	0.20

由表 11-9 计算结果可知，DSA 手术室各关注点处（除床旁手术位）散射剂量率水平最大值为 0.63μSv/h。

②泄漏射辐射剂量率

根据公式 11-2，DSA 各关注点漏射透射因子计算结果见表 11-10。

表 11-10 DSA 各关注点漏射透射因子结果

模式	关注点编号	关注点位置	屏蔽铅当量	α	β	γ	B
75KV 透视 模式	①	DSA 手术室西侧铅窗外 30cm 处（操作台）	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	②	DSA 手术室西侧医护通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	③	DSA 手术室西侧墙体外 30cm 处（谈话间）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	④	DSA 手术室北侧墙体外 30cm 处（卫生间）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	⑤	DSA 手术室东侧污物通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	⑥	DSA 手术室东侧墙体外 30cm 处（缓冲、苏醒间）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	⑦	DSA 手术室东侧患者通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	3.067	18.83	0.7726	3.69E-07
	⑧	DSA 手术室南侧墙体外 30cm 处（过道）	4.28mmPb	3.067	18.83	0.7726	1.56E-07
	⑨	DSA 机房正上方检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	4.46mmPb	3.067	18.83	0.7726	9.0E-08
95kV 减影 模式	①	DSA 手术室西侧铅窗外 30cm 处（操作台）	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
	②	DSA 手术室西侧医护通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
	③	DSA 手术室西侧墙体外 30cm 处（谈话间）	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06
	④	DSA 手术室北	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06

		侧墙体外 30cm 处（卫生间）					
⑤		DSA 手术室东侧废物通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
⑥		DSA 手术室东侧墙体外 30cm 处（缓冲、苏醒间）	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06
⑦		DSA 手术室东侧患者通道防护门外 30cm 处	4.0mmPb	2.507	15.33	0.9124	5.14E-06
⑧		DSA 手术室南侧墙体外 30cm 处（过道）	4.28mmPb	2.507	15.33	0.9124	2.55E-06
⑨		DSA 机房正上方检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	4.46mmPb	2.507	15.33	0.9124	1.62E-06

注：《放射诊断放射防护要求》（GBZ130—2020）中无 75kV 和 95kV 工况下α、β、γ X 射线辐射衰减的有关拟合参数，透视模式下保守取 90kV 工况拟合参数，减影模式下保守取 100kV（散射）工况拟合参数。

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，剂量率计算公式参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中 5.2.1b）给出的公式进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{(式 11-4)}$$

式中：

HL——预测点处的泄漏辐射剂量率，μSv/h；

H0•f——距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率，μGy/h，根据国际放射防护委员会第 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》“（77）用于诊断目的的每一个 X 射线管必须封闭在管套内，以使得位于该套管内的 X 射线管在制造厂规定的每个额定值时，离焦点 1m 处所测得的泄漏辐射在空气中的比释动能不超过 1mGy/h”即 1000μGy/h；

R——靶点距关注点的距离，m；

B——屏蔽透射因子，取表 11-10；

f——对有用束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率；

根据公式 11-4，各关注点位泄漏辐射剂量率计算参数及结果见表 11-11。

表 11-11 各关注点位泄漏辐射剂量率计算参数及结果

模式	关注点 编号	关注点 位置	H0 ($\mu\text{Gy/h}$)	R (m)	B	HL ($\mu\text{Gy/h}$)
透视	①	DSA 手术室西侧 铅窗外 30cm 处 (操作台)	1000	3.891	3.69E-07	2.80E-05
	②	DSA 手术室西侧 医护通道防护门 外 30cm 处	1000	4.549	3.69E-07	1.78E-05
	③	DSA 手术室西侧 墙体外 30cm 处 (谈话间)	1000	4.811	1.56E-07	6.74E-06
	④	DSA 手术室北侧 墙体外 30cm 处 (卫生间)	1000	4.677	1.56E-07	7.13E-06
	⑤	DSA 手术室东侧 污物通道防护门 外 30cm 处	1000	4.981	3.69E-07	1.49E-05
	⑥	DSA 手术室东侧 墙体外 30cm 处 (缓冲、苏醒间)	1000	3.765	1.56E-07	1.10E-05
	⑦	DSA 手术室东侧 患者通道防护门 外 30cm 处	1000	4.312	3.69E-07	1.98E-05
	⑧	DSA 手术室南侧 墙体外 30cm 处 (过道)	1000	3.724	1.56E-07	1.12E-05
	⑨	DSA 机房正上方 检验科(样本接收 室、拆包间、低温 试剂间、常温试剂 间、病理档案室、 纯水机房)	1000	4.12	9.0E-08	5.30E-06
减影	①	DSA 手术室西侧 铅窗外 30cm 处 (操作台)	1000	3.891	5.14E-06	3.40E-04
	②	DSA 手术室西侧 医护通道防护门 外 30cm 处	1000	4.549	5.14E-06	2.48E-04
	③	DSA 手术室西侧 墙体外 30cm 处 (谈话间)	1000	4.811	2.55E-06	1.10E-04
	④	DSA 手术室北侧 墙体外 30cm 处 (卫生间)	1000	4.677	2.55E-06	1.17E-04
	⑤	DSA 手术室东侧 污物通道防护门	1000	4.981	5.14E-06	2.07E-04

		外 30cm 处				
⑥		DSA 手术室东侧墙体外 30cm 处（缓冲、苏醒间）	1000	3.765	2.55E-06	1.80E-04
⑦		DSA 手术室东侧患者通道防护门外 30cm 处	1000	4.312	5.14E-06	2.76E-04
⑧		DSA 手术室南侧墙体外 30cm 处（过道）	1000	3.724	2.55E-06	1.84E-04
⑨		DSA 机房正上方检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）	1000	4.12	1.62E-06	9.54E-05

由表 11-11 计算结果可知，DSA 机房各关注点处（除床旁手术位）泄漏辐射剂量率水平最大值为 $3.40E-04\mu\text{Sv/h}$ 。

③床旁手术位剂量率估算

根据医院提供资料，DSA 手术室内仅存在透视操作情况，对于机房内职业人员，需考虑透视模式下受到的辐射剂量。参照《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）表 B.1 和图 I.3 规定：透视防护区检测平面上周围剂量当量率应不大于 $400\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目辐射工作人员在手术室内操作时身穿铅衣、戴铅围脖等，这些防护用品均为 0.5mm 铅当量。本项目 DSA 透视最大管电压 75kV，查《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2 无 75kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，因此保守采用表中 90kV 对应的 X 射线辐射衰减有关的拟合参数，查得铅对于 90kV 时 X 射线辐射衰减的拟合参数 $\alpha=3.067$ 、 $\beta=18.83$ 、 $\gamma=0.7726$ ，根据（式 11-2）计算可得，0.5mm 铅当量防护用品对应的屏蔽透射因子约为 0.0252，即医生在透视工况下的最大受照剂量率水平为 $10.08\mu\text{Sv/h}$ 。

④散射和泄漏总辐射剂量率估算

根据表 11-9 和表 11-11 的计算结果，以上计算得出的剂量率单位为 $\mu\text{Gy/h}$ ，通过转换因子计算，将剂量率单位换成 $\mu\text{Sv/h}$ 。各关注点处散漏射所致附加剂量率总和，见表 11-12。

表 11-12 DSA 散漏射所致附加剂量率总和 单位：(μSv/h)

模式	关注点 编号	关注点 位置	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射+ 泄漏辐射	标准限 值
透视	①	DSA 手术室西侧 铅窗外 30cm 处 (操作台)	1.14E-02	2.80E-05	1.14E-02	2.5
	②	DSA 手术室西侧 医护通道防护门 外 30cm 处	8.37E-03	1.78E-05	8.39E-03	2.5
	③	DSA 手术室西侧 墙体外 30cm 处 (谈话间)	3.17E-03	6.74E-06	3.18E-03	2.5
	④	DSA 手术室北侧 墙体外 30cm 处 (卫生间)	3.35E-03	7.13E-06	3.36E-03	2.5
	⑤	DSA 手术室东侧 污物通道防护门 外 30cm 处	6.98E-03	1.49E-05	6.99E-03	2.5
	⑥	DSA 手术室东侧 墙体外 30cm 处 (缓冲、苏醒间)	5.17E-03	1.10E-05	5.18E-03	2.5
	⑦	DSA 手术室东侧 患者通道防护门 外 30cm 处	9.32E-03	1.98E-05	9.34E-03	2.5
	⑧	DSA 手术室南侧 墙体外 30cm 处 (过道)	5.28E-03	1.12E-05	5.29E-03	2.5
	⑨	DSA 机房正上方 检验科(样本接收 室、拆包间、低温 试剂间、常温试剂 间、病理档案室、 纯水机房)	2.48E-03	5.30E-06	2.49E-03	2.5
减影	①	DSA 手术室西侧 铅窗外 30cm 处 (操作台)	0.63	3.40E-04	0.63	2.5
	②	DSA 手术室西侧 医护通道防护门 外 30cm 处	0.52	2.48E-04	0.52	2.5
	③	DSA 手术室西侧 墙体外 30cm 处 (谈话间)	0.23	1.10E-04	0.23	2.5
	④	DSA 手术室北侧 墙体外 30cm 处 (卫生间)	0.24	1.17E-04	0.24	2.5
	⑤	DSA 手术室东侧 污物通道防护门 外 30cm 处	0.43	2.07E-04	0.43	2.5
	⑥	DSA 手术室东侧	0.38	1.80E-04	0.38	2.5

		墙体外 30cm 处 (缓冲、苏醒间)				
	⑦	DSA 手术室东侧 患者通道防护门 外 30cm 处	0.58	2.76E-04	0.58	2.5
	⑧	DSA 手术室南侧 墙体外 30cm 处 (过道)	0.39	1.84E-04	0.39	2.5
	⑨	DSA 机房正上方 检验科(样本接收 室、拆包间、低温 试剂间、常温试剂 间、病理档案室、 纯水机房)	0.20	9.54E-05	0.20	2.5
透视		床旁	/	/	10.8	400

由表 11-12 计算结果可知，DSA 机房各关注点处（除床旁手术位）散射、漏射辐射剂量率水平总和最大值为 0.63 μ Sv/h，满足《放射诊断放射防护要求》

（GBZ130—2020）中“周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的限制要求。床旁手术位满足《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76—2020）附录 B 表 B.1 中“透视防护区检测平面上周围剂量当量率（非直接荧光屏透视设备） \leq 400.0 μ Sv/h”的限制要求。

⑤剂量估算

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，因此保守选取离辐射工作场所最近的四周环境各关注点附加剂量率进行剂量估算。

表 11-13 项目所致周围环境保护目标所致年有效剂量率估算

主要环境保护目标	方位	位置	附加剂量率 (μ Sv/h)		出束时间 (h/a)		年有效剂量 估算总和 (mSv/a)	
			透视	减影	透视	减影		
DSA 手术 室	职业 人员	手术 室 内	内一科 (手术位操作医 生)	10.08	/	54.17	/	0.55
			内二科 (手术位操作医 生)	10.08	/	54.17	/	0.55
			急诊科 (手术位操作医 生)	10.08	/	50	/	0.50
			放射科 (手术位操作医 生)	10.08	/	75	/	0.76

	手术室 西侧、 东侧	操作间、设备间、 谈话间、药品存储 1 间、换鞋间、男 更衣室、女更衣室、 换鞋间、缓冲及苏 醒间、污物打包间	9.34E-03	0.63	233.34	16.67	1.27E-02
公众	手术室 北侧	卫生间、候诊区、 室内过道、院内道 路、住院楼	3.36E-03	0.24	233.34	16.67	4.84E-03
	手术室 西侧	室内过道、更衣室、 餐厅、院内道路、 停车区	8.39E-03	0.63	233.34	16.67	1.25E-02
	手术室 南侧	室内过道、CT 检查 室、钼靶检查室、 DR 检查室、资料 室、配电房、卫生 间、电梯间、院内 道路、门诊楼	5.29E-03	0.39	233.34	16.67	7.74E-03
	手术室 东侧	室内过道、院内道 路	9.34E-03	0.58	233.34	16.67	1.18E-02
	手术室 上方	检验科（样本接收 室、拆包间、低温 试剂间、常温试剂 间、病理档案室、 纯水机房）	2.49E-03	0.20	233.34	16.67	3.92E-03

注：使用科室手术位操作医生不进行交叉使用，故按年透视出束时间进行估算年剂量。其余保护目标均按照年透视出束时间和年减影出束时间总和进行保守估算。

根据表 11-13 可知，本项目 DSA 对操作医生造成的最大年有效剂量估算为 0.76mSv/a，低于职业年有效剂量管理限值 5mSv/a；对保护范围内的公众人员造成的最大年有效剂量估算为 1.25E-02mSv/a，低于公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）和《云南省环保局关于〈在辐射安全许可工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函[2006]727 号）对职业人员及公众照射的要求。

(2) 叠加影响分析

本项目拟设置于双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼，院区内暂无其他射线装置，因此，本评价不考虑与新院区在用其他射线装置的叠加影响。

本项目所有辐射工作人员均由医院其他科室调配，以往及之后均不操作院内其他辐射装置，因此不再考虑本项目辐射工作人员的叠加影响。

11.2.4 运营期水环境、固体废弃物、声环境、废气影响分析

（1）水环境影响分析

①项目污水处理措施

双柏县人民医院新院区建设有一座处理规模为 300m³/d 的污水处理站用于处理院区产生的废水，污水处理站位于院区西南角，本项目工作人员产生的生活污水、医疗废水依托双柏县人民医院新院区建设的污水处理站进行处理，污水处理站处理采用“格栅+调节池+混凝沉淀+消毒”处理工艺，项目废水经医院已建的污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入双柏县污水处理厂进行深度处理。双柏县人民医院新院区污水处理站建设时已考虑一定的余量，本项目废水产生量很少（16m³/a），双柏县人民医院新院区建设的污水处理站能够接纳本项目产生的废水。且本项目产生的废水不含放射性废水及含重金属废水，其水质与医院其他手术室废水一致，因此，本项目废水排入双柏县人民医院新院区污水处理站进行处理，从规模及水质上来分析都是可行的。本项目运营期医疗废水、生活污水均能够排入医院污水处理站进行处理，对区域水体环境影响很小。

（2）大气环境影响分析

本项目 DSA 手术室内采用上进下排的通风系统，产生的少量臭氧及氮氧化物经楼内排风管道引致楼顶排放，常温下臭氧自行分解为氧气，废气再经稀释扩散后对环境影响很小。

（3）声环境影响分析

本项目运营期噪声主要来源于 DSA 设备、通风系统的风机，机房所使用的射线装置、风机均选用低噪声设备，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声较小，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到 GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》2 类标准要求。

（4）固体废弃物

①本项目 DSA 采用数字成像，成像结果刻入光盘内由病人带走，无废胶片产生。

②本项目介入手术产生的医疗废物主要为药棉、纱布、手套等，该部分医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置。

③医护人员产生的生活垃圾不属于医疗废物。生活垃圾集中收集并交由环卫部门统一清运。本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

11.3 辐射事故影响分析

本项目涉及 1 台 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事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。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。

1、本项目可能发生的事故情况

(1) 患者通道开关装置和报警系统发生故障，导致无关人员误入正在运行的射线装置机房受到照射；

(2) 在患者通道防护门未关闭时即进行曝光，造成防护门附近人员受到照射。

2、事故情况下环境影响分析

预测选用李士骏编著的《电离辐射剂量学》中的估算方法预测分析 DSA 透视情况下对介入手术室内工作人员的辐射剂量，估算模式如下：

$$\dot{X} = I \cdot t \cdot v_w \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 \cdot f \quad (\text{式 11-5})$$

$$D = 8.72 \times 10^{-3} \dot{X} \quad (\text{式 11-6})$$

$$H = \mu \times D \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

X：离射线装置 r 处产生的照射量，R。

D：离射线装置 r 处产生的空气吸收剂量，Gy。

I：管电流（mA），根据医院提供资料，本项目介入手术透视时最大管电流为 15mA。

V_{r0}：在给定的管电压和射线过滤情况下，距射线装置 r₀（r₀=1m）处，由单位管电流（1mA）造成的照射量率，R·mA⁻¹·min⁻¹；查《辐射防护手册》（第一分册）图 4.4c，本项目 DSA 射线装置采用 3mmAl 过滤板，管电压 75kV 以下，V_{r0}=0.48R/mA·min⁻¹。

r：与主射束距离，第一术者位与主射束距离 r 约为 0.3m；第二术者位

r 约为 0.8m。

f: 防护材料对 X 射线的减弱因子，无量纲；

μ: 转换因子，对 γ、X 射线取 1。

H: 有效剂量，Sv。

医生在机房内操作时身穿铅衣、戴介入防护手套、铅眼镜、铅围脖，同时使用床侧帘进行防护，这些防护用品均相当于 0.5mm 铅当量，第一术者位医生实际受到两层保护，防护能力相当于 1mm 铅当量；第二术者位医生仅受铅衣、铅眼镜、铅围脖等防护，防护能力相当于 0.5mm 铅当量。查《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）图 10.5e，在 75kV 时（本项目保守考虑），1mmPb 对 X 射线的减弱因子 f=0.0012，0.5mmPb 减弱因子 f=0.013。由于医生处于射线的非主射束方向，仅位于 X 漏射、散射束方向，因此照射量率取主射束方向的 1‰（注：国家辐射防护及测量委员会（NCRP）报告（第 49 号出版）第 147 号和 151 号报告中针对能量在 10MV 以下医用 X 射线结构屏蔽设计和评价，漏射、散射辐射比率不大于有用束剂量的 1‰）。

根据项目可能发生的事事故可以看出，事故情况下人员均处于非主束方向。

事故状态下，项目 DSA 一台手术累计透视时间最长以 15min 计，公众误入或未撤离最长受照时间以 2min 计。按公式(11-5)、公式(11-6)及公式(11-7)，本项目一台手术事故情况下工作人员及公众所受到的有效剂量当量见表 11-14。

表 11-14 本台事故情况下工作人员和公众所受到的有效剂量

事故工况	与射线竖侧向之间的距离 (m)	曝光方式	曝光时间 (min)	防护情况	DSA 致剂量当量估算 (mSv)
公众（误入或未撤离）	0.3（非主射方向）	透视	2	公众无防护	0.70
职业	第一术者位医生	透视	15	医生在设备自带铅帘（0.5mm 铅当量）后操作，未穿铅衣	0.14
				医生未使用铅帘遮挡，未穿铅衣，无防护	10.46
	第二术者位医生	0.8（非主射方向）	透视	15	医生不在铅帘后，未穿铅衣，无防护

说明：以透视工况管电压 75kV，管电流 15mA 计算。

从表 11-14 估算结果可看出：

①第一术者位医生在使用设备自带床侧吊帘、未穿防护服的情况下，一台手术所受剂量为 0.14mSv，低于职业人员 5mSv/a 的行政管理限值；在未使用设备自带床侧吊帘、未穿防护服的情况下，一台手术所受剂量为 10.46mSv，超过职业人员 5mSv/a 的行政管理限值，未超过职业人员 20mSv/a 的国家标准限值，不属于辐射事故。

②第二术者位医生在未使用设备自带床侧吊帘、未穿防护服的情况下，一台手术所受剂量为 1.47mSv，低于职业人员 5mSv/a 的行政管理限值。

③公众误留、误入机房无防护的情况下，距离射线束侧向 0.3m 时一台手术所受剂量为 0.70mSv，超过公众 0.25mSv/a 的行政管理限值，未超过公众 1mSv/a 的国家标准限值，不属于辐射事故。

根据计算，本项目工作人员和公众在不同误照射情况下受到超年剂量限值曝光时间的计算见表 11-15。

表 11-15 不同误照射情况下受到超年剂量限值曝光时间

事故工况		与射线竖侧向之间的距离 (m)	防护情况	年剂量限制 (mSv)	曝光时间
公众(误入或未撤离)		0.3 (非主射方向)	公众无防护	1	1.43min
职业	第一术者位医生	0.3 (非主射方向)	医生在设备自带铅帘 (0.5mm 铅当量)后操作，未穿铅衣	20	36.76h
			医生未使用铅板遮挡，未穿铅衣，无防护		28.67min
	第二术者位医生	0.8 (非主射方向)	医生不在铅帘后，未穿铅衣，无防护		3.40h
说明：以透视工况管电压 75kV，管电流 12mA 计算。					

从表 11-15 估算结果可看出：①公众误入或未撤离机房，在机房内与射线束侧向之间为 0.3m，受照射时间达到 1.43min 时所致剂量为 1mSv，达到公众年剂量限值，可造成公众人员超剂量照射；②DSA 室内第一术者位医生在没有穿防护服，但有铅帘遮挡情况下，受照射时间达到 36.76h 时所致剂量为 20mSv，达到职业年剂量限值，可造成职业人员超剂量照射；DSA 室内第一术者位医生在没有穿防护服且无铅帘遮挡情况下，受照射时间达到 28.67min 时所致剂量为 20mSv，达到职业年剂量限值，可造成职业人员超剂量照射；③DSA 室内第二术者位医生在没有穿防护服且无铅帘遮挡情况下，受照射时间达到 3.40h 时所致剂

量为 20mSv，达到职业年剂量限值，可造成职业人员超剂量照射。

根据 2024 年云南省政府办公厅印发的《云南省核事故应急预案》规定：根据辐射事故的性质、程度、可控性和影响范围等因素，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。

根据其规定，本项目可能发生的辐射事故属第 2.4 点中“属于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”，为一般辐射事故。

（3）辐射事故防范措施

对前述本项目 DSA 可能发生的事故情况，为了防止其发生，采取多种防范措施：

①操作台和手术室内 DSA 设备上均安装有紧急停机按钮，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示；

②手术室防护门外醒目位置设置电离辐射警告标志及工作指示灯，具备门灯联锁装置，DSA 处于工作状态时，机房防护门关闭，防护门顶部的工作状态指示灯变亮，警示非工作人员不得入内；

③必须按操作规程并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；

④手术时，医生需确认机房内无其他闲杂人等、铅防护门正常关闭后才能开启曝光；

⑤辐射工作人员在进行放射工作时必须穿戴防护用品，并佩带个人剂量计，严禁在无任何防护措施情况下进行曝光；

⑥曝光时，曝光方向严禁正对机房内医生所在位置。

上述各种安全装置，体现了《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定要求。有了以上安全防范设施、加上人员的正确操作和认真执行各种安全规章制度，即可减少或避免人员误入和超剂量照射事故的发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 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》（2021年版）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；从事辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

医院已成立了辐射安全与防护管理领导小组并发布了文件，文件中明确了领导小组成员组成和工作职责。

本项目辐射工作人员及管理人员均应按的要求参加辐射安全与防护培训，考核合格后方能满足辐射工作岗位的要求。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年版）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，使用射线装置的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。《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》列出了医院使用 DSA 应建立的管理制度，具有很强的指导意义和参考价值。有关管理制度要求与医院管理制度现状的对照分析如表 12-1 所示。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况	备注
1	A 综合	辐射安全管理规定	已有	《辐射防护和安全保卫制度》
2	B 场所 设施	操作规程	已有	《DSA 安全操作规程》
3		辐射安全防护设施的维护与维修制度	已有	《射线装置定期检查和维修制度》
4	C 监测	监测方案	已有	《辐射工作场所监测制度、方案》
5		监测仪表使用与校验管理制度	已有	《监测仪器检验与刻度管理》
6	D 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已有	《辐射工作人员培训、再培训制度》
7		辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	《辐射工作人员个人剂量管理制度》
8	E 应急	辐射事故应急预案	已有	《辐射事故应急预案》

医院目前制定了《X射线诊断中受检者防护规定》、《辐射安全管理制度》、《辐射工作场所监测制度、方案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《射线装置定期检查和维修制度》、《辐射工作人员资质管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射工作人员培训、再培训制度》、《质量保证大纲和质量控制计划》、《DSA安全操作规程》、《监测仪器检验与刻度管理》、《辐射事故应急预案》等制度。综上，医院制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。在医院辐射安全管理领导小组领导下，明确各科室人员责任，按照制定的辐射安全管理规章制度各科室人员严格落实，定期对辐射安全控制效果进行评议。此外，医院需不断完善各项规章制度，并落实专人负责；从事辐射诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措施进行辐射诊疗工作；对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急预案响应程序等制度应张贴于工作场所墙面醒目处。

12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年版）、环保部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，医院应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型、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、便携式X-γ辐射巡测仪等。

个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。医院应根据DSA的日常监测方案，定期对DSA手术室四周屏蔽措施进行检查；同时接受生态环境部门开展的辐射环境监督（监测）检查。项目运行过程中，每年应请有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断DSA是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。监测数据编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并于每年1月31日前上报发证机关。

（1）个人剂量监测

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“5.3 佩戴 5.3.2”中要求“对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计”和“5.3 佩戴 5.3.3”中“对于

5.3.2 所述工作的情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部”剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）”。

医院应为所有辐射工作人员配备个人双剂量计，保证所有辐射工作人员在进行辐射工作时专人佩戴，定期（至少 1 次/季度）送有资质单位检测个人剂量，并建立个人剂量健康档案。同时对检测结果及时分析，若检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况，应及时查明原因，及时解决。

（2）辐射工作人员健康检查

医院应组织相关辐射工作人员每两年进行一次健康检查，并建立健康档案。未经体检和体检不合格者，不得从事放射性工作。

（3）辐射环境及工作场所监测

①监测要求

监测项目：X- γ 空气吸收剂量率

监测频次：竣工验收委托有资质单位进行辐射环境验收监测；项目投入运营后委托有监测资质单位至少每年监测 1 次，监测报告附录到年度评估报告中，监测数据应存档备案；医院自行购买监测仪器每季度进行监测一次，确保设备正常运行，屏蔽措施到位和环保措施正常运行；定期（至少 1 次/季度）委托有资质单位对个人剂量计进行检测。

监测范围：射线装置机房内第一术者位、第二术者位、机房防护门及缝隙处、控制室操作台、铅玻璃观察窗缝隙处、机房四周屏蔽墙外，穿线孔等。

监测设备：便携式 X- γ 辐射监测仪（对于常规日常监测，医院可自行购买便携式 X- γ 辐射监测仪。对于办理辐射安全许可证的延续、更换；竣工环保验收编制辐射防护年度评估报告则须请有资质单位对辐射工作场所进行监测，并出具监测报告）。

监测质量要求：委托有资质监测单位进行监测，其仪器必须在检定有效期内，测量人员需经环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训，考核合格后方可上岗工作；环境 γ 辐射剂量率测量仪器应定期检定/校准，或通过其他量值传递方式，保证量值可溯源至国家计量基准；应定期参加环境 γ 辐射剂量率测量比对；对使用频率高、具有检验源的仪器，工作期间每天都应用检验源对仪器的工作状态进行检验；

更新仪器和方法时，应在典型的和极端的辐射场条件下与原仪器和方法的测量结果进行对照，以保持数据的前后一致性；对监测中出现辐射超标问题，及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)，在运行前对屏蔽墙或自屏蔽体外 30cm 处的 X-γ辐射空气吸收剂量率进行一次监测。运行中，对四周屏蔽墙或自屏蔽体外 30cm 处的 X-γ辐射空气吸收剂量率进行巡测，监测高度为 1m；对上一层楼 X-γ辐射空气吸收剂量率进行巡测，监测点高度为 1m；对下一楼层 X-γ辐射空气吸收剂量率进行巡测，监测点高度为 1.7m。并选择部分关注点位开展γ辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）或累积剂量监测，合理布设监测点位置，兼顾监测技术规范和实际情况，监测结果具有代表性和针对性。

②监测计划

为避免联锁装置失效，人员未能及时发现的情况，医院在日常运营过程中，工作人员应佩戴个人剂量报警仪，加强辐射工作场所巡测，确认安全后方可进入辐射工作场所开展诊疗。监测计划如表 12-2 所示。

表 12-2 监测计划一览表

项目	监测项目	监测频度	监测范围	监测设备
自主监测	X-γ辐射剂量率	每季度至少 1 次	DSA 手术室所有防护门及缝隙处、操作间操作台、铅玻璃观察窗缝隙处、机房四周屏蔽墙外，穿线孔等。	X-γ辐射监测仪（需按国家规定进行剂量检定）
委托监测	X-γ辐射剂量率	竣工环保验收监测		
		编制辐射防护年度评估报告（每年 1 次）		
		辐射安全许可证的延续、更换		
	职业性外照射个人剂量	定期（一般不超过 90 天）送有资质部门进行监测	本项目辐射工作人员	个人剂量计

12.4 环保措施竣工验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、

施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

表 12-3 竣工验收要求一览表

设备	验收项目		具体措施
DSA	程序合法性	环保手续	项目环评批复、辐射安全许可证申领
	建设内容		1 台 DSA，型号为待定，管电压 125kV、管电流 1000mA
	屏蔽措施		<p>墙体：四周墙体采用 240mm 厚实心砖墙+2mm 厚铅板满铺，综合防护水平折合 4.28mm 铅当量。</p> <p>屋顶：120mm 厚混凝土+45mm 厚硫酸钡防护涂料层满铺，综合防护水平折合 4.46mm 铅当量。</p> <p>防护门（3 套）：操作间防护门 1 套、患者通道防护门 1 套、污物通道防护门 1 套均为 50mm 厚的防护铅门，内置 4mm 铅板，综合防护水平折合 4.0mm 铅当量防护水平。</p> <p>观察窗：位于机房东侧墙体（长 1.5m、高 1.0m），采用 20mm 厚铅玻璃，综合防护水平折合 4.0mm 铅当量防护水平。</p> <p>操作位：床侧铅帘具有 0.5mm 铅当量防护水平，防护屏蔽吊架铅板具有 0.5mm 铅当量防护水平。</p> <p>DSA 手术室有效使用面积为 52.85m²，长×宽×高=7.55m×7.0m×4.5m。DSA 手术室最小单边长度、有效使用面积以及屏蔽防护水平满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。</p>
	辐射防护设施及运行情况		安全装置
		废气处理	<p>本项目 DSA 手术室内采用上进下排的通风系统。DSA 手术室进风管道从南侧穿墙引入，进风口位于手术室中部吊顶处；DSA 手术室排风口设于 DSA 手术室东侧墙上，排风口离地约 0.2m 处，通过排风管引至东北侧排风井中，最终引至医技楼楼顶排放，进风量及出风量为 1100m³/h。通风管道采取倾斜 45 度穿墙体，采用 3mm 铅皮对风管与墙面防护层搭接，搭接长度为 30cm，并对向介入手术室内延伸 1m 的管道采用 3mm 铅皮包裹进行屏蔽补偿，经过铅皮等防护措施处理后，能够有效防止射线直接从风管照射出机房。因此穿墙部分不影响墙体整体的防护性能和机房外的辐射水平。</p>

	警示标识	机房防护门上张贴电离辐射警示标志，操作间墙上张贴操作规程，辐射事故应急流程，岗位职责等。
	监测仪器	便携式辐射巡测仪 1 台，2 台个人剂量报警仪，28 枚个人剂量计。
	防护用品	拟为辐射工作人员配备 3 套 0.5mm 铅当量的铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅围裙、铅帽、铅手套等个人防护用品。拟为患者配备 2 套 0.5mm 铅当量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、阴影屏蔽器具等个人防护用品。手术室内配备 0.5mm 铅当量的铅悬挂防护屏、床侧防护帘各 1 件。
工作区域管理		对控制区和监督区进行分区管理，建立相关制度并安装警示标志。
人员配置	辐射防护与安全培训	所有辐射工作人员在生态环境部组织的培训平台上进行报名和培训并进行考核。
	人员职业健康监护	所有辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康监护档案。
	个人剂量监测	所有辐射工作人员配备个人剂量计，建立个人剂量档案。职业人员应严格执行剂量管理，定期剂量检定，避免出现超剂量照射，若超出剂量约束值，应调查原因，相关人员采取调离工作岗位的措施。
管理制度	辐射安全管理制度	应急预案、辐射防护安全管理制度、监测计划、档案记录、个人剂量管理、操作人员培训等，所有制度均需上墙。
验收监测	X-γ辐射剂量率	机房墙体（墙外 30cm 处），防护门及缝隙处、控制室、操作台处的 X-γ辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）。

12.5 辐射事故应急

（1）辐射事故应急要求

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、《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）等有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，辐射事故应急预案应包括以下内容：

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

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（2）医院现有辐射事故应急预案评价

为加强对辐射治疗设备的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院制定了辐射事故应急预案，成立了辐射安全与环境保护领导小组，组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。该应急预案包括：

①辐射事故应急机构和职责分工；

②辐射事故应急人员的组织、培训以及应急装备、资金、物资准备；

③辐射事故报告和应急响应措施；

④辐射事故的调查和处理；

⑤辐射事故的信息公开配合相关部门及时报送事故处理进展信息，做好公众舆论引导和宣传工作；

⑥辐射事故应急终止应急终止后，进入应急总结及事故后恢复工作阶段；

（3）针对应急预案，应完善的措施：

医院应明确应急仪器、设备的负责人及存放位置、做好应急和救助的资金、物资准备、加强应急人员的组织培训等。

根据《云南省核事故应急预案》，本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故。一旦发生辐射事故，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）辐射事故应急程序

一旦发生一般辐射事故，医生应立即按下急停按钮或切断电源，封闭现场后立即向科室负责人报告，负责人1小时内向应急指挥领导小组报告，应急指挥领导小组总指挥启动应急预案，并向楚雄州生态环境局双柏分局上报；可能造成人员超剂量照射的，同时向双柏县卫生健康局上报告。

为使事故发生时能有效应对，医院每年至少须进行一次应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。

（5）能力分析

表 12-4 医院使用 II 类射线装置应具备的能力分析一览表

序号	应具备条件	规定要求	本项目设计及相关管理要求	本评价报告要求	与相关规定的符合性
1	放射性诊疗项目的屏蔽设计	放射性诊疗项目机房建筑（包括辐射防护墙、门、窗）的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射、漏射效应。	建设方按照设计单位的设计改建射线装置机房,并请有资质的单位进行防护门的设计、修建,能满足环评需要。	建设方应按计划认真做好相应的防护工作,做好日常监测。	符合
2	安全联锁	射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	在使用场所设置工作状态指示灯、警示标志和门灯连锁装置。	建设方要严格执行相关操作规程、检修、检验工作,定期维护,确保辐射安全。	符合
3	紧急制动装置	在诊断、诊疗室内墙上应安装多个串联并有明显标识的“紧急制动”开关,该开关应与控制台上的“紧急制动”按钮联动。一旦按下按钮,放射性诊疗设备的高压电源被切断。	在 DSA 手术室手术控制盘上、控制室操作台处设有紧急制动按钮,该装置与设备连锁,使误留于室内人员可通过紧急制动按钮使照射终止。	运营时严格按计划执行,定期维护,确保辐射安全。	符合
4	警示标志	射线装置机房防护门外及与其他公共场所相连接处应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯,控制区边界应设置明显可见的警标识。	机房工作区域拟设置警示标志和工作状态指示灯。	落实控制区、监督区的划分,设置警戒线和警示标志。	符合
5	通风系统	放射性诊疗项目机房内应设置相应排风量的通风系统,使臭氧浓度低于国家标准要求。	射线装置机房采用上进下排的通风系统	定期维护,满足通风和防护屏蔽要求。	符合
6	管理人员要求	使用 II 类射线装置的,应当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。	医院已根据要求成立辐射与防护管理领导小组,并配备 1 名以上具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	确保有符合要求的辐射安全与环境保护工作人员开展这方面的工作。	符合
7	操作人员要求	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识	根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日发布的关于核技术利用辐射安	辐射工作人员应取得培训合格证书后方可	符合

		及相关法律法规的培训和考核。	全与防护培训和考核有关事项的公告中的相关要求(生态环境部公告 2019 年第 57 号), 本项目所有辐射工作人员均拟在生态环境部组织的培训平台上进行报名和培训并进行考核。	上岗。	
8	辐射安全许可证	必须取得生态环境行政主管部门颁发的辐射安全许可证。	已持有辐射安全许可证	本项目建成投运前更新《辐射安全许可证》。	符合
9	设备维护	每个月对本项目诊疗设备的配件、机电设备和监测仪器, 特别是安全连锁装置, 进行检查、维护。	定期对本项目诊疗设备进行检查、及时维护更换部件。	医院应按计划认真做好相应的防护工作, 完善相关制度和记录。	符合
10	个人剂量管理	每名放射性仪器设备的操作人员应配备 1 个人剂量片。个人剂量片应编号并定人配戴, 定期送交有资质的检测部门进行测量, 并建立个人剂量档案。	本项目所有辐射工作人员拟佩戴双个人剂量计, 并进行了送检, 建立了个人剂量档案。	严格要求工作人员正确佩戴双个人剂量计上岗, 每个季度定期送检, 并对检测结果及时分析, 对检测结果存在超过个人剂量管理限值的情况及时上报查明原因, 及时解决, 个人剂量档案应终生保存。	符合
11	个人防护用品配备	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, 包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	医院根据要求配备个人双剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 辐射巡测仪等仪。	医院应配备足量的个人防护用品, 医院日常应认真做好相应的个人防护工作。	符合
12	档案记录	应建立设备运行、维修、辐射环境监测记录、个人剂量管理及维修记录制度, 并存档备查。	医院拟对从事辐射工作的工作人员建立个人剂量档案, 并定期对其进行个人剂量监测。医院建立了设备运行、维修档案。	医院应及时更新妥善保存相关档案。	符合
13	装置台账	辐射工作单位应当建立放射性同位素与射线装置台账, 记载放射性同位素的核素名称、出厂时间	本项目不涉及放射性同位素, 仅涉及射线装置, 医院将建立射线装置台账, 记载射线装置的名称、型号、射线种	医院建立射线装置台账、个人剂量档案和职业健康监护档案并长期保	符合

		和活度、标号、编码、来源和去向，及射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。放射性同位素与射线装置台账、个人剂量档案和职业健康监护档案应当长期保存。	类、类别、用途、来源和去向等事项	存	
14	辐射监测方案	应建立放射性诊疗项目的日常辐射监测方案。	医院已制定《辐射工作场所监测制度、方案》。	项目运行后每年至少委托有资质的单位进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，监测数据定期上报生态环境主管部门备案。	符合
15	辐射安全防护管理制度	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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	目前医院已具备和制定的管理制度有：《X射线诊断中受检者防护规定》、《辐射安全管理制度》、《辐射工作场所监测制度、方案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《射线装置定期检查和维修制度》、《辐射工作人员资质管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理制度》、《辐射工作人员培训、再培训制度》、《质量保证大纲和质量控制计划》、《DSA 安全操作规程》、《监测仪器检验与刻度管理》、《辐射事故应急预案》。	医院应将各项规章制度落实专人负责。从事放射性诊疗的工作人员必须严格按照制定的规章制度和应急处理措施进行放射诊疗工作，所有制度应张贴上墙。	符合
16	放射诊疗质量保证	使用放射性同位素和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	医院已安排了一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作，且医院已制定专门的《质量保证大纲和质量控制计划》。	医院应安排专人负责质量保证与质量控制检测工作，发现问题及时解决。	符合

		质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。			
17	废物处理方案	应具有确保项目产生固体废物、废水、废气达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	废水进入医院污水处理站预处理达标后外排市政污水管网；医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置；生活垃圾集中收集后交由环卫部门统一清运。	固体废弃物和废水合理处置。	符合
18	辐射事故应急措施	有完善的辐射事故应急措施。	医院已制定放射事故应急处理预案。	医院每年至少须进行一次应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。	符合

根据上表所述，双柏县人民医院按照本报告提出的要求进行落实后具备了使用射线装置的单位申领许可证应具备的条件，具备了使用本次评价 1 台 DSA（II 类射线装置）的能力。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

本项目拟利用双柏县人民医院新院区医技楼 1 楼新建的介入手术室及配套辅助用房，进行防辐射装修后，新增 1 台 DSA 装置，型号待定，设备参数为最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，该 DSA 设备属于 II 类射线装置。DSA 手术室净尺寸为：长×宽×高=7.55m×7.0m×4.5m，有效使用面积为 52.85m²。本项目总投资 800 万元，其中环保投资约 62.5 万元。

13.1.2 实践的正当性

本项目 DSA 在运行期间将会产生一定的电离辐射，虽然会增加机房周围的电离辐射水平，但是项目对手术室四周墙体、顶棚、防护门及观察窗采取了屏蔽措施，屏蔽厚度均不低于 2mm 铅当量，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求；设备自带有辐射防护设备，医务人员工作时穿戴铅衣、铅手套、铅围脖、铅眼镜等防护用品；项目操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门处设计有工作状态指示灯，门灯能有效联动；操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门表面以及过道外墙上设计有电离辐射警告标志及中文警示说明；DSA 手术室设备上及操作室控制台处各设计有 1 个急停按钮；DSA 手术室内安装 1 套监控和对讲系统，可实时监控 DSA 介入室内情况。采取上述各种屏蔽措施和管理措施后项目产生的辐射可得到有效的控制，根据预测可知，项目职业人员及周围公众所受有效剂量满足管理限值要求。项目投入使用不仅满足患者就医需求，还将给医院带来更多的经济效益和社会效益，项目产生的效益远大于电离辐射导致的危害，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。。

13.1.3 产业政策符合性及规划符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第十三项医药中第 4 款：“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发

与应用”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

本项目位于双柏县城西城社区彝源路北段双柏县人民医院新院区医技楼1楼介入手术室。该用地属于双柏县已规划的医疗卫生用地，本项目不涉及新增占地，因此项目符合双柏县国土空间规划。

13.1.4 选址的合理性

（1）选址合理性分析

双柏县人民医院新院区位于双柏县城西城社区彝源路北段，本项目DSA手术室及配套用房位置为双柏县人民医院新院区医技楼1楼介入手术室(经度：101° 37' 36.012"；纬度：24° 42' 9.421")。新院区医技楼北侧为住院楼、食堂，与DSA手术室距离为26m；104m；西侧为院内道路、停车区，距离DSA手术室距离分别为22m、36m；南侧为门诊楼，距离DSA手术室距离分别为41m；东侧为综合楼、宿舍楼、传染科楼，距离DSA手术室距离分别为71m、135m、143m。DSA手术室墙体外延50m范围内均为医院内部建筑物、道路、景观绿化区、停车场等。本项目50m范围之内无自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，也未紧邻产科、儿科等。本项目DSA手术室进行了相应的辐射屏蔽设计，根据表11环境影响分析可知，经采取相应防护治理措施后，项目设备电离辐射对周围环境影响较小，选址合理。

（2）平面布置和人员通道合理性分析

本项目DSA手术室拟建位置为医技楼1楼北侧。DSA手术室北侧为卫生间、候诊区、室内过道、院内道路、住院楼；DSA手术室南侧为室内过道、CT检查室、钼靶检查室、DR检查室、资料室、配电房、卫生间、电梯间、院内道路、门诊楼；DSA手术室西侧隔本项目谈话间、操作间、设备间、药品存储间、更衣室、换鞋间外为室内过道、更衣室、餐厅、院内道路、停车区；DSA手术室东侧隔本项目污物打包间、缓冲及苏醒间外室内过道、院内道路；项目DSA手术室下方无楼层；项目DSA手术室上方为检验科（样本接收室、拆包间、低温试剂间、常温试剂间、病理档案室、纯水机房）。本项目医护人员办公室、值班室位于本楼层，与其他手术室共用。其中医护人员由项目区西侧通道进入，经换鞋间、更衣室后进入操作间及DSA手术室；病人由项目区东侧通道进入，经患者缓冲、苏醒区后进入DSA手术室就诊，术后原路返回；术后污物经污物从DSA手术室东侧

经污物处理间打包暂存后通过东侧污物通道离开，区域划分明确，且项目区避开了人群较为集中的区域，所处位置相对独立，医护人员通道、患者通道和污物通道都是独立设施、有利于病人流通且避免不同人员的交叉影响。同时，DSA手术室采取了有效屏蔽措施后对周围产生的环境影响是可以接受的，因此，项目平面布局合理。

13.1.5 辐射环境质量现状

2024年9月19日云南正毅环境监测有限公司对拟建DSA手术室区域辐射环境现状进行了监测，监测结果显示：本项目DSA手术室拟建区域周围环境（1-13号监测点）的X- γ 辐射剂量率在0.04~0.06 μ Sv/h范围内，DSA手术室拟建场所周围院内院外区域环境（14-22号监测点）的X- γ 辐射剂量率在0.04~0.05 μ Sv/h范围内，与本次监测的医院背景值（23号监测点）的X- γ 辐射剂量率0.07 μ Sv/h水平相当，本项目拟建场所及周围环境的X- γ 辐射剂量率处于医院所在区域正常辐射水平范围内。

13.1.6 辐射安全与防护分析

本项目DSA手术室四周墙体、顶棚、防护门及观察窗屏蔽厚度均不低于2mm铅当量，能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。设备自带辐射防护设备，医务人员工作时穿戴铅衣、铅手套、铅围脖、铅眼镜等防护用品，通过以上各项防护措施的综合使用，可有效防止X射线产生的辐射影响，对辐射工作人员和周围公众所致剂量满足本项目的管理限值要求。

另外，本项目操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门处设计有工作状态指示灯，门灯能有效联动；操作间防护门、患者通道防护门、污物通道防护门表面以及过道外墙上设计有电离辐射警告标志及中文警示说明；DSA手术室设备上及操作室控制台处各设计有1个急停按钮；DSA手术室内安装1套监控和对讲系统，可实时监控DSA介入室内情况。落实以上辐射安全措施后能够满足有关辐射防护安全要求。

13.1.7 环境影响分析结论

（1）施工期

双柏县人民医院拟将新院区医技楼1楼新建的介入手术室及配套辅助用房，进行防辐射装修后，新增1台DSA装置，设备型号待定。本项目所产生的废水

与固废均依托医院拟建的环保措施进行处理，本项目施工主要为介入手术室和配套场所的建设及装修、DSA 介入手术室的屏蔽防护措施施工，施工量较少，施工期间施工方遵守文明施工、合理施工的原则，各项环保措施到位，对周围环境影响较小。由于本项目施工量较少，施工期短，施工期影响随着施工期的结束而消失。

（2）运营期

①辐射环境影响分析

根据类比监测结果计算，本项目运行后评价范围内公众受到的有效剂量最大为 0.213mSv/a，满足公众年有效剂量低于 0.25mSv 的管理限值要求。本项目职业人员受到的年有效剂量最大为 1.548mSv/a，低于本次评价的职业年有效剂量管理限值 5mSv/a。

经过理论计算，本项目 DSA 对操作医生造成的最大年有效剂量估算为 0.76mSv/a，低于职业年有效剂量管理限值 5mSv/a；对保护范围内的公众人员造成的最大年有效剂量估算为 1.25E-02mSv/a，低于公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）和《云南省环保局关于〈在辐射安全许可工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函[2006]727 号）对职业人员及公众照射的要求。

经机房实体屏蔽防护后，本项目投入使用后对评价范围(50m)内环境保护目标环境影响较小。

②运行期水环境影响

本项目的废水主要为工作人员生活污水及医疗废水，废水依托医院污水处理站处理达标后，通过市政污水管网进入双柏县污水处理厂进行深度处理，对区域水体环境影响较小。

③运行期大气环境影响

本项目 DSA 手术室内采用上进下排的通风系统，产生的少量臭氧及氮氧化物经楼内排风管道引致楼顶排放，常温下臭氧自行分解为氧气，废气再经稀释扩散后对环境影响很小。

④运行期声环境影响

本项目运营期噪声主要来源于 DSA 设备、通风系统的风机，机房所使用的射线装置、风机均选用低噪声设备，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声较小，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到 GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》2 类标准要求。

⑤运行期固体废弃物环境影响

本项目 DSA 采用数字成像，无废胶片产生；手术过程中产生的棉签、纱布、手套、器具等医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，定期交由楚雄亚太医疗废物处置有限公司清运处置；工作人员产生的生活垃圾依托医院保洁措施，统一集中收集并交由环卫部门统一清运。采取以上处理措施后对周围环境影响很小。

13.1.8 事故情况下辐射环境影响评价结论

根据事故情况估算结果，本项目 DSA 事故情况下可能产生的后果按《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》中规定判断，可能发生一般辐射事故。

医院制定了辐射事故应急预案，各种辐射防护措施设计较齐全，基本满足辐射防护要求。医院制定的各种辐射安全制度较全面，在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取相应的防护措施可有效控制辐射事故对环境的影响。

13.1.9 医院辐射安全管理综合能力分析结论

落实设计、本《报告表》措施后，医院拥有专业的辐射工作人员和辐射安全管理机构，有符合国家环境保护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，具有对本《报告表》评价的 1 台 DSA 射线装置的使用和管理能力。

13.1.10 环保可行性结论

综上所述，双柏县人民医院数字减影血管造影（DSA）核技术利用项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则。只要严格按照国家有关法规及标准完善，加强运行管理，落实防护措施，建设单位具备对 1 台 DSA 射线装置的使用和管理能力。在落实本报告提出的辐射环境保护措施前提下，DSA 正常运行对本项目辐射工作人员和周边公众所致有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业及公众照射的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度论证，本项目建设是可行的。

13.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，医院承诺：

（1）做好辐射工作场所屏蔽防护工程的设计，加强施工过程的管理，建立工程施工档案，对隐蔽工程需留存影像、图片等资料。

（2）建立健全并落实医院辐射安全与防护管理制度，加强射线装置防控设施的日常运行管理，加强辐射工作人员辐射安全防护教育，提高辐射安全防护意识，避免误照射事故发生，辐射工作人员个人剂量按有关规定定期检测，防止职业人员年有效剂量超过云南省辐射管理职业人员限值。

（3）辐射监测仪器、报警仪器和其他辐射防护设备安排专人负责，定期检查、维护，确保其性能良好，确保监测数据可靠，为辐射防护提供可靠依据。

（4）加强辐射工作场所“监督区、控制区”日常管理及其周围辐射环境的监测，认真落实项目监测计划。加强设备安装调试期间辐射工作场所周围辐射环境监测工作。

（5）认真学习贯彻国家相关环保法律、法规，进行核文化宣贯，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

（6）项目辐射工作人员需参加辐射安全培训和考核，持证上岗。

（7）自觉自愿接受生态环境行政主管部门的监督检查。

（8）当项目设备不再使用，应依法办理退役（报废）手续，相关设备由有资质单位进行回收处理。

13.3 建议

（1）项目竣工后应按照国家相关法律法规和表 12-4 竣工验收要求一览表所列内容尽快开展环保设施竣工自主验收。

（2）在实施诊治之前，事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。

（3）医院应合理分配医生的手术量，尽量做到平均分配，以防因手术量过多造成个人剂量超过管理限值要求。

（4）定期进行辐射事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断完善辐射事故应急预案及相关管理制度。

（5）每年 1 月 31 日前必须上报上一年度的辐射安全与防护状况报告给生态环境行政主管部门。

建设项目竣工验收

建设项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

建设单位应公开上述相关信息，向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用。

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十一条和第十三条，建设单位在验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，环境保护主管部门对上述信息予以公开。

本项目建设竣工后，医院应按照上述要求尽快开展竣工环保验收工作，本项目竣工环保验收“三同时”检查内容见附表。

预审意见：

公 章
经办人：
年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见：

公章

经办人：

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人：

年 月 日