

目录

表 1 项目基本情况.....	3
表 2 放射源.....	13
表 3 非密封放射性物质.....	13
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	15
表 6 评价依据.....	16
表 7 保护目标与评价标准.....	19
表 8 环境质量和辐射现状.....	23
表 9 项目工程分析与源项.....	27
表 10 辐射安全与防护.....	36
表 11 环境影响分析.....	51
表 12 辐射安全管理.....	66
表 13 结论与建议.....	77
表 14 审批.....	86

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 3DSA 机房所在楼层改造前现状图

附图 4 DSA 机房所在楼层改造后平面布置图

附图 5DSA 机房上方区域平面布置图

附图 6 DSA 机房平面图及剖面图

附图 7DSA 机房两区划分示意图

附图 8 医护人员、患者、污物在 DSA 机房内的运行线路图

附图 9DSA 机房屏蔽图

附图 10DSA 机房送风管道平面布置图

附图 111DSA 机房排风管道

附图 12DSA 机房电缆沟及风管穿墙示意图

附件：

附件 1. 委托书

附件 2. 事业单位法人证书

附件 3. 辐射安全许可证

附件 4. 主体工程环评批复

附件 5. 辐射安全领导小组文件

附件 6. 规章制度及辐射事故应急预案

附件 7. 本底监测报告

附件 8. 类比监测报告

附件 9. 个人剂量检测报告

附件 10. 年度监测报告

附件 11. 危险废物处置协议

附件 12. 主要技术参数说明

附件 13. 防护施工方案

表 1 项目基本情况

建设项目名称		牟定县人民医院新增一台数字减影血管造影机（DSA）核技术利用项目				
建设单位		牟定县人民医院				
法人代表	朱晓琴	联系人	张先锋	联系电话	13508850174	
注册地址		云南省楚雄州牟定县共和镇南大街				
项目建设地点		牟定县人民医院门诊楼一楼				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	850	项目环保投资（万元）	48.8	投资比例（环保投资/总投资）	5.74%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 其他			占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他					
	1.1 项目由来 牟定县人民医院创建于 1940 年 10 月，建院后医院先后曾以“牟定县卫生院”、“牟定县人民医院”、“牟定县卫生防治院”命名，1971 年 7 月 12 日，卫生防疫站从县卫生防治院防疫组分出，医院恢复牟定县人民医院名称至今。历经多年发展，医院现已发展成为基础设施完善、医疗设备先进，集医疗、保健、教学、康复、科研为一体的综合性二级甲等医院。 医院现占地面积 31848m²，建筑面积 19900 m²，固定资产 5078 万元。设有开放病床 400 张，有在职职工 284 人。医疗技术以心内科、神经内科、普外科、骨外科、肝胆外科、妇产科、眼科、口腔科为优势专业。医院设有内一科、内二科、外一科，外二科、妇产科、急诊科、中医科、五官科、麻醉科、重症医学科、儿科、感染性疾					

病科、药剂科、功能科、放射科、检验科等临床医技科室，设有医院办公室、医务科、护理部、预防保健科、财务科、后勤科、医保新农合办公室、门诊部办公室、医疗质量与病案管理办公室、信息科、人事科、感染管理科、中心供应室等职能科室。

目前医院拥有 64 排螺旋 CT、数字化透视摄影 X 射线机、口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备、高清电子胸腹腔镜、钬激光、彩色超声诊断仪、多功能麻醉机、呼吸机、电子胃肠镜、电子纤维支气管镜、全自动生化分析仪等现代先进医疗设备。

牟定县人民医院为提高诊疗水平，满足患者的就医需求，根据医院发展规划拟将门诊楼一楼原门诊药房等改建为一间 DSA 手术室及其辅助用房，新增 1 台数字减影血管造影系统（DSA）。为加强核技术应用医疗设备的辐射管理、防止辐射污染和意外事故的发生，确保新增射线装置在安装后的使用中能有效避免射线装置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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价，编制环境影响评价文件。依据《射线装置分类》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 66 号）本项目拟新增 DSA 设备属于 II 类射线装置，并根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）的相关要求，本项目属使用 II 类射线装置应编制核技术利用建设项目环境影响报告表。环评应对医院新增的 II 类射线装置、辐射环境影响进行客观合理的评价，对医院涉及新增射线装置后从事诊疗活动能否满足辐射环境管理法定要求进行分析，并为医院的环境管理提供科学依据。

云南泽塔工程技术咨询有限公司受牟定县人民医院委托（附件 1），对医院新增的 DSA 射线装置项目进行核技术应用环境影响评价。接受委托后，项目组依据环评相关的技术规范要求，在现场调查、收集资料等工作基础上，结合项目特点，编制了《牟定县人民医院新增一台数字减影血管造影机（DSA）核技术利用项目环境影响报告表》。

1.2 本次项目建设内容

1.2.1 本次项目情况

本项目拟将牟定县人民医院门诊楼一楼原门诊药房等改造为一间 DSA 机房及配套用房，新增一台 Azurion 7 M20 型医用血管造影 X 射线系统（DSA）。建成后的 DSA 机房及配套用房，高度为 4.5m，其中 DSA 机房净空尺寸为 L_长 7.3m×W_宽 6.2m×H_高

2.9m，净空面积约 45.26m²。

DSA 射线装置工作场所由控制室（操作间）及机房组成，根据牟定县人民医院及防护设计施工单位（昆明赣隆经贸有限公司）提供的资料，机房为四边形，防护设计方案如下：**四周墙体，采用 24cm 实心砖墙粉刷 3cm 硫酸钡防护涂料**，综合具有 4.11mm 铅当量的辐射防护水平；**机房顶面**，12cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板（单层 15mm 厚），相当于 4.04mm 铅当量的辐射防护水平；**机房地面**，下方无建筑，地面硬化后用 **4cm 硫酸钡水泥找平**，面层用水泥砂浆做保护层；**防护门**，患者通道大铅门 1500*2100mm，医生通道小铅门 1000 mm *2100mm，污物清洗间铅门 900 mm *2100mm，麻醉苏醒间铅门 1200 mm *2100mm，均为内衬 4mm 铅板的铅门；**观察窗**，2000 mm *900mm 铅玻璃，厚度为 20mm，具有 3.5mm 铅当量的辐射防护水平进行防护。目前医院门诊楼已投入运行多年，DSA 机房已完成设计，尚未进行改造和防护装修，现状照片见图 1-1，项目组成及主要环境问题见表 1-1。项目预计于 2023 年 6 月进行施工，2023 年 7 月竣工完成，2023 年 7 月进行设备安装和调试。



图 1-1 项目现场图

表 1-1 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	(1)DSA 机房 1 间，净尺寸为 L _长 7.3m×W _宽 6.2m×H _高 2.9m，S=45.26m ² ，V=131.25m ³ ，并采取辐射屏蔽措施。安装一台 Azurion 7 M20 型医用血管造影 X 射线系统（DSA），最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属 II 类射线装置。	施工噪声、扬尘、废水、建筑垃圾等以及 DSA 射线装置安装调试过程中的 X 射线	X 射线、臭氧、氮氧化物、医疗废物、医疗废水等
	(2) DSA 控制室 1 间，面积约 15.04m ² (5.37m×		

	2.8m)。		
辅助工程	更衣间、男女更衣室、洗消间、男女卫淋间、谈话间、麻醉苏醒间、设备间、污物清洗间、空调机房等。		--
公用工程	配电、供电、给排水、通讯系统等。		生活废水，生活垃圾
环保工程	① DSA 机房射线屏蔽措施：四周墙体，采用 24cm 实心砖墙粉刷 3cm 硫酸钡防护涂料，综合具有 4.11mm 铅当量的辐射防护水平；机房顶面，12cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板（单层 15mm 厚），相当于 4.04mm 铅当量的辐射防护水平；机房地面，下方无建筑，地面硬化后用 4cm 硫酸钡水泥找平，面层用水泥砂浆做保护层；防护门，患者通道大铅门 1500*2100mm，医生通道小铅门 1000 mm *2100mm，污物清洗间铅门 900 mm *2100mm，麻醉苏醒间铅门 1200 mm *2100mm，均为内衬 4mm 铅板的铅门；观察窗，2000 mm *900mm，厚度为 20mm，具有 3.5mm 铅当量的辐射防护水平进行防护。 ② 机房安装有净化空调机组进行通排风，排风量 600 m³/h，送风量 1000m³/h，保持室内通风。 ③空调机组、风机等采用减震设计。 ④产生固废依托医院废物管理制度统一处置。 ⑤产生废水，布设管道接入并依托医院废水收处系统设施进行处理。		--

1.2.2 设备配置及主要技术参数

项目使用设备配置及主要技术参数见表 1-2。

表 1-2 设备配置及主要技术参数

设备名称	规格型	数量	生产厂家	主要技术参数		出束方向	用途
				额定管电压(kV)	额定管电流(mA)		
医用血管造影 X 射线系统 (DSA)	Azurion 7 M20	1 台	飞利浦	125	1000	从下往上	诊断及介入治疗

1.2.3 项目 DSA 使用情况

本项目 DSA 由医学影像科负责管理，主要由心内科、神经外科、神经内科开展介入手术，预计每年开展介入手术 650 例，其中心内科年开展介入手术 300 例，神经内科年开展介入手术 200 例，神经外科年开展介入手术 150 例。

DSA 设备使用操作基本分为介入手术时脉冲透视以及减影。一是操作人员采取隔室减影操作，即医生在控制室内对病人进行曝光；二是进行介入手术治疗采用连续脉冲透视，即医生身着铅服、铅眼镜在曝光室内对病人进行连续曝光。DSA 主射方向为由下向上，设备有靶头旋转出束操作情况。

根据医院提供的设备使用计划，设备使用模式基本分为透视及减影，每例手术出束时间约 12.5 分钟（其中：透视 12 分钟，减影 30 秒），年出束时间约为 135.42 小时（其中：透视 130 小时，减影 5.42 小时）。设备使用情况见表 1-3。

表 1-3 本项目 DSA 计划使用情况一览表

管理科室	使用科室	预计年出束时间 (h)	年预计手 术量(例)	平均每例手术透 视模式曝光时间 (min)	平均每例手 术减影曝光 时间 (s)
医学影像科	心内科、神经内 科、神经外科	135.42h（透视 130h，减影 5.42h）	650	12	30

1.2.4 工作人员及工作制度

涉及使用本次 DSA 设备的辐射工作人员共 11 人，其中 DSA 控制室操作技师 2 名，由医学影像科配备，介入手术医生 6 人，由心内科、神经内科、神经外科配备，介入手术护士 3 人由心内科、神经内科、神经外科配备。人员由各科室医生培训上岗，均为新增辐射工作人员。控制室操作技师负责控制室操作，不进入机房，护士负责术前、术后的护理工作，在曝光时不在机房内停留，各科室介入医生负责各科室手术，不交叉操作。控制室人员和介入手术工作人员工作不交叉。

所有辐射工作人员均实行白班单班制，年工作时间 250 天。

介入手术工作人员通常由 3 人（2 名医生、1 名护士）分为一组，共分为 3 组；控制室操作技师由 2 名技师完成操作。人员情况见表 1-4。

表 1-4 使用 DSA 工作人员情况表

部门	操作技师	手术医生	手术护士	合计	分组
医学影像科	2 人	/	/	2 人	/

心内科	/	2 人	1 人	3 人	1 组
神经内科	/	2 人	1 人	3 人	1 组
神经外科	/	2 人	1 人	3 人	1 组
合计	2 人	6 人	3 人	11 人	3 组（手术）

各组手术医生计划受照时间见表1-5。

表 1-5 本项目介入手术工作人员手术及受照时间表

科室	预计年最大手术量	平均单组人员年手术量	每组人员手术年最大出束时间 (h/a)	
			透视	减影
心内科	300 例/a	300 例/组.a	60	2.5
神经内科	200 例/a	200 例/a	40	1.67
神经外科	150 例/a	150 例/a	30	1.25
合计	650 例/a	-	130	5.42
			135.42	

设备使用情况见表 1-6。

表 1-6 项目 DSA 射线装置工作状态出束情况

设备型号	运行模式	实际运行管电压 (kV)	实际运行管电流 (mA)
Azurion 7 M20 型医用血管造影 X 射线系统 (DSA)	减影	65-85	200-360
	透视	60-75	8-15

1.3 评价目的

本次评价的项目涉及 1 台数字减影血管造影机（DSA），属使用Ⅱ类射线装置，用于放射诊断和介入治疗。通过本次辐射环境影响评价，达到以下目的：

（1）对牟定县人民医院新增 DSA 射线装置辐射环境影响进行评价，从环境保护角度给出项目实施后辐射环境可行性的明确结论，为生态环境行政主管部门实施辐射环境管理提供科学依据，为医院辐射安全与环境管理部门提供依据。

（2）针对牟定县人民医院新增的 DSA 射线装置的使用对周围环境产生的影响，按照国家有关法规和技术规范对项目进行辐射环境影响评价，确认实践的安全性与防护的有效性，对不利影响及存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到合理可达到的尽量低的水平。

（3）对已采取的安全与防护措施进行分析，指出可能存在的薄弱环节。对新增

的 DSA 射线装置使用情况进行分析评价，了解工作过程中职业人员及公众所受的辐射影响程度，是否符合国家标准及管理限值要求。

(4) 从环境保护角度给出项目实施后辐射环境可行性的明确结论：为建设方提供办理《辐射安全许可证》的依据，为上级行政主管部门实施辐射环境管理提供科学依据。

1.5 产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会2019年第29号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》及2021年第49号令《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》相关规定，本项目的建设属于指导目录中鼓励类第十三项“医药”中第5款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，符合国家当前的产业发展政策。

1.6 项目规划符合性分析

建设地点位于牟定县人民医院院区内，将对现有门诊楼一楼原门诊药房等进行改造装修。改造成为符合诊疗需求的 DSA 机房及其配套设施，本次项目不新增用地，用地属已规划确定的医疗用地，医院选址用地符合牟定县城镇规划要求。

1.7 布局合理性分析

1.7.1 牟定县人民医院周边情况及医院平面布局

医院位于城市建成区，不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感区，周围无环境制约因素，本次项目选址无环境制约因素，本项目 DSA 机房已进行了相应的辐射屏蔽防护设计，本项目的开展通过辐射屏蔽措施后对周围环境影响较小，项目选址合理。

1.7.2 拟建项目周边情况

(1) 建设地点位于门诊楼一楼，DSA 机房西侧为麻醉苏醒间、设备间和污物清洗间，北侧为绿化区域，东侧为控制室和谈话间，南侧为门诊大厅，上方为五官科门诊和外二科门诊，下方无建筑。

(2) 根据设计内容新建 DSA 机房墙体具有 4.11mm 铅当量防护水平的屏蔽体，

顶面具有 4.04mm 铅当量防护水平的屏蔽体，机房四邻区域及机房正上方、正下方区域不涉及新生儿及婴幼儿诊疗、住院区域。

本项目周围无环境制约因素，项目新建机房进行辐射屏蔽防护设计，项目通过采取有效屏蔽措施后对周围环境影响很小，选址合理。

1.7.3 布局合理性分析

对项目 DSA 工作场所平面布置合理性分析如下：

（1）项目 DSA 手术室避开了人流量大、人员集中活动区，同时兼顾了病员就诊的方便性，并在机房门外设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，将机房划定为控制区，限制无关人员受到不必要的照射。

（2）DSA 手术室单独设置了医生通道、病人通道、污物通道，避免了不同人员交叉影响，便于管理。

医务人员通道：介入手术医务人员通过换鞋间进入更衣室，更衣清洁后经洗消间进入控制室和 DSA 手术室。

患者通道：患者通过病人专用电动感应防护铅门进入机房。患者入口铅门由机房内医生控制开关，避免人员误入。

（3）手术产生的污物通过污物清洗间运出 DSA 手术室，避免污染清洁区。

（4）病人通道的宽度满足病人手推车辆的通行，通道畅通无阻，便于治疗和管理。

（5）对 DSA 手术室机房内不设采光窗，所用线束不直接照射门、管线口位置；控制室紧邻机房，中间设防护窗便于观察机房情况；设备机房与控制室分开。患者不在机房内候诊。配套设污物间，可将手术产生的医废运出机房。在满足各使用要求前提下，平面布局合理。

（5）DSA 室净空面积为 45.26m²，最小单边长度为 6.2m，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对于单管头 X 射线设备机房“最小有效使用面积不低于 20m²，机房内最小单边长度不小于 3.5m”的要求。

（6）从医院整体布局看，由于机房墙面、顶面均经屏蔽防护处理，墙面、顶面达到综合铅当量分别为 4.11mm、4.04 mm，优于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 C 型臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度在“有用线束方向铅当量及非有用线束方向”铅当量不低于 2.0mm 的要求，通过环评类比分析 DSA

正常运行时四周及楼上楼下用房的 X- γ 辐射空气吸收剂量无明显波动，对四周及楼上用房影响轻微，项目平面、纵面布局可行。

综上所述，本项目总布局布置满足“诊治工作要求、有利于辐射防护和环境保护以及各组分布功能分区明确，既能有机联系，又不相互干扰”的原则，该项目平面、纵面布局可行。

1.8 原有核技术利用情况

1.8.1 医院现有射线装置

牟定县人民医院于 2020 年 5 月 21 日已取得楚雄彝族自治州生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（云环辐证（E0015），附件 3），种类和范围：使用 III 类射线装置，有效期至 2025 年 5 月 20 日，医院现有核技术利用详见表 1-7。

表 1-7 现有辐射安全许可证登记情况

使用种类和范围		使用 III 类射线装置				
序号	装置名称	规格型号	类别	场所	装置状态	备注
1	牙科 X 摄片机	Satelec-Mind	III 类	口腔科	在用	已登记在了辐射安全许可证上
2	CT 医用 X 射线计算机断层扫描装置	Brilliance 6 slice	III 类	放射科	在用	
3	DR 医用 X 射线装置	CMP200	III 类	放射科	在用	
4	普通 X 射线光机	万东 F99-IBT	III 类	放射科	在用	
5	C 型臂 X 射线机	飞利浦 BV-Libra	III 类	麻醉科	在用	

医院现核技术利用使用 III 类射线装置共 5 台，项目运行至今未发生过辐射安全事故及投诉情况。

1.8.2 现有辐射工作人员情况

医院现有辐射工作人员及辐射安全管理人员 44 人，目前 44 人仅从事 III 类射线装置操作，由医院自主组织的培训考核。

环评要求：医院应落实好培训计划，仅使用 III 类射线装置的辐射工作人员，由医院自行组织考核，涉及 II 类射线装置的辐射工作人员，应参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加集中考核，考核合格后方可上岗。

医院原有辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量计定期送检，根据医院提

供的 2021 年 12 月 16 日至 2022 年 12 月 17 日的个人剂量检测报告，没有出现个人剂量超标情况。

1.8.3 现有设备辐射环境情况

医院于 2023 年 1 月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（2022 年度）并提交楚雄彝族自治州生态环境局，评估结果：现有射线装置的使用对职业人员和公众造成的附加剂量满足环境控制目标中规定的职业照射和公众照射管理限值水平要求。

1.8.4 项目本底辐射剂量情况

根据 2023 年 3 月 1 云南核瑞环境检测有限公司对项目拟建场所及周围环境 X-γ 辐射剂量率的监测结果，拟建 DSA 场所及周围环境 X-γ 剂量率测量值在 $9.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，与本次监测的医院背景值 $10.9 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.1 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 水平相当。项目拟建地之前未从事辐射污染相关诊疗活动，测值波动不大，项目选址及周围环境 X-γ 辐射水平属项目区域正常天然本底辐射水平。

1.8.5 依托工程

（1）废水

医院已建成处理规模为 $200 \text{m}^3/\text{d}$ 的污水处理站，采用 CASS 工艺，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》表 2 预处理标准后废水经处理后排入市政污水管网，进入牟定县污水处理厂进行处理，医院现实际废水产生量为 $120 \text{m}^3/\text{d}$ ，污水处理站尚有余量，医院现有的污水处理站能够满足新增的 DSA 射线装置使用过程中产生污水的处理需求，本项目产生的少量废水依托现有污水处理设施处理可行。

（2）固废

医院与楚雄亚太医疗废物处置有限公司签订了医疗废物委托处置合同，合同尚在有效内，楚雄亚太医疗废物处置有限公司具有相应危险废物经营许可证，本项目产生少量医疗废物由医院统一收集后委托楚雄亚太医疗废物处置有限公司进行处置可行。

医院工作人员产生的生活垃圾由医院统一收集后交由当地环卫部门定期清理，措施可行。

1.8.6 事故及投诉情况

医院开展放射性诊疗至今，未发生辐射安全事故和环保投诉。

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
				本项目不涉及此表				

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
					本项目不涉及此表					

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、可研、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
						本项目不涉及此表				

（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	医用血管造影 X 射线系统 (DSA)	II 类	1	Azurion 7 M20	125	1000	诊疗及介入治疗	门诊楼一楼 DSA 机房	--

（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	
								本项目不涉及此表					

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
				本项目不涉及此表				

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）或活度（Bq）

表 6 评价依据

法 规 文 件	(1)《中华人民共和国环境保护法》(修订)(2015 年 1 月 1 日实施); (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(修正)(2018 年 12 月 29 日实施); (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日起实施); (4)《建设项目环境保护管理条例》(修订)(国务院第 682 号令, 2017 年 10 月 1 日起施行); (5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(修订)(2019 年 3 月 2 日修改并实施《国务院关于修改部分行政法规的决定》, 中华人民共和国国务院令 第 709 号); (6)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年 5 月 1 日, 环境保护部第 18 号令); (7)《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); (8)《射线装置分类》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告第 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 06 日起实施); (9)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)(中华人民共和国生态环境部第 16 号令)。 (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》(环境保护部环发[2006]145 号); (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); (12)《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版); (13)《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(函件)云环函[2006] 727 号, 2006 年 12 月); (14)《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令);
------------------	--

	(15)《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录(2019年本)>的决定》(国家发展和改革委员会 2021 年第 49 号令); (16)《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》(2022 年修订); (17)《国家危险废物名录》(2021 年版)。
技术标准	(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》(HJ 10.1-2016); (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (3)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020); (4)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021); (5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2019); (6)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021); (7)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996); (8)《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005); (9)《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011); (10)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008); (11)《医疗废物集中处置技术规范(试行)》(环发[2003]206 号) (12)《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》(HJ421-2008)。
其他	(1)《云南省环境天然放射性水平调查研究》(李玉先)(云南科技出版社, 1992 年); (2)《电离辐射计量学》, 李士骏编(原子能出版社, 1986 年, 第二版); (3)《辐射防护手册》, 李德平、潘自强主编(第一分册)(原子能出版社, 1987 年); (4)联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR) 2000 年报告; (5)《电离辐射工业应用的防护与安全》, 何仕均主编(原子能出版社, 2009 年); (6) NCRP Report No.147:Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities, 2004; (7)《介入放射学》, 郭启勇主编(人民卫生出版社, 第三版); (8)《辐射防护导论》, 方杰主编(原子能出版社);

	(9) 牟定县人民医院提供与本项目相关的技术资料
--	--------------------------

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术应用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）射线装置应用项目评价范围的要求，结合项目辐射污染特点，本次评价范围为新增的 DSA 手术室（安装的 II 类射线装置）屏蔽墙体边界外 50m 范围的区域。

保护目标

项目将对医院门诊楼一楼部分用房进行改造，建成符合标准要求的介入手术室及配套用房，并新增 1 台数字减影血管造影机（DSA）。项目主要环境影响为射线装置使用时产生的电离辐射，主要影响人员是射线装置所在手术室周围的职业工作人员和工作场所周围公众。本次评价范围为新建 DSA 机房屏蔽墙向外延伸 50m 的区域，人员活动范围如下：

DSA 手术室北侧屏蔽墙外 50m 范围内：绿化区域、院内道路、住院大楼等。

DSA 手术室南侧屏蔽墙外 50m 范围内：门诊大厅、院内道路、院内绿化休闲区等。

DSA 手术室东侧屏蔽墙外 50m 范围内：控制室、谈话间、更鞋更衣洗消淋卫区、楼梯间、医技楼等。

DSA 手术室西侧屏蔽墙外 50m 范围内：麻醉苏醒间、设备间、污物清洗间、空调机房、门诊区域、楼梯间、中西医诊疗康复中心等。

DSA 机房上方区域：正上方为五官科门诊和外二科门诊。

DSA 机房下方区域：下方无建筑。

项目环境保护目标如表 7-1 所示。

表 7-1 环境保护目标一览表

保护名单		方位	位置	人数（人）	与射线装置最近距离（m）		保护要求（mSv/a）
					水平	垂直	
DSA 机房	职业人员	机房内	DSA 机房内	11	0.3	0	5
		机房东侧	控制室		4	0	
	公众	机房北侧	绿化区域、院内道路、住院大楼等	40	3.7	0	0.25
		机房西侧	麻醉苏醒间、设备间、污物清洗间、空调机房、	40	4	0	

			门诊区域、楼梯间、中西医诊疗康复中心等				
		机房南侧	门诊大厅、院内道路、院内绿化休闲区等	25	4	0	
		机房东侧	谈话间、更鞋更衣洗消淋卫区、楼梯间、医技楼等	30	4	0	
		机房上方	五官科门诊和外二科门诊	8	0	+4.5	

评价标准

7.1 环境质量标准

(1) 环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准；

(2) 地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准；

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

7.2 污染物排放标准

(1) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准；

(2) 废水：废水《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) (表 2 中预处理标准) 及《污水排入城市下水道水质标准》(GB/T31962-2015) (表 1 中 A 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》(GB12523-2011) 各阶段标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中的 2 类标准。

(4) 固体废物

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》(GB 18597-2001) (2013 年修改)。

7.3 辐射相关标准

1、管理限值

(1) 国家标准限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 B: 剂量限值污染控制水平, 具体如下:

职业照射: 连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv;

公众照射: 年有效剂量, 1mSv。

(2) 行政管理限值

根据《云南省环境保护局关于<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》(云环函[2006]727 号) 中的规定, 单一项目取 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的四分之一。确定管理限值如下:

职业照射: 取年有效剂量 20mSv 的四分之一即 5mSv 为管理限值;

公众照射: 取年有效剂量 1mSv 的四分之一即 0.25mSv 为管理限值。

本次评价采用管理限值作为评价标准。

2、场所设计屏蔽要求

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中要求:

第 6.1.3 点每台固定使用的 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;

第 6.1.5 点除床旁摄影设备、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 2 的规定。(见表 7-2)

表 7-2 X 射线设备机房(照射室)使用面积、单边长度的要求(GBZ130-2020)

机房类型	机房内最小有效使用面积(m ²)	机房内最小单边长度(m)
单管头 X 射线设备 ^b (含 C 型臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

B 单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管头各安装在 1 个房间内

备注: 本项目射线装置属于单管头 X 射线机。

第 6.3.1 点不同类型 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表 3 的规定。(见表 7-3)

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(mm)	非有用线束方向铅当量(mm)
------	---------------	----------------

C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
---------------	-----	-----

备注：本项目射线装置机房属于 C 形臂 X 射线设备机房。

3、放射诊断放射防护要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

- a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；
- b) 测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。
- c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 $25 \mu\text{Sv/h}$ ，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量现状

本项目依托于医院主体工程的建设，且项目投运后对环境空气、地表水质量、声环境影响较小，只进行了简单现状调查。

1、环境空气现状

项目位于楚雄州牟定县，环境空气质量功能区划为二类区，所在区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。根据《2021 楚雄州生态环境状况公报》，2021 年，全州环境空气质量优良天数为 364 天，总体优良率为 99.7%，较上年下降 0.3 个百分点。其中，楚雄市、牟定县、元谋县、姚安县均出现 1 天轻度污染，优良率为 99.7%，均较上年下降 0.3 个百分点，楚雄市、牟定县、元谋县的超标污染物为细颗粒物，姚安县为臭氧。

2、声环境质量现状

项目所在地属于居住、商业和交通混杂区，声环境功能区划定为 2 类区。根据《2021 楚雄州生态环境状况公报》，2021 年，楚雄州城市区域声环境昼间平均等效声级值为 50.3 分贝，总体水平为二级，评级结果为较好。牟定县、双柏县、楚雄市、姚安县区域声环境质量总体水平为一级（好），其余 6 县市区域声环境质量总体水平为二级（较好）。与 2020 年相比，姚安县的区域声环境质量明显好转；牟定县、双柏县、楚雄市无明显变化，仍为一级（好）的水平；禄丰市、大姚县、武定县、元谋县、南华县的区域环境噪声质量均无明显变化，仍为二级（较好）的水平；永仁县的区域声环境质量有所下降。

3、地表水环境质量现状

本项目境内河流为牟定河，属龙川江流域。根据《2021 楚雄州生态环境状况公报》，龙川江干流共设监测断面 7 个，达标的监测断面为 5 个，达标率为 71.4%，优良率为 71.4%，龙川江河流水质定性评价为轻度污染。

牟定县人民医院位于县城建成区，项目区附近没有工业污染源。总体看来，医院周边有学校及居住区，周围无较大工业大气污染源，主要受交通噪声影响。

8.2 环境辐射现状

8.2.1 监测方案

由于项目设备尚未安装运行，为了解项目所在地辐射环境现状，特委托云南

核瑞环境检测有限公司于 2023 年 3 月 1 日对本项目拟建的 DSA 射线装置工作场所及周围进行 X-γ 辐射剂量率监测，目的在于了解项目 DSA 拟建工作场所及周围辐射环境水平情况。

8.2.2 监测对象及监测因子

项目 DSA 射线装置工作场所及周边的 X-γ 辐射剂量率。

8.2.3 监测质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
 - ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
 - ③监测仪器每年按规定定期经剂量部门检定，检定合格后方可使用。
 - ④监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性和可比性。
 - ⑤每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。
 - ⑥由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
 - ⑦监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。
 - ⑧现场监测时，收集了环境温度、环境湿度、天气状况等信息。
- 监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 X-γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

项目	内容
设备名称及编号	BH3103B 型便携式 X-y 剂量率仪（2019001#）
仪器量程	1×10 ⁻⁸ Gy/h -10000×10 ⁻⁸ Gy/h
检定/校准证书编号	DLj12022-02960
检定/校准日期	2022 年 03 月 29 日
检定/校准单位	中国计量科学研究院
监测方法依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)
评价标准	--

8.2.4 监测点位

（1）辐射环境现状监测共布设 30 个监测点，其中：拟建 DSA 装置工作场所 25 个监测点位，这些点位能够反映项目拟建地辐射环境现状水平；在医院内设 5 个监测点作为背景对照点，这些测点能够代表医院区域辐射背景环境现状水平。见图 8-1~图 8-2。

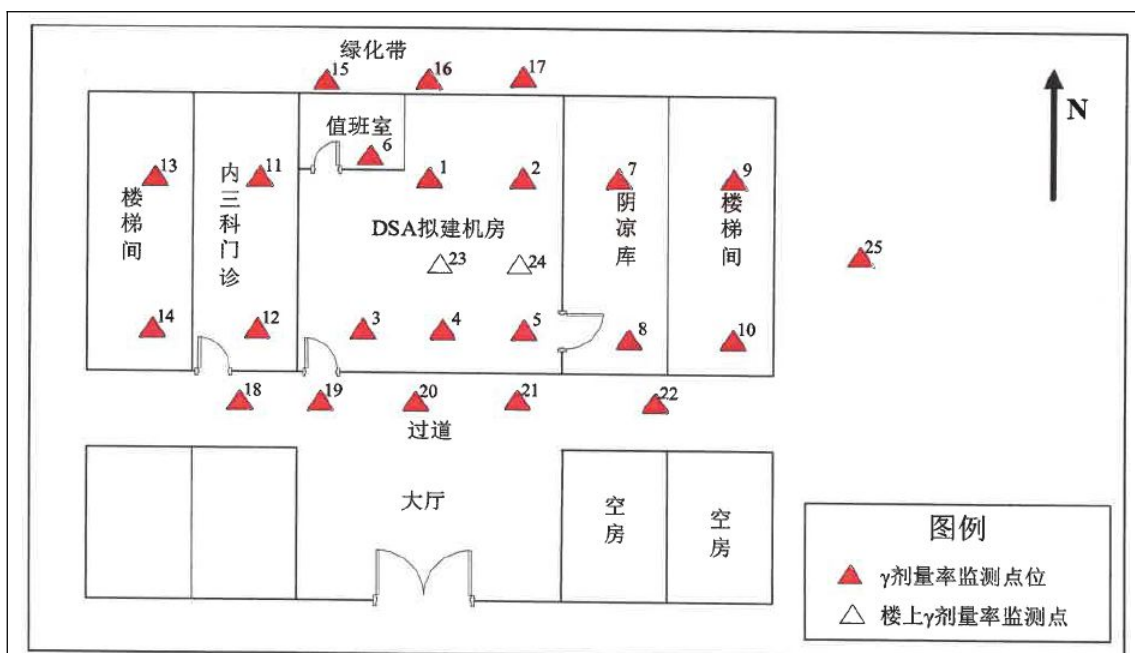


图 8-1 门诊楼一楼拟建 DSA 机房监测点位示意图

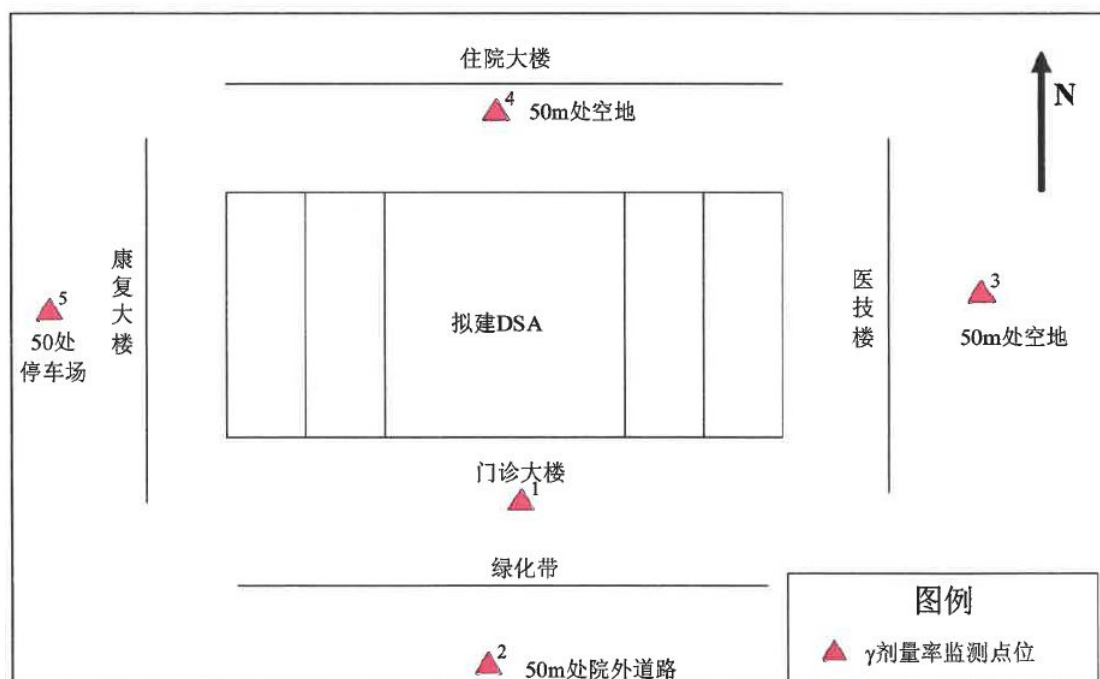


图 8-2 背景值监测点位示意图

8.2.5 监测结果及评价

项目辐射环境监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建 DSA 射线装置工作场所 X-γ 空气吸收剂量率监测测值

序号	监测点位描述	监测数据 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$) 均值 $\pm$ 标准差	备注
1	DSA 拟建场所点位 1	9.6 ± 0.3	--
2	DSA 拟建场所点位 2	9.6 ± 0.4	--

3	DSA 拟建场所点位 3	10.0±0.6	--
4	DSA 拟建场所点位 4	9.7±0.4	--
5	DSA 拟建场所点位 5	9.8±0.4	--
6	DSA 拟建场所点位 6	9.8±0.5	--
7	东侧阴凉库点位 7	9.9±0.4	--
8	东侧阴凉库点位 8	9.8±0.4	--
9	东侧楼梯间点位 9	10.1±0.3	--
10	东侧楼梯间点位 10	10.0±0.4	--
11	西侧内三科门诊点位 11	10.1±0.5	--
12	西侧内三科门诊点位 12	10.5±0.4	--
13	西侧楼梯间点位 13	10.8±0.8	--
14	西侧楼梯间点位 14	10.2±0.4	--
15	北侧绿化带点位 15	9.9±0.6	--
16	北侧绿化带点位 16	9.8±0.5	--
17	北侧绿化带点位 17	10.2±0.3	--
18	南侧过道点位 18	10.1±0.3	--
19	南侧过道点位 19	10.1±0.3	--
20	南侧过道点位 20	9.8±0.4	--
21	南侧过道点位 21	9.9±0.5	--
22	南侧过道点位 22	10.1±0.6	--
23	楼上门诊室点位 23	11.2±0.5	--
24	楼上门诊室点位 24	10.6±0.3	--
25	环境值（点位 25）	10.8±0.5	-

注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应部分。

表 8-3 背景对照点 X-γ 空气吸收剂量率监测测值

序号	监测点位描述	监测数据（×10 ⁻⁸ Gy/h） 均值±标准差	备注
1	南侧门诊大楼入口处	10.9±0.3	--
2	南侧院外道路 50m 处	11.1±0.3	--
3	东侧 50m 空地	10.9±0.5	--
4	北侧 50m 处空地	11.0±0.4	--
5	西侧 50m 处停车场	11.0±0.3	--

注：监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应部分。

8.2.6 监测结果及评价

根据上述监测结果，本项目 DSA 机房拟建地及周围环境 X-γ 剂量率测量值在 $9.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，与医院辐射背景参考测量值 $10.9 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.1 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 水平相当。项目拟建地之前未从事辐射污染相关诊疗活动，测值波动不大，项目选址及周围环境 X-γ 辐射水平属项目区域正常天然本底辐射水平。

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 DSA 射线装置工作原理

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。医学界公认，DSA 检查是所有血管疾病检查的“金标准”。其他检查手段都是通过间接征象了解血管病变情况，如多普勒、彩超、核磁共振、心电图等检查，在发生梗塞、出血等较明显征象后才能判定血管病变，因诊查结果往往不能肯定，就影响到确诊和治疗。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。有了 DSA 因血管病变所引起的人体各部位疾病都可诊治；不仅对血管性病变，对非血管性病变引起的疾病同样可以做确诊和介入治疗，如肿瘤等复杂疾病。

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；在进行介入手术时更为安全。转换过程见图 9-1，DSA 成像程序见图 9-2，临床 DSA 图像见图 9-3。

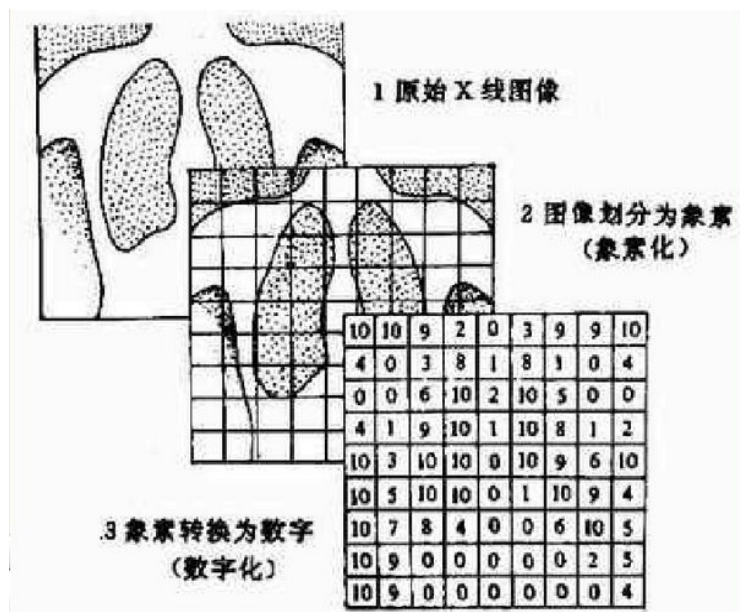


图 9-1 DSA 数/模转换基本原理

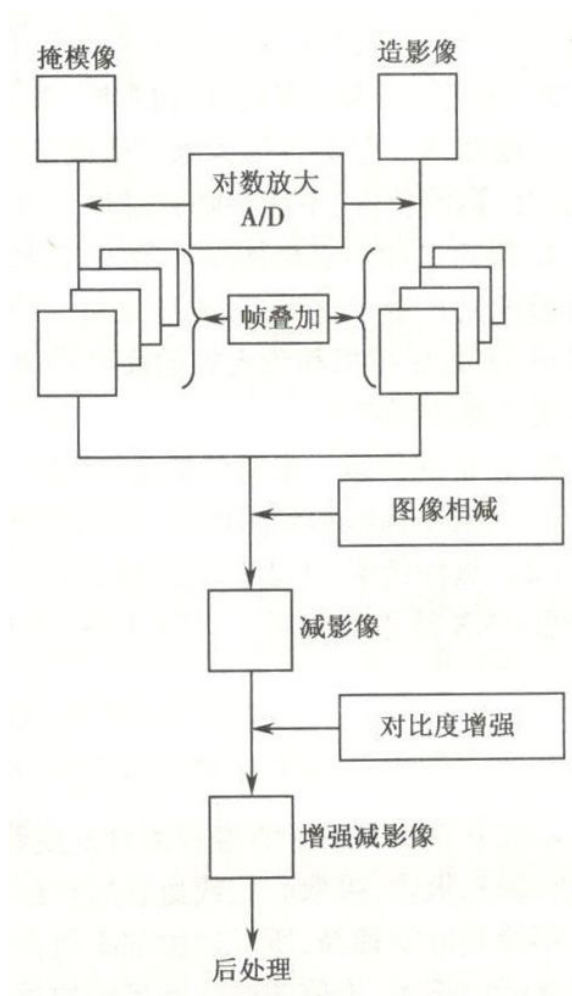


图 9-2 DSA 成像处理流程图



图 9-3 临床 DSA 图像

9.1.2 设备组成

DSA 主要组成部分：扫描架、扫描床、监视器吊架、监视器吊轨、铅屏风、操作台、AW 工作站、系统柜、球管水冷机、探测器水冷机系统控制柜等。设备外观见图 9-4。



图 9-4 DSA 外观图

9.1.3 操作流程

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。

DSA 在治疗进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，减影：操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况，透视：病人需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，此时操作医师位于铅屏风后身着铅服、铅眼镜、铅手套等防护用品，在曝光室内对病人进行连续曝光。DSA 主射方向为由下向上，设备有靶头旋转出束操作。

在设备开机运行过程中会有 X 射线产生，并有微量的臭氧及氮氧化物产生，设备关机时不会产生 X 射线及臭氧及氮氧化物产生。

根据院方提供的资料，项目 DSA 射线装置年出束时间 135.42h，其中减影约 5.42h，透视约 130h，由于隔室减影操作时间仅占整台手术 DSA 出束时间 4%，所占比例较小，而同室透视操作时间占整台手术 DSA 出束时间 96%，所占比例较大、对保护目标影响比较大，因此同室操作本次评价的重点。

9.1.4 靶头旋转情况

全自动落地式 C 臂、具有智能床旁控制系统可以控制机架和导管床的运动，C 臂旋转角度(当 C 臂在病人头位时)，RAO/LAO：-117 度/+105 度；cran/caud：+50 度/-45 度，落地 C 臂头足位旋转速度 ≥ 15 度/秒。机架采用落地三轴等中心机架设计，具备“心脏锁定功能”，在切换投照位的时候一步到位，不需要调整平板，不需要分别调整机架运动轴，即可进行下一步造影。GE 落地 L 臂两侧旋转角度可达 190 度，满足临床覆盖要求。机架独有偏置臂设计，有效弧深达 107cm，在不移动机架情况下轻松实现股动脉穿刺，机架 90 度位时导管床纵向移动，覆盖范围 ≥ 195 cm，满足病人全身治疗。

9.1.5 人流物流路径规划

项目人流物流遵循，医患分开、清污分开原则。

（1）人员路径规划：

工作人员路径规划流向为：（控制室工作人员）换鞋区→医生更衣洗消→控制室大门→控制室（操作间）；（介入手术工作人员）换鞋区→医生更衣洗消→控

制室防护门→DSA 机房（手术室）

患者路径规划流向为：（术前）患者防护门→DSA 机房（手术室），出则原路返回；

（2）物品流向路径规划：

污染物品流向：（各产生单元）→污物间防护门→污物间（依托的医院的医疗废物处置处理设施）。

项目涉及的人流和物流的路径规划见附图 7。

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期污染源分析

项目施工过程，首先，根据使用要求进行规划布置及设计；然后，按照设计组织施工，施工完成后对建筑物内部进行改建及必要的辐射防护施工、装修和设备安装，并进行调试。

施工工艺流程及产污环节，见图 9-5：

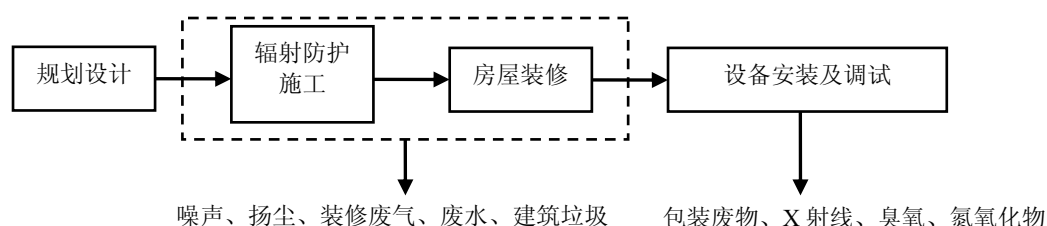


图 9-5 项目施工期工艺流程及产污环节图

本项目主要是在建筑内部进行施工，根据平面设计重建墙体及隔断，水电、通排风等基装，再给机房内部墙体安装屏蔽材料、安装防护铅门、观察窗及装修工程等，工程量小，施工时间短。在施工过程中有施工噪声、施工废渣、施工废水和建筑粉尘等污染物产生。施工区域处于医院病区声环境敏感，施工单位应合理安排好施工时间，禁止夜间施工，尽可能采取低噪声设备及采取隔声减震等措施降低施工噪声对周围环境的影响；施工所产生的少量生活废水依托医院排水及水处理系统，最终排入城市污水管网；在装修过程中尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响；建设施工所产生的少量建筑废渣、设备安装产生的包装废物由施工单位负责清理，并送指定的建筑垃圾处置场。为保证手术室满足防辐射要求，手术室屏蔽设施建设过程中，应严格施工，避免防护材料或两面墙体衔接处有漏缝产生。

本项目 DSA 设备的安装及调试由设备厂商专门负责人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在安装调试阶段，加强辐射防护管理，在此过程中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。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。人员离开时机房必须上锁并派人看守。

根据以上分析，本项目在建设施工期对周围环境产生影响较小，随着施工的开始，施工期带来的影响也随之结束。

9.2.2 运营期正常工况污染源分析

项目 DSA 的 X 射线诊断机曝光时，出束方向向上；注入的造影剂不含放射性，血管造影流程及产污环节如图 9-6 所示，运营期主要环境影响有射线装置产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物，设备运行和通排风系统产生的噪声，介入手术产生的医疗废物及工作人员产生的生活垃圾和生活污水等。主要污染情况如下：

(1) X 射线

在 X 射线机曝光状态时会产生 X 射线，X 射线属于非带电粒子，其能量与曝光时 X 射线的管电压有关，具有较强的穿透性，本项目 DSA 射线装置额定电压为 125kV，额定管电流为 1000mA。DSA 主射方向主要为从下往上，设备有靶头旋转出束操作情况。

DSA 正常工况下的主要污染途径是，在开机曝光时会有有用束、漏射、散射的 X 射线对周围环境造成的辐射污染，包括对手术室内介入手术工作人员及手术室外其他工作人员及周围环境产生的外照射辐射影响。

人体受到 X 射线照射到一定量时会受到辐射损伤，因此 X 射线装置周围需要达到一定的屏蔽防护，以防止 X 射线泄漏到室外，对医生及其它公众人员构成伤害。X 射线随机器的开、关而产生和消失。

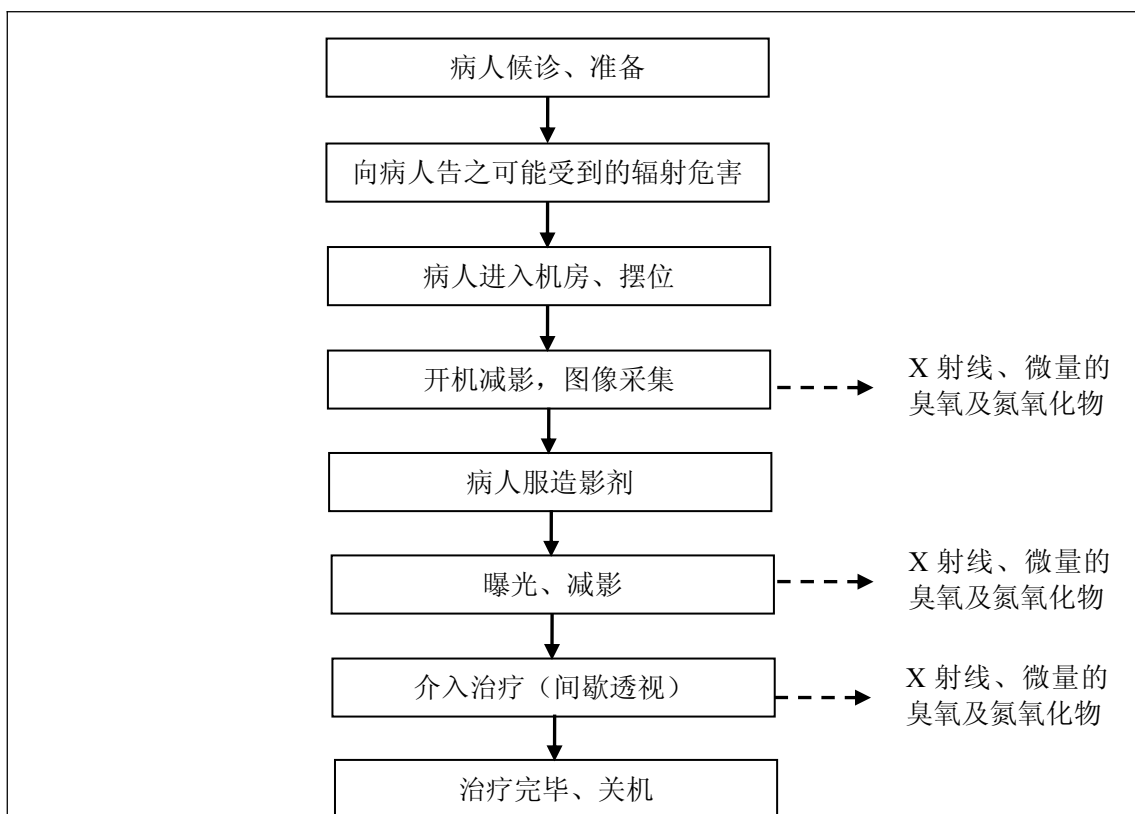
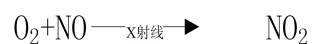
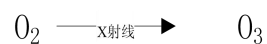


图 9-6 DSA 治疗流程及产污环节示意图

(2) 废气

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 机房安装通风量为 $2300\text{m}^3/\text{h}$ 的通风系统，独立通风系统，外排至室外，通过稀释扩散，产生废气对外环境影响较小。

(3) 噪声

DSA 设备运行时产生噪声较小，主要产噪设备为风机、空调及制冷机组，采取隔声减震措施降低噪声影响。

(4) 医疗废物

项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，会根据病人的需要刻录光盘，光盘由病人带走并自行处理，无废胶片产生；

介入手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料及手术垃圾，采用专门的收集容器收集后，转移至污物处置间暂存。按照《国家危险废物名录》（2021 年版），医疗废物（HW01）属危险废物，项目在手术过程中可能有感染性废物（841-001-01）、损伤性废物（841-002-01）、病理性废物（841-003-01）产生，根据《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）相关要求，按照普通医疗废物执行转移联单制度，依托医院医疗废物管理制度统一处置，委托有资质的单位处理处置产生的医疗废物。

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，进行统一收集后交由当地环卫部门统一处理。

（5）废水

本项目涉及的射线装置均不使用显影、定影等，因此不产生废显影液、废定影液等产生。

手术过程会产生少量的废水，医务工作人员盥洗、器械清洗、如厕等也会产生一定量污水。项目将通过建筑内污水管道接入医院医疗废水收处系统，依托医院医疗废水处理站进行处理，达标排放。

9.2.3 运营期事故工况污染源分析

本项目涉及新增 1 台 II 类射线装置——数字减影血管造影系统（DSA）的使用。DSA 射线装置不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有 DSA 射线装置机运行期间才会产生 X 射线等危害因素，事故主要包括以下几种：

（1）门灯连锁装置和报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的射线装置机房；

（2）其它医护人员还未全部撤离机房，即进行曝光，人员受到不必要的照射。所受到的照射剂量与其所在位置有关，距离射线装置越近，受照剂量越大。

（3）在防护门未关闭的情况下即进行曝光操作，可能给工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射。

(4) 医护人员开展介入治疗时，未穿防护服进行手术操作受到射线照射。
四种事故情况下污染源均为设备开机时产生的 X 射线。

表 10 辐射安全与防护

通过“表 9 项目工程分析及源项”可知，本项目产生的主要污染物为 X 射线。同时 X 射线会使空气中产生微量臭氧等废气，手术会产生医疗废物、医疗废水，工作人员会产生生活污水及生活垃圾。针对这些污染物，医院制定了相应的污染防治措施：

10.1 辐射防护措施

X 射线的基本防护原则是加以必要的屏蔽、减少照射时间及远离射线源。本项目对外照射的防护方法主要有源项控制法和屏蔽防护。

10.1.1 设备固有措施

本项目 DSA 设备从正规厂家购买，在使用运行期间性能稳定，设备各项固有安全措施齐备，设备的拆卸、安装、调试均由设备厂家专业人员进行，仪器自身采取了多种安全防护措施：

① 本项目 DSA 装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

② 采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

③ 采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板，以多消除 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备应提供适应 DSA 不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。影像增强器前面可酌情配置各种规格的滤线栅，以减少散射影响。

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（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

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

⑥ 配备相应的表征剂量的指示装置：应配备能在线监测表征输出剂量的指标装置。

⑦ 配备辅助防护设施:DSA 设备配备有防护屏蔽吊架、各种防护屏蔽挂帘等

辅助防护用品与设施，DSA 床旁的铅防护帘，机头处的铅悬防护屏，这些屏蔽体具有 0.5mm 铅当量防护水平。

10.1.2 场所设计采取的措施

10.1.2.1 机房屏蔽要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定了各种射线装置的辐射屏蔽要求及机房要求，其中关于介入 X 射线设备机房屏蔽及机房规定要求见表 10-1。

表 10-1 介入 X 射线设备机房的防护要求

机房类	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 射线设备 ^b （含 C 型臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
机房类	有用线束方向铅当量（mm）	非有用线束方向铅当量（mm）
C 型臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

本项目 DSA 机房最小单边长度 6.2m，DSA 机房有效面积 45.26m²，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的“单管头 X 射线机机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m”的要求。

10.1.2.2 机房屏蔽措施

（1）屏蔽设计

根据建设单位提供资料，本项目采取的各种防护材料中实心砖的密度为 1.65g/cm³，混凝土密度为 2.35 g/m³，铅板的密度为 11.3 g/m³，硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm³，本项目 DSA 机房屏蔽设计情况见表 10-2。

表 10-2 本项目 DSA 机房屏蔽设计情况

工作场所	墙体	屋顶	地面	防护门	观察窗	机房面积
医技楼 一楼 DSA 机房	24cm 实心砖墙 +3cm 硫酸钡防 护涂料，相当于 4.11mm 铅当量	12cm 钢筋混凝+ 双层防护板（单 层 15mm 厚），相 当于 4.04mm 铅 当量	地面硬化后 用 4cm 硫酸 钡水泥找平， 面层用水泥 砂浆做保护 层	四道防护 门均为内 衬 4mm 铅板的铅 门（机房 墙体与门 缝的重 叠部分大 于 10 倍 缝隙）	20mm 普 通铅玻 璃，相当 于 3.5mm 铅当量	机房内长 7.3m、宽 6.2m，机房内 使用面积 45.26m ²

注：根据建设单位和施工单位提供的资料，实心砖的密度为 1.65g/cm³，混凝土密度为 2.35 g/m³，铅板的密度为 11.3 g/m³，硫酸钡防护涂料密度为 3.2g/cm³。实心砖和混凝土根据

《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,查表计算得24cm实心砖约为2.28mm铅当量,12cm厚混凝土约为1.44mm铅当量;1mm铅板相当于1mm铅当量;防护板和铅玻璃根据施工单位提供的检测报告,15mm厚防护板相当于1.3mm铅当量,20mm厚铅玻璃相当于4.4mm铅当量;硫酸钡防护涂料根据《辐射安全手册(第三分册)》P62表3.3,保守按150kV条件下通过内插法计算而来,15mm硫酸钡防护涂料铅当量为1mm,33mm硫酸钡防护涂料铅当量为2mm,内插法计算得30mm硫酸钡防护涂料铅当量为1.83mm,忽略5cm混凝土找平层的铅当量。

地面防护及装修工艺见图10-1,顶面防护及装修工艺见图10-2、墙面防护及装修工艺见图10-3。

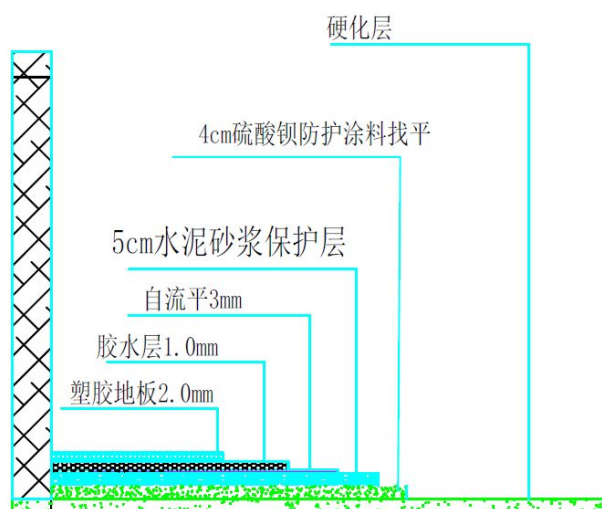


图 10-1 地面防护及装修示意图

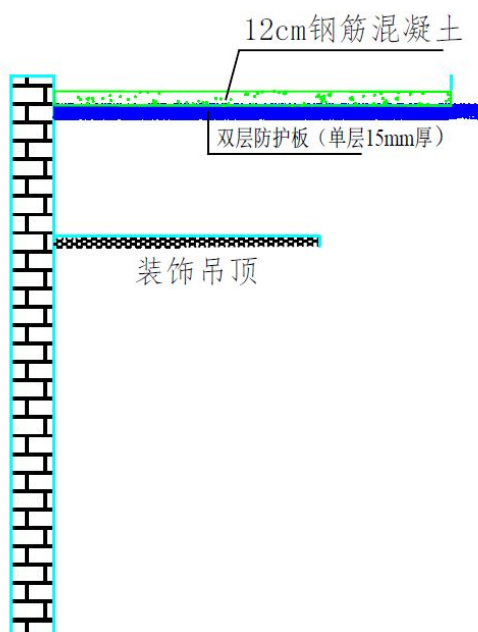


图 10-2 顶面防护及装修示意图

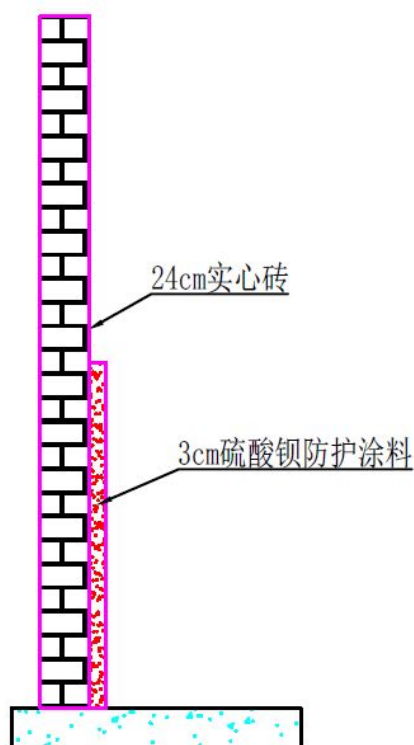


图 10-3 墙面防护及装修示意图

(2) 工作场所布局

本项目拟新增 1 台数字减影血管造影机 (DSA)，机房位于院内门诊楼一楼，DSA 机房北侧为绿化区域，东侧为控制室和谈话间，南侧为门诊大厅，西侧为麻醉苏醒间、设备间和污物清洗间，上方为诊室，下方无建筑，本项目 DSA 机房相邻区域布局详见表 10-3。

表 10-3 DSA 机房相邻建筑使用功能说明

设备厂家及型号	北侧	东侧	南侧	西侧	上方	下方
飞利浦 Azurion 7 M20	绿化区域	控制室和 谈话间	门诊大厅	麻醉苏醒 间、设备间 和污物清 洗间	诊室	无建筑

本项目 DSA 机房的屏蔽设计平面图、剖面辐射图见图 10-4，图 10-5。

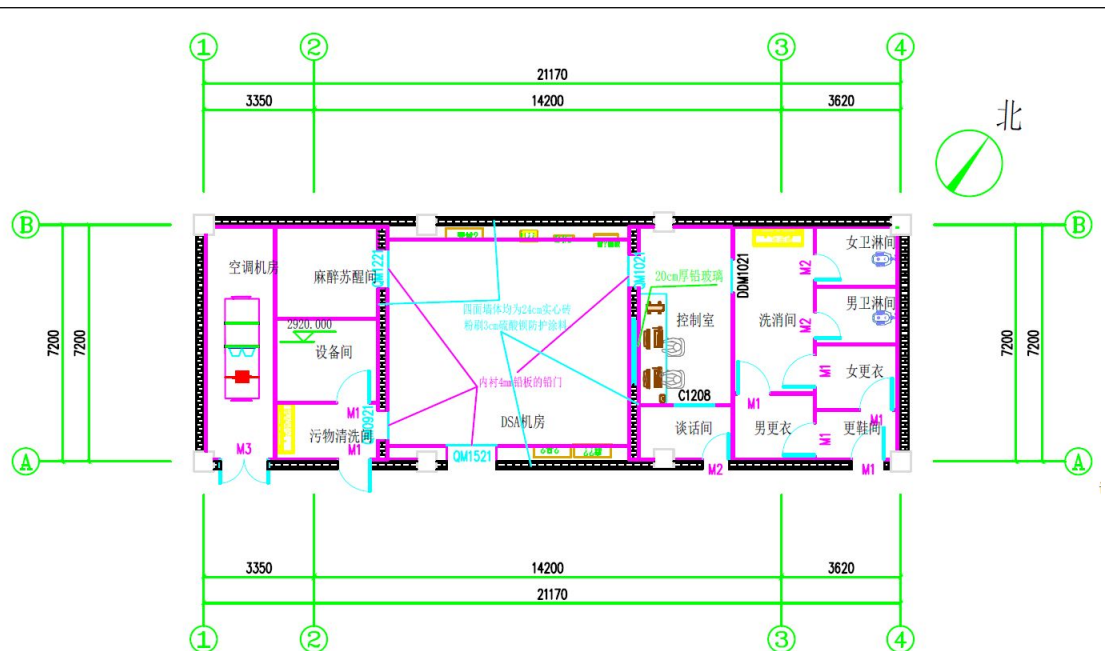


图 10-4 DSA 机房屏蔽设计平面图



图 10-5 DSA 机房屏蔽设计剖面图

10.1.2.3 电缆布设

DSA 控制电缆从 DSA 机房西侧斜向 45° 穿墙进入设备间,从东侧斜向 45° 穿墙进入控制室,电缆沟宽 250mm,深 80mm,电缆沟底部全部铺设一层 4mm 厚铅皮,穿墙位置从 DSA 机房 200mm 至控制室 50mm 处电缆沟顶部铺设一层 4mm 厚铅皮,上方再加 3mm 不锈钢板盖板,能够有效防止射线泄露,穿墙部分不会影响墙体整体的防护性能。

10.1.2.4 通风管设置

机房采用净化空调进行通排风,排风量 600 m³/h,送风量 1000m³/h,排风管道从机房北侧穿墙出机房,回风管道从西侧空调机房经麻醉苏醒间进入机房,送风管道从西侧经污物清洗间进入机房,风管穿墙采用斜向 45° 穿墙,穿墙位置均距 DSA 机房地面约 3m,风管用 4mm 铅板包裹,包裹长度为穿墙前后各 50cm,经“斜向 45°”型布设和 4mm 厚铅皮防护处理后,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。

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,外排后通过稀释扩散对环境的影响较小。

10.1.3 个人防护措施

(1) 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求如下:

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 4 (见表 10-3) 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 (相关内容) 介入防护手套铅当量应不小于 0.25mmPb; 甲状腺、性腺防护用品铅当量不小于 0.5mmPb; 移动铅防护屏风铅当量不小于 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不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品使用时,应妥善存放,不应折叠放置,以防止断裂。

表 10-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求 (GBZ130-2020)

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设置	个人防护用品	辅助防护设置
介入放射性操作	铅橡胶围裙、颈套铅橡胶围裙、颈套铅防护眼	铅悬挂防护屏 / 铅防护帘、床侧防护帘、床侧防	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或巾、铅橡 (方形) 或巾、	--

	镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽	床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡（方形）或巾、 铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	
--	---------------------	---------------------	--------------------------------	--

注 1：“--”表示不做要求

注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

（2）本次项目所配置内容

① DSA 介入室将配备了符合防护要求的辅助防护用品，包括铅衣 6 件、铅帽 6 顶，铅围脖 6 件，铅橡胶手套、铅橡胶眼镜各 2 套；配置受检者防护用品，包括铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶围脖、铅橡胶方巾若干；上述防护用品须 $\geq 0.5\text{mm}$ 铅当量。

② DSA 手术室在对病人病灶进行照射时，对病人病灶以外的部位用铅方巾进行了遮盖，必要时应穿着其他防护用品，尽可能避免了病人受到不必要的辐射照射。

医院工作人员及患者和受检者防护用品配备详见表 10-5。

表 10-5 个人防护用品配备表

工作人员		患者和受检者		是否满足要求
个人防护用品	辅助防护设置	个人防护用品	辅助防护设置	
铅衣 6 件、铅帽 6 顶、铅围脖 6 件、铅橡胶手套、铅橡胶眼镜各 2 套	铅悬挂防护屏 / 铅防护帘、床侧防护帘、床侧防/床侧防护屏 1 套	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或巾、铅橡（方形）或巾、铅橡（方形）或巾、铅橡胶颈套若干	--	满足

10.1.4 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。

10.1.5 场所设计安全措施

① 门灯联锁装置及工作状态指示灯：手术医生通道防护门、患者通道防护门、污物清洗间防护门外顶部均安装有工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，防护门顶部安装有联锁装置，将防护门开关情况与工作状态指示灯有效联动，当防护门关闭后，联锁装置联动工作状态指示灯变亮，警示非工作人员不得入内，防止无关人员误入机房，导致误照射。配电间及器械间仅在设备检修时使用，进出由专人管理。

②警示标志：手术医生通道防护门、患者通道及患者通道防护门、污物清洗间防护门外侧醒目位置拟设置电离辐射警示标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在此逗留。

③紧急停机按钮：建设单位拟在 DSA 控制台上、机房内诊疗床操作面板上均设置紧急停机按钮（各按钮与 X 线系统连接）。DSA 系统的 X 线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一紧急停机按钮，均可停止 X 线系统出束。

④机房患者通道防护门设计有闭门装置（闭门装置：患者通道防护门安装有闭门器，患者进出后自动闭合，开门由医生控制或防护门底侧脚感应开关控制）可使防护门时刻处于关闭状态，防止射线泄漏到 DSA 机房外，导致误照射；

⑤视频监控及对讲系统：建设单位拟在 DSA 机房安装视频监控及对讲系统一套，患者进入 DSA 机房后，操作医师在控制室通过监控视频可实时监控 DSA 机房内患者状况及机房内情况，通过对讲系统与患者沟通。

⑥候诊区应设置辐射防护注意事项告知栏。

10.1.6 工作区域管理

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，应对项目划定控制区域和监督区进行分区管理。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于控制区和监督区的定义。

控制区：“在辐射工作场所划分一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施”，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范围（下图中用红色阴影表示）；

监督区：“未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”（下图中用黄色阴影部分表示）。

本次环评结合现场实际对控制区和监督区的划分见表 10-6，图 10-6。医院需在控制区和监督区设立明显标识。

表 10-6 项目 DSA 手术室及周围控制区和监督区的划分

控制区(红色)	监督区(黄色)
DSA 机房（DSA 手术室）	控制室、谈话间、污物清洗间、设备间、麻醉苏醒间

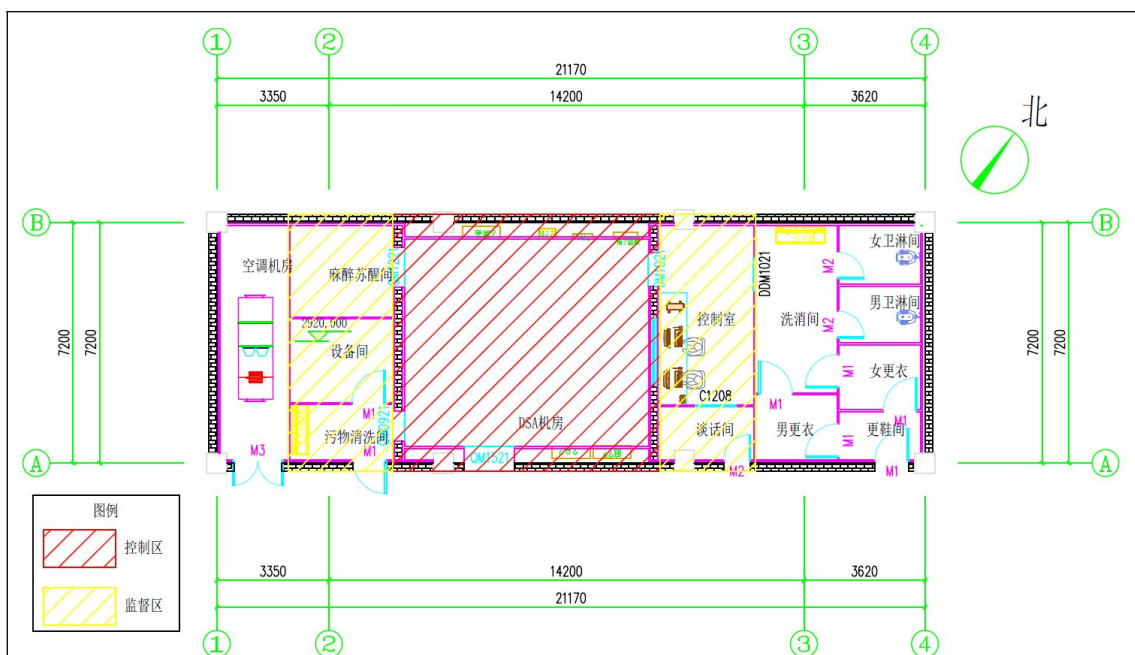


图 10-6 DSA 机房控制区和监督区划分示意图

两区划分采取的防治措施：控制区入口处设置工作信号指示灯和电离辐射警示标志及“控制区”字样，机器处于工作状态时，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“监督区”字样，仅允许患者和相关医生进入，其余无关人员均不得随意进入。

10.1.7 个人剂量监测管理

辐射工作人员应按照国家规定配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备必要的监测仪器对工作场所和周围环境进行辐射监测。个人剂量仪器应有足够的可靠性、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。项目运行过程中，每年应请具有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断射线装置是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。

本次项目辐射工作人员共有 11 人，均为新增辐射工作人员，需为每个工作人员佩戴个人剂量计。同时医院承诺对未来增加人员也配置相应的个人剂量计。个人剂量计应专人佩戴，定期送检，建立个人剂量档案；配置 X- γ 辐射监测仪器 1 台、个人剂量报警仪 2 个。

医生个人剂量片每 90 天送检一次，检测委托具备有资质的单位进行，每次检测数据存档，建立辐射工作人员个人剂量档案。

10.1.8 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、辐射防护和安全保卫、监测方案、辐射工作人员个人剂量管理、辐射工作人员培训、DSA 安全操作规程和设备维修等制度。

10.1.9 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；考虑相应专业机构所制定的可接受图像质量标准及有关医疗照射指导水平后，确保患者所受到的照射是否达到预期诊断目标所需的最小照射，并注意查阅以往的检查资料以避免不必要的额外检查；应制定对特殊人群（如孕妇或可能怀孕妇女）的放射治疗计划；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。

10.1.10 其他措施

①加强 DSA 机房附近通道的管理要求，严禁非手术相关人员进入手术区域，减少人员在 DSA 设备束流使用时在机房周围停留。

② DSA 室设有观察窗和有语音提示系统，便于操作人员实时了解机房内的情况。

③制定完善相关规章制度及事故应急预案，尽可能的降低事故情况下对环境的污染。

④项目操作规程、岗位职责和辐射应急预案等相关制度应张贴于辐射工作场所醒目处。

⑤医生在手术室内操作时应身穿铅衣、戴铅帽、铅围脖等，同时使用铅悬挂防护屏和床侧防护帘进行防护，这些防护用品均具有 0.5mm 铅当量，医生工作时实际受到两次防护，防护能力相当于 1mm 铅当量。

⑥在 DSA 床旁安装铅防护帘，在机头处安装铅悬挂防护屏，这些屏蔽体具有 0.5mmPb 的防护能力。

10.1.11 与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照

为分析该机房的辐射防护性能，根据医院提供的设计方案，对其进行分析，并与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对诊断 X 射线机房的防护设施的技术要去对照，参见表 10-7。

表 11-2 项目防护措施/设施

项目		GBZ130-2020 标准要求	新建机房设计方案	符合情况
机房位置		应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位； X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	选址门诊楼一楼，避开医院人流密集区域，机房四邻区域及楼上楼下区域不涉及新生儿及婴幼儿诊疗、住院区域；有用线束由下往上，不直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	符合
机房大小		单管头 X 射线机机房内最小有效使用面积：20m ² ，机房内最小单边长度：3.5m。	DSA 机房最小单边长度为 6.2m，净空面积 45.26m ² 。DSA 机房仅本次的 DSA 设备独立使用。	符合
		单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。		符合
机房屏蔽防护	墙体	C 型臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求： 有用线束方向为 2mmPb； 非有用线束方向为 2mmPb。	24cm 实心砖墙粉刷 3cm 硫酸钡防护涂料，综合具有 4.11mm 铅当量的辐射防护水平。	符合
	顶面		2cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板（单层 15mm 厚），综合具有 4.04mm 铅当量的辐射防护水平	
	地面		下方无建筑，地面硬化后用 4cm 硫酸钡水泥找平，面层用水泥砂浆做保护层	
	防护门		具有 4mm 铅当量	
	观察窗		20mm 厚铅玻璃，具有 3.5mm 铅当量	
观察位置		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。	设有观察窗，并便于观察到受检者状态及防护门开闭情况	符合
机房内布局		机房内不应对方与该设备诊断工作	机房内不设置与 DSA 设备诊断工作无关	符合

	无关的杂物； 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	的杂物； 机房采用排风机排风，保证通风状况良好	
标志、警示灯	机房外应有电力辐射警告标志；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；候诊区应设置辐射防护注意事项告知栏； 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。	设计及环评要求提出防护门安装醒目的电离辐射标志和工作指示灯；灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区设置了辐射防护注意事项告知栏；平开机房门设有自动闭门装置，推拉式机房门安装机房门工作状态指示灯，并由控制室人员负责检查；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	符合
候诊位置	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。	患者和受检者不在机房内候诊，并设置有患者等待间及患者准备间。	符合
工作人员防护措施	同室操作工作人员个人防护用品： 铅橡胶围裙；选配：铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅橡胶手套、铅橡胶眼镜； 辅助防护设施：移动铅防护屏风。	工作人员：铅衣 6 件、铅帽 6 顶、铅围脖 6 件，铅橡胶手套、铅橡胶眼镜各 2 套。	符合
受检者防护措施	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：或可调节防护窗口的立位防护屏；选配：固定特殊受检者体位的各种设备。	配置受检者防护用品，包括铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶围脖、铅橡胶方巾若干。	符合

由以上论述分析可见，从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目的 DSA 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 三废治理措施

（1）废气治理措施

DSA 在曝光过程中臭氧、氮氧化物产生量很小，在设计中已经考虑了通风换气，项目 DSA 机房安装动力排放装置，采取连续通风换气后，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积。

排风口位于门诊楼北侧墙外，距地面 3m，风管穿屏蔽墙部分采用弯管及局部铅皮包裹处理，防止射线泄漏，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，外排后通过稀释扩散对环境影响较小。

（2）废水治理措施

本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，无废显、定影液产生，无需相关

治理措施。DSA 射线装置本身不产生医疗废水及放射性废水，手术过程会产生少量的废水，医务人员盥洗如厕等也会产生一定量污水。项目污水排入建筑污水管道接入医院医疗废水收处系统，依托医院医疗废水处理站进行处理，达标排放。

(3) 固体废弃物治理措施：

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，会根据病人的需要刻录光盘，光盘交由病人带走并自行处理。

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，采用专门的收集容器收集后，转移至污物处置间暂存。按照《国家危险废物名录》（2021 年版），医疗废物（HW01）属危险废物，项目在手术过程中可能有感染性废物（841-001-01）、损伤性废物（841-002-01）、病理性废物（841-003-01）产生，根据《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）相关要求，分类收集、暂存，并按照普通医疗废物执行转移联单制度，依托医院医疗废物管理制度统一收集，委托楚雄亚太医疗废物处置有限公司进行处置。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，由医院统一收集后交由当地环卫部门定期清理。

(4) 噪声治理措施

手术室内 DSA 运行噪声较小，设备工作时噪声应符合国家标准要求，降低噪声对周围环境的影响。

本项目主要污染物的产生及主要环保措施见表 10-6。

表 10-6 项目主要污染物的产生及主要环保措施

内容	排放源	污染物	处理措施/方案	排放要求
DSA 运行期	DSA 射线管	X 射线	(1) 屏蔽设计：四周墙体，采用 24cm 实心砖墙粉刷 3cm 硫酸钡防护涂料，综合具有 4.11mm 铅当量的辐射防护水平；机房顶面，12cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板（单层 15mm 厚），相当于 4.04mm 铅当量的辐射防护水平；机房地面，下方无建筑，硬化后用 4cm 硫酸钡水泥找平，面层用水泥砂浆做保护层；防护门，患者通道大铅门 1500*2100mm，医生通道小铅门	达到《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.3.1 条中 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。c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。

			1000 mm *2100mm, 污物清洗铅门 900 mm *2100mm, 麻醉苏醒间铅门 1200 mm *2100mm, 均为内衬 4mm 铅板的铅门; 观察窗, 2000 mm *900mm, 厚度为 20mm, 具有 3.5mm 铅当量的辐射防护水平进行防护。(2) 佩戴个人防护用品及个人剂量检测仪 (3) 制定规章制度严格管理等。	
废气	臭氧、氮氧化物	净化空调		排风口位于门诊楼北侧, 行人较少, 排风口距地面约 3m, 高于一般行人高度。
医务人员、病人	生活污水	依托医院已建成的 200m ³ /d 污水处理站进行处理, 《医疗机构水污染物排放标准》表 2 预处理标准后废水经处理后排入城市污水管网, 进入牟定县污水处理厂		《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466—2005) 相关要求
介入手术	医疗废物	由医院统一收集后委托楚雄亚太医疗废物处置有限公司进行处置		严格按《医疗废物管理条例》、《医疗卫生机构医疗废物管理办法》执行
普通办公	一般固废	由医院统一收集		交由当地环卫部门统一处理
换气设备	噪声	依托设备采用低噪设备、排风管采用减震设计		昼间<60dB(A), 夜间<50dB(A)。

综上所述, 医院针对本项目 DSA 手术室产生的各项污染物均拟采取有效的污染防治措施。

10.3 环保措施及其投资估算

根据牟定县人民医院 DSA 射线装置对保护目标及周围环境的影响, 按照国家有关法规和技术规范对项目进行辐射环境影响评价, 确认实践的安全与防护, 对不利影响及存在的问题提出防治措施, 把辐射环境影响减少到合理可达到的尽量低的水平。针对已采取的安全与防护措施进行分析, 指出可能存在的薄弱环节, 提出减少工作人员和公众辐射剂量、改善辐射环境质量的对应措施和建议。

本项目总投资 850 万元, 其中核辐射环境保护投资估算为 48.8 万元, 占总投资的 5.74%, 环保投资估算见表 10-7。

表 10-7 环保设施(措施)及投资估算一览表

类别	设备机房	处理方式	投资金额
场所辐射屏蔽措施	DSA 机房	四周墙体, 采用 24cm 实心砖墙粉刷 3cm 硫酸钡防护涂料, 综合具有 4.11mm 铅当量的辐射防护水平; 机房顶面, 12cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板(单层 15mm 厚), 相当于 4.04mm 铅当量的辐射防护水平; 机房地面, 下方无建筑, 地面硬化后用 4cm 硫酸钡水泥找平, 面层用水泥砂浆做保护层; 防护门, 患者通道大铅门 1500*2100mm, 医生通道小铅门 1000 mm *2100mm, 污物清洗间铅门 900 mm *2100mm, 麻醉苏醒间铅门 1200 mm *2100mm, 均为内衬 4mm 铅板的铅门; 观察窗, 2000 mm *900mm, 厚度为 20mm,	40

		具有 3.5mm 铅当量的辐射防护水平进行防护。	
个人防护用品	DSA 机房	工作人员铅衣 6 件、铅帽 6 顶，铅围脖 6 件，铅橡胶手套、铅橡胶眼镜各 2 套；受检者铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶围脖、铅橡胶方巾若干，防护水平 $\geq 0.5\text{mm}$ 铅当量。	4
个人剂量监测	DSA 机房	个人剂量计 11 个，个人剂量报警仪 2 台。	0.5
环境监测仪器	配置于所有设备	X- γ 辐射监测仪 1 台。	1
警示标志	DSA 机房	电离辐射警示标志 3 处，控制区警示标志，监督区标牌。	0.1
管理制度	涉及区域	项目操作规程、岗位职责和辐射应急预案等相关制度上墙	0.1
安全装置	DSA 机房	门灯联锁装置及工作状态指示灯 3 套、DSA 手术室紧急止动开关 2 套	0.5
监控及对讲系统	DSA 机房	视频监控及对讲系统 1 套	0.5
废气治理	DSA 机房	净化空调机组	2.0
噪声治理	DSA 机房	采用低噪设备、换气扇底座、通排风管采用减震设计。	0.1
废水收集	涉及区域	依托建筑污水管网	/
合计	/		48.8

表 11 环境影响分析

11.1 施工阶段对环境的影响

11.1.1 建设施工期的环境影响

本次项目拟在院区门诊楼一楼原有房间进行改建,建成符合设计要求的DSA介入诊疗室,不新增用地,项目工程量小,施工时间较短。在投入使用前主要的施工主要是根据设计内部区域调整,先进行区划调整改造后再对内部墙体进行拆除,根据平面设计重建墙体及隔断,水电、通排风等基装,再进行辐射屏蔽防护安装,内部装修,设备调试运行等,项目工程量小,施工时间较短。在施工过程中有施工噪声、建筑粉尘、建筑垃圾等产生。

(1) 大气环境影响分析

本项目施工期产生废气的作业主要为施工时产生的扬尘及装修废气等。在墙体改造及装修施工阶段会有一定施工扬尘产生,可加强通风透气,降低扬尘的影响,施工期无组织粉尘排放应达到《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要求。装修过程中产生的挥发性气体等,通过加强通风或室内空气净化措施,严格按《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)控制室内环境,可将装修废气的影响降至最低,装修废气不会对周围环境产生大的影响。

(2) 声环境影响分析

施工过程中及设备使用时会对周围声环境产生一定影响,考虑项目工程量小,施工作业较少,施工方式主要为人为施工,机械设备的使用较少,同时项目施工噪声影响是暂时的,将随着施工期的结束而消失。但必须重视的是,医院内部及大楼周围病区的声环境较为敏感,施工单位应合理安排好施工时间,文明施工,禁止夜间施工,尽可能采取低噪声设备及采取隔声减震等措施降低施工噪声对周围环境的影响,场界噪声应控制在《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准限值内,施工期噪声只是在短期对局部环境造成影响。

(3) 固体废物

产生的固废主要是施工废料等,由施工单位依照当地行政主管部门要求负责清运,送至指定的建筑垃圾处置场。另外生活人员产生的生活垃圾,产生量较小可依托医院现有的一般固废收储设施处置。

(4) 水环境影响分析

施工工艺基本无废水产生，产生的少量施工人员的生活废水，依托医院现有污水收集处理系统，经处理后污水进入城市污水管网，不对外直接排放，不会对周围水环境产生大的影响。

在施工期间任然有一定噪声、粉尘、固废等污染物产生并对周围环境造成一定影响。由于在医院病区施工，施工噪声、振动、粉尘等可能会影响医生工作诊疗及病患休养。施工单位应予以重视，合理安排施工时间，文明施工，采取措施尽量降低对医院环境的影响。施工结束后，项目施工期环境影响随之消除。

11.1.2 设备安装调试的环境影响

本项目 DSA 设备的安装调试由设备厂家专业人员进行，安装调试人员持证上岗并采取足够的个人防护措施，医院方不得自行安装及调试设备。

在本项目 DSA 安装调试阶段，加强辐射防护管理，在此过程中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示，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。人员离开时机房必须上锁并派人看守。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周围环境的影响较小。

设备调试阶段会有 X 射线产生，应保障调试人员的防护，做好周围人员疏导管理工作，避免无关人员的误照射。设备调试阶段结束，则上述影响随之结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 本项目 DSA 产生 X 射线辐射环境影响分析

本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。

该项目 DSA 尚未安装，本次环评通过类比评价和理论预测相结合的评价方法进行辐射环境影响分析。

1、类比评价

(1) 类比可行性分析

本项目选取云南省第一人民医院一台 Artis-Zeego 型 DSA 正常使用情况下的监测结果作为类比，主要从技术参数、机房屏蔽防护能力、安全防护措施、项目布局、三废排放等方面进行类比可行性分析。

1) DSA 主要技术参数

表 11-1 本项目及类比 DSA 主要技术参数对比

设备型号	生产厂家	数量	设备主要技术参数		运行时常用管电压 (kV)		运行时常用管电流 (mA)		备注
			额定电压 (kV)	额定电流 (mA)	透视	减影	透视	减影	
Azurion 7 M20	飞利浦	1 台	125	1000	75	75	15	360	本项目设备
Artis-Zeego	西门子	1 台	125	1000	75	77	15.4	368	类比设备

由表 11-1 可知：本项目于类比设备额定电流、额定电压相同，运行常用管电压、常用管电流与类比 DSA 相差不大；故从技术参数上选取云南省第一人民医院 DSA 作为类比是可行的。

2) 机房屏蔽防护能力及面积

表 11-2 本项目机房及类比 DSA 机房屏蔽防护能力及面积对比

项目	类比项目	本项目	比较	达标情况
机房四面墙体	240mm 砖+ 3mm 涂料, 综合铅当量 4.11mmPb;	24cm 实心砖墙粉刷 3cm 硫酸钡防护涂料, 综合具有 4.11mm 铅当量的辐射防护水平。	相当	达标
顶面	13cm 混凝土+3cm 砂浆水泥, 综合铅当量 3mmPb;	2cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板 (单层 15mm 厚), 综合具有 4.04mm 铅当量的辐射防护水平	优于类比	达标
地面	13cm 混凝土+1.0mm 地板砖 +1.2 砂浆水泥, 综合铅当量 2.4mmPb;	下方无建筑, 地面硬化后用 4cm 硫酸钡水泥找平, 面层用水泥砂浆做保护层	/	/
防护门	综合铅当量 3.0mmPb	具有 4mm 铅当量	优于类比	达标
观察窗	采用 18mm 厚铅玻璃, 综合铅当量 3.0mmPb	20mm 厚铅玻璃, 具有 3.5mm 铅当量	优于类比	达标
机房净空尺寸及面积	6.4m×5.4m, S=34.6m ²	7.3×6.2m, S=45.26m ²	优于类比	达标

由表 11-2 可知, 类比云南省第一人民医院这台 Artis-Zeego 型 DSA 设备的机房面积、单边长度和屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)。机房屏蔽防护中, 墙体、地面、防护门、观察窗防护铅当量的辐射防护水平高于类比机房, 机房净空面积大于类比 DSA 机房面积。射线束方向向上, 分析认为, 选用云南省第一人民医院这台 Artis-Zeego 型 DSA 机房作为类比对象可行。

3) 安全防护措施

表 11-3 本项目 DSA 机房及类比 DSA 安全防护措施对比

序号	本项目 DSA 机房	类比 DSA 机房	比较结果
1	将控制室等划为监督区；将 DSA 机房划为控制区。	设置有明显的控制区与监督区标识牌及标线。将 DSA 检查室划为控制区，控制室划为监督区。	一致
2	DSA 机房患者通道防护门、控制室防护门外醒目位置拟设置电离辐射警示标志及中文警示说明；机房患者通道防护门、控制室防护门外顶部均安装有工作状态指示灯，防护门顶部安装有联锁装置，将防护门开关情况与工作状态指示灯有效联动，当防护门关闭后，联锁装置联动工作状态指示灯变亮，并灯箱内提示“射线有害，灯亮勿入”等字样，警示非工作人员不得入内，防止无关人员误入机房，导致误照射。	在 DSA 介入检查室各防护门中部设立“当心电离辐射”警示标志、门头安装工作状态警示灯，设置门灯连锁。	
3	建设单位拟在各 DSA 控制台上、机房内机器操作面板上均设置紧急停机按钮（各按钮与 X 线系统连接）。	在诊疗床操作面板和控制室操作台上各设计了 1 个紧急按钮。	一致
4	各 DSA 自带有铅屏蔽吊架、铅防护屏蔽挂帘。	DSA 自带有铅玻璃屏蔽吊架、铅防护屏蔽挂帘。	一致
5	建设单位拟在各 DSA 手术室安装视频监控及对讲系统一套。	DSA 机房设置 1 套监视对讲装置，用于手术室的监视及对讲。	
6	拟为辐射工作人员配备铅衣 6 件、铅围脖 6 个、介入防护手套 2 套、铅眼镜 2 幅、铅帽 6 件	配备了 3 套铅防护用品，其中铅衣 3 件，铅围脖 3 个，2 副铅眼镜，2 套介入防护手套，3 顶铅帽。	优于类比 DSA
7	个人剂量报警仪 2 台，1 台便携式辐射监测仪，每位辐射工作人员佩戴个人剂量计。	医院配备了 2 台个人剂量报警仪及 1 台 X-γ 辐射剂量率仪，每位辐射工作人员佩戴个人剂量计。	一致
8	DSA 机房安装一套净化空调（送风量 1000m³/h，排风量 600 m³/h）	DSA 机房内采用 1 套空调通排风系统。排风量 300m³/h。	优于类比 DSA
9	医院已制定一套完整辐射安全管理制度，拟将相关辐射安全管理制度上墙。	一套完整辐射安全管理制度，并上墙。	一致
10	DSA 机房患者通道防护门设计有闭门装置。	DSA 机房患者通道防护门安装有闭门装置。	

由表 11-6 可知，类比 DSA 机房所设置的安全防护措施本项目 DSA 机房均配备，故从安全防护措施上看，选取云南省第一人民医院 DSA 作为类比是可行的。

4) 项目布局

本项目 DSA 与类比 DSA 机房医护通道、病患通道、污物通道单独设置，控制室紧邻 DSA 机房，故从平面布局上来看，选取云南省第一人民医院 DSA 手术室作为类比是可行的。

5) 三废排放

表 11-4 本项目 DSA 及类比 DSA 三废排放对比

污染物排放类型	本项目 DSA 三废排放情况	类比 DSA 三废排放情况	比较结果
废气	本项目 DSA 机房采用空调进行通风，排风口位于门诊楼北侧，距顶面 3m 高，本项目 DSA 工作时产生的臭氧经空调排至室外经自然稀释后对环境的影响较小。	本项目运营期 DSA 工作时臭氧产生量较小，经机房内的空调系统进行通风排至室外，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境的影响很小。	均设置动力通风装置
废水	本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生。手术及医护人员产生的污水依托医院污水处理设施处置。	DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生，手术及医护人员产生的污水依托医院污水处理设施处置。	一致
固体废物	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。介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、一次性手套和废弃造影剂储存瓶等医疗废物，采用专门的收集容积集中收集后，依托医院主体工程的医疗废物处理设施处理收集，由当地医疗废物处理机构定期统一回收处理。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。	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。介入手术时产生的医用辅料暂存在 DSA 检查室中的垃圾桶，手术结束集中收集后转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物处理。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾由医院已有的垃圾箱集中收集后由环卫部门定期清运。	一致
噪声	本项目声环境影响主要是机房安装的空调工作时会产生一定的噪声，在距离衰减和墙体降噪后，其噪声值较小，医院在购置设备时已选购风量符合工作要求的成品，设备工作时噪声量也符合国家标准要求，因此，本项目不会对周围声环境产生明显影响	项目空调室外机噪声值较小，设备工作时噪声值符合国家标准要求，因此，经距离衰减、物体阻挡及吸声后，项目对周围声环境影响较小。	一致

由表 11-4 可知，本项目 DSA 与类比 DSA 在三废产生及排放一致，故从三废产生及排放上来看，选取云南省第一人民医院 DSA 作为类比是可行的。

综合考虑，本项目 DSA 对环境辐射影响可参照类比 DSA 正常运行时的监测数据。

(2) 类比 DSA 监测内容

根据 2019 年 12 月 26、27、30 日对云南省第一人民医院核技术利用项目年度辐射环境监测中对这台 Artis-Zeego 型 DSA 类比设备进行辐射环境监测，监测工况为：减影 75kV、368mA，透视 77kV、15.4mA。

监测结果见表 11-5，监测点位见图 11-1。

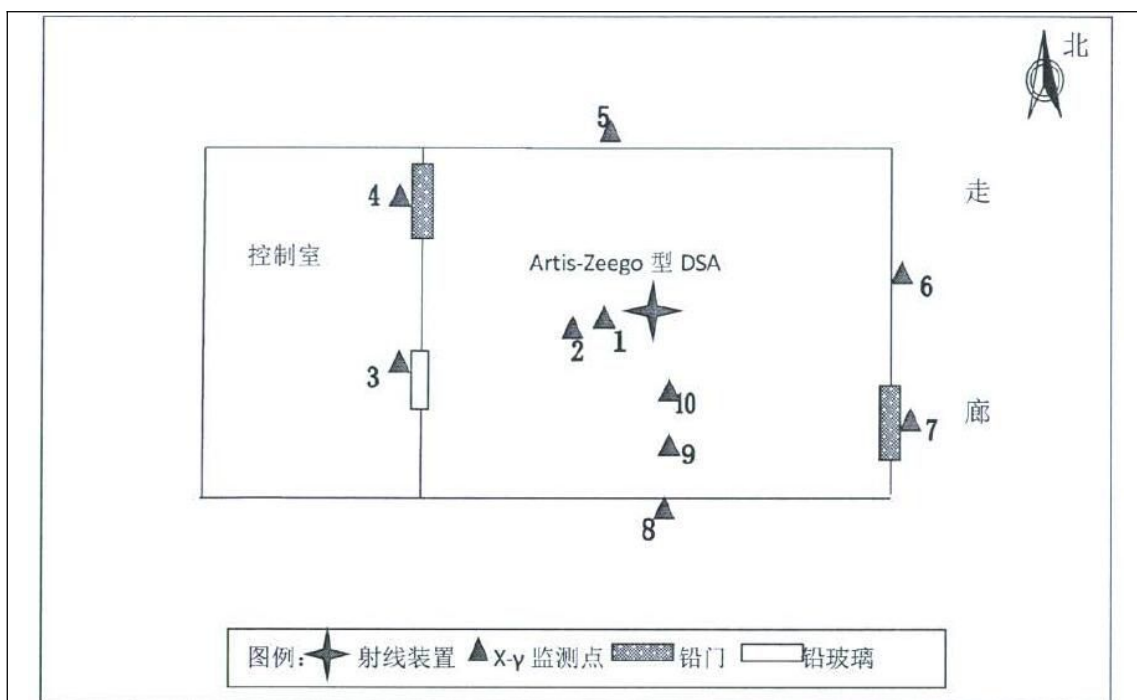


图 11-1 类比 DSA 射线机监测点位示意图

表 11-5 类比 DSA 正常工况下机房周围环境 X-γ 空气吸收剂量率监测结果单位：nGy/h

序号	测量点点位描述	监测数据（均值±标准差）	
		未出束	出束
Artis-Zeego 型 DSA			
1	手术医生第一手术位 （铅衣、铅屏后，水模）	58±4	14967±231
2	手术医生第二手术位 （铅衣、铅屏后，水模）		5237±106
3	铅玻璃（左）	58±4	71±6
	铅玻璃（中）		79±7
	铅玻璃（右）		72±6
4	铅门医生通道（左）	51±4	57±5
	铅门医生通道（中）		56±7
	铅门医生通道（右）		73±5
	铅门医生通道（上）		64±5
	铅门医生通道（下）		66±6
5	北墙外走廊	55±4	59±3
6	东墙外走廊	57±4	62±4
7	铅门病人通道（左）	58±4	62±5
	铅门病人通道（中）		70±6
	铅门病人通道（右）		72±5

	铅门病人通道（上）		64±6
	铅门病人通道（下）		66±6
8	南墙外	58±3	63±4
9	楼上设备间	69±3	73±3
10	楼下更衣室	65±3	71±3

监测结果表明类比机房外各监测点空气比释动能率监测值在 0.056μGy/h~0.079μGy/h 之间，根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）》，使用 ¹³⁷Cs 作为校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy，即类比机房外各监测点周围剂量当量率在 0.0672μSv/h~0.094μSv/h 之间，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 2.5μSv/h”的要求，类比机房屏蔽防护性能满足标准要求。

由于本项目辐射防护水平与类比项目近似，主射束方向防护优于类比项目，推断本项目机房屏蔽防护性能也能满足标准要求。

（3）保护目标辐射影响分析

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 由心内科、神经内科、神经外科开展介入手术，预计每年开展介入手术 650 例，其中心内科年开展介入手术 300 例，神经,内科年开展介入手术 200 例，神经外科年开展介入手术 150 例。年总出束时间 135.42h（透视 130h，减影 5.42h），其中，心内科年总出束时间 62.5h（透视 60h，减影 2.5h），神经内科年总出束时间 41.67h（透视 40h，减影 1.67h），为神经外科年总出束时间 31.25h（透视 30h，减影 1.25h），均为一组人员进行介入手术。对于机房外公众、控制室操作技师、手术护士，本次评价保守按所有科室使用 DSA 年出束总时间 135.42h 来计算；介入手术室工作人员只在透视模式下进行室内曝光操作，保守按单组医生操作 DSA 透视出束时间最长的心内科来计算，即 60h。并根据类比 DSA 设备监测报告算出的 X-γ 空气吸收剂量率附加值，按照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，来预测本项目环境保护目标处公众及职业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：

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

式中： H_E ：X-γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

Dr ：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 : 转换系数, 根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)》, 使用 ^{137}Cs 作为校准参考辐射源时, 换算系数取 1.20Sv/Gy。

其中居留因子参考《辐射防护手册第三分册辐射安全》(李德平编) P80, 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去 1/4, 偶然有人员经过的地方取 1/16。

按照上述条件, 并根据表 11-5 实测数据, 选取条件类似的监测值进行类比, 辐射源与预测点之间有墙体(或多面墙体)相隔的预测点位类比隔室监测点测值, 同在手术室机房内的预测点位类比相同手术操作位监测点测值, 同时考虑方向、距离的相似性, 根据公式 (11-1), 本项目计算可得到如下结果, 见表 11-6。

表 11-6 项目 DSA 机房周围保护目标年最大有效剂量

序号	保护目标	类比测点	可比性分析	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	管理限值 (mSv/a)
1	第一术者位医务人员	1#	预测点位类似, 距离相当	1	0.89	5
2	第二术者位医务人员	2#	预测点位类似, 距离相当	1	0.37	5
3	控制室操作技师	3#	预测点位类似, 距离相当	1	3.41×10^{-3}	5
4	手术护士	4#	预测点位类似, 距离相当	1	3.58×10^{-3}	5
5	绿化区域、院内道路、住院大楼等	5#	距离更远, 保守采用机房外预测点位临近监测值	1	6.50×10^{-4}	0.25
6	麻醉苏醒间、设备间、污物清洗间、空调机房、楼梯间、门诊区域、中西医诊疗康复中心等	6#	距离相当, 保守采用机房外预测点位临近监测值	1	8.13×10^{-4}	0.25
7	门诊大厅、院内道路、院内绿化休闲区等	8#	距离更远, 保守采用机房外预测点位临近监测值	1	8.13×10^{-4}	0.25
8	谈话间、更鞋更衣洗消卫生区、楼梯间、医技楼等	7#	方位相当, 保守采用机房外预测点位临近监测值	1	2.28×10^{-3}	0.25
9	五官科门诊和外二科门诊	9#	距离相当, 同为楼上层监测点位	1	6.50×10^{-4}	0.25

通过类比分析, 本项目 DSA 正常运行时, 对职业人员造成的年有效剂量最

大为 0.89mSv/a，该值低于本次评价的职业年有效剂量管理限值 5mSv/a，对公众造成的年有效剂量最大为 1.31×10^{-3} mSv/a，该值低于本次评价的公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a。

(4) 叠加影响

本项目 50m 评价范围内不涉其他核技术利用项目，无需考虑叠加影响分析，辐射工作人员仅涉及本项目射线装置操作，不与其他射线装置的使用，无需考虑人员剂量叠加影响。

2、理论计算 DSA 设备对机房内介入手术工作人员的辐射影响

DSA 在进行介入手术治疗时会有连续曝光的情况，此时采用脉冲透视，由于项目尚未运营，采用模式预测手术透视情况下辐射环境影响分析。

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 对机房内职业人员（第一术者位和第二术者位医生）的辐射剂量，估算模式如下：

$$X = I \cdot t \cdot V_{ro} \cdot (r_o/r)^2 f \quad (\text{式 11-2})$$

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

$$H = \mu D \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

X ：离射线装置 r_m 处产生的照射量，R；

D ：离射线装置 r_m 处产生的空气吸收剂量，Gy；

I ：管电流（mA）或平均电子束流（ μA ）；

V_{ro} ：在给定的管电压和射线过滤情况下，距射线装置 r_{om} （ $r_o = 1m$ ）处，由单位管电流（1mA）造成的照射量率， $R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ；

f ：防护材料对 X 射线的减弱因子，无量纲；

t ：介入性血管造影的累计出束时间，min；

μ ：转换因子，此处取 1；

H ：有效剂量，Sv。

预测参数选取：

① 根据设备厂商提供资料，脉冲透视操作最大管电压为 75kV、管电流为 15mA，手术医生操作位置（第一术者位）距离主射束距离 r 约为 0.3m，助理医生操作位置（第二术者位）距离主射束 r 约为 1.0m。DSA 过滤板采用 3mmAl，

据此查得 $v_{r0} = 0.48R \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

② 第一术者位医生在手术室内操作时身穿连体铅衣、戴铅手套、铅眼镜、铅围脖，同时在铅悬挂防护屏和床侧防护帘后操作，这些防护用品均为0.5mm铅当量，第一术者位手术医生工作时实际受到了两次防护，防护能力相当于1mm铅当量；第二术者位助理医生仅受铅衣、铅帽、铅眼镜、铅围脖等防护时实际只受到了一次防护，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，1mmPb 对X 射线的减弱因子 $f=0.001$ ，0.5mmPb对X射线的减弱因子 $f=0.01$ 。

③考虑正常情况下，射线出机头后不会直接照射到医生，仅位于X漏射束方向，并可能通过病人体表散射到医生，因此取主射束方向的0.1%。

根据以上公式及参数，经估算，手术医生受到的有效剂量见表11-9。

表 11-9 本项目射线装置所致介入医生年有效剂量

科室	预计年手术量 (例/年)	分组	单组透视 照射时间 (h/年)	第一术者位年 附加剂量 (mSv/a)	第二术者位年 附加剂量 (mSv/a)
心内科	300 例/a	1	60	2.51	2.26
神经内科	200 例/a	1	40	1.68	1.51
神经外科	150 例/a	1	30	1.26	1.13

根据以上计算结果，本项目射线装置脉冲透视对心内科第一术者位医生造成的最大年有效剂量为2.51mSv/a，对第二术者位医生造成的最大年有效剂量为2.26mSv/a；对神经内科第一术者位医生造成的最大年有效剂量为1.68mSv/a，对第二术者位医生造成的最大年有效剂量为1.51mSv/a；对神经外科第一术者位医生造成的最大年有效剂量为1.26mSv/a，对第二术者位医生造成的最大年有效剂量为1.13mSv/a；均满足职业年人员有效剂量5mSv/a的管理限值要求。

综上，根据类比分析和理论预测结果表明，经采取有效屏蔽措施后，评价范围内公众和职业人员年有效剂量满足管理限值要求。

11.2.2 其他放射性废物对环境的影响

本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，无废显、定影液产生，无放射性废物产生。

11.2.3 “非放” 污染物影响分析

(1) 废气排放口设置及废气影响分析

DSA 出束工作时会使机房内的空气发生电离，产生少量的臭氧和氮氧化物，项目射线装置曝光时间较短，臭氧及氮氧化物产生量较少。为保证机房空气环境质量，机房通过空调对机房进行连续换气，将产生的臭氧及氮氧化物排至室外经自然稀释，防止机房空气中臭氧和氮氧化物等有害气体累积，有利于改善室内空气质量环境。

项目排风口设置在门诊楼北侧墙外，距地面 3m，排口向外，由于不位于医院主要人车行道，该区域行人较少，排放口高度高于一般行人高度，对该区域人群影响较小。

(2) 固体废弃物影响分析

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，会根据病人的需要刻录光盘，光盘交由病人带走并自行处理。

②介入手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料及手术垃圾，采用专门的收集容器收集后，转移至污物处置间暂存。按照《国家危险废物名录》（2021 年版），医疗废物（HW01）属危险废物，项目在手术过程中可能有感染性废物（841-001-01）、损伤性废物（841-002-01）、病理性废物（841-003-01）产生，根据《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）相关要求，按照普通医疗废物执行转移联单制度，分类收集、分类处置，依托医院医疗废物处置设施，委托楚雄亚太医疗废物处置有限公司进行处置。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后交由当地环卫部门统一处理。

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。

(3) 废水环境影响分析

DSA 射线装置不产生放射性废水，手术过程会产生少量的废水，医务人员盥洗、器械清洗等也会产生一定量污水。项目将布设管道接入医院医疗废水收处系统，依托医院医疗废水处理站进行处理，达标排放。

目前，医院已建成污水处理站对全院废水进行收集及处理，采用 MBR 膜生物反应工艺，医疗废水经处理后达到《医疗机构水污染物排放标准》表 2 预处理标准后废水经处理后排入城市污水管网，进入污水处理厂，医院污水处理站设计

规模为 200m³/d,医院现有的污水处理站能够满足新增的 DSA 射线装置使用过程中产生污水的处理需求。

(4) 噪声环境影响分析

本项目主要噪声源是通排风系统风机,经距离衰减、物体阻挡及吸声后,设备工作时噪声值符合国家质量标准要求,项目不会对周围声环境产生明显影响。

11.3 事故影响分析

11.3.1 运行期事故情况分析

本项目涉及一台 II 类射线装置——数字减影血管造影系统(DSA)的使用。DSA 射线装置不运行时不存在放射性事故,也不存在影响辐射环境质量事故,只有 DSA 射线装置机运行期间才会产生 X 射线等危害因素,事故主要包括以下几种:

(1) 门灯连锁装置和报警系统发生故障状况下,人员误入正在运行的射线装置机房。

(2) 其它医护人员在未撤出机房时,即进行曝光,人员受到不必要的照射。所受到的照射剂量与其所在位置有关,距离射线装置越近,受照剂量越大。

(3) 在防护门未关闭的情况下即进行曝光操作,可能给工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射。

(4) 医护人员开展介入治疗时,未穿防护服进行手术操作受到射线照射。

11.3.2 事故情况下 X 射线辐射环境影响分析

本项目涉及 II 类射线装置的使用,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。其可能发生的事故工况见 11.3.1,均是在违反操作规程的情况下发生,其中以(4)“医护人员开展介入治疗时,未穿防护服进行手术操作收到射线照射”情况收到照射剂量最大。

(1) 不同事故情况下的影响情况

根据医院提供情况,DSA 正常使用最大工况,1 分钟估算公众误入或未撤离机房造成误照射剂量;20 分钟估算,非主射方向第一手术位仅有设备自带铅帘防护但没穿防护服条件下,X 射线造成手术医生有效剂量;第二术者位无任何防护,距主射线束 1.0m 处漏射线造成 DSA 第二手术位医生剂量见表 11-9。

表 11-9 不同事故情况下人员受到的有效剂量当量

事故情况		与射线束侧向之间最近距离	曝光时间	防护情况	DSA 致剂量当量估算 (mSv)
公众 (误入或未撤离)		0.5m	1min	无防护	0.22
职业人员	第一术者位	0.3m	20min	医生在设备自带铅帘 (0.5mm 铅当量) 后操作, 没穿防护服, 减弱因子为 0.01	0.13
				无防护	12.22
	第二术者位	1m	20min	无防护	1.10

说明: 以正常工作时管电压 75kV, 管电流 15mA 进行计算

从表 11-9 估算可知:

公众误入或未撤离机房而进行曝光时, 处于射束侧向 0.5m 时所致一次剂量为 0.22mSv; 第一术者位医生在未穿防护服仅有设备自带铅帘防护下, X 射线造成第一手术位医生有效剂量为 0.13mSv; 第一术者位医生在无任何防护情况下, X 射线造成手术医生有效剂量为 12.22mSv; 第二术者位助理医生在无任何防护情况下, 距主射束 1.0m 处漏射线造成第二手术位医生剂量为 1.10mSv。对照《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), 职业管理限值为 20mSv/a, 公众管理限值为 1mSv/a, 设置情景下, DSA 误照射未造成公众超剂量照射。

(2) 不同事故情况下人员曝光时间限值

在管理限值内的人员曝光时间限值估算见表 11-10:

表 11-10 不同事故情况下人员曝光时间限值

人员		与射线束侧向之间最近距离	防护情况	年剂量限值	曝光时间
公众 (误入或未撤离)		0.5m	无防护	1mSv	4.55min
职业人员	第一术者位	0.3m	医生在设备自带铅帘 (0.5mm 铅当量) 后操作, 但未穿防护服, 减弱因子为 0.01	20mSv	54.55h
			医生不在铅帘后, 未穿铅衣, 无防护		32.73min
	第二术者位	1.0m	医生不在铅帘后, 未穿铅衣, 无防护		6.06h

说明: 以正常工作时管电压 75kV, 管电流 15mA 进行计算

从表 11-10 估算结果可看出: 当公众误入和未撤离情况下, 公众距 DSA 非主射线束 0.5m 处驻留 4.55min 所致有效剂量达到 1mSv 标准限值; DSA 第一手术位操作医生仅有铅帘防护出束操作 54.55h 所致剂量达到 20mSv 标准限值, 无任何防护出束操作 32.73min 达到标准限值; 第二手术位操作 6.06h 达到 20mSv 标准限值。

据此事故估算结果可知, DSA 使用不当任可造成辐射事故, 因而在放射治

疗工作中，应增强工作人员的防护意识、操作规范、加强管理等措施来防止工作人员及公众误照射。

(3) 事故界定

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019）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。

①特别重大辐射事故，是指 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。

②重大辐射事故，是指 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。

③较大辐射事故，是指 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。

④一般辐射事故：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。

对照职业管理限值为 20mSv/a，公众管理限值为 1mSv/a，设置情景下，DSA 误照射未造成公众超剂量照射。但通过分析依然存在超剂量照射可能，属一般辐射事故。

11.3.3 事故预防措施

11.3.3.1 事故处理及应急预案

牟定县人民医院成立由院领导为组长的辐射事故应急处理领导小组，已制定《放射安全事件应急预案》，其中包括了组织机构及职能、辐射事故的预防措施、应急处理措施、辐射事故报告以及预案管理等内容。应急方案规定了放射事件应急处理机构、放射性事故应急救援遵循原则、应急处理程序，内容较全，在应对放射性事故和突发性事件时可行。

环评要求，还应补充一旦发生辐射事故，应当立即启动本医院的辐射事故应急方案，采取必要应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告。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。

通过制定和完善上述措施能有效防范和处置突发事件,将事故发生的概率和事故危害控制到最低限度。

11.3.3.2 风险防范措施

针对前述本项目 X 射线装置可能发生的事故情况,为了防止其发生,应采取多种风险防范措施:

①具有紧急停止按钮,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机房的防护门外近处有醒目的电离辐射警告标志及工作指示灯;

③工作时按医院规定清退相关人员;

④职业人员须身着铅衣等个人防护用品,并佩戴剂量计进行操作,防护铅门正常关闭,控制台确认设置无误时方启动照射;

⑤通过正确操作和认真执行各项规定,可减少或避免人员误照射和超剂量辐射事故发生;

⑥一旦发生误照射并导致人员受到超过年有效剂量限值,医院立即启动辐射事故应急预案,采取应急措施。

以上的各种安全装置,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

12.1.1 机构的设置及其职责

医院成立了牟定县人民医院放射诊疗与辐射安全管理委员会，该机构是医院辐射安全与防护工作的管理、监督和技术指导的领导机构，负责日常事务的管理，并规定领导小组职责及相关责任人。

12.1.2 人员配备

医院设立放射诊疗与辐射安全管理委员会，领导小组职责主要是组织贯彻落实国家和地方政府、医院有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策；定期（每季度一次）召开会议，听取辐射安全与环境保护工作情况汇报，讨论决定辐射安全与环境保护工作中的重大问题和采取的措施；组织开展射线装置安全检查活动，组织处理、通报事故；组织制定和完善射线装置管理制度和操作规程，监督检查各规章制度的执行，督促整改辐射事故隐患。

其成员由本院有关放射业务主管与相关人员组成，以院长为第一责任人和组长、副院长为副组长、各职能科室主任为组员的相关领导小组，辐射安全和防护领导小组如下：

主任委员：朱晓琴（党委副书记、院长）

副主任委员：杨晓燕（副院长）

秦文军(工会主席、副院长)

李世孔（副院长）

委员：李祖春（党委委员、内一科主任）

杜枝光（医务科主任）

赵彩廷（人事科负责人）

孙应华（防保科负责人）

张丽芬（办公室副主任）

李剑波（放射科副主任）

邓良云（内三科主任）

金建平（外一科主任）

潘正仙(口腔科主任)

宿彪（麻醉科主任）

张先锋（后勤科副主任）

领导小组下设办公室在医务科,办公室主任由杜枝光同志兼任、副主任由李剑波同志兼任,负责放射诊疗安全与辐射防护安全管理日常工作。

12.1.3 辐射工作人员配置

目前牟定县人民医院从事辐射工作人员共 44 人,目前 44 人仅从事III类射线装置操作,由医院自主组织的辐射安全与防护培训考核。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 医院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和防护管理条例》(2019 年修订)和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正)的相关管理要求,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、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。根据《云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序(2021 年版)》的相关要求,将医院管理制度现状列于表 12-1 中进行对照分析。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		制度制定	备注
1	综合管理	辐射防护和安全保卫制度	需制定	
2		安全操作规程	已制定	/
3		设备检修维护制度	已制定	/
4		辐射安全管理机构设置(设置文件)	已制定	/
5		场所设施退役(报废)管理制度	需制定	需制定《射线装置报废管理制度》
8		射线装置管理制度	需制定	需制定《射线装置管理制度》
9	监测	监测方案	已制定	/
10		监测仪器检验与刻度管理	已制定	/
11	人员管理	辐射工作人员资质管理	已制定	/
12		辐射工作人员岗位职责管理	已制定	/
13		辐射工作人员健康管理制度	已制定	/

14		辐射工作人员个人剂量管理	已制定	/
15		辐射工作人员培训制度	已制定	/
16	事故应急	辐射事故应急管理制度及方案	已制定	需明确应急仪器、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

根据表 12-1，医院的辐射安全管理规章制度如下：

（1）制定了《辐射事故应急预案》，预案中主要包括放射事件应急处理机构与职责、应急处理领导小组的职责、放射性事故应急救援应遵循的原则、放射事故应急处理程序、放射事故处理、稍后处理程序及内容等。环评要求，还应增加应急事故状态下现场管理措施及对伤员的转运、救治和救助人员、装备、资金、物质准备（如应急车辆、防护器具及应急监测等）、应急人员的组织培训计划等。项目增加该设备后应该对已有的应急预案进行完善，增加针对 II 类射线装置的相应应急措施，并定期组织相关人员进行应急演练，并对演练过程进行记录存档，形成应急演练台账。并按照《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》等相关条例进行补充完善。

（2）制定了《辐射防护和安全保卫管理制度》，包括射线装置机房防护一般原则要求、以及在检查时应采取的保护措施、检查中对患者的防护、设备安全管理、感光材料和耗材安全管理、科室安全管理的一般原则要求等内容。应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关要求进行梳理整理，制定切实可行并统一的管理制度。

（3）制定了《辐射工作人员个人剂量管理制度》，包括辐射工作人员个人剂量监测周期、档案管理、进入放射工作场所的规定等内容。认真落实该制度，保障辐射工作人员的健康安全。

（4）制定了《辐射工作人员健康管理制度》，包括辐射工作人员健康检查周期、内容、超量照射情况及职业健康监护档案的建立等内容。应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》进行完善，认真落实该制度，保障辐射工作人员的健康安全。

（5）制定了《辐射工作人员培训制度》，包括医院相关的技术培训计划及辐射培训计划等内容。应根据《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）、《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）相关要求进一步完善。

（6）制定了《设备检修维护制度》，主要规定了设备定期维修及日常维修的要求，应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理条例》进行完善，对于射线装置不得自行拆装，出现故障时应联系设备厂商并由专业人员进行维修，调试正常后方可投入使用。

（7）制定了《辐射环境监测方案》，主要包括个人剂量监测、辐射工作人员健康检查、工作场所监测内容。按照规定对监测频次进行明确，认真落实该制度，保障辐射工作人员的健康安全。应补充自主不定期监测内容，监测内容参照本环评 12.3 章节内容，并根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 2021）进行监测。

综上，医院制定的各种安全管理制度较全面，具有可行性。在医院环境保护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，严格执行个规章制度。此外，医院需制定监测仪表使用与校验管理制度，进一步完善各项规章制度，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；应将操作规程、放射安全事件应急预案、辐射安全管理制度等张贴于工作场所墙面醒目处。通过完善组织、落实经费、准备物资、加强演练等措施以应对可能发生的辐射事故；完善设备维修保养制度，建立设备维护台账，设备的更换、维修委托专用设备厂家进行，使之处于良好运行状态。若日后有新增的医务人员应尽快安排培训，取得放射工作人员证后才能上岗。

12.2.2 现有执行和落实制度情况

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委员会领导下，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，制度执行情况较好。根据医院制定的相关规章制度，在院内各科室及醒目位置进行张贴，并建立监督管理机构进行督查，责任落实到人，医院辐射管理运行正常，截至目前尚未发生辐射安全事故。

12.3 辐射监测

12.3.1 辐射监测要求

根据《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》及相关管理要求，医院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仪，X- γ 辐射检测仪等。定期或不定期对项目中涉及的设备四周屏蔽措施进行检查；同时接受环境保护部门开展的辐射环境监督（监测）检查。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》，上报发证机关。

12.3.2 辐射监测计划

（1）DSA 工作场所及周围环境辐射监测

监测项目：X- γ 射线空气吸收剂量率；

监测频度：每年至少 1 次，医院自行检测：1 次/季度；

监测范围：DSA 机房内第一术者位、第二术者位，机房防护门及缝隙处，四周各相邻区域以及机房正上方等。

（2）辐射工作场所年度监测

通过制定监测制度，规定每年委托有相关资质的单位对整个医院的辐射工作场所进行辐射环境的监测，并按规定将监测结果上报环境保护行政主管部门。

（3）工作人员的个人剂量监测

辐射工作人员应佩戴个人剂量计上岗，并每 90 天送具有检测资质的机构进行检测，建立辐射工作人员个人剂量档案。

监测项目：累积剂量；

监测频率：最长不应超过 3 个月；

监测范围：全部使用射线装置的医务人员。

（3）监测设备：便携式 X- γ 辐射监测仪（对于常规日常监测，对于办理辐射安全许可证延续，则须请有资质单位对辐射工作场所进行监测）。

表 12-2 项目监测计划

项目	监测项目	监测频度	监测范围	监测设备	监测的位置要求
自主监测	X- γ 辐射空气吸收剂量率	每季度至少 1 次	在运行前对屏蔽墙外 30cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测；运行中，对屏蔽墙外 30cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂	X- γ 辐射监测仪	距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面

			量率进行巡测，并选择部分关注点位（机房防护门及缝隙处、穿墙孔洞、操作间操作台、机房屏蔽墙外 30cm 处、楼上区域等）开展 γ 辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）监测		100cm。
委托监测	X- γ 辐射空气吸收剂量率	竣工环保验收监测	在运行前对屏蔽墙外 30cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测；运行中，对屏蔽墙外 30cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行巡测，并选择部分关注点位（机房防护门及缝隙处、穿墙孔洞、操作间操作台、机房内第一手术位、机房内第二术者位、机房屏蔽墙外 30cm 处、楼上区域等）开展 γ 辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）监测	X- γ 辐射监测仪	距墙体、门、窗表面 30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100cm。
		编制辐射防护年度评估报告（每年 1 次）			
	职业性外照射个人剂量	最长不应超过 3 个月送有资质的单位监测	本项目辐射工作人员	个人剂量计	应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计

12.3.3 个人剂量监测管理

辐射工作人员应按照国家规定配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备必要的监测仪器对工作场所和周围环境进行辐射监测。个人剂量仪器应有足够的可靠性、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。项目运行过程中，每年应请具有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断射线装置是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。

按要求，从事辐射工作人员均必需进行个人剂量检测，时间是每 90 天一次。医院应为从事放射人员建立个人剂量档案，每一周期送具有检测资质的单位进行监测。根据目前其他射线装置使用人员送检情况，目前还没有个人剂量超标情况，未超出职业照射管理限值 5mSv/a。

12.3.4 医院现有环境辐射监测情况及完善建议

医院制定了《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射环境监测方案》等制度，其中规定了个人剂量监测、辐射工作人员健康检查及工作场所监测等内容。按照相关要求，个人剂量计每 90 天检测一次，辐射设备每年进行一次设备性能与防护监测，并得到落实。

应根据环评要求补充完善医院自主监测内容。医院应落实好辐射监测计划和内容。通过以上各种管理措施,可以避免或减少辐射事故的发生率,保证项目的正常运营,也保障工作人员、公众及辐射环境安全。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 辐射事故应急预案要求

为了加强对各放射治疗、诊断设备的安全管理,保障公众健康,保护环境,医院制定了辐射事故应急管理制度及方案(放射安全事件应急预案),根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》(2022年修订)等相关规定,辐射事故应急预案应明确一下几个方面:

- 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;
- ⑤辐射事故信息公开、公众宣传方案。

辐射事故应急预案还应当包括可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。

12.4.2 医院辐射事故应急预案

牟定县人民医院成立由院长为组长的辐射事故应急处理领导小组,已制定《放射安全事件应急预案》等制度,其中包括了组织机构及职能、辐射事故的预防措施、应急处理措施、辐射事故报告以及预案管理等内容。应急预案规定了放射事件应急处理机构、放射性事故应急救援遵循原则、应急处理程序,内容较全,在应对放射性事故和突发性事件时可行。

针对应急预案,应完善的措施: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《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》(2022年修订),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。

12.4.3 现有核技术利用项目应急预案的执行情况及完善建议

医院制定了《辐射事故应急处理预案》并成立了应急处理领导小组，组织开展工作，目前医院尚未发生过辐射安全事故。

建议对应急预案进行完善，应急预案中补充辐射事故时，应当立即启动本医院的辐射事故应急方案，采取必要应急措施，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。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等内容。还应增加应急事故状态下现场管理措施及对伤员的转运、救治和救助人员、装备、资金、物质准备（如应急车辆、防护器具及应急监测等）、应急人员的组织培训计划等。按照《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射源同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关条例进行补充完善。

通过以上措施能有效防范和处置突发事件，将事故发生的概率和事故危害控制到最低限度。

12.5 本次项目法规符合情况分析

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 修订）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部 18 号令）规定，现对牟定县人民医院从事本项目辐射活动能力评价列于表 12-2、12-3、12-4。

12.5.1 对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修改）要求的满足情况

表 12-3 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 12-3 项目执行“安全和防护条例”要求对照表

序号	安全和防护条例要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	使用 I 类、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。	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设有本科学历的专职管理人员。	符合
2	生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	本项目辐射工作人员11人，均为新增辐射工作人员，医院承诺安排参加环保部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，并参加考核合格后上	报告要求医院所有从事辐射工作人员应通过辐射安全和防护专业知识

	有与所从事的生产、销售、使用活动规模相适应的，具备相应专业知识和防护知识及健康条件的专业技术人员。	岗。	及相关法律法规的培训和考核。
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	本项目不涉及该内容
4	放射性同位素与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要求的安全措施。	机房拟装门灯联锁和门外设工作警示灯和电离辐射警告标志等。	符合
5	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；	本次项目建设符合《放射诊断放射防护要求》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》等规范中规定要求	符合
6	有专门的安全和防护管理机构或者专职、兼职安全和防护管理人员，并配备必要的防护用品和监测仪器；	已成立辐射防护领导小组，并在该机构设有本科学历的专职管理人员，并承诺按照环评要求配备必要的防护用品及监测仪器	符合
7	有健全的安全和防护管理规章制度、辐射事故应急措施；	有较为健全的安全和防护管理规章制度、辐射事故应急措施；但需按照环评要求进行完善	基本符合
8	产生放射性废气、废液、固体废物的，具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及放射性同位素。	本项目不涉及该内容
9	生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。	医院每年对辐射工作人员进行个人剂量监测，目前已制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康管理（监护）制度》等相关制度，定期对辐射工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案。	医院已做出承诺
10	生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素、射线装置的安全和防护状况进行年度评估。发现安全隐患的，应当立即进行整改。	医院2022年度评估报告已提交楚雄州生态环境局。	每年1月31日前向生态环境主管部门提交上一年度年度评估报告。
11	生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位需要终止的，应当事先对本单位的放射性同位素和放射性废物进行清理登记，作出妥善处理，不得留有安全隐患。生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位发生变更的，由变更后的单位承担处理责任。变更前当事人对此另有约定的，从其约定；但是，约定中不得免除当事人的处理义务。	已制定《场所设施退役（报废）管理制度》，按管理要求进行完善并执行	目前暂不涉及射线装置终止退役等情况

12.5.2 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修改）要

求的满足情况

表 12-3 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 12-3 项目执行“安全许可管理办法”要求对照表

序号	安全许可管理办法要求	本单位落实情况	是否符合要求
1	使用 I 类、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。	已成立辐射防护领导小组,并在该机构设有本科学历的专职管理人员。	符合
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	本项目辐射工作人员11人,均为新增辐射工作人员,医院承诺安排参加环保部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识,并参加考核合格后上岗。	报告要求医院所有从事辐射工作人员应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。
3	使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体防卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	本项目不涉及该内容
4	放射性同位素与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要求的安全措施。	机房拟装门灯连锁和门外设工作警示灯和电离辐射警告标志等。	符合
5	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,包括个人剂量计监测报警、辐射监测等仪器。	拟为辐射工作人员配备个人剂量计, X-γ 辐射监测仪1台及个人剂量报警仪2台。	符合
6	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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	有健全的定规章制度、操作规程、岗位职责及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。	符合,但部分制度需要修改完善
7	有完善的辐射事故应急措施。	在现有事故应急措施上,根据新建项目的需要,拟制定更为完善辐射事故应急处理预案。	符合
8	产生放射性废气、废液、固体废物的,还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及放射性同位素。	本项目不涉及该内容

12.5.3 对照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求的满足情况

表 12-4 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 12-4 项目执行“安全和防护管理办法”要求对照表

序号	安全和防护管理办法要求	本单位落实情况	是否符合要求
----	-------------	---------	--------

1	第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。	在机房门外拟设有工作状态指示灯，防护门外拟贴有电离辐射警告标志。	符合
2	第七条 放射性同位素被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	本项目不涉及放射性同位素。	本项目不涉及该内容
3	第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	承诺委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行1次监测。	符合
4	第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	承诺每年1月31日前向环保部门提交年度评估报告。	符合
5	第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照生态环境部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	承诺尽快安排目前从事辐射工作的工作人员及新增人员安排环保辐射安全与防护培训和考核，并持证上岗。	符合
6	第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	已为所有从事辐射工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测。并承诺按照检查周期定期送检。	符合
7	第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。	已委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。	符合

对照《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管理办法》中关于建设单位使用射线装置应具备的条件要求，在落实和完善相关防护设计要求及环评提出的要求前提下，牟定县人民医院具备有使用本次评价的一台Ⅱ类射线装置（DSA 设备）的使用和管理能力。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况结论

本项目拟将牟定县人民医院门诊楼一楼原门诊药房等改建为一间 DSA 机房及其辅助用房，新增一台 Azurion 7 M20 型医用血管造影 X 射线系统（DSA），最大管电压为 125kV、最大管电流为 1000mA，属于 II 类射线装置。项目总投资 850 万元，其中环保投资 48.8 万元，占项目总投资的 5.74%。

13.1.2 产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录(2019 年本)》及 2021 年第 49 号令《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录(2019 年本)>的决定》相关规定，本项目的建设属于指导目录中鼓励类第十三项“医药”中第 5 款“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”，符合国家当前的产业发展政策。

13.1.3 选址和布局合理性

建设地点位于牟定县人民医院内，将对门诊楼一楼原门诊药房等进行改造，改造成为符合诊疗需求的 DSA 机房及其配套设施，本次项目不新增用地，用地属已规划确定的医疗用地，医院选址用地符合牟定县城镇规划要求。项目选址无明显环境制约因素，选址合理。

新建 DSA 机房四面墙体具有约 4.11mm 铅当量防护水平的屏蔽体，顶面具有 4.04mm 铅当量防护水平的屏蔽体，避开了人流量大、人员集中活动区，同时兼顾了病员就诊的方便性，并在机房门外设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，将机房划定为控制区，限制无关人员受到不必要的照射。DSA 手术室、控制室分开单独设置；线束不直接照射门、窗和管线口位置；患者和受检者不在机房内候诊。DSA 手术室单独设置了医生通道及病人通道，候诊病人从病人通道进入手术室，医生从医生通道进入控制室和手术室，设置独立，便于管理。病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。

新建 DSA 机房墙面、顶面均经屏蔽防护处理，墙面、顶面、地面达到综合铅当量分别为 4.11mm、4.04 mm，优于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中对 C 型臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度在“有用线束方向铅当量及非有用线束方向”铅当量不低于 2.0mm 的要求，通过环评类比分析 DSA 正常运行时四周及楼上用房的 X- γ 辐射空气吸收剂量无明显波动，对四周及楼上用房影响轻微，项目平面、纵面布局可行。

本项目周围无环境制约因素，项目新建机房进行辐射屏蔽防护设计，项目通过采取有效屏蔽措施后对周围环境影响较小，选址合理。项目运行后应在机房门外设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，将机房划定为控制区，并对周围通道进行严格管理，限制无关人员受到不必要的照射。

综上所述，本项目总布局布置满足“诊治工作要求、有利于辐射防护和环境保护以及各组分布功能分区明确，既能有机联系，又不相互干扰”的原则，该项目选址合理。

13.1.4 项目利益代价分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，虽然会增加机房周围的电离辐射水平，但是采取各种管理措施和屏蔽措施后可得到有效控制；本项目的建设可以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，提高对疾病的诊治能力，它还将给医院带来更多的经济效益和社会效益。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断及治疗效果，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的。

13.1.5 辐射环境质量现状结论

根据 2023 年 3 月 1 云南核瑞环境检测有限公司对项目拟建场所及周围环境 X- γ 辐射剂量率的监测结果，拟建 DSA 场所及周围环境 X- γ 剂量率测量值在 $9.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.2 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间，与本次监测的医院背景值 $10.9 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.1 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 水平相当。项目拟建地之前未从事辐射污染相关诊疗活动，测值波动不大，项目选址及周围环境 X- γ 辐射水平属项目区域正常天然本底辐射水平。

13.1.6 辐射防护措施有效性结论

新建的 DSA 射线装置工作场所由控制室及机房组成，根据牟定县人民医院

提供的资料，机房为规整四边形，防护设计方案如下：四周墙体，采用 24cm 实心砖墙粉刷 3cm 硫酸钡防护涂料，综合具有 4.11mm 铅当量的辐射防护水平；机房顶面，12cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板（单层 15mm 厚），相当于 4.04mm 铅当量的辐射防护水平；机房地面，下方无建筑，地面硬化后用 4cm 硫酸钡水泥找平，面层用水泥砂浆做保护层；防护门，患者通道大铅门 1500*2100mm，医生通道小铅门 1000 mm *2100mm，污物清洗铅门 900 mm *2100mm，麻醉苏醒间铅门 1200 mm *2100mm，均为内衬 4mm 铅板的铅门；观察窗，2000 mm *900mm，厚度为 20mm，具有 3.5mm 铅当量的辐射防护水平进行防护。DSA 室单边最小长度为 6.2m，净空面积约 45.26m²。项目 DSA 机房使用面积、单边长度及屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 C 型臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度在“有用线束方向铅当量及非有用线束方向”铅当量不低于 2.0mm 的要求。

辐射安全防护措施：医院为项目辐射工作人员配置多套铅衣、铅帽等个人防护用品；工作人员配置个人剂量计，专人佩戴，定期送检，建立个人剂量档案；配置 X-γ 辐射监测仪器及个人剂量报警仪；DSA 设置紧急止动开关、门灯连锁装置、工作指示灯、声光报警装置和对讲系统。

辐射安全管理措施：医院成立了环境保护管理领导小组，制定了辐射事故应急预案、辐射防护和安全保卫管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射工作人员培训、DSA 安全操作规程和设备维修等制度。

医院 DSA 操作人员应参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加集中考核，考核合格后方可上岗，正确佩戴个人剂量计，定期送检；完善应急预案组织、经费落实和物资准备内容，并加强应急演练；项目操作规程、岗位职责和辐射应急预案等相关制度应张贴于辐射工作场所醒目处。医院应在监督区（控制室）和控制区（机房）范围设立明显标识，加强项目核技术利用场所周围辐射环境管理和监测工作，认真落实本次环评提出的监测计划。

通过以上各项防护措施的综合使用，按照环评提出防护时间进行控制，可有效防止 X 射线产生的辐射影响，对公众和职业人员所致剂量低于云南省生态环境厅规定的管理限值。

13.1.8 施工期环境影响结论

在项目施工期间有一定噪声、粉尘、固废等污染物产生并对周围环境造成一定影响。由于在医院病区施工，施工噪声、振动、粉尘等可能会影响医生工作诊疗及病患休养。施工单位应予以重视，合理安排施工时间，文明施工，采取措施尽量降低对医院环境的影响。施工结束后，项目施工期环境影响随之消除。

本项目 DSA 设备的安装调试由设备厂家专业人员进行，安装调试人员持证上岗并采取足够的个人防护措施，医院方不得自行安装及调试设备。设备调试阶段会有 X 射线产生，应保障调试人员的防护，做好周围疏导人员管理工作，避免无关人员的误照射。设备调试阶段结束，则上述影响随之结束。

13.1.9 辐射环境影响结论

(1) 环评中通过类比分析，本项目 DSA 正常运行时，对职业人员造成的年有效剂量最大为 0.89mSv/a，该值低于本次评价的职业年有效剂量管理限值 5mSv/a，对公众造成的年有效剂量最大为 1.31×10^{-3} mSv/a，该值低于本次评价的公众年有效剂量管理限值 0.25mSv/a。

经机房实体屏蔽防护后，本项目拟建 DSA 运行后对本次评价范围内（机房 50m 范围）环境保护目标的环境影响较小。

(2) 根据预测分析，本项目射线装置脉冲透视对心内科第一术者位医生造成的最大年有效剂量为 2.51mSv/a，对第二术者位医生造成的最大年有效剂量为 2.26mSv/a；对神经内科第一术者位医生造成的最大年有效剂量为 1.68mSv/a，对第二术者位医生造成的最大年有效剂量为 1.51mSv/a；对神经内科第一术者位医生造成的最大年有效剂量为 1.26mSv/a，对第二术者位医生造成的最大年有效剂量为 1.13mSv/a；均满足职业年人员有效剂量 5mSv/a 的管理限值要求。

13.1.9 运营期其他环境影响结论

项目运行不产生放射性废水、放射性废气及放射性固废。

DSA 运行时产生少量的臭氧和氮氧化物，项目射线装置曝光时间较短，臭氧及氮氧化物产生量较少，项目 DSA 机房采用净化空调通排风系统进行通风换气后，DSA 产生的臭氧及氮氧化物对环境的影响较小。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，排放口不位于人群密集区域，外排后通过稀释扩散对环境的影响较小。

本项目主要噪声源是空调机组，经距离衰减、物体阻挡及吸声后，设备工作时噪声值符合国家质量标准要求，项目不会对周围声环境产生明显影响。

DSA 采用数字成像，无须胶片冲洗，不产生显影、定影废物。介入手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料及手术垃圾，采用专门的收集容器收集后，转移至污物间暂存。按照普通医疗废物执行转移联单制度，依托医院医疗废物管理制度、设施，并委托有资质的单位统一处置。

在介入手术过程会产生少量的废水，医务工作人员盥洗如厕等也会产生一定量污水。项目将通过大楼污水管道接入医院医疗废水收处系统，依托医院医疗废水处理站进行处理，达标排放。

13.1.10 事故状态下辐射环境影响分析结论

对照《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），职业管理限值为 20mSv/a，公众管理限值为 1mSv/a，设置情景下，DSA 误照射未造成公众超剂量照射。但通过分析，依然存在超剂量照射可能，按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订）中规定判断，属一般辐射事故。为防止其他可能的辐射事故，建设单位制定了辐射事故应急预案，各种辐射防护设施（措施）较齐全，效能基本可满足辐射防护要求，医院制定的各种安全管理制度较全面，按评价要求完善各操作规程和制度后，在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取防护措施，可以有效控制辐射事故对环境的影响。

13.1.11 从事辐射活动能力评估

对照《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管理办法》中关于建设单位使用射线装置应具备的条件要求。分析认为，牟定县人民医院具备本次评价一台 II 类射线装置（DSA）的使用和管理能力。

13.1.12 项目建设的环保可行性结论

本项目符合国家产业政策，本项目开展所带来的利益是大于所付出的代价的，符合辐射防护“实践的正当性”原则；新建 DSA 手术室设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的防护要求；通过预测，正常工况下，设备运行对周围保护目标的辐射影响满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《云南省环境保护局关于<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》（云环函[2006]727 号）中对职业人员及公众照射的要求，其他污染物环境影响可接受；牟定县人民医院具有对新增数字减影血管造影机（DSA）的使用和管理能力。只要严格按照“三同时”要求，落实本报告提出的各项污染控制措施条件下，从环境保护和辐射安全的角度项目可行。

13.2 建议和承诺

13.2.1 承诺

为了保护环境、保障人员健康，牟定县人民医院承诺：

（1）遵守辐射安全与辐射环境保护的法律、法规，执行有关技术要求，完善管理制度，落实管理责任。

（2）严格按照《辐射安全许可证》中规定的范围和种类开展核技术医疗活动。

（3）新增的从事辐射工作的人员参加辐射安全与防护培训班学习，持证上岗。

（4）加强内部监督管理，并接受生态环境部门的监督检查。

（5）项目实施后按照国家相关法律法规尽快进行验收。

（6）设备应在环评工作符合条件下运行，如果工作量大幅增加，应先对辐射防护效果进行评估，在辐射防护满足相关管理要求的前提下才能确定实施。

（7）严格遵守 DSA 操作规程，加强门灯连锁装置维护，介入手术过程中曝光前需确定防护门是否关闭，如果曝光过程中铅门未关闭，应立即停止出束。

（8）应对涉及射线人员辐射安全教育纳入医院的日常计划之中，按照生态环境主管部门的要求，医院必须对从事放射工作的人员进行辐射防护相关知识的培训，定期对工作人员进行安全教育，提高安全意识，减少人为因素导致意外照射事故的发生。

（9）对辐射环境检测过程中接近于标准限值的设备区域进行复测，并采取措施完善机房门的辐射防护效果。

（10）定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年 1 月 31 日前上报生态环境主管部门。

（11）一旦发生辐射安全事故，立即按医院应急处理预案进行处置，并及时

逐级上报生态主管部门。

13.2.2 建议

(1) 在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。

(2) 医院每年要将辐射环境保护经费开支列入年度预算中，使辐射环境工作有充足的经费保障，才能切实将辐射环境保护工作落实到实处。

(3) 不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。

(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。

(5) 根据国家及地方最新出台的法律法规，对医院相关制度进行更新完善。

13.3 项目竣工验收检查

项目投入运行后，建设单位应当根据《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，建设单位不具备验收监测报告能力的，可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、环评单位、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。

建设单位应公开建设项目相关信息，向所在地县级以上生态环境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。

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。

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”检查内容见表 13-1。

表 13-1 项目竣工环境保护验收一览表

项目		验收内容	备注
程序 合法 性	环保手续	项目环评批复	

工程 变动 核查	建设地点、设备 型号及参数、机 房情况等	建设地点位于门诊楼一楼，使用一台 DSA，设备 额定管电压为125kV，额定管电流为1000mA，数 量为1台， DSA机房净尺寸为长7.3m×宽6.2m×高 2.7m。	对照环评及批复内容进 行核查
辐射 防护 设施 与运 行情 况	屏蔽设计	DSA机房射线屏蔽措施：四周墙体，采用24cm实 心砖墙粉刷3cm硫酸钡防护涂料，综合具有 4.11mm铅当量的辐射防护水平；机房顶面，12cm 厚混凝土楼板下方用镀锌方管固定双层防护板 （单层15mm厚），相当于4.04mm铅当量的辐射防 护水平；机房地面，下方无建筑，地面硬化后用 4cm硫酸钡水泥找平，面层用水泥砂浆做保护层； 防护门，患者通道大铅门1500*2100mm，医生通 道小铅门1000 mm *2100mm，污物清洗间铅门900 mm *2100mm，麻醉苏醒间1200 mm *2100mm，均 为内衬4mm铅板的铅门；观察窗，2000 mm *900mm， 厚度为20mm，具有3.5mm铅当量的辐射防护水平 进行防护。	满足《放射诊断放射防 护要求》（GBZ130-2020） 规定；隐蔽工程需拍照 留证
	废气治理	DSA机房安装空调机组1套。	符合使用要求
	个人防护用品	工作人员铅衣 6 件、铅帽 6 顶，铅围脖 6 件，铅 橡胶手套、铅橡胶眼镜各 2 套；受检者铅橡胶性 腺防护围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶围脖、铅橡胶 方巾若干，防护水平 $\geq 0.5\text{mm}$ 铅当量。	符合使用要求
		铅防护屏、床侧防护帘、床侧防护屏、移动防护 屏若干，防护水平 $\geq 0.5\text{mm}$ 铅当量。	
	监测用品	X-γ辐射监测仪1台，个人剂量报警仪2台，涉及的 工作人员均配备个人剂量计。	符合使用要求
	警示标志	电离辐射警示标志3处，控制区警示标志，监督 区标牌警示标志、控制区警示标志，监督区标牌、 警示带、地标等措施。	安装标示
	安全装置	门灯联锁装置及工作状态指示灯3套、DSA手术室 紧急止动开关2套、视频监控及对讲系统1套。	符合使用要求
	物资准备	应急、救助物资准备。	符合使用要求
规章 制度	隐蔽工程	对隐蔽工程应在施工过程中拍照留证	
	辐射安全管理制 度	应急响应程序、辐射安全防护管理制度、操作规 程等制度上墙；制定监测方案、监测仪表使用与 校验管理制度和辐射工作人员个人剂量管理制 度等。	完善医院相关规章制 度，项目操作规程、岗 位职责和辐射应急预案 等相关制度应张贴于辐 射工作场所醒目处。

验收 监测	X- γ 辐射剂量率	机房操作人员位、防护门及缝隙处、控制室、操作台及机房屏蔽墙外各点位 X- γ 辐射剂量率。	满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)规定
----------	-------------------	--	-------------------------------

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公 章
年 月 日