

编号：渝联辐环评字[2025]0003 号

核技术利用建设项目

云阳县中医院

医用血管造影X射线机建设项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位：云阳县中医院

编制单位：重庆联尔医学研究院有限公司

编制时间：2025年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

云阳县中医院

医用血管造影X射线机建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：云阳县中医院

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：重庆市云阳县双江街道北城大道 618 号

邮政编码：404500

联系人：***

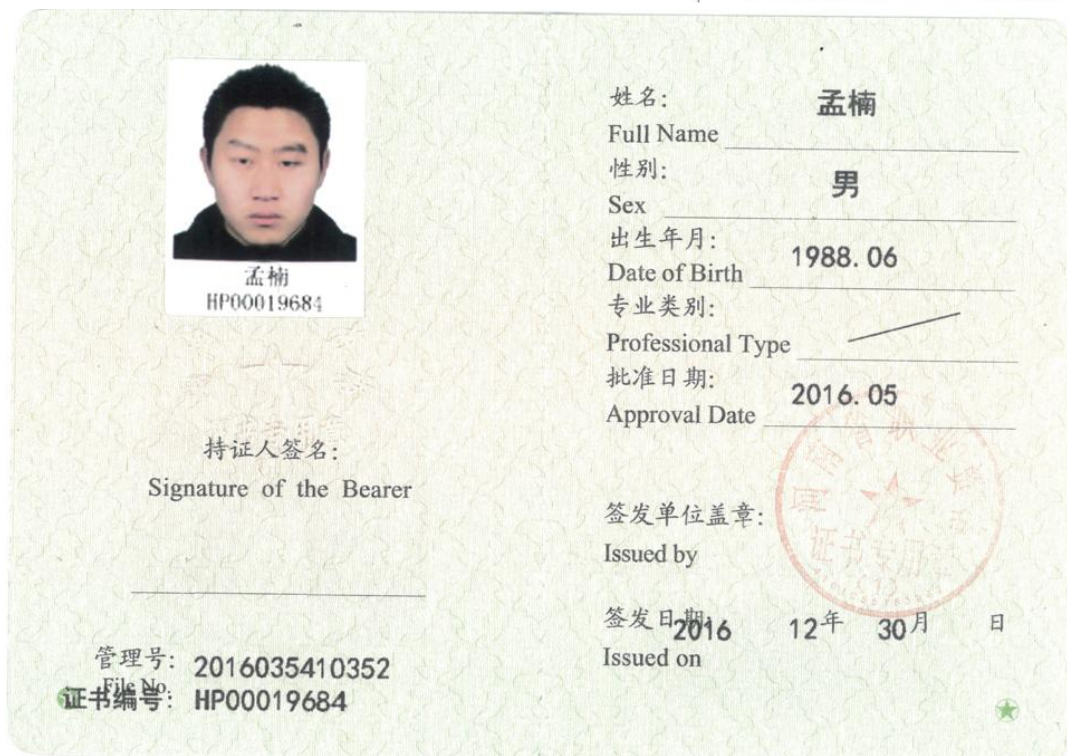
电子邮箱：41 *****67@qq.com

联系电话：135 *****448

编制单位和编制人员情况表

项目编号	57012b		
建设项目名称	云阳县中医院医用血管造影X射线机建设项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	云阳县中医院		
统一社会信用代码	125002354518507766		
法定代表人（签章）	毕平		
主要负责人（签字）	余荣华		
直接负责的主管人员（签字）	余卫东		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆朕尔医学研究院有限公司		
统一社会信用代码	91500103MA5U53FM41		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
孟楠	2016035410352015411801000074	BH005013	孟楠
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘涛	环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护	BH063232	刘涛
李高福	环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH064832	李高福
孟楠	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物（重点是放射性废弃物）、评价依据、保护目标与评价标准	BH005013	孟楠

环评编制主持人职业资格证书（复印件）



建设单位承诺书

- (一) 已经知晓行政许可实施机关告知的全部内容；
- (二) 保证申请资料和相关数据的合法性、真实性、准确性，保证电子文件和纸质资料的一致性；
- (三) 自认满足行政许可实施机关告知的条件、标准和技术要求，本项目不存在“未批先建”等环境违法行为；
- (四) 能够在约定期限内，提交行政许可实施机关告知的相关材料；
- (五) 严格遵守相关环保法律法规，自觉履行环境保护义务，承担环境保护主体责任，落实“三同时”制度，按照本项目环评文件载明的项目性质、规模、地点、采用的生产工艺以及拟采取的环境保护措施进行项目建设和生产经营。重信守诺，维护良好的信用记录，并主动接受政府、行业组织、社会公众、新闻舆论的监督，积极履行社会责任；
- (六) 愿意承担不实承诺、违反承诺的法律责任及由此造成的损失；
- (七) 本承诺书在“信用重庆”等网站上公开；
- (八) 本单位已对环评机构编制的环评文件进行审查，提交的环评文件公示版不涉及国家秘密、商业秘密等内容，并认可环评文件中的环境影响评价结论。因环评文件存在重大质量问题，导致行政许可被撤销的，本单位承担相关法律责任和经济损失；
- (九) (勾选“告知承诺制”的) 本单位自愿选择告知承诺制审批，并知晓相关规定内容，承诺履行主体责任，承担未履行承诺或其他法律法规要求而产生的一切后果(包括撤销环评批复、恢复原状等)；
- (十) (勾选“告知承诺制”的) 本单位已知晓受理即领取的批准文书在法定公示期(10个工作日)结束后生效；本单位已知晓，公示期满如果收到反对意见，生态环境行政主管部门将组织开展反馈意见的甄别核实工作，5个工作日内核实不能批复，生态环境行政主管部门出具《不予行政许可决定书》，本单位承诺按要求退回批准文书，承担撤销环评批复产生的一切后果。在甄别核实意见期间，本单位承诺主动参与核实工作，不组织施工建设；
- (十一) 上述陈述是申请人的真实意思表示。

建设单位(盖章): 云阳县中医院



日期: 2025年4月

云阳县中医院
关于同意对《云阳县中医院医用血管造影 X 射线机建
设项目环境影响报告表》（公示版）
进行公示的说明

重庆市云阳县生态环境局：

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》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我单位委托重庆朕尔医学研究院有限公司编制了《云阳县中医院医用血管造影 X 射线机建设项目环境影响报告表》（公示版），报告表内容及附图附件等资料均真实有效，我单位作为环境保护主体责任，愿意承担相应的责任。报告表（公示版）不涉及技术和商业秘密的章节。我单位同意对报告表（公示版）进行公示。

特此说明。



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	10
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	20
表 9 项目工程分析与源项	24
表 10 辐射安全与防护	33
表 11 环境影响分析	45
表 12 辐射安全管理	62
表 13 结论与建议	69

附图

附图 1 拟建项目地理位置图

表 1 项目基本情况

建设项目名称		云阳县中医院医用血管造影 X 射线机建设项目				
建设单位		云阳县中医院				
法人代表	毕平	联系人	***	联系电话	135*****448	
注册地址		重庆市云阳县双江街道北城大道 618 号				
项目建设地点		重庆市云阳县双江街道北城大道 618 号 云阳县中医院新院区住院大楼-2F 靠东侧区域				
立项审批部门		重庆市云阳县发展和改革委员会	批准文号	2501-500235-04-01-401001		
建设项目总投资（万元）	1050	项目环保投资（万元）	21	投资比例（环保投资/总投资）	2.0%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			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 建设单位概况

云阳县中医院（以下简称：医院）始建于 1977 年，是一所集医疗、教学、科研、急救、康复、预防、保健、医养结合为一体的国家三级甲等中医医院；医院由新院区 and 老院区组成，设有临床医技科室 37 个，职能科室 16 个，拥有国家级中医特色专科 1 个，市级重点学科 1 个，市级重点专科 3 个，市级特色专科 3 个，县级重点专科 2 个，中国胸痛中心基层版 1 个，医院现有大型医疗设备 180 余（台）件。

医院老院区位于云阳县青龙街道云江大道 808 号，医院因自身发展需要，2013 年 1 月，在重庆市云阳县双江街道北城大道 618 号实施了“云阳县中医院迁扩建项目建设项目”（渝（云）环准〔2013〕003 号），总用地面积 51500m²，总建筑面积为 53820.56m²。医院异地扩建后，老院区继续保留使用，老院区保留口腔科、放射科等部分科室；新

院区医院征地范围内已建项目包括住院大楼（14F/-2F）、门诊大楼（6F/-1F）、体检中心（4F/1F）及其配套辅助用房。

1.2 项目由来

医院为了满足日益增长的介入诊疗的需要，拟在重庆市云阳县双江街道北城大道618号住院大楼-2F靠东侧区域建设“云阳县中医院医用血管造影X射线机建设项目”，建设内容主要为将住院大楼-2F靠东侧区域内空房改造为DSA机房及其控制室、设备间等辅助用房，并拟购置1台医用血管造影X射线机（以下简称“DSA装置”，II类射线装置，额定电压为125kV，额定电流为1000mA，单管头设备），用于开展血管造影介入手术工作。

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），DSA装置属于血管造影用X射线装置的分类范围，为II类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关法律法规要求，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，环境影响评价文件类别为环境影响报告表。

为此，云阳县中医院委托重庆联尔医学研究院有限公司开展“云阳县中医院医用血管造影X射线机建设项目”（简称“本项目”）的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘查、收集资料和现状监测等工作，并结合项目特点，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）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 项目概况

1.3.1 项目用房现状

根据现场勘查可知，拟建DSA机房位于新院区住院大楼（14F/-2F）-2F靠东侧区域内，目前为空房及过道，-2F楼下为基土层。

1.3.2 项目组成

云阳县中医院拟在医院住院大楼-2F靠东侧区域内实施“云阳县中医院医用血管造

影 X 射线机建设项目”，主要建设 DSA 机房及其控制室、设备间等辅助用房，并拟新增一台 DSA 装置（II类射线装置），用于开展血管造影介入手术。拟建项目总建筑面积约 280m²，总投资为 1050 万元，其中环保投资约 21 万元。施工期预计 3 个月。拟建项目组成情况见下表 1-1。

表1-1 本项目组成一览表

分类	项目	项目组成	依托关系
主体工程	DSA 机房	DSA 机房内最小有效内空尺寸约 6.8m×6.9m，层高约 5.1m（吊顶后顶部到地面的净空高度约 3.0m），有效使用面积约 46.92m ² 。	依托主体结构改造用房
	设备	DSA 机房内拟安装 1 台 DSA 装置（II类射线装置，单管头），设备型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA。	新增
辅助工程	辅助用房	拟设置控制室、设备间、缓冲间、洁净间、无菌间、男更衣、女更衣、换鞋区、卫生间、值班室等。	依托主体结构改造用房
公用工程	给水	由市政供水管网提供，依托院内供水管网。	依托
	排水	实行雨污分流制度，雨水直接进入市政雨水管道；污水经污水处理站处理达标后排入市政污水管网。	依托
	供配电	由市政电网供电，依托医院供配电系统；同时设置 1 台柴油发电机，解决停电时临时需要。	依托
	通风	采取机械通排风系统。	依托
环保工程	废水处理措施	项目产生的少量废水依托医院的污水管网收集至医院西南侧污水处理站（处理能力 400m ³ /d），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理排放标准后接入市政污水管网。	依托
	废气处理措施	DSA 机房拟设置机械排风系统，排风口拟布置在吊顶上方，废气经排风管道引至 DSA 机房西侧依托医院排风井引至住院大楼-1F 西侧室外排放。	新建
	固废处理措施	介入手术过程中产生的医疗废物及时收集清理，并采取消毒措施，经 DSA 机房西侧的机房防护门外缓冲区运至西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点（面积约 20m ² ），医疗废物贮存点按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行防渗、防腐、硬化处理；医院危险废物定期交由有资质单位处理。	依托
		本项目产生的生活垃圾，分类收集后，暂存于医院东北侧生活垃圾暂存处，交由市政环卫部门统一收运处理。	依托
		报废的 DSA 按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化，做好相关记录存档。 铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后由医院收集妥善保存。	/
	辐射防护	采用实心砖、现浇混凝土、硫酸钡水泥、铅玻璃窗、铅板、铅防护门等屏蔽材料进行屏蔽。	新建
		设置对讲装置、门灯联动、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、急停开关等。	新建

1.3.3项目用房改造方案

本项目用房改造方案见表 1-2，本项目 DSA 机房改造前后对比图详见附图 4。

表 1-2 本项目用房改造方案

场所名称	原用房情况	改造情况
DSA 机房	空房及过道	拆除住院大楼-2F 靠东侧区域内各空房现有实心砖墙，重新布局，新建 DSA 机房，包括新砌墙体、开设门洞、安装铅窗和铅门，涂抹硫酸钡水泥或安装硫酸钡板等，改造后 DSA 机房内有效使用面积约 46.92m ² 。
控制室、设备间及配套辅助用房	空房及过道	拆除住院大楼-2F 靠东侧区域内各空房现有实心砖墙，重新布局，新建控制室、设备间及配套辅助用房。

1.3.4辐射防护设计方案

本项目拟建于住院大楼-2F靠东侧区域内，根据建设单位提供的资料，本项目拟拆除住院大楼-2F靠东侧区域内各空房现有实心砖墙，重新布局，将该区域改造为DSA机房、控制室、设备间及配套辅助用房，并对DSA机房进行辐射防护设计，具体辐射防护设计方案见表1-3。

表1-3 DSA机房辐射防护设计方案

机房名称	面积、尺寸	屏蔽体	设计方案
DSA 机房	DSA 机房内最小有效内空尺寸约 6.8m×6.9m，层高约 5.1m（吊顶后顶部到地面的净空高度约 3.0m），有效使用面积约 46.92m ² 。	四面墙体	240mm 实心砖墙体，墙体内侧加涂 20mm 硫酸钡水泥
		机房顶板	120mm 现浇混凝土+2mmPb 硫酸钡板
		机房地板	回填土+现浇钢筋混凝土
		2 个铅防护门	各防护门内嵌 3mmPb 铅板
		控制室铅观察窗	3mmPb 铅玻璃

注：1.铅密度11.3g/cm³，混凝土密度2.35g/cm³，实心砖密度1.65g/cm³，硫酸钡水泥密度3.2g/cm³（后文不再赘述）；2.本项目DSA机房北侧墙体、南侧墙体均有800×1000mm钢筋混凝土承重柱，其比实心砖屏蔽效能更高，保守估计该墙体按实心砖厚度考虑（后文不再赘述）；3.本项目DSA机房位于住院楼-2F，楼下为基土层，人员无法到达（后文不再赘述）。

1.3.5设备配置

本项目主要配套设施设备见表1-4。

表1-4 DSA机房配套设施设备配置一览表

序号	名称	数量	位置	用途	备注
1	DSA 装置	1 台	DSA 机房	介入手术	II类射线装置，单管头
2	电源柜	1 套	设备间	DSA 配电	DSA 装置配套设备
3	高压发生柜	1 套	设备间	DSA 装置高压装置	
4	系统控制柜	1 套	设备间	设备控制和数据传输	

5	控制系统	1 套	控制室	DSA 装置操作	
6	中心供氧装置	1 套	DSA 机房	患者供氧	介入手术配套设备
7	除颤仪	1 套	DSA 机房	手术配套用	
8	有创心电监护仪	1 套	DSA 机房	手术配套用	
9	高压注射器	1 套	DSA 机房	手术配套用	
10	吸痰器	1 套	DSA 机房	手术配套用	
11	电生理仪	1 套	DSA 机房	手术配套用	
12	中心负压吸引	1 套	DSA 机房	手术配套用	
13	麻醉机	1 套	DSA 机房	手术配套用	
14	空气消毒机	1 套	DSA 机房	空气消毒	
15	铅衣、防辐射裙、防辐射围领、铅橡胶帽、铅防护眼镜	4 套	DSA 机房	工作人员防护，0.5mmPb	新购
16	介入防护手套	4 双	DSA 机房	工作人员防护，0.025mmPb	新购
17	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏	1 套	DSA 机房	工作人员防护，0.5mmPb	设备配套
18	移动铅防护屏风（含观察窗）	1 个	DSA 机房	工作人员防护，2mmPb	新购
19	防辐射裙、防辐射围领、铅橡胶帽	2 套	DSA 机房	患者防护，0.5mmPb	新购，成人、儿童各一套
20	个人剂量计	若干	DSA 机房和控制室	工作人员个人剂量监测	已配备

1.4 项目劳动定员、工作制度

医院现有从事介入手术辐射工作人员20名，包括16名介入手术医生（其中心脏介入手术医生5组10人，神经介入手术医生2组4人，综合介入手术医生1组2人）、2名护士（仅在配送材料、给病人注射药物或者特殊情况下进入DSA机房内，每台手术在DSA机房内停留时间较短）、2名放射技师（手术过程中不进入DSA机房内），本次设备新增后同时在已运行导管室和拟建DSA机房内开展DSA介入诊疗工作。本次辐射工作人员均为医院现有辐射工作人员，不新增总劳动定员，仅从事介入手术相关工作，医院对其开展个人剂量监测及职业健康监测等。

工作制度：辐射工作人员年工作250天，实行轮休制。

1.5 工作负荷

根据医院提供的资料，本项目预计年开展介入手术约1300台，手术类型包括心脏介入手术（900台/年）、神经介入手术（300台/年）和综合介入手术（100台/年）。

根据介入手术年工作负荷可知，本项目DSA年透视时间共约440.00h，采集时间约

21.73h，总年有效开机时间约461.73h。

1.6 外环境概况

本项目拟位于重庆市云阳县双江街道北城大道 618 号医院住院大楼-2F 靠东侧区域，医院征地范围内已建项目包括住院大楼（14F/-2F）、门诊大楼（6F/-1F）、体检中心（4F/1F）、康悦医养中心（11F/-4F）、食堂（2F/1F）、放疗中心（3F/1F）、发热门诊（3F/1F）、锅炉房（2F/1F）、后勤综合用房（2F/1F）及配套公辅及环保设施。

本项目所在住院大楼北侧紧邻为院内空坝及露天停车场，约 11m 外为花园；西侧紧邻为院内空坝、露天停车场及住院大楼与门诊大楼连廊，约 21m 外为院内道路，约 30m 外为门诊大楼；南侧紧邻院内空坝、露天停车场及连廊，约 12m 外为食堂，约 32m 外为彩钢棚（临时用房），约 35m 外为建筑工地活动板房；东侧紧邻院内空坝及露天停车场，约 18m 外为空房，约 20m 外为山坡及土地，约 22m 外为氧气房，约 28m 外为医疗废物贮存点，约 33m 外为放疗中心。确定本项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作人员及辐射工作场所周围 50m 范围内活动的公众成员。医院总平面图及环境保护目标分布图见附图 2，项目所在楼外环境见表 1-5。

表 1-5 项目所在楼外环境关系表

序号	名称	方位	最近水平距离	高差	环境特征
1	院内空坝及露天停车场	四周	紧邻	无	院内公共区域
2	花园	北侧	约 11m	无	花园
3	住院大楼与门诊大楼连廊	西侧	紧邻	0m~-5m	连廊(住院大楼 1F 与门诊大楼 4F 相连，住院大楼 -1F 与门诊大楼 3F 相连)
4	院内道路	西侧	约 21m	-10m	院内公共区域
5	门诊大楼	西侧	约 30m	-15m	院内建筑物
6	住院大楼与食堂连廊	南侧	紧邻	无	连廊(住院大楼 2F 与食堂 2F 相连)
7	食堂	南侧	约 12m	无	院内建筑物
8	彩钢棚 (临时用房)	南侧	约 32m	无	院内建筑物
9	建筑工地 活动板房	南侧	约 35m	无	院内建筑物
10	空房	东侧	约 18m	无	院内建筑物
11	山坡及土地	东侧	约 20m	+10m	山坡及土地
12	氧气房	东侧	约 22m	无	院内建筑物
13	医疗废物贮存点	东侧	约 28m	无	医疗废物贮存点
14	放疗中心	东侧	约 33m	无	院内建筑物

备注：“+”表示高于住院大楼 1F 室外地面，“-”表示低于住院大楼 1F 室外地面。

1.7 项目选址可行性分析

本项目主要使用 DSA 从事介入手术工作，DSA 运行过程中产生电离辐射影响。本项目拟建于医院新院区住院大楼-2F 靠东侧区域内，DSA 机房东侧为基土层（人员无法到达），北侧为控制室，西侧为休息区及缓冲间，南侧为设备间、风井及油箱间，机房楼上为工作室、过道、磁共振检查室、磁共振控制室，楼下为基土层（人员无法到达）；本项目所在住院大楼四周紧邻为院内空坝、露天停车场及连廊。本项目所在区域相对独立，远离公众聚集区域。

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）的相关规定，本项目环境保护目标为从事本项目辐射工作人员及辐射工作场所边界外周围活动的公众。

根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于本项目的建设。

因此，从辐射防护与环境保护角度，项目选址可行。

1.8 与项目有关的环境保护问题

1.8.1 项目用房的环保手续情况

本项目拟建于医院住院大楼-2F 靠东侧区域内，拟将该区域现有空房改造为 DSA 机房及其配套设备间、控制室等辅助用房，该区域属于医院主体工程一部分，医院于 2012 年编制了《云阳县中医院迁扩建项目建设项目环境影响评价报告书》，并于 2013 年 1 月取得了原云阳县环境保护局下发的《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（云）环准〔2013〕003 号），已于 2016 年 12 月 5 日进行了环保验收，并取得验收批复（渝（云）环验〔2016〕042 号），已取得排污许可证（证书编号：125002354518507766001V），详见支撑性材料附件。

1.8.2 医院核技术利用项目开展情况

医院已取得《辐射安全许可证》（渝环辐证[00185]，有效期至2026年9月23日），医院许可的核技术利用项目包括使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。

根据现场调查，医院非密封放射性物质、现有射线装置具体情况见表1-6、1-7所示。

表 1-6 医院非密封放射性物质一览表

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量（贝可）	年最大用量（贝可）	备注
1	放疗中心一层	丙级	I-125（粒子源）	5.55E+6	2.69E+11	已上证

表 1-7 医院现有射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	数量	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器 放疗系统	XHA600D	Ⅱ类	1 台	放疗中心一层	已上证
2	数字化医用 X 射线摄影系统 (DR)	Brivo XR515	Ⅲ类	1 台	健康管理中心二层	已上证
3	数字化医用 X 射线摄影系统 (DR)	MTP50-B	Ⅲ类	1 台	老院放射科	已上证
4	多排螺旋 CT	uCT528	Ⅲ类	1 台	老院放射科	已上证
5	牙科 X 射线机	JYF-10D	Ⅲ类	1 台	老院口腔科	已上证
6	口腔 X 射线数字化体层摄影设备	Planmeca ProMax 3D	Ⅲ类	1 台	门诊楼四层口腔 CT 室	已上证
7	移动式数字医用化 X 射线摄影系统	M32	Ⅲ类	1 台	无固定场所	已上证
8	医用血管造影 X 射线机	Vicor-CV300	Ⅱ类	1 台	住院楼负一层导管室	已上证
9	数字医用诊断 X 射线透视摄影系统	Uni-Vision	Ⅲ类	1 台	住院楼负一层放射科	已上证
10	数字华医用 X 射线摄影系统	Multix Fusion	Ⅲ类	1 台	住院楼负一层放射科	已上证
11	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATO Mperspective	Ⅲ类	1 台	住院楼负一层放射科	已上证
12	X 射线骨密度检测仪	DPX-NT	Ⅲ类	1 台	住院楼负一层放射科	已上证
13	移动 C 型臂 X 射线机	WHA-200ACT1V0	Ⅲ类	1 台	住院楼十四层手术室	已上证

医院已委托有资质单位对现有各辐射工作场所屏蔽效能进行了监测，其屏蔽效能监测结果均满足相关标准要求，医院上述设备的手续齐全，运行至今使用情况良好。经调查，医院已为每名辐射工作人员配置个人剂量计，建立个人剂量监测档案和职业健康体检档案；医院 2024 年度个人剂量监测总人数为 96 人（含规培人员 10 名），医院现有辐射工作人员为 86 人，本项目 20 名辐射工作人员 2024 年度个人剂量监测结果在 0.05~0.47mSv/a 之间，医院其他辐射工作人员 2024 年度个人剂量监测结果在 0.05~0.92mSv/a 之间，均满足医院辐射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。本项目辐射工作人员均已参加辐射安全防护培训并取得医用 X 射线诊断与介入放射学类合格单。医院运营至今，未发生辐射事故，也未产生辐射环保纠纷，无相关环保遗留问题。

1.8.3 与医院整体的依托可行性分析

本项目与医院依托关系及可行性分析详见表 1-8。

表1-8 本项目与医院依托关系表

依托工程		可行性分析
主体工程		本项目拟建于医院住院大楼-2F 靠东侧区域，依托其主体结构改造本项目相关功能用房，项目主体建筑结构依托可行。
公用工程	给水	医院由市政供水管网供给，项目位于医院内，依托院内供水管网供水。因此，本项目给水依托可行。
	排水	医院实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；医疗废水经医院污水处理站处理达标后排入市政污水管网。因此，本项目排水依托可行。
	供配电	医院用电由市政电网引入，依托医院供配电系统。同时设置 1 台柴油发电机，解决停电时临时需要。因此，本项目供配电依托可行。
环保工程	废水	本项目所在楼产生的废水依托医院的污水管网收集至医院西南侧污水处理站（处理能力 400m ³ /d），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）预处理排放标准后接入市政污水管网。本项目在污水处理站的接纳范围，因此，本项目废水处理依托可行。
	废气	本项目 DSA 机房拟采用机械排风系统对机房通风换气，排风口拟布置在吊顶上方，废气经排风管道引至 DSA 机房西侧依托医院排风井引至住院大楼-1F 西侧室外排放。
	固废	本项目介入手术过程中产生的医疗废物及时收集清理，并采取消毒措施，经 DSA 机房西侧的机房防护门外缓冲区运至西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点，医疗废物贮存点按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行防渗、防腐、硬化处理；医院医疗废物定期由有资质单位处理；医院产生的生活垃圾，分类收集后，暂存于医院东北侧生活垃圾暂存处，交由市政环卫部门统一收运处理。因此，本项目固废处理依托可行。
辐射工作人员		医院现有从事介入手术辐射工作人员 20 名，包括 16 名介入手术医生、2 名护士和 2 名放射技师，不新增总劳动定员，本次设备新增后同时在已运行导管室和拟建 DSA 机房内开展 DSA 介入诊疗工作，医院现有辐射工作人员中包含了放射技师、手术医生、护士等，依托可行。
辐射安全管理		医院已成立了辐射安全与防护管理工作领导小组和辐射事故应急领导小组，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等，辐射安全管理依托可行。

根据上表可知，本项目依托医院主体结构、公用工程、环保工程、辐射工作人员和辐射安全管理是可行的。

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)	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。										

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量（MeV）	活动 种类	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 装置	II	1	待定	125	1000	介入诊疗	医院住院大楼-2F 靠东侧 区域 DSA 机房	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（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。													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	废气经排风管道引至 DSA 机房西侧依托医院排风井引至住院大楼-1F 西侧室外排放
医疗废水	液态	/	/	/	/	/	/	排入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政污水管网
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	分类收集后暂存于医院东北侧生活垃圾暂存处	交由市政环卫部门处置
医疗废物	固态	/	/	/	/	/	暂存于医院东侧医疗废物贮存点	交由有资质单位处理
报废的 DSA	固态	/	/	/	/	/	/	按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化，做好相关记录存档
铅防护用品	固态	/	/	/	/	/	/	医院收集妥善保存
本项目不产生放射性废物。								

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

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版； (5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日施行修订版； (7) 《医疗废物管理条例》，2011 年 1 月 8 日施行修订版； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日施行修改版； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，自 2011 年 5 月 1 日起施行； (10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，自 2017 年 12 月 5 日起施行； (11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，自 2021 年 1 月 1 日起施行； (12) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，自 2025 年 1 月 1 日起施行； (13) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，自 2024 年 2 月 1 日起施行； (14) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日修订版实施； (15) 《重庆市辐射污染防治办法》，自 2021 年 1 月 1 日起施行。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

	(4) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）； (5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (9) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）； (10) 《医用 X 射线诊断设备质量控制检测规范》（WS76-2020）。
其他	(1) 环境影响评价委托书，见附件 1； (2) 重庆市企业投资项目备案证，见附件 2； (3) 环境现状监测报告—渝朕辐环检字[2025]0003 号，见附件 8-1； (4) DSA 检测报告—渝质控（放检）字（2024）04308 号，见附件 8-2； (5) NCRP147 号报告《Structural shielding Design for Medical X-ray ImagingFacilities》； (6) 《辐射防护导论》； (7) 《辐射防护手册》—（第三分册）辐射安全； (8) ICRP 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》； (9) 医院提供的图纸、防护方案、支撑性文件、制度等其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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）的相关规定，确定以本项目 DSA 机房实体屏蔽物外 50m 区域作为辐射环境的评价范围，医院总平面图及保护目标分布图见附图 2。

7.2 环境保护目标

本项目 DSA 机房拟建于医院住院大楼-2F 靠东侧区域，DSA 机房北侧紧邻为控制室；西侧紧邻为休息区、缓冲区；南侧紧邻为设备间、油箱间、风井；东侧为基土层（人员无法到达）；机房楼上紧邻为工作室及过道；楼下为基土层（人员无法到达）。

DSA 机房周围 50m 范围内主要包括住院大楼四周院内空坝及露天停车场，DSA 机房北侧、西侧、南侧、西北侧、西南侧各房间；西北侧云阳县公安局驻中医院警务处、便民超市及连廊；西北侧至西南侧院内道路；南侧连廊及食堂；东北侧氧气房、医疗废物贮存点及放疗中心等；东北侧至东南侧山坡及土地。

本项目环境保护目标为 DSA 机房周围 50m 评价范围内从事本项目辐射工作人员及辐射工作场所边界外周围活动的公众，本项目 50m 评价范围内环境保护目标均在医院红线范围内。

本项目 DSA 机房周围 50m 评价范围内环境保护目标的名称、规模及其与本项目的方位和距离详见表 7-1。

表 7-1 DSA 机房周围环境保护目标情况一览表

编号	名称	方位	水平距离	高差	环境特征	人员类型	规模	影响因子
1	院内空坝及露天停车场	四周	0~50m	+10.2	院内公共区域	公众成员	约 120 人	电离辐射
2	控制室	北侧	0~3m	无	项目辅助用房	辐射工作人员	约 8 人	
3	洁净间、无菌间、男更衣	北侧	约 3~7m	无	项目辅助用房	辐射工作人员、公众成员	约 3 人	
4	值班室	北侧	约 7~11m	无	医院用房	公众成员	约 5 人	

5	电梯、预留间、医用气体、暖水、排烟、清洗间、电梯厅、水管井、机坑、前室、楼梯间、强电井、弱电等	北侧	约 11~30m	无	医院用房	公众成员	约 10 人
6	二次供水机房	北侧	约 30~38m	无	医院用房	公众成员	约 1 人
7	换鞋间、卫生间、女更衣、过道	西北侧	约 2~11m	无	项目辅助用房	辐射工作人员、公众成员	约 5 人
8	消防水泵房	西北侧	约 5~39m	无	医院用房	公众成员	约 1 人
9	住院大楼与门诊大楼连廊	西北侧	约 24~50m	+5.1m~+15.2m	院内公共区域	公众成员	约 20 人
10	云阳县公安局驻中医院警务处及便民超市	西北侧	约 24~31m	+10.2m	院内公共区域	公众成员	约 10 人
11	院内道路	西北侧至西南侧	约 41~50m	无	院内公共区域	公众成员	约 30 人
12	职工之家、煎药室、临床营养科/肠内营养配置室	西北侧	约 29~50m	无	医院用房	公众成员	约 20 人
13	休息区、卫生间、缓冲间、过道、病人家属等候区、污物暂存、排风井	西侧	约 0~13m	无	项目辅助用房、医院用房、院内公共区域	公众成员	约 8 人
14	多功能厅	西北侧至西南侧	约 15~41m	无	医院用房	公众成员	约 20 人
15	油箱间、风井、设备间、进风井、排风井、楼梯间、电梯、前室、排烟井等	南侧	约 0~22m	无	院内公共区域、医院用房	公众成员	约 12 人
16	发电机房、配电房	南侧至西南侧	约 2~26m	无	医院用房	公众成员	约 2 人
17	空房、过道、风井	西南侧	约 6~19m	无	医院用房	公众成员	约 1 人
18	住院大楼与食堂连廊	西南侧	约 24~38m	+15.2	院内公共区域	公众成员	约 25 人
19	食堂	西南侧至南侧	约 36~50m	+10.2~19.1	医院用房	公众成员	约 120 人
20	空房	东南侧	约 34~41m	+10.2	院内公共区域、医院用房	公众成员	约 2 人

21	山坡及土地	东北侧至东南侧	约 19~50m	+19.1	山坡及土地	公众成员	约 2 人
22	氧气房、医疗废物贮存点	东北侧	约 25~45m	+10.2	医院用房	公众成员	约 2 人
23	放疗中心	东北侧	约 47~50m	+10.2	医院用房	公众成员	约 8 人
24	住院大楼 (-1F~14F)	楼上	/	+5.1m~+50m	医院用房	公众成员	约 300 人

注：1. “-”表示低于 DSA 机房所在楼层地面；2. “+”表示高于 DSA 机房所在楼层地面。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

1) 放射工作人员

应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

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 作为职业照射剂量限值。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

2) 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超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

(2) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)

本标准规定了放射诊断的防护要求，包括 X 射线影像诊断和介入放射学用设备防护性能、机房防护设施、防护安全操作要求及其相关防护检测要求。本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

第 6.1.5 条 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、改建和迁建项目和技术改造、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（即下表 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 ^d , m ²	机房内最小单边长度 ^e , m
单管头 X 射线机 ^b (含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	20	3.5

b 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；
d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形面积；
e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

注：本项目 DSA 为单管头，按单管头 X 射线设备执行。

第 6.2.1 条 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（本报告表 7-3）的要求。

表 7-3 不同类型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

注：本项目 DSA 属于 C 形臂 X 射线设备，按其机房屏蔽防护铅当量厚度执行。

第 6.2.3 条 机房的门和窗关闭时应满足表 3（即表 7-3）的要求。

第 6.3.1 条 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 射线机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 0.25 mSv；

第 6.4.3 条 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

第 6.5.1 条 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（即下表 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服。

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		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	铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、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 1：“——”表示不要求。

注 2：各类个人防护用品和肤质防护设施，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。

第 6.5.3 条 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。

第 6.5.4 条 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。

第 6.5.5 条 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。

附录 B

B.1 检测条件 X 射线设备机房防护检测条件和散射模体应按表 B.1 的要求。

表 B.1 中备注 1：介入放射学设备按透视条件进行检测。

B.2 关注点检测的位置要求。

B.2.1 距墙体、门、窗表面 30cm；顶板上方（楼上）距顶板地面 100cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170cm。

（3）评价标准及相关参数值

本项目的评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 评价标准汇总表

年有效剂量限值要求			执行依据
分类	年有效剂量管理目标值	年有效剂量限值	
辐射工作人员	5mSv/a	20mSv/a	
公众成员	0.1mSv/a	1mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及医院管理要求
环境辐射剂量率控制水平			执行依据
透视条件下，DSA 机房外	具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，距离 DSA 机房四周墙体、门、窗表面 30cm，顶板上方（楼上）距地面 100cm，机房地面下方（楼下）距地面 170cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
摄影条件下，DSA 机房外	具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如屏片摄影）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。		
机房尺寸控制			执行依据
设备名称	机房内最小有效面积（m ² ）	机房内最小单边长度（m）	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）
DSA 装置	20	3.5	
通风要求			执行依据
机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风			《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

注：本项目 DSA 为单管头，按照单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）确定机房控制面积及单边长度。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

云阳县中医院位于重庆市云阳县双江街道北城大道618号，地理位置图见附图1。本项目拟建于医院住院大楼-2F靠东侧区域，医院总平面图及环境保护目标分布图见附图2，本项目DSA机房所在楼层平面图见附图3。

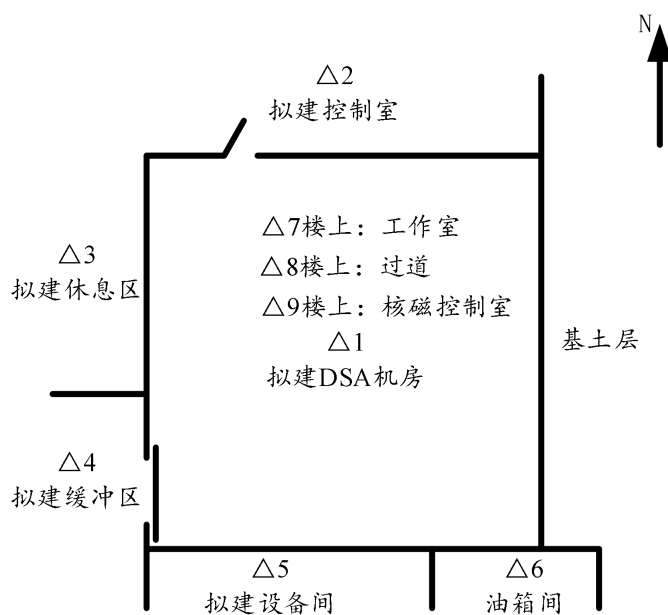
8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(1) 环境现状评价对象：拟建址及周边环境。

(2) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率。

(3) 监测时现有导管室（位于拟建 DSA 机房斜上方）DSA 装置正在出束。

(4) 监测点位：本项目共设 18 个监测点位。本次监测对拟建机房内及周围布点，并根据周围环境情况对周围环境及敏感目标进行布点，监测布点既考虑了机房紧邻区域，又考虑了可能受影响环境保护目标，布点设置整体合理。监测点位见图 8-1 和图 8-2。



备注：△为监测点位,监测时原有DSA装置正在运行。

图8-1 本项目监测点位图

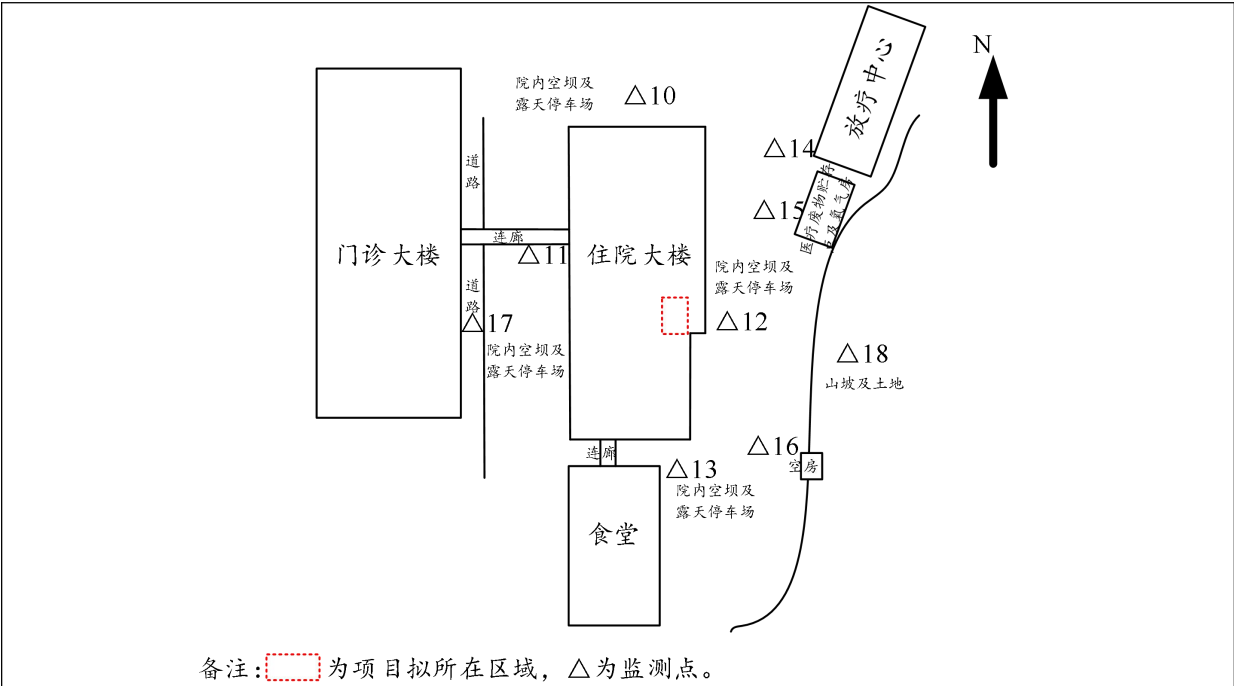


图8-2 本项目监测点位图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平, 重庆联尔医学研究院有限公司于2025年2月13日对本项目所在地的环境辐射剂量率进行了监测, 监测报告编号为: 渝联辐环检字[2025]0003号。

- (1) 监测单位: 重庆联尔医学研究院有限公司
- (2) 监测日期: 2025年2月13日
- (3) 监测方式: 现场监测
- (4) 监测依据: 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)
- (5) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器名称	便携式 X-γ剂量率仪
仪器型号	BH3103B
生产厂家	中核(北京)核仪器厂
仪器编号	2016008
能量范围	25KeV~3MeV
量 程	1~10000×10 ⁻⁸ Gy/h

检定单位	中国计量科学研究院
检定证书	DLjl2024-10690
检定有效期至	2025 年 7 月 11 日
校准因子	1.02

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为重庆朕尔医学研究院有限公司，具有重庆市市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照重庆朕尔医学研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建场所及周围 X-γ辐射剂量率监测结果

监测点位编号	监测点位描述	环境γ辐射剂量率（nGy/h）
△1	拟建 DSA 机房内	96
△2	拟建控制室	97
△3	拟建休息区	95
△4	拟建缓冲区	94
△5	拟建设备间	95
△6	油箱间	96
△7	楼上工作室	96
△8	楼上过道	97
△9	楼上核磁控制室	96
△10	住院大楼北侧	94

△11	住院大楼西侧	96
△12	住院大楼东侧	98
△13	食堂旁	96
△14	放疗中心旁	96
△15	医疗废物贮存点及氧气房旁	94
△16	空房旁	93
△17	住院大楼西侧道路	92
△18	住院大楼东侧山坡及土地	97

注：监测结果未扣除宇宙射线响应值。

8.4 环境现状调查结果的评价

根据支撑性材料附件 8-2，重庆联尔医学研究院有限公司医用血管造影 X 射线机（DSA）质量控制和介入放射诊疗工作场所放射防护检测报告，质控号：渝质控（放检）字（2024）04308 号可知，在透视条件下现有导管室屏蔽体外的周围剂量当量率小于 0.10μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

根据监测统计结果可知，本项目拟建址及周边环境γ辐射剂量率的监测值在 92nGy/h~98nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，重庆市累积剂量法测得的γ空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 76.8nGy/h~93.3nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为 87nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），因此本项目拟建址及周边环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本次环评涉及的 DSA 机房等房间依托医院住院大楼-2F 靠东侧区域现有空房进行改建，施工期主要为拆除及新建部分墙体、改造顶棚，新建隔断、门洞及窗洞，室内各房间装饰装修，DSA 装置安装、调试等。其工艺流程及产污环节见图 9-1。

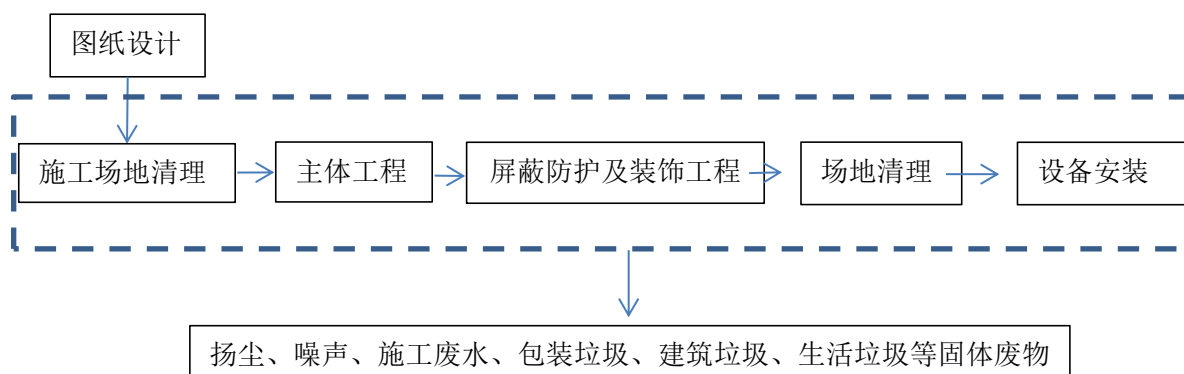


图9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

根据上图，项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：主要为机房改造、屏蔽防护施工及装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘；

噪声：主要为机房改造、屏蔽防护施工及装修等产生的噪声；

废水：主要为施工人员产生的少量生活污水，无机械废水；

固体废物：主要为机房改造、屏蔽施工及装修过程产生的建筑垃圾，设备安装产生的包装垃圾，本项目产生的所有建筑垃圾运至市政指定的合法的建筑垃圾堆放场处置；施工人员产生的生活垃圾及包装垃圾，产生量很少，依托医院现有生活垃圾收集系统收集后交环卫部门统一收运处理。

9.2 运行阶段工艺流程及产污环节

9.2.1 DSA 工作原理及产污环节

(1) DSA 装置组成及工作方式

血管造影机系统组成：Gantry，俗称“机架”或“C形臂”，由“L”臂、PIVOT、“C”臂组成，同时还包括了数字平板探测器、球管、束光器等部件；专业手术床；Atlas 机柜，该机柜由 DL、RTAC、JEDI 构成；球管和数字平板探测器分别通过各自的水冷机控制温度；图像处理系统。该项目设备采用平板探测器（FD）技术成像：FD 技术可以即时采集到患者图像，对图像进行后期处理，轻松保存和传送图像。DSA 装置典型

实物照片见图 9-2。

介入手术工作方式为在医学影像设备引导下，采取透视和采集两种方式进行一系列的介入检查与诊疗手术。介入手术过程中，介入手术医生须在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作。DSA 装置工作示意图见图 9-3。

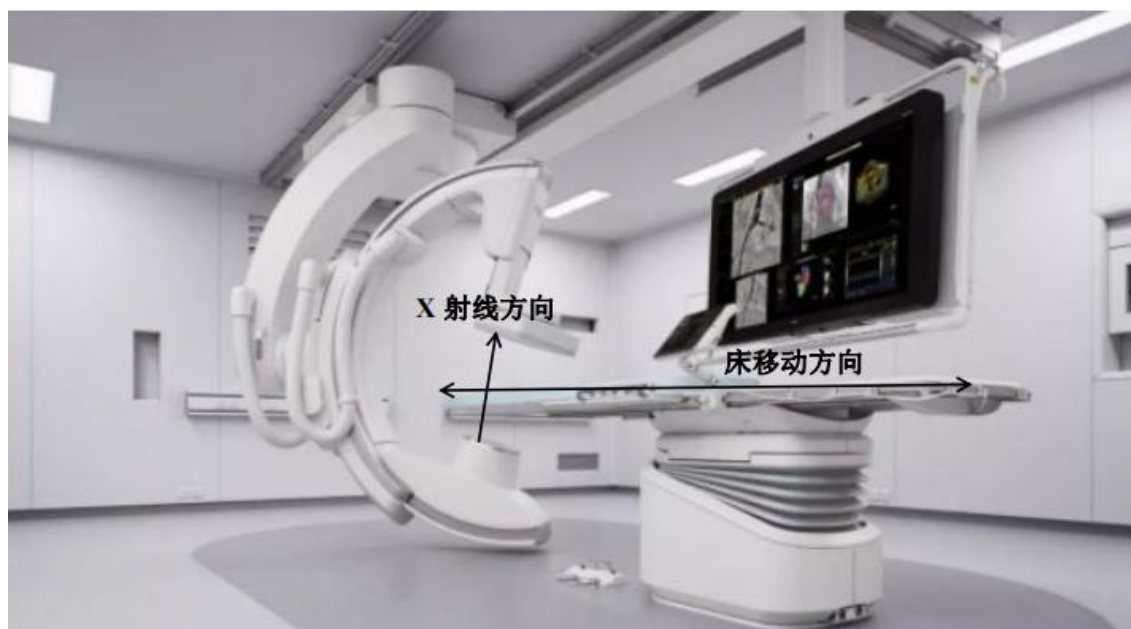


图9-2 DSA装置典型实物照片（示例）

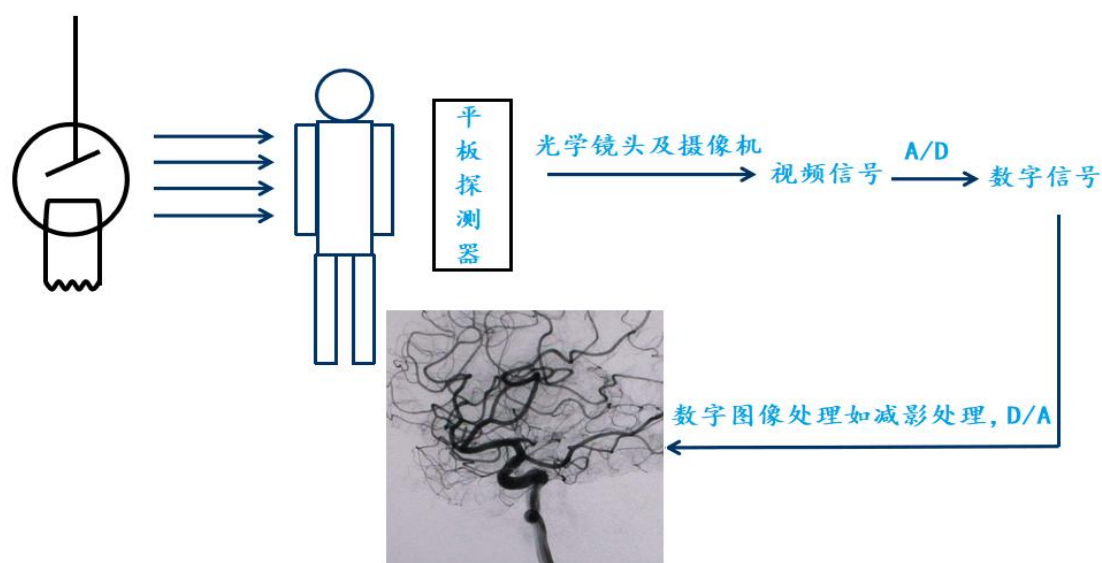


图9-3 DSA装置工作示意图

(2) DSA 工作原理

①X 射线产生及成像原理

DSA 装置属于 X 射线装置。X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。X 射线管结构见图 9-4，X 射线管的阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯

使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶体所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线有两种类型，一种是高速电子在靶原子核附近经过时，受靶核的强库仑场作用而损失其部分或全部动能，转变为具有连续能谱的韧致辐射；另一种是高速电子轰击靶物质时，靶原子的内层电子被电离而离开原子，位能较高的相邻外层电子进入内层轨道填补空位，多余的能量以辐射形式释放，因为靶原子各壳层之间的能级差是一定的，所以这种辐射光子具有确定的能量，称为特征 X 射线；本项目 DSA 所用 X 射线是将特征 X 射线屏蔽后的结果。

成像装置是用来采集透过人体的 X 射线信号的，由于人体各部组织、器官密度不同，对 X 射线的衰减程度各不一样，成像装置根据接收到的不同信号，通过荧光屏或平板探测器、计算机、摄像机（对影像增器的图像进行一系列扫描，再经过模/数-数/模转换）等方式进行成像。

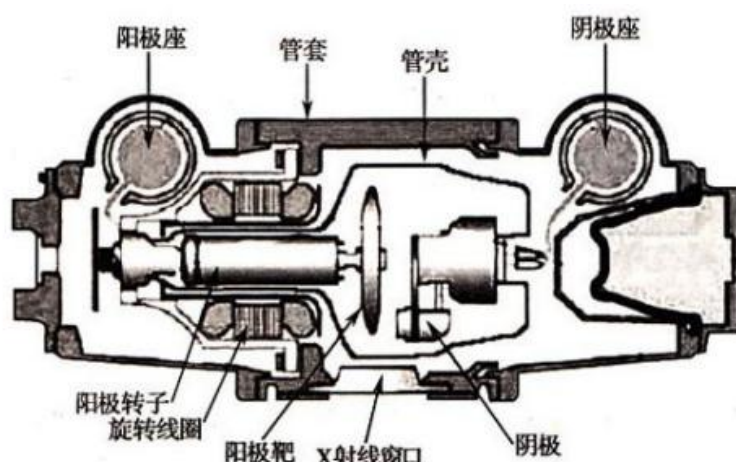


图 9-4 典型 X 射线管结构图

②DSA 工作原理

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称“DSA”）是血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 成像的基本原理是将受检部位注入造影剂（造影剂不含有放射性）之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经平板探测器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模

拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

③设备参数

根据医院提供的资料，DSA装置主要技术参数见表9-1所示。

表9-1 DSA装置主要技术参数

设备名称	DSA装置
型号	待定
过滤	3mmAl
焦皮距（散射距离）	38cm
主要技术参数	125kV、1000mA

（3）操作流程

DSA 主要操作流程为：在 DSA 装置引导下进行一系列的介入检查与诊疗手术。在手术过程中，介入手术医生在床旁并在 X 射线导视下进行操作。

DSA 装置在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，采集。采集包括电影和减影两种模式，根据手术方案，采集次数不同。一般情况下，电影模式下是医生在 DSA 机房内由手术医生直接采集。在减影模式下则采取隔室操作的方式（即放射技师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗了解机房内病人情况。实际操作过程中，根据手术情况，减影模式下手术医生也可能在 DSA 机房内，但在铅屏风后。无论哪种工作模式，医生在 DSA 机房内身着铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品。

第二种情况，透视。病人需进行介入手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时介入手术医生位于铅悬挂防护屏（或铅防护吊帘）、床侧防护帘（或床侧防护屏）等辅助防护设施后，并身着铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护用品在 DSA 机房内对病人进行直接的介入手术操作。

DSA 操作流程及产污环节示意图见图 9-5 所示。

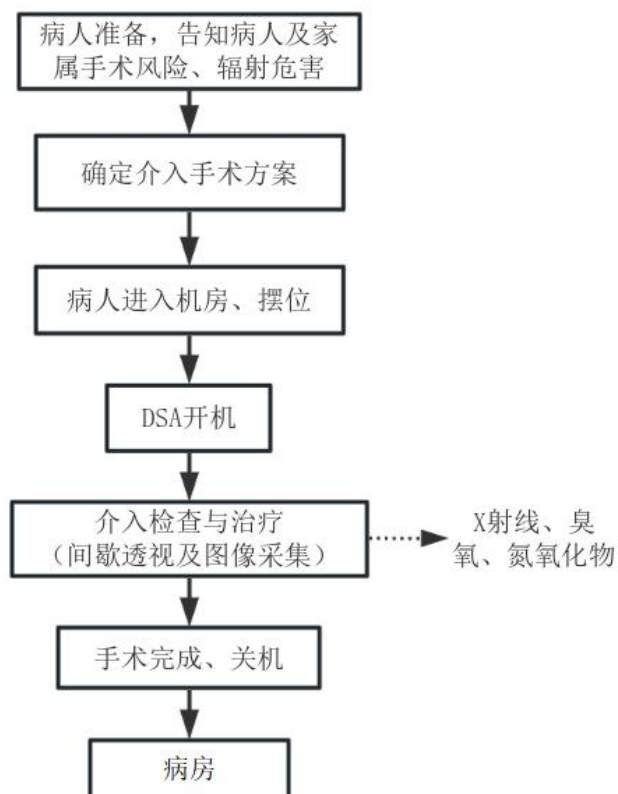


图9-5 DSA操作流程及产污环节示意图

(4) 工作负荷

根据医院提供的资料，DSA 以心脏介入、神经介入、综合介入为主。本项目 DSA 预计工作负荷见表 9-2。

表9-2 本项目DSA介入手术有效开机时间表

透视					
手术类别	年开展工作量		每台手术透视曝光时间	年透视曝光时间	
心脏介入	900台		约20min	约300.00h	
神经介入	300台		约21min	约105.00h	
综合介入	100台		约21min	约35.00h	
小计	/		/	约440.00h	
采集					
手术类别	年开展工作量	单次采集时间	单台手术采集次数	单台手术最大采集时间	年采集时间
心脏介入	900台	3~4s	6~10次	约0.67min	约10.05h
神经介入	300台	6~10s	4~10次	约1.67min	约8.35h
综合介入	100台	3~8s	7~15次	约2.00min	约3.33h
小计	/	/	/	/	约21.73h
总计	/	/	/	/	约461.73h

根据介入手术年工作负荷可知，本项目 DSA 年透视时间共约 440.00h，采集时间约 21.73h，总年有效开机时间约 461.73h。

(5) 污染因子

①X 射线

DSA 运行过程中污染物主要为 X 射线，X 射线随机器的开、关而产生和消失，即仅在 DSA 开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。根据 X 射线装置的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时将产生轫致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。

②其他

DSA 运行过程不产生放射性废水、废气和放射性固体废物。

DSA 运行时，空气在 X 射线的作用下电离产生少量的氮氧化物(NO_x)和臭氧(O_3)。

由上述分析可知，DSA 在运行过程中污染因子主要为 X 射线，以及少量的氮氧化物和臭氧，其中以 X 射线为评价重点。

(6) 路径规划

①医护人员通道：医护人员在换鞋区换鞋和更衣室内更换衣物和穿戴好个人防护用品，消毒后进入控制室，经控制室防护门进入 DSA 机房；手术完成后，医护人员原路返回。

②病人通道：病人通过缓冲区经 DSA 机房西侧机房防护门进入 DSA 机房内接受手术，手术完成后原路返回。

③污物通道：手术期间产生医疗废物，采用时间管理措施，在手术结束后（无病人时），经 DSA 机房西侧的机房防护门外缓冲区运至西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点。

本项目工作区域相对独立，与其他场所不交叉，人流物流路径相对独立。本项目人流物流规划示意图见图 9-6 所示。

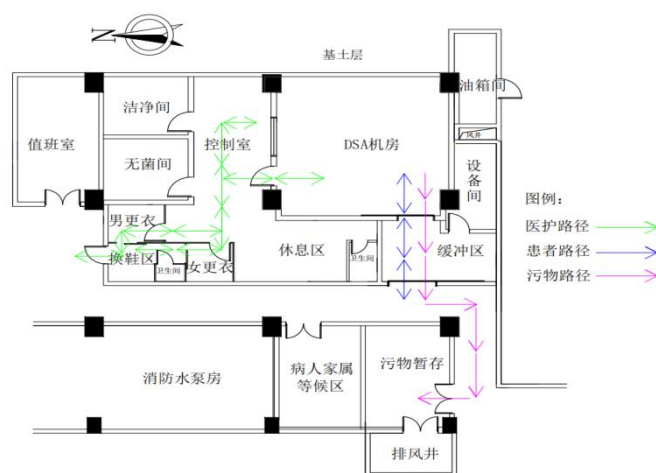


图9-6 本项目人流物流规划示意图

9.3 污染源项描述

(1) 电离辐射

DSA装置与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为X射线球管出束照射患者期间，它产生的X射线能量在零和曝光电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与X射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的X射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由X射线球管产生的电子通过打靶获得X射线并通过辐射窗口用来照射人体，形成诊断影像的射线。其射线能量、强度与X射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越大，加在X射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。由于本项目X射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

DSA装置具有自动照射量控制调节功能（AEC），采集时，如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有约30%的裕量。根据医院提供资料并调查了重庆市多家医院DSA装置工作条件，从中发现：①在极端情况下，本项目DSA装置透视工况运行管电压为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于110mA；在极端情况下，本项目DSA装置采集工况运行管电压也为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于500mA。②常用透视工况为60~90kV/5~20mA，采集工况为60~90kV/300~500mA。

根据射线衰减原理和《医用外照射源的辐射防护》P55图2，不同过滤条件下距靶1m处的X射线发射率如下图9-7所示。

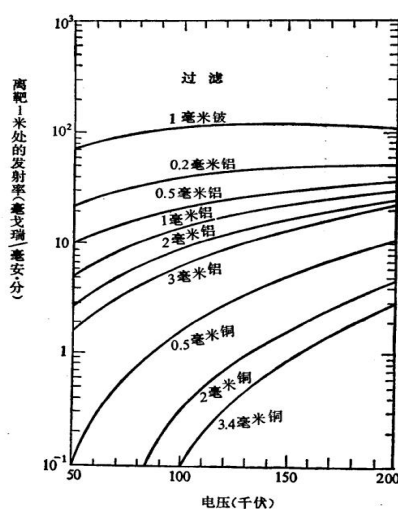


图 9-7 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在距靶 1m 处的发射率

本项目DSA装置过滤板为3mmAl，最大管电压和常用最大电压距靶1m处有用线束

的发射率见表9-3。

表9-3 最大电压和常用最大电压距靶1m处有用线束的发射率

序号	电压	距靶1m处有用线束的发射率
1	最大管电压125kV	9.8mGy·m ² /mA·min
2	常用最大电压90kV	5.3mGy·m ² /mA·min

②漏射线：由X射线管发射的透过X射线管组装体的射线。根据NCRP147号报告第138页C.2可知，DSA装置的漏射线剂量率很小，泄漏辐射距焦点1m处，在任一100cm²区域内的平均空气比释动能不超过1mGy/h。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（限束装置、受检者、射线接收装置及检查床、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与X射线能量、X射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离等有关。

（2）废气

X射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物，影响室内空气质量。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体。本项目DSA设备X射线能量低，废气产生量少。

（3）废水

本项目不新增劳动定员，不新增废水量，项目产生的少量医疗废水和生活污水排入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政污水管网。

（4）固废

本项目介入手术过程中产生的少量危险废物主要来自介入手术产生废一次性医疗用品、器械等，分为感染性废物（废物代码：841-001-01）和损伤性废物（废物代码：841-002-01）两种，属于《国家危险废物名录》（2025年版）中HW01医疗废物。医院在DSA机房内设置感染性废物和损伤性废物收集桶，并粘贴标识。手术过程中产生废物经打包整理后，经DSA机房西侧的机房防护门外缓冲区运至西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点，统一交由有资质单位处理。

DSA装置在运行时采用实时成像系统，不洗片，无废片产生。本项目产生生活垃圾分类收集后暂存于医院东北侧生活垃圾暂存处，交由市政环卫部门统一收运处理。本项目拟配置的铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽、铅防护眼镜、介入防护手套等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后由医院收集妥善保存。报废的DSA按照要求对其装置内的X射线管进行拆解和去功能化，做好

相关记录存档。

9.4 本项目主要产排污汇总

综上，本项目主要污染物产生情况统计汇总见表 9-4。

表9-4 污染因子一览表

工作场所	影响因素	主要污染因子	产排量
DSA机房	电离辐射	X射线	距靶 1m 处有用线束的发射率：125kV 下不大于 $9.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，90kV 不大于 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ；漏射线距焦点 1m 处平均空气比释动能率不超过 1mGy/h
	废气	O_3 、 NO_x	少量（机械排风系统）
	废水	医疗废水、生活污水	少量（排入医院污水处理站统一处理，达标后排入市政污水管网）
	固废	生活垃圾	少量（交由市政环卫部门统一收运处理）
		医疗废物	少量（DSA 机房西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点（约 20m^2 ），交由有资质单位处置）
		报废的 DSA	少量（对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化，做好相关记录存档）
		铅防护用品	少量（在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后由医院收集妥善保存）

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 工作场所布局

本项目 DSA 机房拟建于医院住院大楼-2F 靠东侧区域，本项目 DSA 机房拟配备单独的控制室、设备间等，同时配套有手术室专用仪器和设备，配套设施齐全，DSA 机房周围布置控制室、休息区、缓冲区等。DSA 装置拟位于 DSA 机房中部位置，机房布置周围为土层和本项目用房，与其他用房均有一定的距离，机房和设备的布局考虑到了周围场所的安全。

本项目 DSA 机房出入口远离人流聚集区域，有利于辐射防护。DSA 机房所在区域内仅医护人员和病人活动，无其他公众成员停留。DSA 机房拟为单独的手术间，拟设置用于医护人员和病人进出的铅防护门，每台手术完成后，手术过程中产生废物及时打包整理，采用时间管理措施，在手术结束后（无病人时），经 DSA 机房西侧的机房防护门外缓冲区运至西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点。项目布局利于病患就医，人流、物流通道相对独立，其设置布局利于辐射防护安全控制。

综上，本项目布局便于介入手术放射诊疗的辐射防护管理与安全控制，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，本项目的平面布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

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）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，并采取分区管理措施，在项目运营期间进行分区管理。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义，控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区：未被定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据上述分区原则，将工作场所划分为控制区和监督区，DSA 机房以防护门、观察窗和屏蔽墙为界划设为控制区；防护门、观察窗和屏蔽防护墙体外邻近区域以及楼上对应区域划设为监督区。具体划分见表 10-1 及图 10-1。

表10-1 本项目控制区、监督区划分

工作场所	控制区范围	监督区范围
DSA机房	DSA机房内	控制室、休息区、缓冲区、设备间、风井、油箱间，机房楼上工作室、过道、磁共振检查室、磁共振控制室

控制区管理：拟在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的电离辐射警告标志，设置实体屏蔽（包括门锁和联动装置）和运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）严格限制无关人员进出控制区，在正常诊疗的工作过程中，控制区内不得有无关人员滞留，定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界，保障该区的辐射安全。

监督区管理：拟在缓冲区适当醒目位置设置张贴辐射防护注意事项告知栏，采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口的适当位置设立表明监督区的标牌，并定期检查工作状况，进行工作场所的辐射监测，根据监测结果确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，以及是否需要更改监督区的边界。

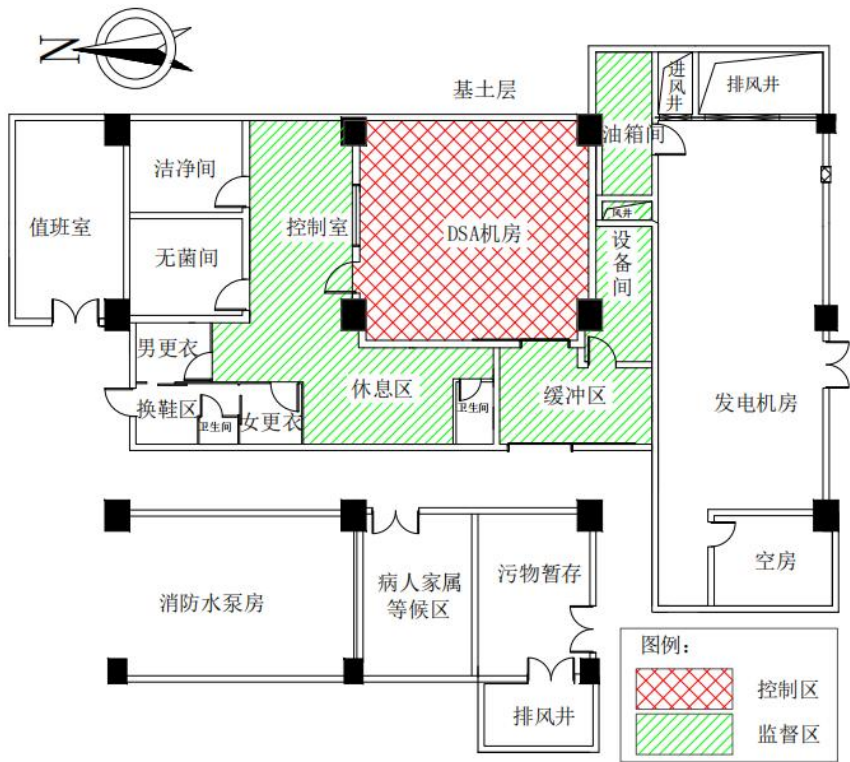


图 10-1 项目布局与分区图

本项目工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区互不交叉，分区合理，分区及其管理措施符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关要求。

10.2 机房面积和屏蔽防护设计

10.2.1 机房面积

本项目DSA机房的面积尺寸和标准要求见表10-2所示。

表10-2 机房建设要求对比表

机房名称	设计情况		标准要求		是否满足要求
	机房内最小单边长度, m	机房内有效使用面积, m ²	机房内最小单边长度, m	机房内最小有效使用面积, m ²	
DSA 机房	6.8	46.92 (6.8m×6.9m)	≥3.5	≥20	满足

根据上表可知, 本项目 DSA 机房最小单边长度及最小有效使用面积均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 等相关要求。

10.2.2 辐射工作场所屏蔽防护设计

根据建设单位提供的资料, DSA 机房屏蔽防护设计详见表 10-3。

表 10-3 本项目 DSA 机房屏蔽防护设计

机房名称	屏蔽体	屏蔽防护方案
DSA 机房	四面墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	机房顶板	120mm 现浇混凝土+2mmPb 硫酸钡板
	2 个铅防护门	各防护门内嵌 3mmPb 铅板
	控制室观察窗	3mmPb 铅玻璃

根据后文核算可知, 本项目 DSA 机房屏蔽防护设计符合 GBZ130-2020 标准的相关规定要求。

10.3 辐射安全与防护

10.3.1 固有安全防护措施

本项目拟购 DSA 装置自身采取多种固有安全防护措施:

①拟购 DSA 装置配置可调限束装置, 使装置发射的线束照射面积尽量减小, 以减少泄漏辐射。透视曝光开关为常断式开关, 并配备透视限时装置。DSA 具备工作人员在不变换操作位置情况下成功切换透视和采集功能的控制键。

②采用光谱过滤技术: 在 X 射线管头处设置合适铝过滤板, 以多消除软 X 射线以及减少二次散射, 优化有用 X 射线谱。设备提供适应 DSA 不同应用时可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。平板探测器前面酌情配置各种规格的滤线栅, 减少散射影响。

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

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（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。

⑤应急开关：DSA 装置上及控制台上设置急停开关，按下急停按钮，DSA 装置立即停止出束。

⑥设备控制台和机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

10.3.2 机房拟采取的辐射安全与防护措施

①DSA 机房拟设置 2 扇含铅防护门和控制室墙上拟设置 1 个铅玻璃观察窗。DSA 机房各防护门、观察窗与墙体之间采取足够的搭接宽度。机房防护门拟设置电动推拉门，并拟设置门灯联动装置和防夹装置，拟制定曝光时关闭机房门的管理措施；控制室防护门为平开单开门，拟设置门灯联动装置和自动闭门装置。

②DSA 机房各防护门均拟设置门灯联动系统，各防护门外上方拟设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置警示语句，如“射线有害、灯亮勿入”，在防护门关闭时，指示灯亮，警示无关人员远离该区域。

③DSA 设备上及控制台上设置急停开关，按下急停按钮，DSA 设备立即停止出束。

只有在安全防护装置正常的情况下，设备才能启动。各铅防护门关闭，工作状态指示灯亮起，急停按钮复位，设备自检正常，安全系统正常即可出束。设备运行过程中，如果按下任何一个急停按钮，设备会立即停止运行。辐射安全联锁逻辑见图 10-2。

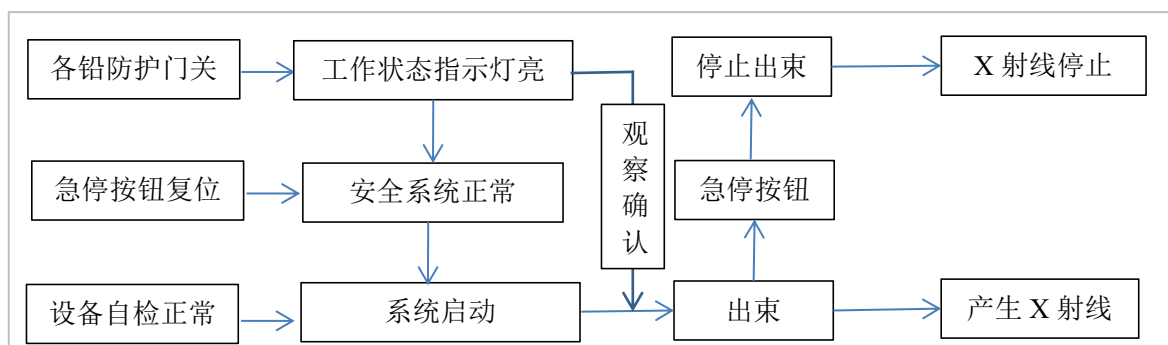


图10-2 本项目DSA辐射安全联锁逻辑图

④DSA机房各防护门外均拟设置电离辐射警告标志，并拟在缓冲区适当醒目位置设置张贴辐射防护注意事项告知栏。

⑤本项目拟在控制室和机房之间设置双向对讲系统,便于机房内辐射工作人员与控制室内人员沟通;DSA机房北侧墙体上拟设置铅玻璃观察窗,以便控制室内辐射工作人员观察到受检者状态及机房防护门开闭情况。

辐射安全设施和措施见图 10-3。

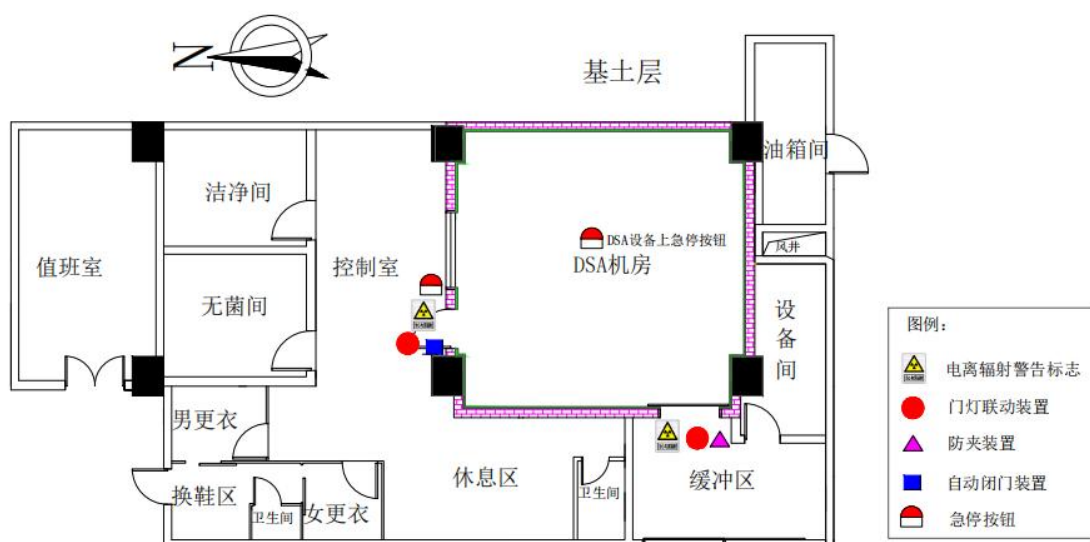


图 10-3 辐射安全设施和措施图

⑥本项目已为放射技师各配备1枚个人剂量计,为介入手术医生和护士各配备双剂量计,介入手术医生和护士应在铅围裙外锁骨对应的领口位置和铅围裙内躯干上戴剂量计,内外两个剂量计应有明显标记,防止剂量计戴反,及时对剂量计送检,监测周期为不超过3个月,建立个人剂量档案。建议在工作人员身体可能受到较大照射的部位宜佩戴局部剂量计(如指环剂量计等)。

⑦医院在进行介入手术时,制定最优化方案,在满足诊断前提下,选择合理可行尽量低的射线参数、尽量短的曝光时间,减少辐射工作人员和周围公众的受照射时间。

10.3.3 通风

DSA 机房拟采用机械通排风系统,在 DSA 机房内吊顶上方拟设置排风口 1 个,离地高度约 3m;废气经排风管道引至 DSA 机房西侧依托医院排风井引至住院大楼-1F 西侧室外排放,能保证 DSA 机房内良好的通风。

10.3.4 管线进出口防护

(1) 穿墙风管:

穿墙风管:排风管穿墙口距离室内地面约 3.3m,以直穿墙体方式穿越,穿越机房墙体 1 次,穿墙管径为 800mm×200mm;送风管穿墙口距离室内地面约 3.2m,以直穿

墙体方式穿越，穿越机房墙体 1 次，穿墙管径为 $\Phi 200\text{mm}$ ；均拟在吊顶穿孔位置处上方包裹长度不低于 2 倍管径宽度的 2mmPb 铅皮，以进行屏蔽补偿，射线需经过多次散射才能穿出，能保证机房的屏蔽能力，对环境影响很小。

风管穿越墙体示意图见图 10-4。

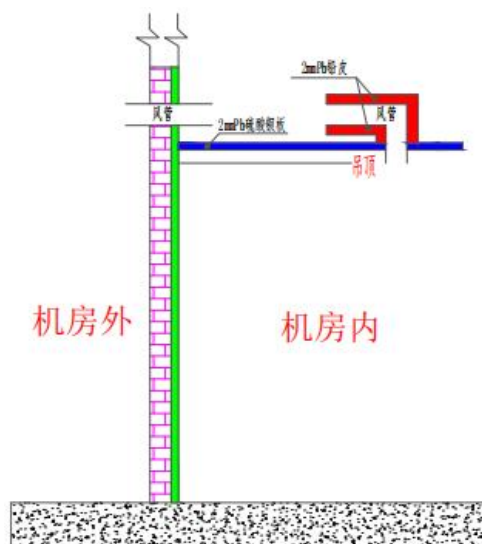


图10-4 风管穿越墙体示意图

(2) 穿墙电缆：

穿墙电缆管线：DSA 机房与设备间、控制室拟设置穿墙线缆沟，线缆沟采用直穿方式从墙体下方进入设备间、控制室内，两处穿越处尺寸约为 $100\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，机房内电缆沟穿墙洞口位置采取包裹 2mmPb 进行屏蔽补偿，铅皮包裹长度均不低于 2 倍电缆沟沟径宽度，电缆沟上方覆盖 3mm 不锈钢盖板，以形成完整的防护层，以免射线泄漏。在采取上述穿墙部位屏蔽补偿措施后，穿墙部分不会影响墙体整体的防护性能。电缆走向示意图见图 10-5，电缆穿墙屏蔽补偿大样图见图 10-6。

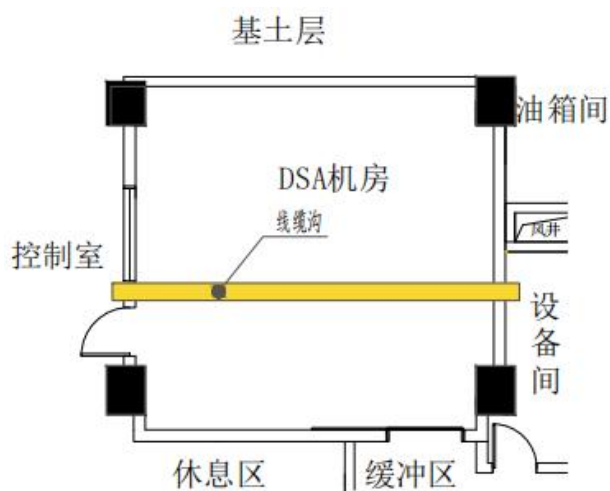


图10-5 电缆走向示意图

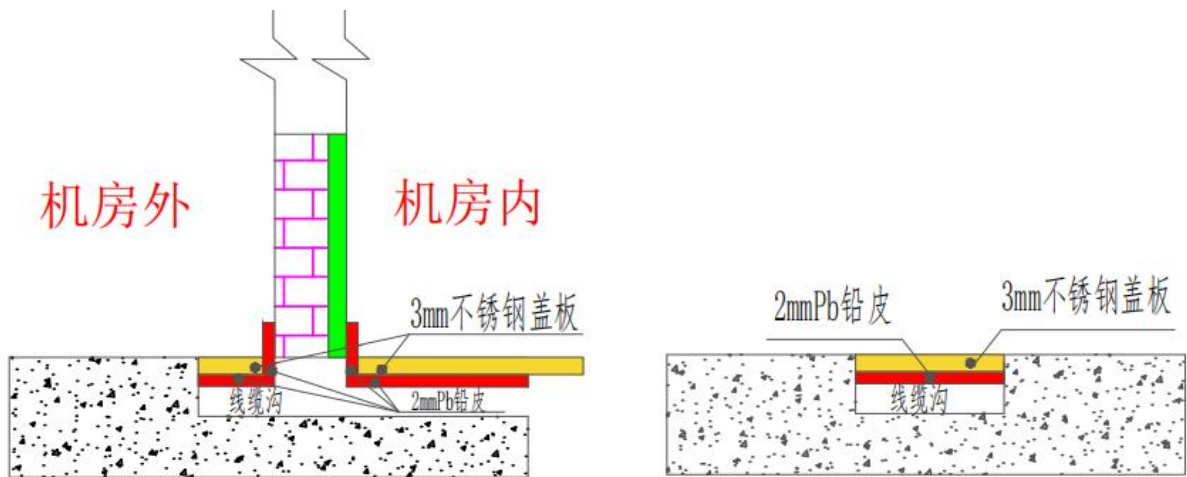


图10-6 电缆穿墙屏蔽补偿大样图

10.3.5 辐射防护用品

根据医院提供的资料，医院拟配备辐射防护用品，具体见表10-4。

表 10-4 本项目拟配备的个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020) 要求		本项目拟配置情况		是否符合要求
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	
DSA 机房	辐射工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	拟配置 0.5mmPb 的铅衣、防辐射裙、防辐射围领、铅橡胶帽 4 套、铅防护眼镜 4 副，0.025mmPb 介入防护手套 4 双。	拟配置 0.5mmPb 铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 1 套，2mmPb 移动铅防护屏风（含观察窗）1 个	符合
	患者和受检者	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	——	拟配置 0.5mmPb 防辐射裙、铅防辐射围领、铅橡胶帽 2 套（成人、儿童各 1 套）。	——	符合

说明（GBZ130-2020 要求）：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；儿童的 X 射线检查配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb；另外，可以根据工作人员及患者需要选配铅橡胶帽子，铅当量不低于 0.25mmPb。

根据医院提供资料，本项目介入手术一般由 2~3 人在 DSA 机房内操作，故辐射工作人员的防护用品数量可以满足要求，拟配备的防护用品及辅助防护设施的铅当量满足 GBZ 130-2020 要求。

10.4 三废的治理

项目运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物。

10.5 拟采取辐射安全与防护措施与相关要求的符合性分析

本项目拟采取的辐射安全与防护措施与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关要求对比情况见表 10-5 所示。

根据表 10-5 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足以上标准要求。

表10-5 项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准要求对比分析表

标准号	标准要求		项目情况
GBZ130-2020	5.1一般要求	5.1.1X射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）。	拟购买满足标准要求的设备。
		5.1.2X射线管组件上应有清晰的焦点位置。	拟购买满足标准要求的设备。
		5.1.3X射线组件上应标明固有过滤，所有附加滤过片应标明其材料和厚度。	拟购买满足标准要求的设备。
	5.2透视用X射线设备防护性能的专用要求	5.2.1C形臂X射线设备的最小焦皮距应不小于20cm，其余透视用X射线设备的最小焦皮距应不小于30cm。	拟购买的设备焦皮距为38cm。
		5.2.2透视曝光开关应为常断式开关，并配有透视计时及限时报警装置。	拟购买满足标准要求的设备。
	5.8介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备防护性能的专用要求	5.8.1介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备应满足其相应设备类型的防护性能专用要求。	拟购买满足标准要求的设备。
		5.8.2在机房内应具备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。	拟购买满足标准要求的设备，设备具备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脚踩控制键。
		5.8.3X射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于20cm的装置。	拟购买的设备焦皮距为38cm。
		5.8.4介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。	拟购买满足标准要求的设备，设备控制台和DSA机房内显示器上能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。
	6.1X射线设备机房布局	6.1.1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。	拟合理设置X射线设备、机房的门、窗和管线口位置，以避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位，本项目各管线口均拟采取屏蔽补偿措施。
		6.1.2 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。	本项目DSA机房周围远离人流聚集区，且拟采用足够厚的屏蔽材料进行防护，DSA装置拟位于DSA机房中部位置，与周围均有一定的距离，机房和设备的布局已考虑邻室（含楼上）及周围场所的人员防护与安全。
		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。	本项目DSA装置拟设置独立的机房，能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2的规定。	本项目DSA机房有效使用面积约为46.92m ² ，最小单边长约为6.8m，均能满足标准要求。
	6.2 X射线设备机房屏蔽	6.2.1不同类型X射线设备（不含床旁摄影设备和便携式X射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表3的规定。	根据后文核算，本项目DSA机房的屏蔽防护能力均大于2mmPb，满足要求。
	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； 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。	根据后文核算，本项目DSA装置在透视工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于2.5μSv/h。 根据后文核算，本项目DSA装置在采集工况下机房屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于25μSv/；机房屏蔽体外的人员年有效剂量均不大于0.25mSv。
	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。	本项目拟在DSA机房北侧墙体上拟设置铅玻璃观察窗和，以便控制室内辐射工作人员能观察到受检者状态及机房防护门开闭情况。拟在控制室和机房之间设置双向对讲系统，便于机房内辐射工作人员与控制室内人员沟通。
		6.4.2机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内除必要的配套设施外，将不堆放其他杂物。
		6.4.3机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	本项目DSA机房拟设置机械排风系统，能保证良好的通风。
		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。	本项目DSA机房拟设置2扇防护门均拟张贴电离辐射警告标志，拟设置工作状态指示灯，即在各铅门关闭时，门上方设置的“射线有害、灯亮勿入”指示灯亮。拟在缓冲区适当醒目位置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。	本项目平开机房门拟设置自动闭门装置和门灯联动装置；推拉式机房门拟制定曝光时关闭机房门的管理措施，工作状态指示灯与机房门有效关联。
		6.4.6电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目电动推拉门拟设置门灯联动装置和防夹装置。
		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。	医院已制定相应管理制度进行管理，拟设置铅观察窗，可观察到机房内人员情况，确保受检者不应在

			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。
		6.4.10机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。	机房出入门均处于散射辐射相对低的位置。
	6.5 X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。	拟配置相应的辐射防护用品，数量和铅当量满足要求，详见表10-4。
		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。	拟加强个人防护用品管理，采用悬挂或平铺方式存放，不折叠。
	7.1一般要求	7.1.1放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律培训，满足放射工作人员岗位要求。	投运前，项目辐射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律培训，满足放射工作人员岗位要求。
		7.1.2根据不同检查类型和需要，选择使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。	本项目工作人员在手术过程中将根据患者及手术类型，使用合适的设备、照射条件、照射野以及相应的防护用品。
		7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。	本项目辐射工作人员在手术过程中合理选择参数使受检者所受到的照射剂量最低，医院拟制定相应管理制度进行管理。
		7.1.4 如设备具有儿童检查模式可选项时，对儿童实施检查时应使用该模式；如无儿童检查模式，应适当调整照射参数（如管电压、管电流、照射时间等），并严格限制照射野。	有儿童检查时，将调整适当的照射参数并严格限制照射野。
		7.1.5 X射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。机房内射线装置曝光时，将关闭机房门窗。	机房内射线装置曝光时，将关闭机房门，医院拟制定相应管理制度进行管理。
		7.1.6 放射工作人员应按 GBZ 128 的要求接受个人剂量监测。	辐射工作人员在工作过程中佩戴个人剂量计，监测周期为不超过3个月。
		7.1.8 不应使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果	不应使用加大摄影曝光条件的方法，为自动条件，数字显影，不使用胶片。
		不会使用加大摄影曝光条件的方法，提高过期胶片的显影效果。	

		7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	工作人员在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并通过观察窗等密切观察受检者状态。
	7.8介入放射学和近台同室操作（非普通荧光屏透视）用X射线设备操作的防护安全要求	7.8.2介入放射学用X射线设备应具有可准确记录受检者剂量的装置，并尽可能将每次诊疗后受检者受照剂量记录在病历中，需要时，应能追溯到受检者的受照剂量。	设备具有可准确记录受检者剂量的装置，医院拟将每次介入手术后受检者受照剂量记录在病历中，需要时可追溯。
		7.8.3除存在临床不可接受的情况外，图像采集时工作人员应尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。	拟加强管理，图像采集时工作人员尽量不在机房内停留；对受检者实施照射时，禁止与诊疗无关的其他人员在机房内停留。
		7.8.4穿着防护服进行介入放射学操作的工作人员，其个人剂量计佩戴要求应符合GBZ128的规定。	医院已为放射技师各配备1枚个人剂量计，为介入手术医生和护士在铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计，满足要求。
		7.8.5C形臂X射线设备垂直方向透视时，球管应位于病人身体下方；水平方向透视时，工作人员可位于平板探测器一侧，同时注意避免有用线束直接照射。	拟制定操作规程及人员岗位职责，将球管旋转至病人身体下方，手术人员在操作过程中合理站位，避开有用线束。
GBZ128-2019	5.3剂量计的佩戴	5.3.2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。	医院已为放射技师各配备1枚个人剂量计，为介入手术医生和护士在铅防护衣内外各配置1枚个人剂量计，一枚佩戴在铅防护衣内，一枚佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置。建议在工作人员身体可能受到较大照射的部位宜佩戴局部剂量计（如指环剂量计等）。
		5.3.3 对于 5.3.2 所述工作情况，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)。	

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

11.1.1 屏蔽施工及装饰施工阶段

施工期主要为本项目相关用房的改造（包括墙体的拆除和新建等）、装饰装修等，主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

施工扬尘主要为本项目用房改造、装修时产生的扬尘，装修机械敲打、钻动墙体等产生的粉尘，项目施工期短，采取洒水等措施，可以减少扬尘的扩散。

施工噪声主要来自于本项目用房改建、装修及现场处理等，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施减少施工噪声影响。

施工期废水主要为施工人员的生活污水，生活污水依托医院污水处理站处理合格后纳入市政污水管网。

固体废物：固体废物主要为建筑垃圾、包装垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。建筑垃圾应由施工方统一清运至市政指定的合法的建筑垃圾临时堆放场，临时堆放场应设置围挡，通过加盖防尘网、洒水降尘等措施减少对周围环境的影响；建筑垃圾应及时清运，清运过程中应进行加盖防护，并适时清理运输路线，避免泥土撒落造成环境影响。

施工期产生的生活垃圾以及装修垃圾均统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，且均在建筑物内施工，施工过程中拟采取相应环保措施，对外环境及保护目标的影响较小；项目施工期较短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失。在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，切实落实相应环保措施后，项目施工对环境产生的影响可接受。

11.1.2 设备安装阶段

本项目在建设或安装过程不产生 X 射线，不会对周围辐射环境产生影响。射线装置安装调试会产生 X 射线，但时间很短，辐射影响很小。本项目 DSA 装置的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，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，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。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环境的影响是可接受的。本项目调试期间的辐射影响与运行阶段一致，详见“运行阶段环境影响分析”。设备安装过程中，医院需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段（含调试阶段）环境影响分析

11.2.1 DSA 机房屏蔽能力核算

（1）核算公式

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中附录C中C.1.2所列方法和公式核算不同屏蔽物质的铅当量。

①对给定的铅厚度的屏蔽透射因子B按下式核算：

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

式中：B——给定铅的屏蔽透射因子；

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。

②在给出透射因子B的情况下，使用下式计算出各屏蔽物质的铅当量厚度X：

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

式中：X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；其余同上。

③根据《辐射防护导论》（方杰、李士骏）P88，实心砖和混凝土的相当厚度可用密度进行换算，公式如下：

$$d_1 / d_2 = \rho_2 / \rho_1 \quad (11-3)$$

式中： d_1 、 d_2 —屏蔽材料1和屏蔽材料2的厚度；

ρ_1 、 ρ_2 —屏蔽材料1和屏蔽材料2的密度。

（2）参数取值

根据 DSA 工作原理及工作方式可知，DSA 的辐射场由三种射线组成：主射线、散射线、漏射线。根据 NCRP147 号报告“Examples of Shielding Calculations”5.1 节（P72）指出，DSA 屏蔽估算时不需要考虑主束照射。根据 NCRP147 号报告第 138 页 C.2 可知，DSA 的漏射线剂量率很小（一般不大于 1mGy/h）。因此，在屏蔽防护时主要考虑非有用线束的影响，而 90°非有用线束的影响最大，因此本评价以 90°非有用线束屏蔽厚度

要求作为核算依据。本项目 DSA 最大管电压为 125kV，对于顶板查《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）表 C.2 混凝土拟合参数进行核算。

（3）核算结果

根据建设单位提供的屏蔽防护方案，DSA 机房屏蔽体的铅当量核算结果见表 11-1。

表 11-1 DSA 机房屏蔽体的铅当量核算

机房名称	屏蔽防护体	屏蔽防护设计	折合铅当量(mmPb)	标准要求(mmPb)	是否满足要求
DSA 机房	四面墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	3.93	2	满足要求
	机房顶板	120mm 现浇混凝土+2mmPb 硫酸钡板	3.59	2	满足要求
	2 个铅防护门	各防护门内嵌 3mmPb 铅板	3.0	2	满足要求
	控制室观察窗	3mmPb 铅玻璃	3.0	2	满足要求

注：①混凝土、实心砖折算铅当量依据 GBZ 130-2020 标准附录 C；②硫酸钡水泥折算铅当量依据辐射防护手册（第三分册）辐射安全中表 3.3 插值法取得；③以上折合铅当量均按 DSA 装置最大管电压 125kV 进行核算。

根据上表核算结果可知，本项目 DSA 机房屏蔽能力能符合 GBZ130-2020 标准的相关规定要求。

11.2.2 DSA 机房屏蔽体外剂量率核算

（1）核算公式

根据式11-1计算得到屏蔽透射因子B后，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$ 可根据《辐射防护导论》（原子能出版社）第三章第三节（P116-P117）散射线的屏蔽计算公式（3.66）进行推导得出，按最不利情况考虑居留因子取1，管电压修正系数取1，推导出本项目关注点的散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times \alpha}{R_0^2} \quad (11-4)$$

式中：I——X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，Sv/Gy 转换系数取值为 1。

B——屏蔽透射因子，根据公式 11-1 计算得出；

F—— R_0 处的辐射野面积，射线装置运行时的最大照射野面积为 400cm^2 （ $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1cm^2 ）散射体散射到距其 1m 处的

散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；根据 NCRP147 号报告第 137 页附图 C.1，125kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数为 7.38×10^{-6} ；90kV 射线装置 1m 处的每平方厘米的散射系数为 6.82×10^{-6} 。

R_S ——辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为米（m），根据设备参数，本项目取 0.38m；

R_0 ——散射体至关注点的距离，单位为米（m），根据设备布设位置确定。

（2）核算参数

DSA装置存在透视及采集两种工况，本次评价按照透视常用工况及采集常用工况分别计算DSA机房墙体外周围剂量当量率。DSA装置常用透视工况为60~90kV/5~20mA，常用采集工况为60~90kV/300~500mA。本报告保守估算，透视工况按照常用最大90kV、20mA进行计算；采集工况按照常用最大90kV、500mA进行计算。DSA装置在90kV、3mmAl过滤板情况下主射线方向1m处发射率为 $5.3\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。Sv/Gy转换系数取值为1。

相关参数详见表11-2。

表11-2 核算参数表

设备名称	管电压（kV）	对应管电流 I（mA）	输出量 H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	散射面积 F（ cm^2 ）	散射因子 α	散射距离 R_S （m）	关注点距离 R_0
DSA装置	90	20（透视） 500（采集）	3.18×10^5	400	6.82×10^{-6}	0.38	根据设备布置位置确定
90kV拟合参数			铅 α : 3.067	β : 18.83	γ : 0.7726		

X射线管头位置根据厂家设备布置图进行机房外关注点距离取值，各计算点距离见图11-1和图11-2所示。

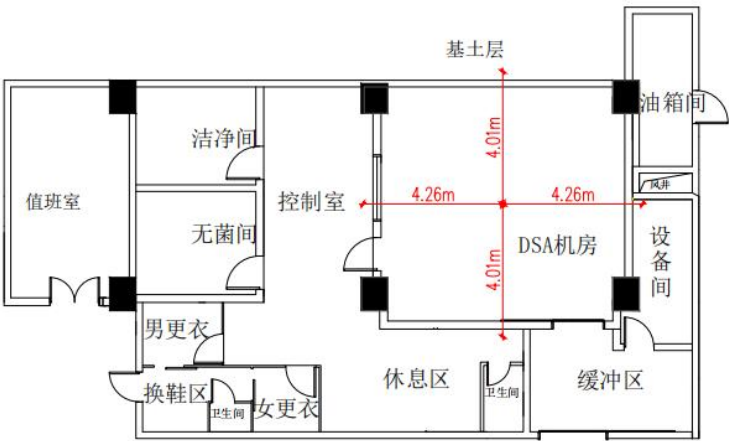


图11-1 各计算点距离示意图



图 11-2 本项目剖面计算点位图

(3) 核算结果

根据核算公式和表11-2相关参数，在透视、采集状态下，DSA机房外周围剂量当量率核算结果见表11-3所示。

表11-3 DSA机房外周围剂量当量率核算结果

关注点	屏蔽体	射线类型	距离R (m)	屏蔽材料及厚度	周围剂量当量率 (μSv/h)		建设厚度是否满足要求
					透视	采集	
北侧 (控制室)	墙体	散射	4.26	240mm实心砖+20mm硫酸钡水泥	3.03×10^{-3}	7.57×10^{-2}	是
	铅门	散射		3mmPb	5.25×10^{-2}	1.31	是
	铅窗	散射		3mmPb	5.25×10^{-2}	1.31	是
东侧 (基土层)	墙体	散射	4.01	240mm实心砖+20mm硫酸钡水泥	3.42×10^{-3}	8.55×10^{-2}	是
南侧(油箱间、设备间)	墙体	散射	4.26	240mm实心砖+20mm硫酸钡水泥	3.03×10^{-3}	7.57×10^{-2}	是
西侧(休息区、缓冲区)	墙体	散射	4.01	240mm实心砖+20mm硫酸钡水泥	3.42×10^{-3}	8.54×10^{-2}	是
	铅门	散射		3mmPb	5.93×10^{-2}	1.48	是
顶板(工作室、过道、磁共振检查室、磁共振控制室)	楼板	散射	5.10	120mm现浇混凝土+2mmPb硫酸钡板	6.00×10^{-3}	1.50×10^{-1}	是

备注：①本项目所在住院大楼-2F、-1F层高均为5.1m，顶板核算到距离楼上地面1.0m处；四周屏蔽体计算参考点位于四周屏蔽体、门窗外0.3m处。②球管离地高度按1.0m考虑；③同侧距离核算时保守取最短距离。

根据计算可知，在透视和采集条件下，DSA机房屏蔽体外30cm的周围剂量当量率均小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)的要求。

11.3 剂量估算

11.3.1 剂量估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er}=H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-5)$$

式中：H_{Er}：X或γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

H₍₁₀₎^{*}：X或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X或γ射线照射时间，h。

11.3.2 辐射工作人员剂量估算

根据医院提供的资料，本项目DSA年透视时间共约440.00h，采集时间约21.73h，总年有效开机时间约461.73h。

(1) 辐射工作人员剂量估算

①控制室辐射工作人员有效剂量估算

在透视和采集情况下，控制室辐射工作人员有效剂量估算见表11-4。

表11-4 本项目控制室辐射工作人员有效剂量估算一览表

设备名称	控制室最大周围剂量当量率（μSv/h）		年出束时间（h）		年有效剂量（mSv/a）		总年有效剂量（mSv/a）
	透视	采集	透视	采集	透视	采集	
DSA装置	5.25×10 ⁻²	1.31	440.00	21.73	2.31×10 ⁻²	2.85×10 ⁻²	5.17×10 ⁻²

根据上表可知，从最不利情况考虑，本项目DSA机房控制室的工作由1名技师完成，本项目拟配备技师同时操作导管室内DSA设备，根据医院提供的资料可知，医院本项目辐射工作人员2024年度个人剂量监测结果汇总值在0.05~0.47mSv/a之间，叠加2024年度辐射工作人员个人剂量监测结果和本项目年有效剂量的预测结果不超过0.52mSv，满足本项目辐射工作人员年有效剂量管理目标值5mSv/a和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②手术医护人员

本项目DSA装置有采集和透视两种工作模式。

透视工作模式下，医护人员均穿戴个人防护设施（考虑铅当量0.5mmPb），以公式11-1计算其透射因子，不考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素，同时，参照《医用X射线诊断设备质量控制检测规范》（WS 76-2020）表B.1规定：透视防护区检测平面上的周围剂量当量率不应大于400μSv/h。核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。

采集工作模式下，考虑医护人员全部在机房铅屏风后操作，医护人员均穿戴个人防

护设施（考虑铅当量 0.5mmPb），并在移动铅屏风（考虑铅当量 2mmPb）后操作，以公式 11-1 计算其透射因子，考虑射线与手术医护人员的距离衰减因素最近为 1m，核算常用电压条件下手术医护人员受照剂量。计算结果见表 11-5 所示。

表11-5 机房医护人员最大手术负荷时间表

运行管电压	透射因子		手术人员铅衣内 周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	手术类型	年出束时间 (h)	年有效剂量估算 (mSv/a)
90kV	透视	2.52×10^{-2}	10.06	心脏介入	300.00	3.02
			10.06	神经介入	105.00	1.06
			10.06	综合介入	35.00	0.35
	采集	3.68×10^{-5}	110.68	心脏介入	10.05	1.11
			110.68	神经介入	8.35	0.92
			110.68	综合介入	3.33	0.37
运行管电压	透射因子		手术人员铅衣外 周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	手术类型	年出束时间 (h)	年有效剂量估算 (mSv/a)
90kV	透视	/	400	心脏介入	300.00	120.00
			400	神经介入	105.00	42.00
			400	综合介入	35.00	14.00
	采集	1.72×10^{-4}	516.44	心脏介入	10.05	5.19
			516.44	神经介入	8.35	4.31
			516.44	综合介入	3.33	1.72

备注：采集时医生均有可能在机房内，故按照最不利情况进行核算，核算考虑采集时间。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中6.2.4佩戴铅围裙内外两个剂量计时，宜采用式（11-6）估算有效剂量：

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (11-6)$$

其中：E-有效剂量中的外照射分量，单位为 mSv；

α -系数，有甲状腺屏蔽时，取0.79，无屏蔽时，取0.84；

H_u -铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为mSv；

β -系数，有甲状腺屏蔽时，取0.051，无屏蔽时，取0.1；

H_o -铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为mSv。

根据医院提供资料，结合实际情况考虑，医院从事介入手术工作的手术医生共8组16人（包括心脏介入手术医生5组10人，神经介入手术医生2组4人，综合介入手术医生1组2人），分别在DSA机房和导管室工作。

则：E（心脏介入）=（0.79×（3.02+1.11）+0.051×（120.00+5.19））/5=1.93mSv

$$E(\text{神经介入}) = (0.79 \times (1.06 + 0.92) + 0.051 \times (42.00 + 4.31)) / 2 = 1.96 \text{mSv}$$

$$E(\text{综合介入}) = 0.79 \times (0.35 + 0.37) + 0.051 \times (14.00 + 1.72) = 1.37 \text{mSv}$$

根据计算可知，本项目每组心脏介入手术医护人员受到的年有效剂量约1.93mSv/a，每组神经介入手术医护人员受到的年有效剂量约1.96mSv/a，每组综合介入手术医护人员受到的年有效剂量约1.37mSv/a；从最不利情况考虑，本项目介入手术医护人员同时承担导管室介入手术相关工作，根据医院提供的资料可知，医院本项目辐射工作人员2024年度个人剂量监测结果汇总值在0.05~0.47mSv/a之间，叠加2024年度辐射工作人员个人剂量监测结果和本项目年有效剂量的预测结果不超过2.43mSv，医院须进一步结合本项目辐射工作人员个人剂量监测结果，实时调整手术医生工作量，确保满足本项目辐射工作人员年有效剂量管理目标值5mSv/a和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

上述估算中透视是按照透视防护区测试平面上的周围剂量当量率不大于400μSv/h、0.5mmPb铅防护用品计算的，采集是按照移动铅屏风2mmPb、距离1m，以及0.5mmPb铅防护用品计算的。实际手术过程中，手术医生受到的照射剂量与铅悬挂防护屏设置位置、铅防护用品质量、手术医生的手术熟练度、习惯、移动铅屏风的厚度及位置等相关。因此，介入手术医生实际受到的年有效剂量以个人剂量计监测结果为准，医院应根据最大手术工作时间以及每周期的个人剂量监测结果，对手术医生手术数量进行控制，若出现个人剂量超过管理目标值的情况应及时降低其手术数量，以确保辐射安全。

另外，医院还应采取以下措施确保辐射安全：

A、要求从事介入手术人员在实际工作中，应正确佩戴个人剂量计，介入手术医生应在防护铅衣内外各佩戴1枚个人剂量计；

B、医院应定期对个人剂量计进行监测，根据监测报告结果，合理分配工作量，正确有效使用防护用品。当职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，并作进一步调查。

C、医院根据需要补充介入手术人员指环和眼部剂量计。

（2）公众成员

机房外公众成员受到的年有效剂量见表11-6。

表11-6 机房外公众成员周围剂量当量率预测结果									
序号	名称	方位	最近距离	预测结果 $\mu\text{Sv/h}$		出束时间 h		居留因子 ϕ	年有效剂量 mSv/a
				透视	采集	透视	采集		
1	院内空坝及露天停车场	四周	0m	5.93×10^{-2}	1.48	440.00	21.73	1/20	2.91×10^{-3}
2	洁净间、无菌间、男更衣	北侧	约3m	1.97×10^{-2}	4.92×10^{-1}	440.00	21.73	1/5	3.87×10^{-3}
3	值班室	北侧	约7m	7.94×10^{-3}	1.98×10^{-1}	440.00	21.73	1	7.80×10^{-3}
4	预留间	北侧	约11m	4.26×10^{-3}	1.06×10^{-1}	440.00	21.73	1	4.19×10^{-3}
5	电梯、医用气体、暖水、排烟、清洗间、电梯厅、水管井、机坑、前室、楼梯间、强电井、弱电等	北侧	约11m	4.26×10^{-3}	1.06×10^{-1}	440.00	21.73	1/20	2.09×10^{-4}
6	二次供水机房	北侧	约30m	8.27×10^{-4}	2.07×10^{-2}	440.00	21.73	1/40	2.03×10^{-5}
7	换鞋间、卫生间、女更衣、过道	西北侧	约2m	2.92×10^{-2}	7.31×10^{-1}	440.00	21.73	1/5	5.75×10^{-3}
8	消防水泵房	西北侧	约5m	1.26×10^{-2}	3.14×10^{-1}	440.00	21.73	1/40	3.09×10^{-4}
9	住院大楼与门诊大楼连廊	西北侧	约24m	1.24×10^{-3}	3.10×10^{-2}	440.00	21.73	1/5	2.44×10^{-4}
10	云阳县公安局驻中医院警务处及便民超市	西北侧	约24m	1.24×10^{-3}	3.10×10^{-2}	440.00	21.73	1	1.22×10^{-3}
11	院内道路	西北侧至西南侧	约41m	4.77×10^{-4}	1.19×10^{-2}	440.00	21.73	1/20	2.34×10^{-5}
12	职工之家、煎药室、临床营养科/肠内营养配置室	西北侧	约29m	8.91×10^{-4}	2.23×10^{-2}	440.00	21.73	1	8.76×10^{-4}
13	休息区、卫生间、缓冲区、过道、病人家属等候区、污物暂存、排风井	西侧	0m	5.93×10^{-2}	1.48	440.00	21.73	1/5	1.17×10^{-2}
14	多功能厅	西北侧至西南侧	约15m	2.72×10^{-3}	6.81×10^{-2}	440.00	21.73	1	2.68×10^{-3}

15	油箱间、风井、设备间、进风井、排风井、楼梯间、电梯、前室、排烟井等	南侧	0m	3.03×10^{-3}	7.57×10^{-2}	440.00	21.73	1/20	1.49×10^{-4}
16	发电机房、配电房	南侧至西南侧	约2m	2.92×10^{-2}	7.31×10^{-1}	440.00	21.73	1/40	7.19×10^{-4}
17	空房、过道、风井	西南侧	约6m	1.01×10^{-2}	2.53×10^{-1}	440.00	21.73	1	9.94×10^{-3}
18	住院大楼与食堂连廊	西南侧	约24m	1.24×10^{-3}	3.10×10^{-2}	440.00	21.73	1/5	2.44×10^{-4}
19	食堂	西南侧至南侧	约36m	6.05×10^{-4}	1.51×10^{-2}	440.00	21.73	1	5.94×10^{-4}
20	空房	东南侧	约34m	3.87×10^{-5}	9.66×10^{-4}	440.00	21.73	1	3.80×10^{-5}
21	山坡及土地	东北侧至东南侧	约19m	1.81×10^{-3}	4.52×10^{-2}	440.00	21.73	1/40	4.45×10^{-5}
22	氧气房、医疗废物贮存点	东北侧	约25m	1.14×10^{-3}	2.84×10^{-2}	440.00	21.73	1/20	5.59×10^{-5}
23	放疗中心	东北侧	约47m	3.67×10^{-4}	9.18×10^{-3}	440.00	21.73	1	3.61×10^{-4}
24	住院大楼(-1F~14F)	楼上	/	6.00×10^{-3}	1.50×10^{-1}	440.00	21.73	1	5.90×10^{-3}

注：①同一处的环境保护目标的年有效剂量估算均以最近水平距离进行计算，故更远的环境保护目标年有效剂量将更小；②居留因子参照 NCRP147 号报告 P31 表 4.1 取值；③表格中所述最小距离为关注点到 DSA 机房墙体外的距离；④按水平距离进行保守计算，未考虑高差；⑤预留间和空房，保守估计取居留因子为 1。

根据上表核算，机房外公众成员受到的年有效剂量最大为 $1.17 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于医院年剂量管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

（3）剂量估算结论

综上所述，根据医院提供的计划手术量，合理分配手术量、辐射工作人员正确、有效使用防护用品的前提下，从事介入手术的辐射工作人员所受到的年有效剂量低于辐射工作人员剂量管理目标值 5mSv/a ，公众成员受到年有效剂量也低于公众管理目标值 0.1mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.4 环境保护目标辐射环境影响分析

住院大楼-1F 导管室和本项目 DSA 机房存在的共同环境保护目标，故应考虑 2 个

辐射工作场所的叠加影响，住院大楼-1F 导管室屏蔽体外的周围剂量当量率检测结果保守估计取 $0.10\mu\text{Sv/h}$ 进行叠加影响分析；住院大楼-1F 放射科 III 类射线装置各工作场所距离本项目距离较远，考虑墙体等屏蔽作用及距离衰减等因素，辐射影响相对于导管室对公众的影响更小，故不考虑其叠加影响。

根据支撑性材料附件 8-2，重庆朕尔医学研究院有限公司 DSA 设备质量控制和介入放射诊疗工作场所放射防护检测报告，质控号：渝质控（放检）字（2024）04308 号可知，在透视条件下现有导管室屏蔽体外的周围剂量当量率检测结果最大值为 $0.10\mu\text{Sv/h}$ ，本次评价 DSA 机房正上方工作室、过道、磁共振检查室、磁共振控制室考虑本项目与导管室叠加影响，本项目楼上透视条件下预测值为 $6.00\times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$ ，叠加导管室辐射环境影响后低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

对于机房之外的房间等，若考虑各方位墙体等屏蔽作用，则本项目的辐射影响将大大减小。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响甚微，本项目建设对各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

11.5 “三废”环境影响分析

11.5.1 废气

X射线与空气作用，可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对诊断室的影响，关键在于加强室内通风。DSA机房内少量废气经排风管道引至DSA机房西侧依托医院排风井引至住院大楼-1F西侧室外排放。该区域人员活动较少，少量废气经空气扩散，将很快恢复到原来的空气浓度水平，不会对公众造成危害，不会对环境带来不利影响。

11.5.2 废水

手术时产生的少量医疗废水和生活污水依托医院污水处理站处理，达标后排入市政污水管网。

医院西南侧污水处理站（处理能力为 $400\text{m}^3/\text{d}$ ），接纳整个包括本项目在内的医院医疗废水，项目产生少量医疗废水和生活污水依托该污水处理站处理是可行的。

项目产生的少量废水能得到有效处置，不会对周围环境产生不利影响。

11.5.3 固体废物

本项目工作人员产生的生活垃圾收集后交由市政环卫部门统一收运处理。

项目手术期间产生少量的医疗废物（HW01），及时打包整理后，经DSA机房西侧

的机房防护门外缓冲区运至西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点，定期委托有资质单位外运处置。

本项目拟配置的铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽、铅防护眼镜、介入防护手套等含铅防护用品，在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后由医院收集妥善保存。

报废的 DSA 按照要求对其装置内的 X 射线管进行拆解和去功能化，做好相关记录存档。

项目产生的固体废物均能得到合理的处理，对环境产生的影响可接受。

11.6 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

项目 DSA 应用于介入手术，对疾病诊断和手术辅助方面有其他技术无法替代的特点，可实现对血管病灶的精准定位，对保障健康、拯救生命可起到十分重要的作用。项目将为患者提供更多医疗服务和便捷的就医条件，具有明显的社会效益；随着医院医疗技术以及服务水平的提高，将吸引更多的就诊人员，医院在为患者健康服务的同时也将创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内。在项目营运过程中建设单位应掌握好适应症，正确合理地使用设备进行医疗照射，并注意避免不必要的重复检查；采用 X 射线检查应经过正当性判断，优先选用非 X 射线的检查方法，对不符合正当性原则的，不应进行 X 射线检查；应加强对孕妇和可能怀孕妇女的诊断性医疗照射进行正当性判断，对育龄妇女腹部或骨盆进行检查前，应问明是否怀孕；应严格对儿童的诊断性医疗照射进行正当性判断。

项目建设严格执行“三同时”，采取切实可行的环保措施，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。因此，项目射线装置的使用对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

11.7 产业政策符合性

项目拟采取的辐射安全与防护措施满足相关标准的要求，射线装置运行时对周围环境和人员的影响满足相关国家法律、法规和标准的要求，射线装置使用过程中不会给所在区域带来环境压力，符合清洁生产和环境保护的总体要求。

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》第一类鼓励类中十三、医药4、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。因此，本项目属于产业结构鼓励类，符合相关产业政策。

11.8 事故影响分析

11.8.1 风险事故类型

X射线装置产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因X射线装置设置有专用机房，机房四周屏蔽体、顶板、观察窗及防护门均采用固定辐射防护设施，基本不会发生机房屏蔽体损坏而致无关人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，不会受到误照射。X射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为设备故障和违反操作规程等，而导致无关人员受到误照射或者辐射工作人员受到超剂量照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

①DSA机房外人员误照射：在设备偏离正常运行工况下，本项目DSA装置出现最不利运行参数即透视时电压125kV、电流110mA，采集时电压125kV、电流500mA，射线装置工作时铅防护门未关闭，造成机房外人员的误照射；

②DSA机房内人员误照射：手术人员穿戴个人防护用品屏蔽效能失效，以及其他与手术无关人员（如清洁人员、医疗废物运输人员、维修人员等）滞留DSA机房内，造成机房内人员的误照射。

11.8.2 后果分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻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，见表 11-7 所示。

表11-7 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

①机房外人员误照射

在极端情况下，项目DSA装置透视工况运行管电压为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于110mA；在极端情况下，项目DSA装置采集工况运行管电压也为最大管电压，即125kV，电流自动跟随电压，电流不大于500mA。DSA装置在最大运行参数条件下运行，单台手术时间内机房外最大剂量估算情况见表11-8。

表11-8 机房外误照射人员所受辐射剂量估算表

位置	事故情景	机房外周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	单台手术最大曝光时间（min）	有效剂量（mSv）	总有效剂量（mSv）	吸收剂量（mGy）
DSA 机房西侧墙体外	最大运行参数条件下运行，铅门未关闭，人员位于机房外	8.22×10^4 （透视）	21	28.78	41.2	41.2
		3.74×10^5 （采集）	2	12.46		

注：仅考虑散射线， $\text{Sv/Gy}=1$ 。

根据估算可知，在理论可预知风险条件下，本项目DSA机房外人员受到的单台手术误照射的吸收剂量最大约41.2mGy，超过年剂量限值，即造成一般辐射事故。

②机房内人员误照射

因各种原因导致X射线装置在运行过程中人员滞留机房内（未穿戴个人防护用品或防护用品屏蔽效能失效）发生误照射辐射事故，按照DSA极端运行情况下（透视工况为125kV/110mA，采集工况为125kV/500mA），考虑人员受到照射的位置距离X射线装置靶点约1m考虑。

因手术床旁、设备和操作间均拟设置急停按钮，发现人员误入或滞留DSA机房内时能及时按下急停按钮停止出束，因此，受照时间可按照发现人员误入或滞留并按下急停按钮时间约2min考虑，另外从最不利情况考虑单台手术的最大采集、透视分别约2min、21min）进行估算，其剂量估算情况见表11-9。

表11-9 DSA机房内误照射人员所受辐射剂量估算表

工作模式	受照时间	受照人员所在位置周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	有效剂量（mSv）	吸收剂量（mGy）	总吸收剂量（mGy）
采集模式：1m处发射率 $9.8\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$	10s（发现后使用急停按钮）	6.01×10^6	16.70	16.70	60.78

透视模式：1m 处发射率 9.8mGy·m²/mA min	2min (发现后使用 急停按钮)	1.32×10 ⁶	44.08	44.08	
采集模式：1m 处发射率 9.8mGy·m²/mA min	2min	6.01×10 ⁶	200.34	200.34	663.13
透视模式：1m 处发射率 9.8mGy·m²/mA min	21min	1.32×10 ⁶	462.79	462.79	
注：仅考虑散射线，Sv/Gy=1。					

据以上后果分析可知，当单次透视和采集完成后，发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险，该滞留机房人员总吸收剂量为60.78mGy；当1台手术完成后，才发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险，该滞留机房人员总吸收剂量为663.13mGy；这两种情况下均可能发生超年有效剂量限值照射的事故风险，即造成一般辐射事故。

③事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此所造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应。随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率（而非其严重程度）与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈值的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

不同照射剂量的X、 γ 射线对人体损伤估计见表11-10。

表11-10 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量（Gy）	类型		初期症状和损伤程度
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状
1~2 2~4 4~6 6~10	骨髓型 急性放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降 多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降 多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		意识障碍、定向力丧失、共济失调、肌张力增强等
注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33。			

根据上述后果分析可知,当单次透视和采集完成后,发现 DSA 机房内及机房外人员发生误照射辐射事故风险,该人员所受到误照射辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况;当 1 台手术完成后,才发现 DSA 机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险,该滞留机房人员所受到误照射辐射剂量可能发生机能变化,血液学变化,但不伴有临床症状等情况。事故后果一般不会造成严重的辐射损伤,但可能增加随机性效应的发生概率。项目产生的随机性效应是关注的重点,因其无法防护,所以尽量避免误照射发生和降低人员的受照剂量,减少随机性效应的发生概率。

11.8.3 风险事故防范措施分析

由于各种管理不善或人误等造成的误照射,导致人员的照射方式主要是外照射。根据 DSA 装置运行原理,DSA 装置在开机出束状态下才会产生辐射影响,未出束则不会产生辐射影响。因此,发生误照射事故时应第一时间切断装置电源(就近按下急停按钮),确保装置停止出束,再对人员进行救治。

对人员进行救治,医院应采取以下措施防范风险事故发生。

①设备操作前,先进行安全检查,检查门灯联动、各防护措施是否正常。

②撤离机房时应清点人数,确认没有无关人员停留在机房后才开始操作。此外,在设备及控制台设置有急停按钮,可立即停止此类事故的发生。在机房内设置紧急停机按钮醒目的指示和说明,便于在紧急情况下使用。

③手术医生在开展手术时,需要进行机房内透视曝光时,应由熟练医生正确穿戴防护用品熟练完成。

④辐射工作人员须加强专业知识学习,加强防护知识培训,避免犯常识性错误;加

强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照机房管理要求开展手术。

⑤医院应定期做好设备稳定性检测和质控检测，加强设备维护，使设备始终保持在最佳状态下工作，尽可能避免最不利条件运行的风险事故发生。

⑥培植辐射工作人员的安全文化素养，提高辐射工作人员个人防护意识，在开展介入手术时正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训。防护用品不使用时，采用悬挂或平铺方式妥善存放，防止断裂。

医院按照规范要求做好辐射防护与安全措施定期检查，使设备及各项辐射防护安全措施始终保持在有效状态下工作。医院在认真落实上述措施后，能有效减少和杜绝辐射事故的发生，减少对周围环境和公众的影响。

11.9 环保投资

本项目环保投资估算共约21万，占总投资的约2.00%，具体情况见表11-11。

表11-11 项目环保投资一览表

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框上墙、人员培训考核等	1
电离辐射警示标志	张贴正确、有中文说明	
辐射防护与安全措施	工作状态指示灯、屏蔽室门灯联动等	2
防护监测设备	个人剂量计	1
DSA机房及配套辅助用房	拆除、新建墙体、防护门窗等	6
防护用品	铅防护用品、铅屏风等	5
环保手续	环评、验收、监测、办证等	6
合计	/	21

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 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，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名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

云阳县中医院于2025年1月对已制定的放射防护相关管理制度进行了修订，成立了辐射安全与防护管理工作领导小组，明确了各成员的职责，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，设置了专职技术人员负责辐射安全与环境保护管理工作，符合法规规定，依托可行；后续医院应将本项目纳入辐射安全与环境保护管理，并及时修订相关管理制度。

12.1.2 辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：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。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》（公告2019年第57号），辐射安全与防护培训需求的人员通过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（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加相对应专业类别考核。

经调查，医院2024年度个人剂量监测总人数为96人（含规培人员10名），医院现有辐射工作人员86人，均建立了个人剂量档案和健康档案，2024年度辐射工作人员个人剂量监测结果均未见异常，辐射工作人员均已参加辐射安全防护培训并取得医用X射线诊断与介入放射学类合格单或者通过考核。医院现有从事介入手术辐射工作人员20名，包括16名介入手术医生、2名护士、2名放射技师，本次设备新增后同时在DSA机房和导管室内开展DSA介入诊疗工作，本次辐射工作人员均为医院现有辐射工作人员，不新增总劳动定员，人员配置满足介入手术工作开展。医院承诺在开展介入诊疗工作过程中，根据项目开展情况适时配置符合要求的辐射工作人员，并按照规定接受相应

专业类别的辐射安全防护培训考核，做到考核合格后方可上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 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》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）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、射线装置登记管理制度等。

医院根据自身实际情况，已制定一套相对完善的管理制度和操作规程，制定了多项辐射安全管理制度，具体包括《关于调整辐射安全与防护管理工作领导小组成员及职责的通知》《辐射事故应急预案》《辐射安全管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《放射防护监测大纲》《DSA 设备操作规程》《DSA 机房岗位职责》《X 线辐射防护管理制度》《放射工作档案管理制度》《放射源与射线装置台账管理制度》《设备检修维护制度》《自行检查及年度评估制度》《放射治疗工作场所环境监测制度》《受检者防护告知制度》等制度。

目前医院已开展核技术利用项目，制定了一系列管理制度，考虑到了现有核技术利用项目的操作使用和安全防护，制度基本健全，具有一定的可操作性。医院在此之前按照各项管理制度执行，到目前为止未发生过放射事故。

本项目拟依托医院现有辐射防护管理体系，同时，在本项目建成运行前，拟结合项目现场情况、防护设施配备、开展的诊疗项目、工作人员配备等具体情况，制定 DSA 安全操作规程等放射诊疗和放射防护管理相关制度，确保本项目工作正常开展。

本项目运行后，医院还应根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有及拟制定辐射安全管理规章制度进行不断的修订和完善。

12.2.2 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：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。生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量

监测结果等材料。个人剂量档案终生保存。

建设单位制定《辐射工作人员个人剂量管理制度》，为每名介入手术医师、护士配置2枚个人剂量计，每名放射技师各配置1枚个人剂量计，并安排专人负责个人剂量监测管理工作，发现个人剂量监测结果异常的，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。此外，放射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出医院。

建设单位严格按照有关法规及《辐射工作人员个人剂量管理制度》相关要求，为现有所有辐射工作人员配置了个人剂量计，建立了个人剂量监测档案，个人剂量监测结果均低于管理目标值5mSv/a，未发生辐射工作人员的年剂量超标情况。

12.2.3 职业健康体检

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第二十九条规定：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。

建设单位制定了《放射工作档案管理制度》，规定医院负责为辐射工作人员建立个人健康档案；放射工作人员每2年到有资质的职业健康体检机构进行职业体检，脱离放射工作岗位时应进行离岗前职业健康检查；发现不宜继续从事放射工作的，根据体检机构的意见及时调离放射工作岗位并妥善安置；放射工作人员脱离放射岗位时，应进行离岗前的职业健康体检。

建设单位在此之前严格按照有关法规及《放射工作档案管理制度》相关要求，为医院现有所有辐射工作人员建立职业健康体检档案，现有所有辐射工作人员均进行了上岗前或在岗期间放射性职业健康检查，未发现不适任性。

12.2.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：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。

医院落实了年度评估制度，于每年1月31日前均向重庆市生态环境局提交上一年度的年度评估报告。年度评估报告主要内容包括医院基本信息、核技术应用项目内容、辐射安全和防护设施和监测设备的运行与维护情况、辐射安全管理制度、辐射工作人员安

全培训管理情况、辐射工作人员个人剂量监测情况、本年度核技术应用项目的办理情况、工作场所辐射环境监测、辐射事故及应急响应情况、存在的安全隐患及其整改情况、其他有关法律法规的落实情况等内容。后续医院应建立年度评估制度，将本项目的设备纳入评估，落实人员每年按要求开展年度评估工作，对评估中发现的问题或隐患及时整改，并按规定上报年度评估报告。

12.3 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

建设单位已建立安全管理体系，设立了辐射安全与防护管理工作领导小组，明确了小组人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

12.4 辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的相关规定，医院从事的辐射活动能力评价如表12-1。

表12-1 从事本项目辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
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。	已成立辐射安全与防护管理工作领导小组，并有2名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。
从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	医院现有从事介入手术工作的20名辐射工作人员均已参加辐射安全防护培训并取得医用X射线诊断与介入放射学类合格单。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人	设备及控制台拟设置急停按钮，同时本项目拟设

员和公众受到意外照射的安全措施。	置门灯联动装置，防夹装置，工作状态指示灯，各防护门拟张贴电离辐射警示标识和警示语，并拟设置曝光时关闭机房门的管理措施。
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。	已经建立了操作规程、岗位职责、辐射安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置登记管理制度等。
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。	本项目已为放射技师配备1枚个人剂量计，为每名介入手术医生和护士配备双个人剂量计，并配备一定数量的辐射防护用品（见表1-3）供辐射工作人员和患者使用。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定了《辐射事故应急预案》，成立了辐射事故应急领导小组，并规定了发生放射性事故时的应急处相应措施，设置了应急联系方式，应急预案较为完善。

根据上表可知，本项目医院已建立有相应的管理体系，因此本项目的管理工作依托现有的管理体系，已具备了一定的能力，但医院还应针对本项目射线装置的管理，认真落实上述要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力，并及时按照辐射环境管理要求办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事辐射工作，最终在本项目通过竣工环境保护验收后，方可投入运行。

12.5 辐射监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测和工作场所监测工作。

根据调查，医院已制定有监测计划，包括工作场所监测及个人剂量监测等，医院每年均委托有资质单位对现有射线装置等屏蔽体外辐射环境及辐射工作人员个人剂量进行监测，根据 2024 年度辐射工作人员个人剂量监测结果，均未见异常，满足相关要求。

本项目建成后，将 DSA 机房周围环境监测纳入监测计划，对 DSA 机房周围人员和环境进行监测，并做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

（1）个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求放射技师在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴 1 枚个人剂量计，每名介入手术医生和护士除在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴 1 枚个人剂量计外，还应在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；如发现异常可加密

监测频率。

(2) 工作场所及环境监测

医院应对机房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和定期监测，发现问题及时整改。验收监测及定期监测应委托有资质的单位进行。

监测频率：验收时监测一次；定期监测每年监测一次；涉及设备发射剂量率或防护设施维修后监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测仪器：辐射检测仪；

监测点位：机房四周墙体、门、窗外 30cm 处、工作人员操作位；楼上距顶板地面 100cm 处等关注点位，通风管道及其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置；重点关注穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《重庆市辐射污染防治办法》要求，核技术利用单位（辐射工作单位）应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

医院制定的《辐射事故应急预案》明确了辐射事故应急领导小组组织指挥机构各科室部门的职责，并规定了发生放射性事故时应急响应程序，设置了应急联系科室及联系方式；应急预案较为完善，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法规，且具有较高可行性。

建设单位在此之前严格按照《辐射事故应急预案》相关要求，定期组织开展了应急预案演练工作；建设单位后期应结合自身实际情况继续细化完善应急预案的内容，及时更新、完善应急管理部门名称及联系方式；并继续定期组织开展应急预案演练工作，做好应急演练记录和资料归档，并根据应急演练情况，进一步完善辐射事故应急预案，在本项目建成后，将本项目纳入现有应急预案中。

12.7 竣工环保验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施需与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目正式投产运行前，医院应按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》HJ 1326-2023的要求，组织开展自主竣工环保验收。

本项目环境保护验收一览表见表12-2。

表12-2 项目竣工环保验收内容及管理要求一览表

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全。	/
2	剂量控制	辐射工作人员年有效剂量<5mSv; 机房外公众成员年有效剂量<0.1mSv。	GB18871-2002 及医院管理要求
3	人员要求	配备相应数量和职责的满足介入诊疗工作需求的辐射工作人员,按照要求组织辐射工作人员均经考核合格后上岗,按要求定期复训。	原环境保护部令第3号、第18号
4	剂量率控制	DSA机房四周墙体外30cm处、楼上距顶板地面100cm处、各防护门外30cm处、观察窗外30cm处、其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置,在透视条件下检测时,距离机房屏蔽体外表面30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h。	GBZ130-2020
5	建设内容	1台DSA装置(最大管电压为125kV,最大管电流为1000mA,单管头设备); DSA机房及其配套的控制室、设备间等辅助用房。	/
6	防护用品	放射技师各配备1枚个人剂量计,每名介入手术医生和护士在铅防护衣内外各佩戴1枚个人剂量计,根据工作场所配置适宜数量的个人剂量报警仪。 铅衣、防辐射裙、防辐射围领、铅橡胶帽子5套(成人),铅防护眼镜4副、介入防护手套4双,防辐射裙、防辐射围领、铅橡胶帽子1套(儿童);铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏1套、移动铅屏风(含观察窗)1个。	
7	辐射安全防护措施	①各铅防护门设置门灯联动装置、防夹装置或自动闭门装置,并设置曝光时关闭铅门的管理措施;各防护门外上方设置醒目的工作状态指示灯,灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句,在防护门关闭时,指示灯亮,警示无关人员远离该区域。 ②各防护门外设置电离辐射警告标志,提醒周围人员尽量远离该区域,同时在缓冲区外墙上醒目位置张贴辐射防护注意事项。 ③制度上墙(操作规程、人员岗位职责、应急程序等)。 ④机房设置机械排风系统,保持良好通风,机房内不得堆放无关杂物。 ⑤设备上自带急停开关,控制台设置急停开关;控制室与机房设对讲装置;配备防护用品与辅助防护设施。 ⑥机房四周墙体、顶板、防护门、观察窗有足够的屏蔽防护能力,穿墙管线不得影响屏蔽防护效果。	
8	管理	成立了辐射安全与防护管理工作领导小组和辐射事故应急领导小组,设置健全的操作规程、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、年度评估制度、射线装置登记管理制度等。	

表 13 结论与建议

13.1 项目概况

云阳县中医院拟在医院住院大楼-2F靠东侧区域内实施“云阳县中医院医用血管造影X射线机建设项目”，将现有空房改造为DSA机房及其控制室、设备间等辅助用房，并拟新增一台DSA装置（II类射线装置，额定电压为125kV，额定电流为1000mA，单管头设备），用于开展血管造影介入手术。

项目投资：总投资为1050万元，其中环保投资约21万元。

13.2 实践正当性

本项目的建设对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.3 产业政策符合性

本项目主要使用DSA装置从事介入手术工作，属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》鼓励类中的“高性能医学影像设备”的应用，符合相关产业政策。

13.4 辐射环境质量现状

根据《2023年重庆市辐射环境质量报告书》中辐射环境质量状况数据，累积剂量法测得的重庆市 γ 空气吸收剂量率年均值范围为76.8nGy/h~93.3nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为87nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）。根据监测统计结果可知，本项目拟建址及周边环境 γ 辐射剂量率的监测结果在92nGy/h~98nGy/h之间（未扣除宇宙射线响应值），在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

13.5 选址可行性及布局合理性

本项目选址于医院新院区住院大楼-2F靠东侧区域内，该区域相对独立，远离公众聚集区域，本项目所在住院大楼四周紧邻为院内空坝、露天停车场及连廊，本项目50m评价范围内环境保护目标均在医院红线范围内。

根据现状监测结果，场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。因此，从辐射防护与环境保护角度，本项目选址可行。

本项目DSA机房拟配备单独的控制室、设备间等，同时配套有手术室专用仪器和

设备，配套设施齐全，DSA 机房周围布置控制室、休息区、缓冲区等。DSA 装置拟位于 DSA 机房中部位置，机房布置周围为土层和本项目用房，与其他用房均有一定的距离，且项目布局利于病患就医，人流、物流通道相对独立，机房和设备的布局考虑到了周围场所的安全。

本项目布局便于介入手术放射诊疗的辐射防护管理与安全控制，符合有关法规标准与辐射防护安全要求。从辐射防护与环境保护角度，本项目的平面布局合理。

13.6 辐射防护与安全措施

（1）辐射工作场所分区管理

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将 DSA 机房划为控制区；将控制室、休息区、缓冲区、设备间、风井、油箱间，机房楼上工作室、过道、磁共振检查室、磁共振控制室划为监督区，实行辐射安全分区管理，并采取相应的分区管理措施。

（2）机房屏蔽防护

本项目 DSA 机房内有效使用面积、最小单边长度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）机房有效使用面积和最小单边长度的要求。本项目机房四周墙体、顶板以及铅门、铅窗屏蔽防护设计折合铅当量均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的屏蔽防护铅当量厚度要求。

（3）安全联动装置及其他措施

本项目 DSA 装置拟配置可调限束装置、光谱过滤技术等多种固有安全防护措施的射线装置，射线装置上及控制台上拟设置急停开关，机房拟设置门灯联动装置、防夹装置、自动闭门装置、工作信号指示灯、警示标识、曝光时关闭机房门的管理措施，拟设置对讲系统，拟在缓冲区适当醒目位置设置张贴辐射防护注意事项告知栏。

机房拟设置机械排风系统并保持良好的通风，穿墙风管拟采取屏蔽防护补偿措施，穿墙电缆线拟采取屏蔽防护补偿措施，不影响墙体的屏蔽防护效果。拟为辐射工作人员和患者配备个人防护用品和辅助防护设施，数量和铅当量满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中相关要求。

经分析，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等相关标准及辐射防护要求。

13.7 环境影响分析

(1) 场所辐射剂量水平：根据计算可知，在透视和采集条件下DSA机房屏蔽体外30cm的周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，场所辐射剂量水平满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相关要求。

(2) 剂量估算：根据医院提供的计划手术量，通过核算，项目在合理配置介入手术医生情况下，本项目介入手术医生、护士、放射技师等相关职业人员所受职业照射年有效剂量低于辐射工作人员年有效剂量管理目标（ 5mSv/a ），项目所致公众成员的年有效剂量亦低于年有效剂量管理目标（ 0.1mSv/a ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及相关标准的要求。

(3) 环境保护目标影响：通过核算可知机房外50m评价范围内各环境保护目标位置的年有效剂量均远低于医院管理目标值。因此，项目所致机房外50m评价范围内环境保护目标的影响甚微，本项目对周围各环境保护目标不会带来不利影响，对环境的影响可以接受。

(4) “三废”影响：本项目运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废弃物。DSA装置运行时产生臭氧和氮氧化物量极少，机房拟设置机械排风系统，废气经排风管道引至DSA机房西侧依托医院排风井引至住院大楼-1F西侧室外排放。项目辐射工作人员等产生的少量生活污水和医疗废水依托医院污水处理站处理达标后纳入市政污水管道；经DSA机房西侧的机房防护门外缓冲区运至西侧污物暂存，再由西侧污物暂存运送至医院东侧医疗废物贮存点；生活垃圾交由市政环卫部门统一收运处理；铅防护用品在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后由医院收集妥善保存。报废的DSA按照要求对其装置内的X射线管进行拆解和去功能化，做好相关记录存档。

(5) 事故风险：通过事故风险分析，本项目可能发生超年有效剂量限值照射的事故风险，即造成一般辐射事故。事故状态可能导致人员在机房内或机房外单次透视和采集完成后，发现DSA机房内及机房外人员发生误照射辐射事故风险，该人员所受到误照射辐射剂量可能会发生不明显和不易察觉的病变等情况；当1台手术完成后，才发现DSA机房内人员滞留机房内发生误照射辐射事故风险，该滞留机房人员所受到误照射辐射剂量可能发生机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状等情况。事故后果一般不会造成严重的辐射损伤，但可能增加随机性效应的发生概率。通过落实撤离机房时应清点人数、在设备上及控制台设置有紧急停机按钮、加强医院管理、辐射工作人员须加强专业知识

学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、定期做好设备稳定性检测和质控检测、加强设备维护、使设备始终保持在最佳状态下工作、正确使用防护用品，佩戴个人剂量计，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目事故风险可防可控。

13.8 辐射与环境保护管理

医院已成立辐射安全与防护管理工作领导小组，负责医院的辐射安全与环境保护管理工作，并明确了相应职责与分工，医院制定了辐射环境管理相关规章制度及医院辐射事故应急预案，有满足从事辐射活动的能力。待本项目建成后，后续应针对本项目设备情况更新、完善相关辐射管理制度；项目营运中应加强核安全文化建设，进一步完善环境影响评价提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。在严格执行规定的辐射安全和管理制度前提下，项目的运行安全是有保障的，能满足辐射环境管理要求。

综上所述，云阳县中医院医用血管造影X射线机建设项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。

